



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

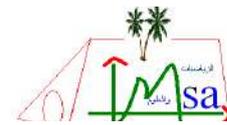
Université de Ghardaïa

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre

قسم العلوم الفلاحية

Département des sciences agronomiques



مخبر الرياضيات والعلوم التطبيقية

N°d'enregistrement

/...../...../...../.....

## THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle L.M.D.

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des Végétaux et Ecotoxicologie

### Evaluation du pouvoir herbicide des extraits aqueux de trois plantes spontanées récoltées au Sahara

Soutenue publiquement le : 09 / 05 / 2024

Par  
OTMANI Reguia

Devant le jury composé de :

KRIMAT Mohamed	MCA	Univ. Ghardaïa	Président
KHENE Bachir	MCA	Univ. Ghardaïa	Directeur de thèse
KEMASSI Abdallah	Professeur	Univ. K.M. Ouargla	Co- directeur de thèse
BENRIMA Atika	Professeur	Univ. Ghardaïa	Examinatrice
MALLEM Hamida	MCA	Univ. A.T. Laghouat	Examinatrice
CHAICHE Khaled	MCA	Univ. K.M. Ouargla	Examineur

Année universitaire : 2023 /2024

## TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciement	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photographies	
Liste des abréviations	
Résumé	

### Introduction

02

### Chapitre I : Méthodologie de travail

06

<b>I.1.</b>	Principe adopté	06
<b>I.2.</b>	Choix des plantes	07
<b>I.2.1.</b>	Les espèces spontanées	07
<b>I.2.1.1.</b>	<i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	07
<b>I.2.1.1.1.</b>	Position systématique	07
<b>I.2.1.1.2.</b>	Présentation et caractéristiques générales de l'espèce	07
<b>I.2.1.1.3.</b>	Activités biologiques	08
<b>I.2.1.2.</b>	<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	09
<b>I.2.1.2.1.</b>	Position systématique	09
<b>I.2.1.2.2.</b>	Présentation et caractéristiques générales de l'espèce	09
<b>I.2.1.2.3.</b>	Activités biologiques	10
<b>I.2.1.3.</b>	<i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	12
<b>I.2.1.3.1.</b>	Position systématique	12
<b>I.2.1.3.2.</b>	Présentation et caractéristiques générale de l'espèce	12
<b>I.2.1.3.3.</b>	Activités biologiques	13
<b>I.2.2.</b>	Les espèces adventices	14
<b>I.2.2.1.</b>	<i>Bromus rubens</i> L.	14
<b>I.2.2.1.1.</b>	Position systématique	14
<b>I.2.2.1.2.</b>	Description botanique	14
<b>I.2.2.2.</b>	<i>Phalaris minor</i> Retz.	15
<b>I.2.2.2.1.</b>	Position systématique	15

---

<b>I.2.2.2.2</b>	Description botanique	15
<b>I.2.2.3.</b>	<i>Plantago lagopus</i> L.	16
<b>I.2.2.3.1.</b>	Position systématique	16
<b>I.2.2.3.2.</b>	Description botanique	17
<b>I.2.2.4.</b>	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM)	18
<b>I.2.2.4.1.</b>	Position systématique	18
<b>I.2.2.4.2.</b>	Description botanique	18
<b>I.3.</b>	Préparation du matériel végétale	19
<b>I.3.1.</b>	Récolte des plantes spontanées	19
<b>I.3.2.</b>	Rinçage et séchage	19
<b>I.3.3.</b>	Broyage et conservation	19
<b>I.4.</b>	Préparation des extraits végétaux (Extraction par reflux)	20
<b>I.5.</b>	Analyses phytochimiques Qualitatives (Tests phytochimiques)	20
<b>I.5.1.</b>	Test des alcaloïdes	21
<b>I.5.2.</b>	Test des flavonoïdes	21
<b>I.5.3.</b>	Test des stéroïdes	21
<b>I.5.4.</b>	Test d'anthocyanine	21
<b>I.5.5.</b>	Test des stérols et les triterpènes	21
<b>I.5.6.</b>	Test de coumarine	21
<b>I.5.7.</b>	Test des saponosides	22
<b>I.5.8.</b>	Test de quinone libre	22
<b>I.5.9.</b>	Test de cyanidine	22
<b>I.5.10.</b>	Test des glycosides	22
<b>I.5.11.</b>	Test phénols et tanins	22
<b>I.5.12.</b>	Test des composés réducteurs	22
<b>I.6.</b>	Analyses phytochimiques Quantitatives (Dosage des composées phénoliques)	22
<b>I.6.1.</b>	Dosage des polyphénols totaux	23
<b>I.6.1.1.</b>	Principe	23
<b>I.6.1.2.</b>	Protocole expérimentale	23
<b>I.6.2.</b>	Dosage des flavonoïdes totaux	24
<b>I.6.2.1.</b>	Principe	24
<b>I.6.2.2.</b>	Protocole expérimentale	24
<b>I.7.</b>	Analyse chromatographique des composés phénoliques	25
<b>I.7.1.</b>	Délipidation et dépigmentation	25

---

<b>I.7.2.</b>	Analyse par Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS)	27
<b>I.8.</b>	tests biologiques	27
<b>I.8.1.</b>	Choix et préparation des concentrations	28
<b>I.8.2.</b>	Constitution des lots expérimentaux	28
<b>I.8.2.1.</b>	L'expérience dans les boîtes de Pétri	28
<b>I.8.2.2.</b>	L'expérience dans les pots	28
<b>I.8.3.</b>	Suivi de la germination des graines, de la morphométrie et le poids des plantules	29
<b>I.9.</b>	Méthode d'exploitation des résultats	31
<b>I.9.1.</b>	Les paramètres étudiés	31
<b>I.9.1.1.</b>	Rendement d'extraction	31
<b>I.9.1.2.</b>	Taux d'inhibition de la germination	31
<b>I.9.1.3.</b>	Evaluation de l'effet allélopathiques	31
<b>I.9.1.4.</b>	Cinétique de germination	32
<b>I.9.1.5.</b>	Indice de vigueur (IV)	32
<b>I.9.1.6.</b>	Concentration d'efficacité (CE <sub>50%</sub> , CE <sub>90%</sub> )	32
<b>I.9.1.7.</b>	actions des extraits végétaux sur la croissance des plantules	33
<b>I.9.2.</b>	Analyses statistiques des données	33

## Chapitre II : Résultats et discussion

<b>II.1.-</b>	Rendement d'extraction	35
<b>II.2.-</b>	Analyses phytochimiques	36
<b>II.2.1.-</b>	Analyses phytochimiques qualitatives (Tests phytochimiques)	37
<b>II.2.2.-</b>	Analyses phytochimiques quantitatives	40
<b>II.2.3.-</b>	Identification des composés phénoliques par Chromatographie Liquide couplée à la Spectrométrie de Masse (LC-MS)	42
<b>II.3.-</b>	Evaluation du potentiel allelopathique et bioherbicide	47
<b>II.3.1.-</b>	Effet des extraits sur la germination	47
<b>II.3.1.1.-</b>	Effet de l'extrait de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	47
<b>II.3.1.2.-</b>	Effet de l'extrait d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	50
<b>II.3.1.3.-</b>	Effet de l'extrait d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	52
<b>II.3.2.-</b>	Cinétique de germination	58
	➤ Dans les boîtes de Pétri	58
	➤ Tests en pots	67
<b>II.3.3.-</b>	Indice de vigueur (IV)	76

---

	➤ Dans les boîtes de Pétri	76
	➤ Essais dans les pots	79
<b>II.3.4.-</b>	Concentration d'efficacité (CE <sub>50%</sub> , CE <sub>90%</sub> )	82
	➤ Dans les boîtes de Pétri	83
	➤ Essais dans les pots	89
<b>II.3.5.-</b>	Actions des extraits sur la croissance des espèces tests	96
	➤ Dans les boîtes de Pétri	96
	➤ Essais dans les pots	106

---

**Conclusion**

123

---

**Références bibliographiques**

129

---

**Annexes**

Annexe I

Annexe II

---

**Productions scientifiques**

Publications internationales

Publications nationales

Communications internationales

Communications nationales

---

## Evaluation du pouvoir herbicide des extraits aqueux de trois plantes spontanées récoltées au Sahara

### Résumé.-

Dans le cadre d'une valorisation des ressources naturelles, par la recherche de nouveaux composés d'origine végétale et l'évaluation du pouvoir allelopathique et bioherbicide des extraits foliaires de trois plantes spontanées, à savoir *Haloxylon scoparium* Pomel, *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. et *Euphorbia retusa* Forsk. récoltées au Sahara Septentrional Est Algérien vis à vis quelques adventices inféodés aux cultures céréalières soit *Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz., *Plantago lagopus* L., *Ammi visnaga* L. (LAM) et l'espèce cultivé *Triticum durum* Desf.

L'évaluation de l'activité des extraits végétaux a été faite par la méthode d'extraction par reflux, qui nous a permis de déterminer les rendements d'extraction des différents extraits. Le rendement d'extraction rapporté étant de l'ordre de 20,64 % pour *Haloxylon scoparium*, suivi par l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* avec un rendement d'extraction de 17,80 %. Alors que l'extrait d'*Euphorbia retusa* possède le plus faible rendement avec 15,45%.

Le criblage phytochimique des extraits foliaires de trois espèces montre une richesse remarquable en principes actifs; dont les alcaloïdes, flavonoïdes, stéroïdes, stérols et triterpènes, coumarine, saponosides, quinone libre, cyanidine, tannins et les composés réducteurs sont présents en quantités plus ou moins importantes dans tous les extraits. On note une absence totale des composés réducteurs chez *Haloxylon scoparium*. Alcaloïde et coumarine chez *Euphorbia guyoniana* et saponoside chez *Euphorbia retusa*. Nous avons également détecté la présence d'anthocyane chez *Euphorbia guyoniana*. et glycoside chez *Euphorbia retusa*.

Le dosage en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux des extraits foliaires, montre que les taux les plus élevés en polyphénols se rencontrent dans l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* ( $2423,80 \pm 1,56$  mg EAG /100g), tandis que les deux autres plantes sont moins riches en polyphénols, *Haloxylon scoparium* ( $588,33 \pm 1,87$  mg EAG /100g) et *Euphorbia retusa* ( $573,8 \pm 1,65$  mg EAG /100g). Les flavonoïdes totaux se concentrent principalement dans l'extrait de *Haloxylon scoparium* ( $95,45 \pm 1,21$  mg EQ/100g), et très faibles dans les extraits d'*Euphorbia guyoniana* ( $34,88 \pm 0,83$  mg EQ/100g) et d'*Euphorbia retusa* ( $24,92 \pm 0,91$  mg EQ/100g).

L'analyse réalisée par LC-MS-MS sur les extraits végétaux, nous a permis de montrer la richesse des feuilles de ces espèces désertiques en composés phénoliques et de déterminer leur composition chimique. Un large éventail de composés phénoliques ont été identifiés, à savoir : acide folique, acide maléique, acide caféique, acide ascorbique et acide gallique, quercétine, rutine, naringénine, myricétine, vanilline, hydroxy-4-coumarine, bêta-carotène, BHA et BHT.

L'évaluation du pouvoir allelopathique par deux modèles expérimentaux a révélé les capacités bioherbicides chez tous les extraits. Les résultats obtenus sont prometteurs, car tous les extraits inhibent significativement la germination des espèces adventices. Par contre aucun extrait n'a affecté significativement la germination des graines de blé. Les

taux d'inhibition enregistrent au niveau des différents lots des pots traités par les extraits sont relativement plus faibles comparativement aux résultats obtenus pour les lots de boîtes de Pétri.

La cinétique de germination et l'indice de vigueur des espèces adventices et de l'espèce cultivée traitées par les extraits était plus lente que ceux signalés pour les lots témoins négatifs. Alors que selon les valeurs  $CE_{50\%}$  et  $CE_{90\%}$  calculées, on a constaté que les extraits foliaires sont plus nocifs pour les espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) que l'espèce cultivée (*Triticum durum*).

Les valeurs d'inhibition de croissance de la partie aérienne et racinaire et les résultats de test de Fisher affirment le fort pouvoir bioherbicide des extraits des trois plantes étudiées notamment de *Haloxylon scoparium*, où sa toxicité à la plus forte concentration est comparable à celle de l'herbicide (Témoin positif). D'autre part l'effet simulateur au niveau des lots traités par les faibles concentrations, qui se manifeste par l'élongation ou l'augmentation du poids de la partie aérienne et souterraine par rapport aux plantules du lot témoin négatif.

**Mots-clés :** Allelopathie, bioherbicide, inhibition, stimulation, LC-MS-MS, *Haloxylon scoparium*, *Euphorbia guyoniana*, *Euphorbia retusa*, Sahara.

## Evaluation of the herbicide power of the aqueous extracts of three spontaneous plants harvested in the Sahara

### Abstract.-

In the context of valorization of natural resources, by the search for new compounds of plant origin and the evaluation of the allelopathic and bioherbicide activity of the leaf extracts of three spontaneous plants, namely *Haloxylon scoparium* Pomel, *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. and *Euphorbia retusa* Forsk. harvested in the north-eastern region of Algerian Sahara on a few weeds related to cereal crops: *Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz., *Plantago lagopus* L., *Ammi visnaga* L. (LAM) and *Triticum durum* Desf.

The evaluation of the activity of the plant extracts was made by the method of reflux extraction, which allowed us to determine the extraction yields of the different extracts. The extraction yield is of the order of 20.64% for *Haloxylon scoparium*, followed by the extract of *Euphorbia guyoniana* with an extraction yield of 17.80%. While the extract of *Euphorbia retusa* has the lowest yield with 15.45%.

Phytochemical screening of leaf extracts of three species shows a remarkable richness in active substances; including alkaloids, flavonoids, steroids, sterols and triterpenes, coumarin, saponosides, free quinone, cyanidin, tannins and reducing compounds are presented in more or less important quantities in all extracts. There is a total absence of reducing compounds in *Haloxylon scoparium* extract, Alkaloid and coumarin in *Euphorbia guyoniana* and saponoside in *Euphorbia retusa*. We also detected the presence of anthocyanin in *Euphorbia guyoniana* and glycoside in *Euphorbia retusa*.

Dosage of total polyphenols and total flavonoids of leaf extracts, shows that the highest levels of polyphenols are found in the extract of *Euphorbia guyoniana* (2423.80 1.56 mg EAG/100g), while the other plants are less rich in polyphenols, *Haloxylon scoparium* (588.33 1.87 mg EAG/100g) and *Euphorbia retusa* (573.8 1.65 mg EAG/100g). Total flavonoids are concentrated mainly in *Haloxylon scoparium* extract (95.45 1.21 mg EQ/g), and very low in *Euphorbia guyoniana* extracts (34.88 0.83 mg EQ/100g) and *Euphorbia retusa* (24.92 0.91 mg EQ/100g).

The analysis carried out by LC-MS-MS on plant extracts, allowed us to show the richness of the leaves of these desert species in phenolic compounds and to determine their chemical composition. A wide range of various phenolic compounds have been identified, namely: folic acid, maleic acid, caffeic acid, ascorbic acid and gallic acid, quercetin, rutin, naringenine, myricetin, vanillin, hydroxy-4-coumarin, beta-carotene, BHA and BHT.

The evaluation of allelopathic power by two experimental models revealed the bioherbicide capabilities in all extracts. The results obtained are promising, which all extracts significantly inhibit the germination of weed species. However, no extract significantly affected the germination of wheat seeds. The inhibition rates recorded for the different batches of pots treated with plant extracts are relatively lower compared to the results obtained for batches of petri dishes.

Germination kinetics and vigor index of weed and cultivated species treated with plant extracts were slower than reported for negative control lots. While according to the calculated values EC<sub>50%</sub> and EC<sub>90%</sub>, leaf extracts were found to be more harmful to weed species (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) than the cultivated species (*Triticum durum*).

The growth inhibition values of the aerial and root part and the Fisher test results affirm the strong bioherbicide power of the extracts of three plants studied including those of *Haloxylon scoparium*, where its toxicity at the highest concentration is comparable to that

of the herbicide (positive control). On the other hand, the simulator effect at the level of the lots treated by the low concentrations, which is manifested by the elongation or increase of the weight of the aerial and root part compared to the seedlings of the negative control lot.

**Key words:** Allelopathy, biohericide, inhibition, stimulation, LC-MS-MS, *Haloxylon scoparium*, *Euphorbia guyoniana*, *Euphorbia retusa*, Sahara.

## تقييم القدرة كمبيدات للأعشاب لمستخلصات مائة لثلاثة نباتات برية المقطوفة من الصحراء

### ملخص -

في إطار تثمين الموارد الطبيعية، من خلال البحث عن مركبات جديدة من أصل نباتي وتقييم القدرة الأليلوباثية واستعمالها كمبيدات للأعشاب الضارة لمستخلصات الأوراق لثلاثة نباتات برية وهي *Haloxylon scoparium* Pomel، *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. و *Euphorbia retusa* Forsk. المقطوفة من شمال شرق صحراء الجزائر على بعض الأعشاب الضارة المنتشرة بمحاصيل الحبوب *Bromus rubens* L.، *Phalaris minor* Retz.، *Plantago lagopus* L.، *Ammi visnaga* L. (LAM) و *Triticum durum* Desf. تم تقييم فعالية المستخلصات النباتية بواسطة طريقة الاستخلاص reflux، مما سمح لنا بتحديد مردودية المستخلصات النباتية المختلفة. مردودية الاستخلاص حوالي 20.64% *Haloxylon scoparium*، يليه مستخلص *Euphorbia guyoniana* بمردودية في حدود 17,80%، بينما مستخلص *Euphorbia retusa* له أقل مردودية بنسبة 15.45%. بين التحليل الكيميائي لمكونات المستخلصات النباتية وجود وفرة في العناصر الأساسية الفعالة مثل الالكالويد، الفلافونويد، الستيرويد، الستيروول، التريتربين، الكومارين، الصابونوسيد، الكينون، السيانيدين، تانا، المركبات المسترجعة بكميات أكثر أو أقل أهمية في جميع المستخلصات. نلاحظ غياباً تاماً للمركبات المسترجعة في مستخلص *Haloxylon scoparium*، الالكالويد والكومارين في مستخلص *Euphorbia guyoniana* وصابونوسيد في مستخلص *Euphorbia retusa*. لا حضنا أيضاً وجود الانتوسيانين في *Euphorbia guyoniana* والغلوكوزيد في *Euphorbia retusa*. يثبت تحليل البوليفينول الكلي والفلافونويد الكلي لمستخلصات الأوراق أن أعلى مستويات البوليفينول توجد في مستخلص *Euphorbia guyoniana* (2423.80±1.56 mg EAG /100g)، في حين أن النباتين الآخرين أقل نسبة *Haloxylon scoparium* (588,33±1,87 mg EAG /100g) و *Euphorbia retusa* (573,8±1,65 mg EAG /100g). يتركز الفلافونويد بشكل رئيسي في مستخلص *Haloxylon scoparium* (95,45±1,21 mg EQ/100g)، وبنسب منخفضة في مستخلصات *Euphorbia guyoniana* (34.88±0.83 mg EQ/100g) و *Euphorbia retusa* (24,92±0,91mg EQ/100g)

سمح لنا التحليل الذي أجريناه بواسطة LC-MS-MS للمستخلصات النباتية بإثبات بان أوراق النباتات الصحراوية غنية بالمركبات الفينولية وتحديد تركيبها الكيميائي. تم تحديد مجموعة واسعة من المركبات الفينولية المختلفة، وهي: حمض الفوليك، حمض المالبك، حمض الكافيك، حمض الأسكوربيك وحمض الغاليك، كورسيتين، روتين، نارينجينين، ميريسيتين، فانيلين، هيدروكسي-4-كومارين، بيتا كاروتين، BHA و BHT.

تقييم الفعالية الأليلوباثية بواسطة نموذجين تجريبيين يبين قدرات جميع المستخلصات كمبيدات الأعشاب الضارة. النتائج التي تم الحصول عليها واعدة، حيث جميع المستخلصات تمنع بشكل كبير إنبات أنواع الأعشاب الضارة. ومع ذلك، لا يوجد مستخلص يؤثر بشكل كبير على إنبات بذور القمح. معدلات التثبيط المسجلة على مستوى الاصص المعالجة بمستخلصات النباتات أقل نسبياً مقارنة بالنتائج التي تم الحصول في علب بتري. حركية الإنبات ومؤشر القوة للأعشاب الضارة والنبات المزروع بالمعالجة بالمستخلصات النباتية أبطأ مما تم إيجاده على مستوى الشاهد السلبي. في حين أنه وفقاً لقيم CE<sub>50%</sub> و CE<sub>90%</sub> المحسوبة، ثبت ان مستخلصات الأوراق أكثر تأثيراً على الأعشاب الضارة (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) مقارنة بالأنواع المزروعة (*Triticum durum*).

تؤكد قيم تثبيط النمو للجزء العلوي والجذري ونتائج اختبار فيشر قوة تأثير التثبيط للمستخلصات النباتية الثلاثة التي تمت دراستها بما في ذلك تلك الموجودة في *Haloxylon scoparium*، حيث تكون سميته عند أعلى تركيز مماثلة لتلك الموجودة في مبيد الأعشاب (الشاهد الإيجابي). من ناحية أخرى، فإن تأثير التحفيز على مستوى المجموعة المعالجة بالتركيزات المنخفضة، والذي يتجلى في استطالة أو زيادة وزن الجزء العلوي والجذري مقارنة بشتلات الشاهد السلبي

**الكلمات المفتاحية:** الأليلوباثي، تثبيط، تحفيز، LC-MS-MS، *Haloxylon scoparium*، *Euphorbia guyoniana*، *Euphorbia retusa*، الصحراء

## ∞ Dédicaces ∞

*Je dédie le fruit de ce modeste travail à :*

*Vous qui m'avez bien éduquée ; Instruite et m'avez tracé un chemin plein de lumière sans obstacle C'est pour vous montrer ma gratitude et ma reconnaissance, pour ce que vous avez fait pour moi et pour ce que vous avez fait de moi ; Aux prunelles de mes yeux :*

*Mon cher père et Ma chère mère.*

*A mes très chers frères et chères sœurs, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils m'ont fait.*

*Mes Adorables filles Aicha Ihssane et Farah*

*Une spéciale dédicace à mon mari qui a été toujours présent pour m'aider et m'encourager Lamine ZAOUI.*

*A mes grandes familles OTMANI et ZAOUI.*

*A mes chers (es) amis (es) en particulier mes chers collègues : ARABA Fatna ; HEROVINI Amal ; HAMEL Imane ; LATRECHE Aicha AITOUZIA Ahmed et TAIBAOUI Zakaria.*

*OTMANI Reguia*

## ❧ Remerciements ❧

*Avant tout je remercie DIEU, le Tout Puissant qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage et de patience pour achever mes études de doctorat.*

*Au terme de cette thèse, j'exprime mes profonds remerciements à mon promoteur Mr. **KHÈNE Bachir** ; maître de conférence A, des Sciences Agronomiques de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre Université Ghardaïa, pour avoir accepté de m'encadrer et de me diriger ; je le remercie infiniment pour son aide et ses conseils judicieux ; pour son soutien ; ses encouragements ; sa compréhension, sa patience et son amabilité incomparable ainsi que pour la confiance qu'il m'a accordée en réalisant ce travail.*

*J'exprime mes sincères remerciements à mon co-promoteur Mr. **KEMASSI Abdellah** ; professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Université d'Ouargla pour la confiance qu'il a eu en moi en acceptant de diriger mon travail avec une grande rigueur scientifique, ses conseils fructueux et pertinents dans toutes les étapes de ce travail.*

*Mes vifs remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.*

*Je suis particulièrement honorée de la présidence du Jury de Mr.*

*KRIMAT Mohamed, maitre de conférences A à la Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre Université de Ghardaïa qui me fait le grand honneur de Présider le jury et d'évaluer ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements à Mme. **BENRIMA Atika**, Professeur à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre Université de Ghardaïa, pour avoir accepté d'examiner ce travail. Veuillez trouver mes sincères expressions de respect.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Mme. **MALLEM Hamida**, maitre de conférences A à la Faculté des Sciences de la Nature et de Vie, département d'Agronomie, Université de Laghouat ; d'avoir accepté d'examiner ce travail. Permettez-moi de vous exprimer l'expression de mon profond respect et mes remerciements.*

*Mes remerciements les plus sincères vont également à Mr. **CHAICHE Khaled**, maitre de conférences A à la Faculté des Sciences de la Nature et de Vie, Université d'Ouargla ; d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer mon travail. Permettez-moi ainsi de vous exprimer ma profonde gratitude, mes sincères remerciements et mon profond respect.*

*Mes sincères remerciements à Mr. YOUSEFI Mohamed ; Professeur et chercheur principal et Mr. HARRAT Mohamed enseignant chercheur ; à l'Université Amar Telidji Laghouat ; qu'il me parait important de vous remercier de m'avoir accueilli(e) dans votre laboratoire ; pour votre aide précieuse et facilités pour la réalisation de ce travail.*

*Je n'oublie pas de transmettre mes sincères remerciements à Mme. HOUYOU Zohra, enseignante à l'Université Amar Telidji Laghouat pour votre aide précieuse, votre intérêt permanent à mon égard et vos encouragements.*

*J'exprime ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail.*

**OTMANI Reguia**

## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Stade, et lieu de récolte des espèces végétales source des extraits étudiés	19
02	Rendement d'extraction en métabolites secondaires des extraits foliaires des plantes étudiées	35
03	Résultats des tests phytochimique des extraits foliaires des plantes étudiées	38
04	Teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux des extraits foliaires des plantes étudiées	40
05	Résultats des analyses par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS) des extraits foliaires des plantes étudiées	43
06	Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. (Boîtes de Pétri)	78
07	Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. (Boîtes de Pétri)	78
08	Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. (Boîtes de Pétri)	79
09	Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. (Pots)	80
10	Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. (Pots)	81
11	Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. (Pots)	81
12	Valeurs des CE <sub>50%</sub> et des CE <sub>90%</sub> des extraits foliaires de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel., <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. et <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. sur les graines des espèces testées (Boîtes de Pétri)	84
13	Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. (Boîtes de Pétri)	84
14	Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. (Boîtes de Pétri)	86
15	Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk (Boîtes de Pétri)	87
16	Valeurs des CE <sub>50%</sub> et des CE <sub>90%</sub> de l'extrait foliaire de plante étudiée <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel., <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. et <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. sur les graines des espèces testées (Pots)	90

<b>17</b>	Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. (Pot)	<b>90</b>
<b>18</b>	Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut (Pot).	<b>92</b>
<b>19</b>	Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk (Pots)	<b>93</b>
<b>20</b>	Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces tests traitées à l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. (Boîtes de Pétri)	<b>102</b>
<b>21</b>	Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. (Boîtes de Pétri)	<b>103</b>
<b>22</b>	Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. (Boîtes de Pétri)	<b>104</b>
<b>23</b>	Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces tests traitées à l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. (Pots)	<b>111</b>
<b>24</b>	Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. (Pots)	<b>112</b>
<b>25</b>	Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. (Pots)	<b>114</b>

## ANNEXE

N°	Titre
<b>01</b>	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur ( <i>Haloxylon scoparium</i> )- Boîtes de Pétri.
<b>02</b>	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur ( <i>Euphorbia guyoniana</i> )- Boîtes de Pétri.
<b>03</b>	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur ( <i>Euphorbia retusa</i> )- Boîtes de Pétri.
<b>04</b>	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur ( <i>Haloxylon scoparium</i> )- Pots.
<b>05</b>	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur ( <i>Euphorbia guyoniana</i> )- Pots.

- 
- 06** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)-  
Indice de vigueur (*Euphoria retusa*)- Pots.
- 
- 07** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)-  
LPA, LPR, PPA, PPR (*Haloxylon scoparium*)- Boîtes de Pétri.
- 
- 08** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)-  
LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphorbia guyoniana*)- Boîtes de Pétri.
- 
- 09** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)-  
LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphorbia retusa*)- Boîtes de Pétri.
- 
- 10** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)-  
LPA, LPR, PPA, PPR (*Haloxylon scoparium*)- Pots.
- 
- 11** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)-  
LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphorbia gyoniana*)- Pots.
- 
- 12** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)-  
LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphoria retusa*)- Pots.
-

## LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.	24
02	Courbe d'étalonnage de quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux.	25
03	Schéma de fractionnement de l'extrait brut par extraction Liquide-Liquide	26
04	Dispositif expérimental des tests biologiques	30
05	Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. sur les espèces testées (Boîtes de Pétri)	49
06	Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. sur les espèces testées (Pots)	49
07	Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. sur les espèces testées (Boîtes de Pétri)	51
08	Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. sur les espèces testées (Pots)	52
09	Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. sur les espèces testées (Boîtes de Pétri)	54
10	Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk. sur les espèces testées (Pots)	54
11	11-A.- Cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	61
	11-B.- Cinétique de germination de <i>Phalaris minor</i> Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	61
	11-C.- Cinétique de germination de <i>Plantago lagopus</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	62
	11-D.- Cinétique de germination d' <i>Ammi visnaga</i> L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	62
	11-E.- Cinétique de germination de <i>Triticum durum</i> Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	62
12-A.-	Cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	63

	<b>12-B.-</b> Cinétique de germination de <i>Phalaris minor</i> Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut	<b>63</b>
	<b>12-C.-</b> Cinétique de germination de <i>Plantago lagopus</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>12-D.-</b> Cinétique de germination d' <i>Ammi visnaga</i> L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>64</b>
	<b>12-E.-</b> Cinétique de germination de <i>Triticum durum</i> Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>64</b>
	<b>13-A.-</b> Cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>65</b>
	<b>13-B.-</b> Cinétique de germination de <i>Phalaris minor</i> Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>65</b>
<b>13</b>	<b>13-C.-</b> Cinétique de germination de <i>Plantago lagopus</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>65</b>
	<b>13-D.-</b> Cinétique de germination d' <i>Ammi visnaga</i> L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>66</b>
	<b>13-E.-</b> Cinétique de germination de <i>Triticum durum</i> Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>66</b>
	<b>14-A.-</b> Cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	<b>69</b>
	<b>14-B.-</b> Cinétique de germination de <i>Phalaris minor</i> Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	<b>69</b>
<b>14</b>	<b>14-C.-</b> Cinétique de germination de <i>Plantago lagopus</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	<b>69</b>
	<b>14-D.-</b> Cinétique de germination d' <i>Ammi visnaga</i> L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	<b>70</b>
	<b>14-E.-</b> Cinétique de germination de <i>Triticum durum</i> Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	<b>70</b>
	<b>15-A.-</b> Cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>71</b>
	<b>15-B.-</b> Cinétique de germination de <i>Phalaris minor</i> Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>71</b>

	<b>15-C.-</b> Cinétique de germination de <i>Plantago lagopus</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>71</b>
<b>15</b>	<b>15-D.-</b> Cinétique de germination d' <i>Ammi visnaga</i> L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>72</b>
	<b>15-E.-</b> Cinétique de germination de <i>Triticum durum</i> Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	<b>72</b>
	<b>16-A.-</b> Cinétique de germination de <i>Bromus rubens</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>73</b>
	<b>16-B.-</b> Cinétique de germination de <i>Phalaris minor</i> Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>73</b>
<b>16</b>	<b>16-C.-</b> Cinétique de germination de <i>Plantago lagopus</i> L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>73</b>
	<b>16-D.-</b> Cinétique de germination d' <i>Ammi visnaga</i> L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>74</b>
	<b>16-E.-</b> Cinétique de germination de <i>Triticum durum</i> Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<b>74</b>
<b>17</b>	Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. Sur les taux d'inhibition des espèces testées (Boîtes de Pétri)	<b>85</b>
<b>18</b>	Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. sur les taux d'inhibition des espèces testées (Boîtes de Pétri).	<b>87</b>
<b>19</b>	Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk sur les taux d'inhibition des espèces testées (Boîtes de Pétri)	<b>88</b>
<b>20</b>	Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire de <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. sur les taux d'inhibition des espèces testées (Pots)	<b>91</b>
<b>21</b>	Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut sur les taux d'inhibition des espèces testées (Pots)	<b>93</b>
<b>22</b>	Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d' <i>Euphorbia retusa</i> Forsk sur les taux d'inhibition des espèces testées (Pots)	<b>94</b>

## LISTE DES PHOTOGRAPHIES

N°	Titre	Page
<b>01</b>	<i>Haloxylon scoparium</i> Pomel. dans la région Larfad-El-Assafia- Laghouat (Originale, Octobre 2019).	<b>09</b>
<b>02</b>	<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. (Oued Metlili-région de Ghardaïa, Sahara septentrional Est Algérien) (Originale, Mars 2019)	<b>11</b>
<b>03</b>	<i>Euphorbia retusa</i> Forsk. (Oued Tlilet, Metlili-région de Ghardaïa, Sahara septentrional Est Algérien (Originale, Mars 2019)	<b>13</b>
<b>04</b>	<i>Bromus rubens</i> L. (Originale, Mai 2019)	<b>15</b>
<b>05</b>	<i>Phalaris minor</i> Retz. (Originale, juin 2019)	<b>16</b>
<b>06</b>	<i>Plantago lagopus</i> L. (Originale, Juillet 2020)	<b>17</b>
<b>07</b>	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM) (Originale, Juin 2020)	<b>18</b>
<b>08</b>	Dispositif d'extraction des principes actifs par reflux (Originale, 2020).	<b>20</b>

### ANNEXE

N°	Titre
<b>01</b>	Analyses phytochimiques qualitatives (Tests phytochimiques)
<b>02</b>	Analyses phytochimiques quantitatives (Dosage des composés phénoliques)
<b>03</b>	Analyse chromatographique des composés phénoliques- Délipidation et dépigmentation
<b>04</b>	Analyse par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS)
<b>05</b>	Préparation des dilutions des extraits végétaux
<b>06</b>	Tiller 410- Herbicide total, systémique et non sélectif
<b>07</b>	Constitution des lots expérimentaux (Boîtes de Pétri)
<b>08</b>	Constitution des lots expérimentaux (Pots)
<b>09</b>	Détermination le point de saturation de sable
<b>10</b>	mesures morfo-métriques des plantules-la longueur et le poids frais de la partie aérienne et de la partie racinaire

**LISTE DES ABREVIATIONS**

<b>µg</b>	microgramme
<b>ABA</b>	acide abscissique
<b>AIA</b>	acide indole-acétique
<b>BHA</b>	butylated hydroxyanisole
<b>BHT</b>	butylated hydroxytoluene
<b>CE</b>	concentration d'efficacité
<b>CEB</b>	commission des essais biologiques
<b>Cm</b>	centimètre
<b>EAG</b>	équivalent acide gallique
<b>EQ</b>	équivalent quercétine
<b>ER</b>	équivalent rutine
<b>FT</b>	flavonoïdes totaux
<b>g</b>	gramme
<b>GA</b>	acide gibbérellique
<b>IV</b>	Indice de vigueur
<b>K</b>	potassium
<b>LPA</b>	longueur de la partie aérienne
<b>LPR</b>	longueur de la partie racinaire
<b>LSD</b>	Least Significant Difference
<b>mg</b>	milligramme
<b>ml</b>	millilitre
<b>N</b>	azote
<b>P</b>	phosphore
<b>PPA</b>	poids de la partie aérienne
<b>PPR</b>	poids de la partie racinaire
<b>PT</b>	polyphénols totaux
<b>SD</b>	standard déviation (écart type)
<b>T (-)</b>	témoin négatif
<b>T(+)</b>	témoin positif
<b>UV</b>	ultraviolet

*Thèse de Doctorat*



*Introduction*

## Introduction

En Algérie, le secteur céréalier est l'un des principaux secteurs de la production agricole. Les produits céréaliers algériens jouent un rôle stratégique dans l'alimentation et l'économie nationale (Djermoun, 2009). Le blé et l'orge sont les céréales qui occupent la majorité des superficies des productions cérésières, jusqu'à 90 %. Malgré l'importance relative des superficies semées, la production algérienne des céréales demeure insuffisante par rapport au potentiel de production et aux besoins du pays. Cela s'explique en partie par les conditions difficiles de l'environnement (Kayrallah et Hachemi, 1978), mais également et surtout par la prévalence de nombreuses contraintes biotiques comme les maladies cryptogamiques et les adventices qui contribuent largement à la baisse des rendements sur le plan quantitatif et qualitatif.

Dans le domaine de la lutte biologique l'allélopathie considérée comme une technique prometteuse (Lovett, 1991). Le terme « allélopathie » désigne les effets positifs ou négatifs, directs ou indirects d'une espèce végétale sur une autre plante qui peuvent inhiber ou stimuler la germination, l'émergence et la croissance des plantules, par la production d'allélochimiques à partir de feuilles, fleurs, graines, tiges et racines de matières végétales vivantes ou en décomposition (Rice, 1974 ; Rice, 1984 ; Weston, 1996 ; Macías et *al.*, 2007 ; Babula et *al.*, 2009), qui sont libérés de la plantes à l'environnement au moyen de plusieurs processus écologiques : volatilisations, lixiviations, exsudats racinaires et décomposition des résidus de la plante. Ces allélochimiques peuvent également servir d'agents agrochimiques pouvant être utilisés comme bioherbicides (Duke et *al.*, 2002).

La flore reste assurément riche et prometteuse, tant dans la perspective de découvrir de nouvelles molécules ayant des activités biologiques que pour la mise au point de nouveaux pesticides. Quelles que soient les parties et les formes sous lesquelles elles sont utilisées, les plantes sont extrêmement riches, elles contiennent des structures chimiques complexes (Qasem, 2002).

Le Sahara septentrional, avec sa grande superficie, dispose d'une biodiversité floristique exceptionnelle, constituée d'environ 500 espèces de plantes spontanées, apparaissant comme très pauvre si l'on compare le petit nombre d'espèces à l'énormité de la surface qu'il couvre (Ozenda, 1991 ; Maire, 1933).

La flore du Sahara septentrional compte environ 162 espèces endémiques. Ces plantes spontanées sont relativement homogènes, très clairsemées, les arbres sont aussi rares que dispersés et les herbes n'y apparaissent que pendant une période très brève de l'année, quand les conditions deviennent favorables (Chehema et *al.*, 2005 ; Quezel, 1978). La gamme des plantes spontanées constitue une source d'intérêt primordial pour l'homme et ses besoins, dont une partie reste utilisée par les populations comme plantes d'intérêt médicinal (Maiza et *al.*, 1993), et sont considérées comme l'une des ressources phytogénétiques d'intérêt agronomique, économique, écologique, mais aussi stratégique (UNESCO, 1960).

Notre problématique commence par la présence des adventices dans un champ céréalier, qui peut être nocive à plusieurs égards. Leur nuisibilité directe se manifeste par la concurrence pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière, ce qui influe sur la croissance de la culture et engendre des pertes de rendement de l'ordre de 20 à 30 % (Le Bourgeois et Merlier, 1995). L'infestation massive de ces adventices entrave les outils de labour et de récolte et complique la réussite de ces opérations. Le mélange de graines des adventices avec les graines de céréales diminue la qualité commerciale du produit. De plus, elles servent de plantes-hôtes alors que les céréales sont sensibles aux maladies cryptogamiques (nuisibilité indirecte). Il est primordial de lutter efficacement contre la présence et la prolifération des adventices afin de limiter le risque d'infection et de ne pas entraver le développement des plantes (Hussain et *al.*, 2007 ; Ouattar et Ameziane, 1989).

Les stratégies de la lutte contre les adventices sont multiples, mais reposent principalement sur l'application des herbicides d'origine chimique, ainsi que le désherbage mécanique et manuel. Même si ces méthodes demeurent relativement efficaces, cependant, elles comportent des inconvénients, notamment l'évolution de la résistance des adventices aux herbicides, la nocivité de ces herbicides synthétiques à l'environnement et la santé humaine et animale, le coût des herbicides, les pertes dans la structure du sol et les besoins en main-d'œuvre. De ce fait, les recherches se sont de plus en plus orientées à développer les méthodes biologiques, sous leurs diverses formes, en vue de limiter l'usage des pesticides chimiques. L'une de ces formes est l'exploitation des composés secondaires avec application de l'allélopathie. En effet, les extraits des plantes commencent à avoir beaucoup d'intérêt comme source riche d'une variété de molécules bioactives. Ces composés sont des métabolites secondaires dotés d'activités biologiques diverses (Weih et *al.*, 2008 ; Beckie et Tardif, 2012 ; Bajwa, 2014). La combinaison de plus d'une méthode de lutte contre les adventices s'est avérée plus efficace

pour réduire la probabilité de résistance aux herbicides. Farooq et *al* (2011) montrent que l'application combinée d'une dose réduite d'herbicides synthétiques et d'un extrait allélopathique assure un contrôle aussi efficace que celui obtenu avec la dose standard d'herbicides.

Mais la lutte biologique contre les adventices reste relativement peu développée. En effet, les bioherbicides ne représentent que 1%, alors que les bio-insecticides sont en première position (46%), suivis par les biofongicides (44%) (Ben Kaab, 2020). Bien que les pertes de rendement causées par les adventices sont très importantes, de l'ordre de 32%, par rapport à celles causées par les agents pathogènes (15%) et les parasites (18%) (Van Evert et *al.*, 2017).

Dans ce contexte s'inscrit la présente étude qui vise essentiellement à la valorisation de la flore du Sahara Algérien, par la recherche de nouveaux composés d'origine végétale. Il s'agit de l'évaluation du pouvoir bioherbicide des extraits foliaires de trois plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est algérien, à savoir *Haloxylon scoparium* Pomel (Chenopodiaceae), *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et *Euphorbia retusa* Forsk. (Euphorbiaceae) vis à vis de certaines adventices inféodées aux cultures céréalières : *Bromus rubens* L. (Poaceae), *Phalaris minor* Retz. (Poaceae), *Plantago lagopus* L. (Plantaginaceae), *Ammi visnaga* L. (LAM) (Apiaceae) et l'espèce cultivée *Triticum durum* Desf. (Poaceae). L'évaluation du pouvoir allélopathique de ces plantes spontanées est suivie par l'identification des molécules bioactives par la réalisation des analyses phytochimiques qualitatives et quantitatives de leurs extraits.

Le présent travail est structuré en deux chapitres. Le premier chapitre décrit les démarches méthodologiques. Il porte sur le principe adopté, le choix des espèces végétales, la préparation des échantillons, les protocoles expérimentaux de l'extraction et des analyses phytochimiques qualitatives et quantitatives effectuées. Le second chapitre regroupe les résultats obtenus qui seront suivis d'une discussion. L'étude est achevée par une conclusion générale présentant une synthèse des principaux résultats et la proposition de perspectives de recherche dans cet axe.



# *Méthodologie de travail*

## Chapitre I.- Méthodologie de travail

### I.1.-Principe adopté

Depuis les années cinquante, l'agriculture dépend de l'usage des herbicides chimiques pour éliminer les adventices et assurer des rendements élevés. L'utilisation intensive et continue des herbicides de synthèse pose beaucoup de problèmes et provoque des effets graves et destructeurs pour l'environnement. Cet effet a poussé les recherches vers des méthodes biologiques (approches éco-friendly) et constitue une préoccupation majeure pour les scientifiques, particulièrement après l'apparition de certaines formes de résistance chez quelques espèces adventices (Benmedour, 2010).

Dans la littérature, plusieurs auteurs ont rapporté les possibilités d'employer les extraits des plantes pour contrôler les adventices (About et *al.*, 2019 ; Mseddi et *al.*, 2018 ; Salhi et *al.*, 2013 ; Islam et Kato-Noguchi, 2013; Siddiqui et *al.*, 2009 ; Qasem, 2002). Ce phénomène est expliqué par la capacité de ces plantes à sécréter des substances (les allélochimiques) affectant la germination et la croissance des adventices, à savoir l'allélopathie (Kato-Noguchi et Kurniadie, 2022 ; Kamel et *al.*, 2022 ; Ho et *al.*, 2022 ; Saddiqe et *al.*, 2020).

Afin de mieux caractériser et valoriser les potentialités des bioressources végétales spontanées (la flore du Sahara Algérien), la présente étude recherche les activités allélopathiques et l'effet bioherbicide des extraits foliaires de trois plantes spontanées récoltées au Sahara Septentrional Est-Algérien soient *Haloxylon scoparium* Pomel (Chenopodiaceae), *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et *Euphorbia retusa* Forssk. (Euphorbiaceae) vis-à-vis de quatre espèces adventices des cultures céréalières, deux espèces monocotylédones *Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz., et deux espèces dicotylédones *Plantago lagopus* L., *Ammi visnaga* L. (LAM) et une espèce cultivée de céréale soit *Triticum durum* Desf. En plus, s'intéresse à la recherche des molécules bioactives, par la réalisation des analyses phytochimiques qualitatives et quantitatives et à l'identification des composés phénoliques par la méthode chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS).

## I.2.-Choix des plantes

Les plantes sahariennes sont très caractéristiques par leur mode d'adaptation particulier à l'environnement désertique, très contraignant à leur survie. Ces plantes spontanées constituées de plantes médicinales et toxiques présentent une source principale de découverte de nouveaux principes actifs, mais très peu explorée du point de vue phytochimique et pharmacologique ainsi que leur activité biologique. Notre choix s'est porté sur ces espèces du fait de leurs nombreux usages en médecine traditionnelle locale (Chehma et djebar, 2008). Peu de travaux de recherche ont mis en évidence la présence de métabolites secondaires doués d'activités biologiques, notamment leur effet bioherbicide (Naz et Bano, 2013).

### I.2.1.- Espèces spontanées

#### I.2.1.1.-*Haloxylon scoparium* Pomel (Chénopodiaceae)

##### I.2.1.1.1.-Position systématique

Règne : Plantae  
Embranchement : Spermaphyte  
Sous Embranchement : Angiosperme  
Ordre : Caryophyllales  
Famille : Chenopodiaceae  
Genre : *Haloxylon*  
Espèce : *Haloxylon scoparium* Pomel (Quezel et Santa, 1962).

##### I.2.1.1.2.-Présentation et caractéristiques générales de l'espèce

La famille des Chénopodiacées est en général des plantes buissonnantes, rarement des herbes. Elle comprend plus de 100 genres et un millier d'espèces. Ce sont essentiellement des plantes de terrains salés vivantes, surtout sous les climats aride et semi-aride. Le Sahara en compte une trentaine (Ozenda, 1977).

*H. scoparium* localement appelé « Remth » (Photo 01), rencontré en grandes colonies sur les hamadas, sols pierreux et aux pieds des collines. Un arbrisseau très commun ne dépassant pas 50 cm de haut, à souche épaisse et tortueuse, à tiges grêles dressées, très rameuses. Les rameaux secondaires rapidement érigés, articulés, grêles, très nombreux, vert foncé noircissant en séchant. Les épis floraux courts, groupés au sommet des rameaux. Les fleurs sont apétales,

la floraison en novembre-décembre. Les fruits à ailes vivement colorées, blanc jaunâtre, rose ou rouge (Chehema, 2006 ; Quezel et Santa, 1962).

Cette espèce, connue pour ses propriétés pharmacologiques, contient de nombreux composés bioactifs comme les alcaloïdes (Li et *al.*, 2010) et les composés phénoliques (Haida et *al.*, 2020). Très utilisé en médecine traditionnelle, ses branches, ses feuilles et ses fleurs (décoction, macération, comme cataplasme) comme traitement du diabète sucré (Bellakhdar, 1997), de l'hypertension (Eddouks et *al.*, 2002), des troubles oculaires, digestifs, des dermatoses, réduit les cicatrices, antidote aux piqûres de scorpion et aux morsures de serpent (Abouri, 2012 ; Chehema, 2006 ; Boukef, 1986). L'espèce est utilisée aussi comme agent antileucémique (Bourogaa et *al.*, 2011).

#### **I.2.1.1.3.-Activités biologiques**

*H. scoparium* appartient au groupe des halophytes. Ces plantes ont la capacité de croître dans des conditions de stress abiotique (salinité et température élevées). Cette capacité remarquable résulte du développement de mécanismes de défense et de synthèse de molécules pour résister aux conditions extrêmes de l'environnement. De ce fait, ces plantes sont très riches en molécules bioactives, et sont considérées comme une potentielle source de nouveaux produits (Ksouri et *al.*, 2012).

Plusieurs travaux ont été réalisés sur différents extraits de *H. scoparium*, et différentes activités biologiques ont été prouvées, comme une forte activité antioxydante (Haida et *al.*, 2020, 2022 ; Karous et *al.*, 2020), l'activité antibactérienne (Drioichea et *al.*, 2019 ; Bouaziz et *al.*, 2016), l'activité antifongique (Talibi et *al.*, 2012), l'activité hépato-protective et antioxydante (Bourogaa et *al.*, 2013, 2014), l'activité molluscicide (Mezghani-Jarraya et *al.*, 2009), l'activité anti-leishmaniose (El Rhaffari et *al.*, 2002), l'activité antipaludique (Sathiyamoorthy et *al.*, 1999), l'activité larvicide (Sathiyamoorthy et *al.*, 1997).

Des études récentes ont également montré que l'extrait de *H. scoparium* présente une formulation potentielle qui peut être utilisée pour le traitement de la neurotoxicité de l'aluminium (Tair et *al.*, 2016).



**Photo 01.-** *Haloxylon scoparium* Pomel. dans la région Larfad-El-Assafia- Laghouat (Originale, Octobre 2019).

### **I.2.1.2.-*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.**

#### **I.2.1.2.1.-Position systématique**

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphyte
Sous Embranchement	: Angiosperme
Ordre	: Euphorbiales
Famille	: Euphorbiaceae
Genre	: Euphorbia
Espèce	: <i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut. (Ozenda, 1991).

#### **I.2.1.2.2.-Présentation et caractéristiques générales de l'espèce**

La famille des Euphorbiacées est très hétérogène et constitue l'une des familles les plus vastes et les plus cosmopolites de l'embranchement des Angiospermes. Comprennent plus 336 genres et environ 10 000 espèces, poussent partout, sauf dans les régions antarctiques et au

sommet des hautes montagnes. Le genre *Euphorbia*, genre représentatif de la famille Euphorbiacées, regroupe de 1600 à 2100 espèces. (Bruneton, 1996 ; Ozenda, 1991).

*E. guyoniana* localement appelée *Lebina* ou *Oum El L'Bina* (Photo 02), est une plante endémique saharienne (Ozenda, 1991 ; Quezel et Santa, 1963), observée, en pieds isolés et en petits groupes dans les zones ensablées. Elle a été répertoriée également dans le sable de l'étage tropical (Ozenda, 1991 ; Maire, 1933).

Plante vivace relativement touffue pouvant atteindre un mètre de haut à système racinaire très développé. Les tiges dressées très ramifiées, portent des feuilles étroites, très peu nombreuses ou absentes, surtout sur les rameaux fleuris. Les tiges et les feuilles laissent échapper un latex très âcre lorsqu'elles se cassent. Les fleurs de taille réduite, appelées cyathes, de couleur jaunâtre, ont la floraison en janvier-février. Les fruits se présentent sous forme d'une capsule à 3 loges, contenant chacune une graine. La graine est albuminée et caronculée (Chehema, 2006 ; Ozenda, 1991).

*E. guyoniana* est très riche en métabolites secondaires comme les triterpènes, diterpènes, stéroïdes et composés aromatiques : stérols, flavones, caroténoïdes, alcaloïdes et les anthocyanines (Amar et al., 2012 ; Boudiar et al., 2010 ; Haba et al., 2007).

En pharmacopée, *E. guyoniana* est utilisé par des populations sahariennes contre les morsures de serpents, bien qu'elle soit toxique à éviter en pâturage (Maire, 1933 ; Gubb, 1913).

#### **I.2.1.2.3.-Activités biologiques**

De nombreuses espèces d'Euphorbiacées sont toxiques pour l'homme : urticantes, irritantes des muqueuses, inductrices de tumeurs et engendrent des allergies cutanées causées généralement par leurs composés lactoniques ou quinoniques. Des esters de phorbol (diterpène) retrouvés chez les euphorbiacées sont responsables des dermatites bulbeuses sévères sur la peau, de lésions labiales et d'œdèmes pharyngés par ingestion. Les accidents oculaires peuvent être sévères (lésions de l'épithélium cornéen), de même qu'elles sont toxiques pour les animaux (Champy, 2008).

*E. guyoniana* est une plante laticifère. Les plantes d'*Euphorbia* produisent du latex contenant plusieurs phytoconstituants qui a une valeur thérapeutique et commerciale. Les latex qu'elle secrète lors qu'elle est blessée sont désagréables en goût et ont des propriétés toxiques et protègent la plante contre les animaux qui broutent.

Des études réalisées sur différents extraits ont démontré que *E. guyoniana* a des activités antioxydantes et antimicrobiennes (Benmeddour, 2018), des effets toxiques (Kemassi et al., 2013), allélopathiques (Salhi et al., 2013), larvicides (Kemassi et al., 2015) et insecticides (Kemassi et al., 2019).



**Photo 02.-** *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Oued Metlili-région de Ghardaïa, Sahara septentrional Est Algérien) (Originale, Mars 2019)

(A) : Plant entier, (B) Fleur, (C) Fruit

### **I.2.1.3.-*Euphorbia retusa* Forsk.**

#### **I.2.1.3.1.-Position systématique**

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphyte
Sous Embranchement	: Angiosperme
Ordre	: Euphorbiales
Famille	: Euphorbiaceae
Sous famille	: Euphorbioideae
Genre	: Euphorbia
Espèce	: <i>Euphorbia retusa</i> Forsk (Ozenda ,1991).

#### **I.2.1.3.2.-Présentation et caractéristiques générales de l'espèce**

*E. retusa* localement appelée *Jaraba* (Photo 03), est une euphorbiacée commune au Sahara septentrional, en pieds isolés sur les zones rocailleuses, au niveau des dépressions et des lits d'oueds.

Une plante annuelle de 5 à 20 cm de haut. Les tiges dressées non charnues. Les feuilles alternes, vert blanchâtre, marbrées de rouge violacé, longuement atténuées en pointe, denticulées au sommet et élargies en cœur à la base. Les tiges et les feuilles laissent échapper un latex lorsqu'on les casse. Floraison en mars-avril. Les fruits sous forme des capsules, larges, mesurant 4,5-5 mm et présentant une constriction annulaire vers son milieu. Caroncule : 4-5 côtes épaisses, glandes à deux cornes courtes et obtuses formées par deux lobes qui partent du dessous de la glande. Graines lisses grises-bleuté (Chehema, 2006 ; Ozenda, 1991 ; Quezel et santa, 1963).

Les travaux de chimie effectués sur l'espèce *E. retusa* ont permis d'isoler et de caractériser des triterpènes tétracycliques, pentacycliques, des flavonoïdes et des acides gras (Harraz et *al.*, 1994 ; Saif-Eldin, 1994 ; Salah, 1985).

C'est une plante connue pour sa toxicité pour les animaux. En pharmacopée, elle est utilisée par les populations locales contre les verrues et pour extirper les épines. Elle est aussi appliquée sur les cils, contre le trichiasis, et aussi les morsures et piqûres venimeuses (Bellakhder, 1997).

### I.2.1.3.3.-Activites biologiques

Le genre *Euphorbia* a fait l'objet de travaux scientifiques mettant en évidence des activités variées, mais elle est moins étudiée que les autres espèces de sa famille.

Récemment, quelques travaux ont été réalisés sur différents extraits, ont démontré qu'*E. retusa* a plusieurs activités biologiques, dont une activité inhibitrice appréciable contre la collagénase, l'élastase, l'hyaluronidase et les enzymes de tyrosinase, qui sont engagées significativement dans le pronostic du vieillissement cutané (Elgamal et *al.*, 2021).

Une étude récente menée par (Abdallah, 2014) a démontré l'activité antimicrobienne de cette plante. L'activité antioxydante, anti-nociceptive et anti-inflammatoire potentielle (Sdayria et *al.*, 2018), l'activité antioxydante (Lahmadi et *al.*, 2019 ; El-Amier et *al.*, 2020), l'activité hépatoprotectrice (Ghareeb et *al.*, 2018), l'activité antibactérienne et allélopathique (El-Amier et *al.*, 2020), l'activité herbicide et formulation d'un bioherbicide (Kaab et *al.*, 2020).



**Photo 03.-** *Euphorbia retusa* Forsk. (Oued Tlilet, Metlili-région de Ghardaïa, Sahara septentrional Est Algérien (Originale, Mars 2019)

## **I.2.2.-les espèces adventices**

### **I.2.2.1.- *Bromus rubens* L. (Le brome rougeâtre)**

#### **I.2.2.1.1.-Position systématique**

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphyte
Sous Embranchement	: Angiosperme
Ordre	: Poales
Famille	: Poaceae
Genre	: Bromus
Espèce	: <i>Bromus rubens</i> L. (Quezel et Santa, 1962).

#### **I.2.2.1.2.-Description botanique**

Plante nitrophile, existant sur différents types de sol et milieux irrigués ou non (champs, bords des routes, près des habitats, lieux incultes). Plante consommée par les animaux, surtout avant la formation des panicules.

Plante annuelle, velue. Chaumes dressées ou genouillées, de 20 à 40 cm de haut, lisses inférieurement. Les feuilles à limbe velu sur les deux faces. Ligule de 2 à 5 mm, pas d'oreillettes. Panicule obovée, dense, contractée, à rameaux courts et peu apparents, verte, mais généralement rouge-violacée à maturité, de 5 à 10 cm. Epillet de 3 à 5 cm. Glumes inégales. Glumelle inférieure aux arêtes de 1 à 2 cm. Les semences ayant un corps linéaire, comprimé, brun, pointu, à face ventrale concave et face dorsale convexe, de 1 à 1,5 cm de long et de 1 mm de large, à arête de 1 à 2 cm de long. Plantule à gaine rose ou violette, finement pubescente (Tanji, 2005) (Photo 04).



**Photo 04.-** *Bromus rubens* L. (Originale, Mai 2019)

(A) : Plant entier, (B) Graine.

#### **I.2.2.2.- *Phalaris minor* Retz.**

##### **I.2.2.2.1.-Position systématique**

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphyte
Sous Embranchement	: Angiosperme
Ordre	: Cyperales
Famille	: Poaceae
Genre	: <i>Phalaris</i>
Espèce	: <i>Phalaris minor</i> Retz.

##### **I.2.2.2.2.-Description botanique**

Plante annuelle, glabre, à pointes racinaires rouges. Chaumes de 20 cm à 1,20 m de haut. Feuilles à ligule de 3 à 8 mm. Gaines souvent roses. Panicule cylindrique, de 2 à 6 cm de long. Epillets ayant une fleur fertile avec à sa base une fleur stérile. Glumes égales, à ailes érodées dentées, de 4 à 6 mm. Glumelles subégales. Les graines en forme de poire, brun clair, poilues, de 3 à 4 mm de long et de 2 mm de large, avec à leur base une écaille. Premières feuilles de 5

à 10 cm de long et de 1 à 2 mm de large. Ligule membraneuse, de 1 à 3 mm. Gaine striée et fréquemment rose-violette (Tanji, 2005) (Photo 05).



Photo 05.- *Phalaris minor* Retz. (Originale, juin 2019).

### I.2.2.3.- *Plantago lagopus* L. (plantain pied de lièvre)

#### I.2.2.3.1.-Position systématique

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphyte
Sous Embranchement	: Angiosperme
Classe	: Magnoliopsida
Ordre	: Lamiales
Famille	: Plantaginaceae
Genre	: Plantago
Espèce	: <i>Plantago lagopus</i> L.

### I.2.2.3.2.-Description botanique

Espèce annuelle mellifère polymorphe et sans tiges, préférant les sols argileux. Consommée par le bétail. Les hampes florales sont en général de 10 à 30 cm de haut. Les feuilles lancéolées, de 2 à 25 cm de long et de 0,2 à 4 cm de large, à pétioles poilus, glabres, à bord denticulé, à 5-7 nervures saillantes, groupées en rosette. L'inflorescence en épis ovoïdes ou cylindriques (0,5 à 7 cm de long et 7 à 12 mm de large). Les bractées, sépales et pétales très poilus, donnant à l'épi un aspect soyeux blanchâtre. Calice à 4 sépales membraneux, de 1,5 à 3 mm de long, à marges scarieuses. Corolle à 4 pétales jaunes, soudés à leur base, de 1,8 à 2,5 mm de long. Pyxides ovoïdes, contenant 2 graines brunes, oblongues, lisses, brillantes, canalicules sur la face interne, de 1,5 à 2,5 mm de long et de 0,5 à 1 mm de large. Plantule à cotylédons linéaires, à face interne canalicule, de 2 à 3 cm de long et de 1 mm de large. (Tanji, 2005) (Photo 06).



Photo 06.- *Plantago lagopus* L. (Originale, Juillet 2020).

#### I.2.2.4.- *Ammi visnaga* L. (LAM)

##### I.2.2.4.1.-Position systématique

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphyte
Sous Embranchement	: Angiosperme
Ordre	: Apiales
Famille	: Apiaceae
Genre	: Ammi
Espèce	: <i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).

##### I.2.2.4.2.- Description botanique

Plante annuelle, glabre. Les tiges dressées, sillonnées, rameuses en haut, en général de 20 cm à 1 mètre de haut. Les feuilles à segments linéaires et arrondis au sommet. L'inflorescence en ombelles à pédoncules et bases des rayons s'épaississant à maturité et se contractant en une sorte de nid compact comme chez la carotte. Involucre à bractées divisées en segments linéaires. Involucelle aux bractées entières. Corolle à 5 pétales blancs. Les semences ovoïdes, grisâtres, de 1 à 2 mm de long et de 0,5 à 1 mm de large, latéralement comprimés, à 5 côtés fins. Plantule à rosette. Cotylédons lancéolés-linéaires, de 1 à 2 cm de long et de 1 à 2 mm de large. Premières feuilles à segments linéaires et arrondis au sommet (Tanji ,2005) (Photo 07).



Photo 07.- *Ammi visnaga* L. (LAM) (Apiaceae) (Originale, Juin 2020).

### I.3.-Préparation du matériel végétal

Le matériel végétal consiste en trois espèces sahariennes source des extraits à tester et cinq espèces recevant les tests de bioactivité : quatre adventices et une espèce cultivée.

Les étapes de préparation du matériel végétal se présentent comme suit :

#### I.3.1.-Récolte des plantes spontanées

Les parties aériennes de plantes spontanées sont récoltées à partir de leur biotope d'existence naturelle loin des endroits anthropisés pour éviter toute interférence avec les actions humaines (Sahara septentrional Est Algérien). La collecte des plantes choisies est réalisée dans la région de Laghouat et Ghardaïa (Tableau 01).

**Tableau 01.-** Stade et lieu de récolte des espèces végétales source des extraits étudiés.

Espèce	Stade de récolte	Zone de récolte	Situation géographique
<i>Haloxylon scoparium</i>	Stade de végétation	Larfed-Assafia	33.82520° N et 2.991359° E
<i>Euphorbia guyoniana</i>		Oued Metlili	32.241489° N et 3.914803° E
<i>Euphorbia retusa</i>		Oued Tlilet	32.283992° N et 3.380145° E

#### I.3.1.1.-Rinçage et séchage

Après la récolte, les parties aériennes des plantes sont rincées à l'eau courante pour éliminer la poussière et toute matière collée sur les feuilles. Elles sont ensuite étalées à l'air libre, à l'ombre et à la température ambiante. La durée de séchage diffère d'une plante à une autre sans dépasser les dix jours.

#### I.3.1.2.-Broyage et conservation

Les feuilles séchées sont broyées au broyeur électrique, les poudres sont conservées dans des bocaux en verre portant une étiquette où le nom de l'espèce, la date et le lieu de récolte sont mentionnés. Le broyat des feuilles constitue le matériel végétal final pour la préparation des extraits aqueux (Kemassi, 2014).

#### I.4.-Préparation des extraits végétaux (Extraction par reflux)

Pour la préparation des extraits végétaux, il est adopté la méthode d'extraction par reflux. Cette méthode est utilisée pour l'extraction des principes actifs par l'utilisation d'un mélange de solvant organique et de l'eau distillée où s'effectue la solubilisation des fractions actives.

Dans un ballon de 1000 ml de capacité, 100 g de poudre des échantillons sont mis dans une solution de méthanol (2/3) et d'eau distillée (1/3). Le ballon est surmonté d'un réfrigérant et fixé à l'aide de pinces et d'un support. La solution est portée à ébullition à l'aide d'un chauffe-ballon pendant six heures à la température de 40 °C. Après refroidissement et filtration, le filtrat recueilli est passé dans un évaporateur rotatif sous pression réduite pour évaporer le méthanol. L'extrait est ensuite récupéré et conservé à l'abri de la lumière dans des flacons hermétiquement fermés, jusqu'à leur utilisation pour les tests biologiques (Kemassi, 2014) (Photo 08).



Photo 08.-Dispositif d'extraction des principes actifs par reflux (Originale, 2020).

#### I.5.-Analyses phytochimiques qualitatives (Tests phytochimiques)

Les analyses phytochimiques qualitatives sont réalisées par des tests de coloration et de précipitation afin de caractériser et de rechercher les principaux groupes chimiques à l'aide de méthodes normalisées (Harborne, 1998) (Annexe I-Photo 01).

### **I.5.1.-Test des alcaloïdes**

Dans un tube à essai, environ trois millimètres d'extraits purs sont ajoutés à 3 ml d'HCl (1 %). Ce mélange a été chauffé pendant 20 minutes. Après refroidissement, on ajoute le réactif de Mayer d'environ 1 ml (goutte à goutte). La formation d'un précipité de couleur verdâtre ou crème indiquait la présence d'alcaloïdes (Lerato et *al.*, 2017).

### **I.5.2.-Test des flavonoïdes**

Environ 3 ml d'extraits ont été traités avec 1 ml de solution de NaOH (10 %). La présence de flavonoïdes a été indiquée par la formation d'une couleur jaune intense (Lerato et *al.*, 2017).

### **I.5.3.-Test des stéroïdes**

Des volumes de 5 ml de chloroforme et de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ont été ajoutés au 500 µl de chaque extrait. La présence des stéroïdes a été déterminée par un changement de couleur du violet au bleu ou vert ou la formation d'un anneau de bleu/vert ou si la couche supérieure est devenue rouge et la couche sulfurique était jaune avec fluorescence verte (Lerato et *al.*, 2017).

### **I.5.4.-Test d'anthocyanine**

2 ml des extraits préparés ont été ajoutés à 2 ml d'HCl (2 N) et d'ammoniac. L'apparition d'une coloration rose rouge qui est devenue bleu violet indiquait la présence d'anthocyanines (Lerato et *al.*, 2017).

### **I.5.5.-Test des stérols et triterpènes**

Les stérols et les triterpènes ont été mis en évidence par la méthode de Libermann. On évapore 1 ml de l'extrait brut dans une boîte de pétri, le résidu sec est dissous par l'acide acétique, puis nous avons ajouté 0,5 ml de l'acide sulfurique concentré. L'apparition d'un anneau rouge ou violet à l'interphase, virant au bleu puis au vert, indique une réaction positive (Trease et Evans., 1987).

### **I.5.6.-Test de coumarine**

Environ 3 ml de NaOH (10 %) ont été ajoutés à 2 ml d'extrait de plante. La formation d'une couleur jaune était une indication de la présence des coumarines (Lerato et *al.*, 2017).

### **I.5.7.-Test des saponosides**

La détection des saponosides est réalisée en ajoutant 2 ml de chaque extrait au volume d'eau distillée, puis le mélange a été fortement agité. Après 20 minutes de repos, la teneur en saponosides est évaluée selon les critères suivants : pas de mousse = test négatif, mousse de 1 à 2 cm = test positif (Lerato et *al.*, 2017).

### **I.5.8.-Test de quinone libre**

Quelques gouttes de NaOH à 1 % ont été ajoutées à un volume de l'extrait. La présence de quinones est déterminée par l'apparition d'une couleur jaune, rouge ou pourpre (Dohou et *al.*, 2003).

### **I.5.9.-Test de cyanidine**

Un volume de 5 ml d'éthanol chlorhydrique a été ajouté au volume de 5 ml de chaque extrait. La présence de leucoanthocyanes a été déterminée par une couleur rouge cerise ou violacée. La présence de catéchols a été déterminée par une couleur brun-rouge.

### **I.5.10.-Test des glycosides**

Un volume de 1 ml de chaque extrait a été ajouté au volume de KOH (10 %). La présence de glycosides a été déterminée par la formation d'une couleur rouge brique.

### **I.5.11.-Test des phénols et tanins**

Environ 2 ml d'extraits bruts ont été ajoutés à la solution de FeCl<sub>3</sub> (5 %). La présence de tanins et de phénols a été révélée par une couleur noire ou bleu-vert (Lerato et *al.*, 2017).

### **I.5.12.-Test des composés réducteurs**

Un mélange des solutions de Fehling A et B avec des volumes égaux a été ajouté à l'extrait végétal. Puis chauffer dans le bain marie. Un précipité de couleur rouge brique indiquait la présence des composés réducteurs (Jaradat et *al.*, 2015).

## **I.6.- Analyses phytochimiques quantitatives (Dosage des composés phénoliques)**

Les analyses quantitatives (dosage) des polyphénols totaux (PT) et des flavonoïdes totaux (FT) des différents extraits ont été déterminées à l'aide des méthodes colorimétriques

appliquant l'appareil UV- Vis comme instrument de mesure. Des courbes expérimentales et des équations de régression linéaires sont déterminées pour ces analyses. Ces dernières sont associées à des courbes d'étalonnage pour quantifier les familles ciblées. Les résultats sont exprimés en mg équivalent par gramme de la matière végétale sèche (Annexe I-Photo 02).

### **I.6.1.- Dosage des polyphénols totaux**

#### **I.6.1.1.-Principe**

La concentration des polyphénols totaux dans tous les extraits de plantes a été déterminée par spectrophotométrie, basée sur la réaction d'oxydation/réduction à l'aide du réactif Folin-Ciocalteu. Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8 O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm, est proportionnelle à la quantité de phénols présents dans l'extrait végétal. La quantification des phénols a été faite à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire, réalisée dans les mêmes conditions que l'échantillon, en utilisant l'acide gallique comme standard (Boizot et Charpentier, 2006 ; Cliffe *et al.*, 1994).

#### **I.6.1.2.- Protocole expérimental**

Le dosage des polyphénols totaux des extraits végétaux est mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre UV. Vis, selon la méthode colorimétrique décrite par Singleton et Rossi (1965). Ces auteurs ont utilisé le réactif de Folin-Ciocalteu pour estimer la teneur en phénols totaux d'un extrait végétal. Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Cette méthode consiste à ajouter 200  $\mu$ l d'extraits à 1 ml de réactif Folin-Ciocalteu (10 fois dilué). Après 5 min d'agitation, 800  $\mu$ l d'une solution de carbonate de sodium  $Na_2CO_3$  (7,5 %) sera ajouté. Les tubes sont incubés pendant 30 min à la température ambiante. L'absorbance est lue à 765 nm. Les résultats sont exprimés en termes d'équivalent d'acide gallique (en mg, équivalent par gramme de la matière végétale sèche).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (Figure 01) (Ali-Rachedi *et al.*, 2018).

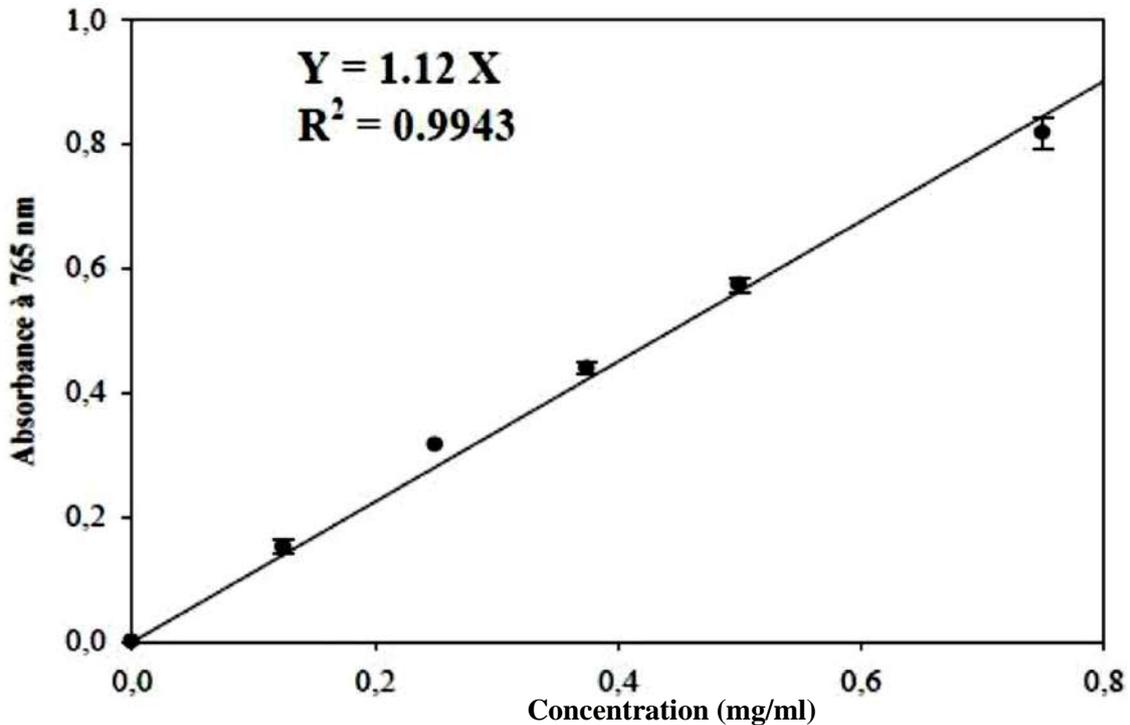


Figure 01.- Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

## I.6.2.- Dosage des flavonoïdes totaux

### I.6.2.1.- Principe

La teneur totale en flavonoïdes est mesurée selon la méthode du trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3^+$ ) en utilisant la quercétine comme étalon. La quantification des flavonoïdes totaux est effectuée par une méthode basée sur la formation d'un complexe très stable, entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (Djeridane et *al.*, 2006 ; Bahorum et *al.*, 1996).

### I.6.2.2.- Protocole expérimental

Le dosage des flavonoïdes totaux des extraits est mesuré selon la méthode spectrophotométrique décrite par Kim et *al.*(2003). On ajoute 25  $\mu\text{l}$  de l'extrait (100  $\mu\text{l}$  de l'extrait pur + 400  $\mu\text{l}$  de méthanol) à 300  $\mu\text{l}$  de nitrite et 300  $\mu\text{l}$  de chlorure d'aluminium (10 %). Après 5 minutes d'incubation à température ambiante, on ajoute 0,1 ml d'hydroxyde de sodium NaOH (2 %), l'absorbance est mesurée à 510 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV. VIS. La

teneur en flavonoïdes est calculée à partir d'une courbe d'étalonnage ( $y=ax+b$ ) réalisée avec la quercétine à différentes concentrations dans les mêmes conditions que les échantillons (Figure 02). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent de quercétine par gramme de matière végétale sèche.

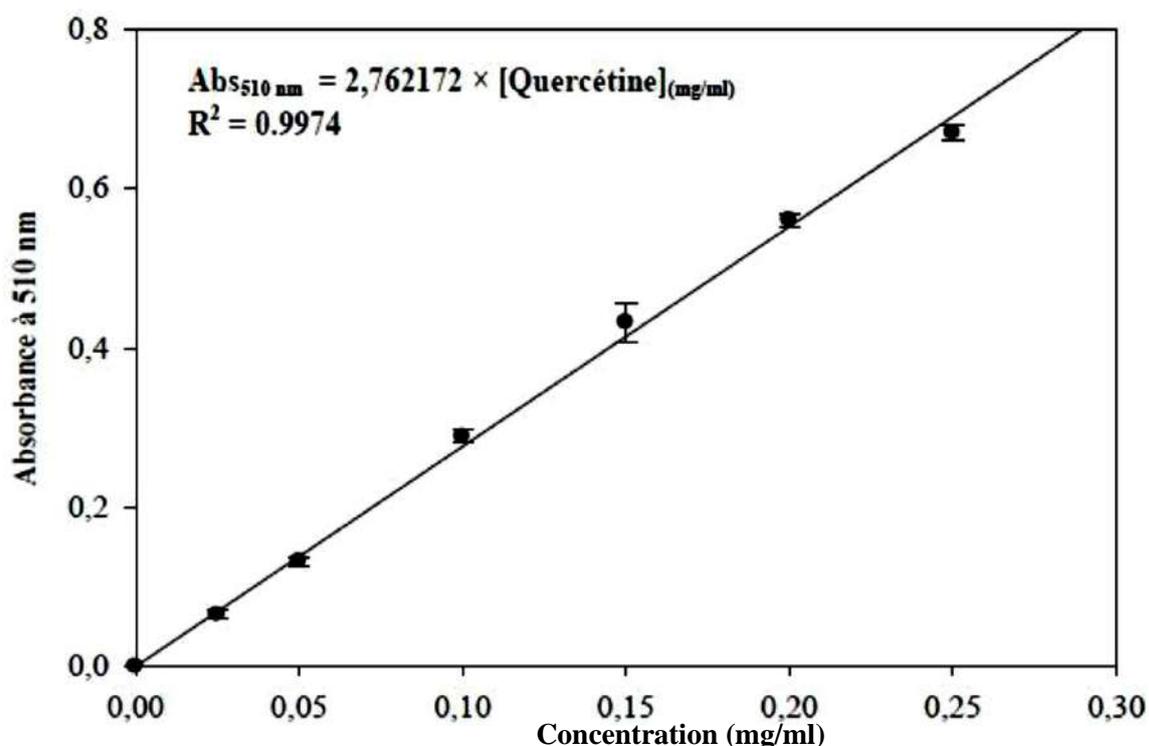


Figure 02.- Courbe d'étalonnage de quercétine (mg/ml) pour le dosage des flavonoïdes totaux.

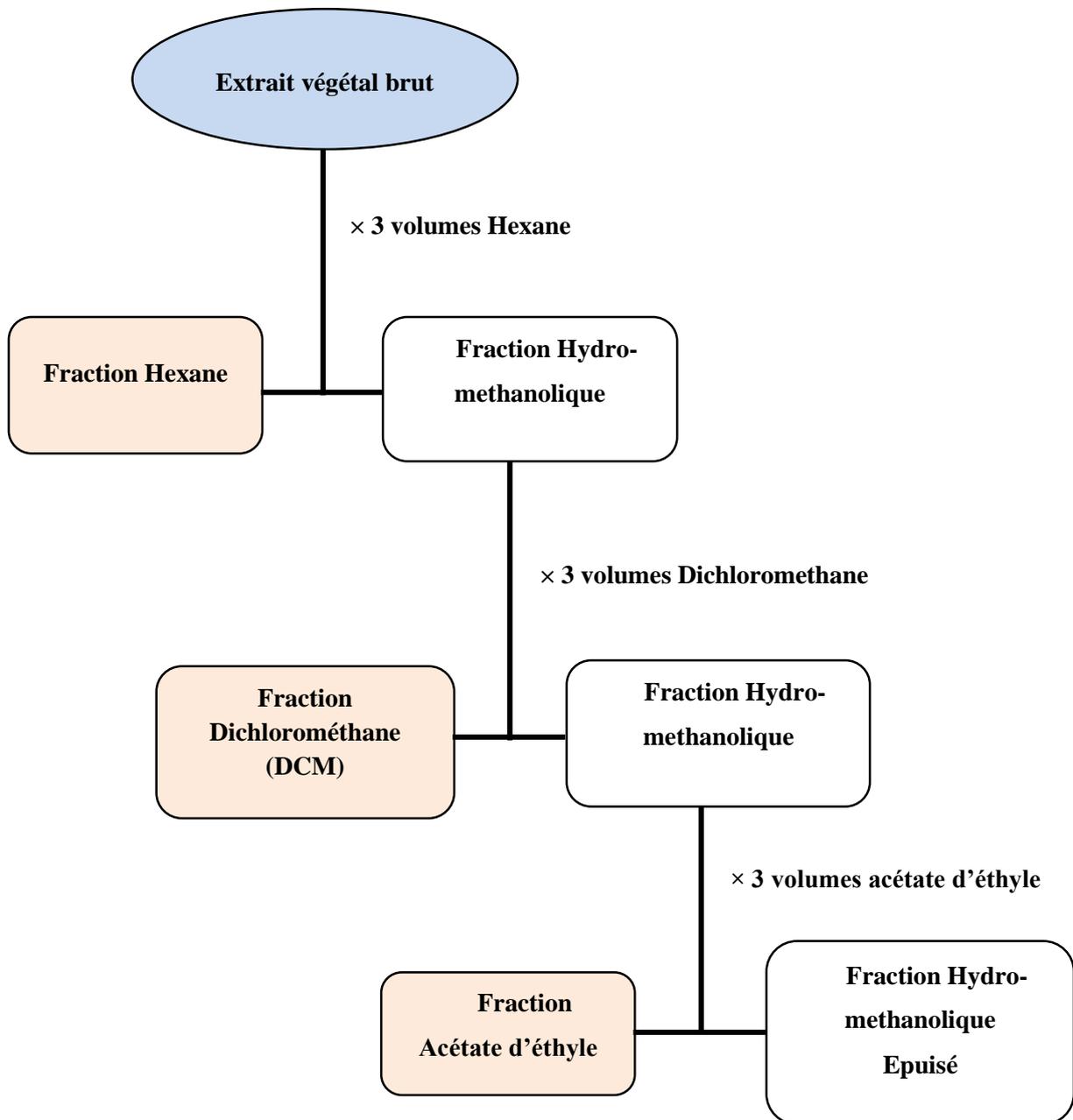
## I.7.-Analyse chromatographique des composés phénoliques

### I.7.1.-Délipidation et dépigmentation

Pour isoler les composés phénoliques contenus dans la matière végétale étudiée, on procède initialement à l'élimination des lipides et des pigments présents. Pour cela, on procède à un fractionnement liquide-liquide de l'extrait végétal en fractions de polarités différentes qui permet de séparer les molécules selon leurs propriétés physico-chimiques entre les deux phases liquides non miscibles avec des solvants de polarités croissantes à savoir : l'hexane (pour éliminer les lipides et la chlorophylle), le dichlorométhane (pour l'extraction des composés phénoliques peu polaires) et enfin l'acétate d'éthyle (pour l'extraction des composés phénoliques polaires) (Annexe I- Photo 03).

Chaque fraction d'extraits a été séchée par le sulfate de sodium anhydre. Après filtration et évaporation des solvants à pression réduite, chaque résidu a été récupéré encore une fois en

ajoutant 5 ml de méthanol. Enfin, chaque solution d'extraits obtenue a été par la suite conservée à 4 °C jusqu'à son analyse. Les étapes du fractionnement des composés phénoliques sont résumées dans le schéma de la figure 03 (Boukhalkhal, 2018).



**Figure 03.-** Schéma de fractionnement de l'extrait brut par extraction Liquide-Liquide (Boukhalkhal, 2018)

### **I.7.2.-Analyse par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS)**

Dans le but d'identifier les molécules présentes dans les extraits des plantes spontanées, nous avons combiné la chromatographie liquide au système de détection MS. La séparation des composés phénoliques est réalisée par UPLC-ESI-MS-MS Shimadzu 8040 Ultra-hautes sensibilités avec la technique UFMS a été utilisée et équipée de bosse binaire Nexera XR LC-20 AD.

La détection est effectuée par spectrométrie de masse 4000 QTRAP en utilisant l'ionisation par électropulvérisation (ESI) en mode ionique négatif et positif. Les spectres de masse sont acquis avec les plages de poids moléculaire (m/z) de 100-1000 avec 20 accumulations d'ions de masse. Le capillaire et la tension de la source ESI sont programmés à 400 °C et 6,00 kV, respectivement.

Tous les étalons sont préparés en méthanol avec une concentration de 500 µg/L. Le piège à ions spectromètre de masse est utilisé dans les ions négatifs et positifs avec le mode MRM (multiple réaction monitoring). La phase mobile est constituée d'eau, d'acide formique à 0,1 %, et de méthanol (30 : 70, v/v). Le débit est de 0,3 ml / min, la température du four est de 25 °C et le volume d'injection est de 6 µl. Les échantillons sont séparés à l'aide d'une colonne Ultra-force C18 (2,5 mm 100 mm, taille de particule de 1,8 µm). Les composés bioactifs de l'extrait sont identifiés en fonction du temps de rétention sur la colonne C18 ultra-force et de la correspondance des spectres des normes (Ben Amor, 2022) (Annexe I-Photo 04).

### **I.8.-Tests biologiques**

L'étude de la toxicité des espèces spontanées *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*, récoltées au Sahara Septentrional Est-Algérien, vise la recherche d'effet allélopathique et bioherbicide de leurs extraits foliaires sur la germination des graines et la croissance des espèces traitées composées de deux adventices monocotylédones (*Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz.), deux adventices dicotylédones (*Plantago lagopus* L. et *Ammi visnaga* L.) et l'espèce cultivé le blé dur (*Triticum durum*).

La réalisation des tests biologiques nécessite des conditions environnementales optimales, lesquelles sont adaptées spécifiquement aux espèces testées utilisées afin d'éviter de fausses réponses positives. Les tests de germination ont été réalisés dans des boîtes de pétri stériles et dans les pots. Les protocoles expérimentaux adoptés sont bien détaillés ci-dessous (Figure 04).

### **I.8.1.-Choix et préparation des concentrations**

En vue de caractériser de potentiel allelopathique et bioherbicide chacun des extraits foliaires testés par la détermination de sa concentration minimale inhibitrice (CMI), on a préparé par dilutions successives de neuf concentrations décroissantes : 100 %, 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, 2.5 % et 1 % pour les tests en boîte de pétri et sept concentrations pour les tests en pots : 100 %, 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 % (Annexe I-Photo 05).

### **I.8.2.-Constitution des lots expérimentaux**

Pour le présent travail, cinq lots sont constitués pour chaque méthode (boîte de Pétri et pot), dont le premier est le témoin négatif (eau distillée), le témoin positif (herbicide TILLER 410) (deuxième lot) (Annexe I-Photo 6), en plus les lots de traitement par les extraits végétaux et trois répétitions pour chaque concentration de chacun des trois extraits foliaires étudiés.

L'herbicide choisi, TILLER 410, est un herbicide total, systémique et non sélectif, sous forme liquide concentré soluble dans l'eau. Substance active : Glyphosate en forme de sel isopropylamine (IPA) 48% p/v, pour une dose d'application normalisée de l'ordre de 2,5- 6,5 litre par hectare.

#### **I.8.2.1.-L'expérience dans les boîtes de Pétri**

Les tests de germination sont réalisés dans les boîtes de Pétri stériles. Quinze graines sont déposées sur un papier filtre dans une boîte de pétri où sont ajoutés 3 ml d'extraits foliaires, d'eau distillée (témoin négatif) ou d'herbicide (témoin positif) (Annexe I-Photo 07).

#### **I.8.2.2.-L'expérience dans les pots**

Les tests de germination sont réalisés dans les pots en plastique à 10 cm de longueur et de largeur et d'une hauteur de 5 cm, le substrat utilisé étant constitué de sable dunaire récupéré de la région d'Ouargla, tamisé à l'aide d'un tamis de 2 mm, puis lavé trois fois à l'eau distillée et séché au soleil à l'air libre. Les pots sont remplis d'une quantité de 250g de sable chacun (Annexe I-Photo 08).

Pour évaluer les besoins d'irrigation, on procède à la détermination du point de saturation en eau du substrat via la remontée capillaire ; trois pots sont déposés dans un cristalliseur contenant un volume connu d'eau, une fois le sable devenu complètement humide, le pot est retiré du cristalliseur. Le volume absorbé par le sable du pot est déterminé par la différence entre le

volume d'eaux initiales du cristalliseur (ml) et le volume restant (ml), soit un point de saturation du sable utilisé de 60 ml (Annexe I-Photo 09).

Les graines des espèces testées sont déposées à raison de 15 graines par pot à l'aide d'une pince à une profondeur uniforme selon la taille des graines. Les graines sont irriguées le premier jour par l'extrait, l'eau distillée (témoin négatif) et l'herbicide (témoin positif). L'expérimentation est suivie pour noter le nombre des graines germées.

Après semis, les pots sont irrigués la première fois par :

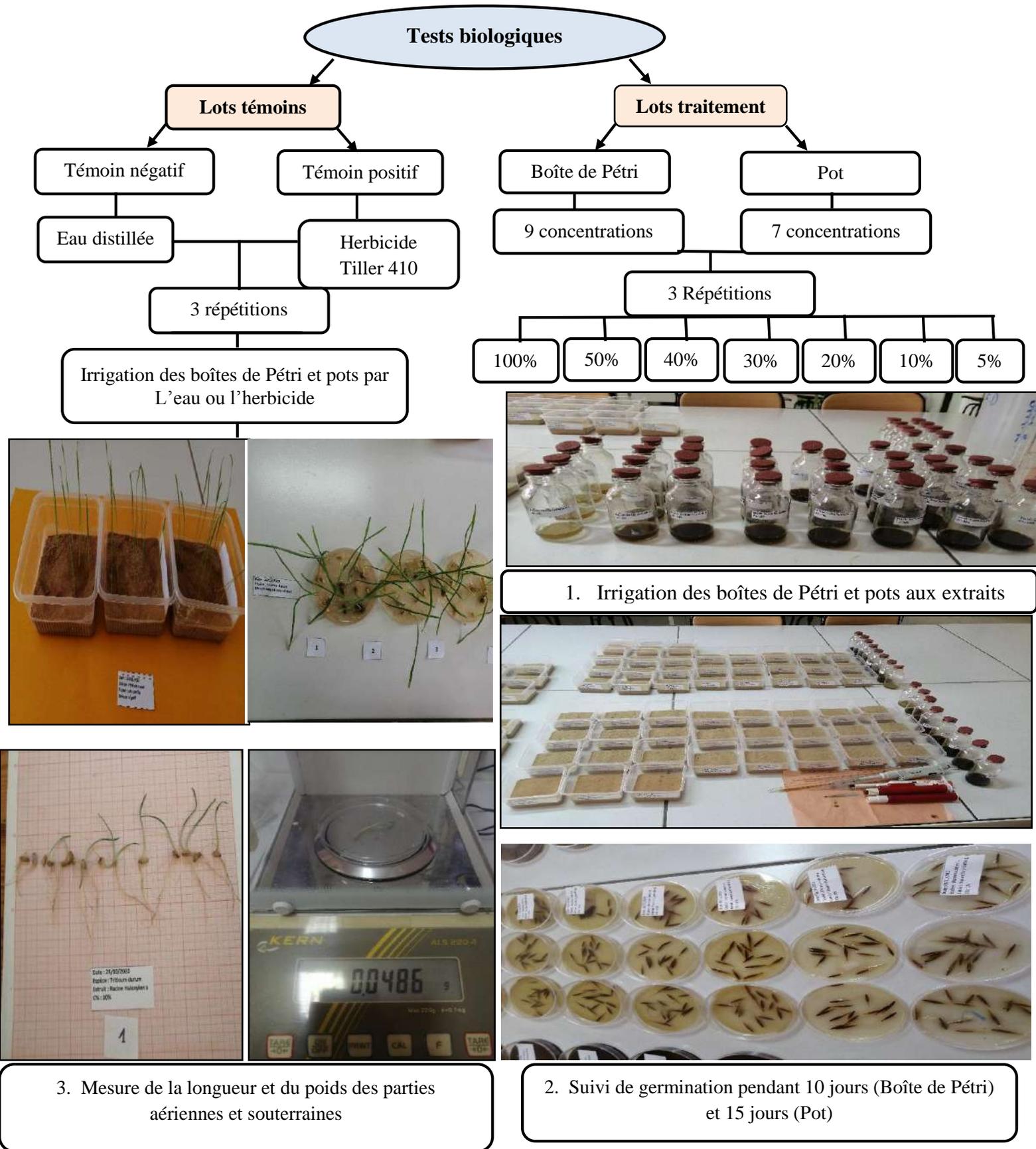
- Une solution de 4 ml d'extrait végétal additionnée à 60 ml d'eau distillée,
- Un volume de 64 ml d'eau distillée pour les pots du témoin négatif,
- Une solution de 4 ml d'herbicide additionnée à 60 ml d'eau distillée pour le témoin positif (dose estimée selon la norme d'application de cet herbicide sur céréales).

Les pots sont humidifiés périodiquement à l'eau distillée afin d'éviter leur dessèchement.

### **I.8.3.-Suivi de la germination des graines, de la morphométrie et du poids des plantules**

Chaque boîte de Pétri et chaque pot sont étiquetés avec une étiquette portant le nom de l'espèce test, la date, l'extrait, la concentration et le numéro de répétition. L'expérimentation est suivie durant dix jours pour les boîtes de Pétri et quinze jours pour les pots, en notant le nombre des graines germées chaque jour et toute sorte d'anomalie de croissance post-germination.

Une fois la période de suivi expérimental achevée, des mesures morphométriques sont effectuées sur les plantules, soit la longueur et le poids frais de la partie aérienne et de la partie racinaire, ainsi que l'observation des anomalies de croissance (flétrissement, jaunissement ou noircissement des plantules) (Annexe I-Photo 10).



**Figure 04.-** Dispositif expérimental des tests biologiques.

## I.9.- Méthode d'exploitation des résultats

Afin d'exploiter les résultats portant sur la toxicité des différents extraits végétaux testés sur la germination des graines et la croissance des plantules, certains paramètres sont étudiés.

### I.9.1.-Les paramètres étudiés

#### I.9.1.1.-Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction correspond au pourcentage des principes actifs dissous dans le solvant organique utilisé pour l'extraction par rapport au poids de la poudre végétale utilisée pour l'extraction.

Le rendement d'extraction (%) est déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$R (\%) = ((P1-P0)/E) \times 100$$

Avec :

R : Rendement exprimé en %.

P1 : Poids d'extrait après évaporation (g).

P0 : Poids vide de ballon (g).

E : Poids de la poudre végétale (g).

#### I.9.1.2.-Taux d'inhibition de la germination (T.I %)

Selon CÔME (1970), ce paramètre explique la capacité d'une substance ou préparation à inhiber la germination des graines. Il s'agit du rapport de la différence entre le nombre des graines semées et germées au nombre total des graines semées.

$$\text{Taux d'inhibition} = \frac{(\text{Nombre de graines semées} - \text{Nombre de graines germées})}{\text{Nombre de graines semées}} \times 100\%$$

#### I.9.1.3.-Evaluation de l'effet allélopathique

L'évaluation de l'effet allélopathique de différents extraits pour l'efficacité de leur effet herbicide vis-à-vis des adventices est jugée selon l'échelle de la commission des essais biologiques (CEB) de la société française de phytologie et de phytopharmacie :

- 95 à 100% : Très bonne efficacité.
- 80 à 95% : Bonne efficacité.

- 60 à 80% : Efficacité moyenne.
- 40 à 60% : Efficacité faible.
- < 40% : Efficacité sans intérêt pratique.

#### **I.9.1.4.-Cinétique de germination**

La cinétique de germination correspond aux variations dans le temps du taux de germination des graines de la plante testée. Elle représente graphiquement le pourcentage de germination en fonction du temps. Elle donne une vision précise sur l'évolution de la germination d'un lot de semences placé dans des conditions bien déterminées.

#### **I.9.1.5.-Indice de vigueur (IV)**

Un indicateur très important pour voir dans quel milieu les plantes ont été plus résistantes (Abdul-Baki et Anderson, 1973).

$$IV = [(LPA + LPR) \times TG]/100$$

**Avec :**

IV : Indice de vigueur

LPA : La longueur moyenne de la partie aérienne (cm)

LPR : La longueur moyenne de la partie racinaire (cm)

TG : Le taux de germination (%).

#### **I.9.1.6.-Concentration d'efficacité (C.E.)**

La C.E<sub>50%</sub> est la concentration à laquelle une substance engendre un effet spécifique équivalant à la moitié de l'effet maximal observé.

C.E<sub>50%</sub> est la quantité d'une matière pouvant induire un pourcentage de succès de 50 % de la population traitée. C'est celle qui provoque la mort de 50 % de la population traitée ou un effet biologique équivalant à la moitié de l'effet observé chez le témoin. Egalement une C.E<sub>90%</sub> engendre, un taux de succès de 90 %. La C.E<sub>50%</sub> et la C.E<sub>90%</sub> sont estimées selon la méthode des probits.

### **I.9.1.7.- Action des extraits végétaux sur la croissance des plantules**

L'action des extraits testés est évaluée par le biais des mesures morphométriques réalisées aussi bien dans les boîtes de Pétri que les pots, à savoir :

- Longueur et poids de la partie aérienne (LPA et PPA).
- Longueur et poids de la partie racinaire (LPR et PPR).

Les mesures sont effectuées respectivement à l'aide du papier millimétré et d'une balance de précision.

### **I.9.2.- Analyses statistiques des données**

Les résultats des tests expérimentaux ont été interprétés statistiquement à l'aide du logiciel " XLSTAT version 2014 ". L'analyse des variances (ANOVA) et les différences entre les paramètres ont été évaluées par le test de Fisher LSD. La différence a été prise en compte lorsque  $P= 0,05$ .



# *Resultats et discussion*

## Chapitre II.- Résultats et discussion

Dans le cadre de l'évaluation du potentiel allélopathique et du pouvoir bioherbicide des extraits végétaux des trois plantes spontanées du Sahara Septentrional Est Algérien, une première partie du travail est consacrée à la caractérisation des molécules bioactives par la réalisation des analyses phytochimiques qualitatives et quantitatives de ces extraits.

Par ailleurs, l'autre partie de l'étude vise la recherche d'effets allélopathiques des extraits sur la germination et la croissance de cinq espèces tests : quatre adventices des céréales (deux monocotylédones (*Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz.) et deux dicotylédones (*Plantago lagopus* L. et *Ammi visnaga* L. (LAM)) et une céréale cultivée (*Triticum durum* Desf.).

### II.1.- Rendement d'extraction

Les rendements d'extraction sont estimés en fonction de la masse d'extraits par rapport à la masse de la poudre végétale ayant servi pour l'extraction :

$$\text{Rendements d'extraction (\%)} = (\text{poids de l'extrait obtenu} / \text{poids de la poudre végétale}) \times 100$$

Les valeurs des rendements d'extraction des extraits foliaires montrent une grande variation entre les trois espèces. L'espèce *H. scoparium* avec un rendement de 20,64 % semble plus riche en composés phénoliques comparativement aux deux autres *E. guyoniana* et *E. retusa* avec respectivement 17,80 % et 15,45% (Tableau 02).

**Tableau 02.-** Rendement d'extraction en métabolites secondaires des extraits foliaires des plantes étudiées.

Plantes spontanées	Rendement (%)
<i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	20,64
<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	17,80
<i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	15,45

L'extraction de l'espèce de *H. scoparium* a donné un rendement de 20,64 %. Ce résultat est proche de celui mentionné par Zerriouh (2015), qui note un rendement d'extraction de 20,4 % de l'extrait hydro-méthanolique de la partie aérienne de la même espèce, récoltée en automne dans la région d'Ain Sefra (Algérie). Ben Kherara et al. (2021) notent des rendements des extraits méthanoliques et aqueux de la partie aérienne de l'espèce récoltée dans le sud Est algérien, de l'ordre de 20,66% et 44,44% respectivement. Lachekar et al. (2021) ont trouvé des

rendements d'extraction de l'ordre de 14,35 % et 10,68 % des extraits méthanoliques avec différentes méthodes d'extraction de la partie aérienne de la même plante récoltée dans la région Taddart-Taza (Maroc). Bourogaa et al. (2014) et Tair et al. (2016) ont obtenu des rendements d'extraction de l'ordre de 11 %.

Mezghani-Jarraya et al. (2009) rapportent un rendement d'extraction de 15,10 % pour l'extrait méthanolique de la partie aérienne de *H. scoparium* récoltée dans la région de Sfax (Tunisie). Alors que Bouaziz et al. (2016) n'ont obtenu que 6,15 % pour la même espèce de la même région. Des rendements trop faibles de l'extrait de tige et de feuilles de la même plante sont obtenus par d'autres : environ 6,2 % (extrait butanolique), 0,8% (extrait d'acétate d'éthyle) et 0,4 % (extrait de chloroforme) (Belhadj-Tahar, 2018).

Comme il est indiqué dans le tableau 02, le rendement d'extraction obtenu pour *E. guyoniana* (17,80 %) est plus élevé par rapport à ceux obtenus par d'autres auteurs, tels que Herouini et al. (2015) et Kemassi et al. (2019), enregistrent un rendement de l'ordre de 4,3 % pour l'extrait de la partie aérienne et 6,3 % pour celui de la partie racinaire.

Ali et Bettayeb (2021), rapportent un rendement d'extraction de 7 % (extrait méthanolique), 5,20 % (extrait de chloroforme) et 2,08 % (extrait de dichlorométhane) de la partie aérienne d'*Euphorbia guyoniana* récoltée dans la région de Oued N'sa-Gherara (Ghardaia). Ainsi que, des rendements très faibles de l'ordre de 0,1 % et 0,956 % obtenus respectivement par Djaber et Kherrag (2016) et Kemassi (2014).

D'après la littérature, des études similaires ont rapporté que la variabilité existe dans les rendements d'extraction en métabolites secondaires en fonction de l'espèce végétale, la partie utilisée, la période de récolte, la durée et les conditions de séchage, la polarité et la nature de solvant utilisé et les conditions d'extraction ou fractionnement (température, durée d'extraction, le rapport (solvant /matière végétale)).

## **II.2.- Analyses phytochimiques**

Dans cette étude, nous avons réalisé des extractions de composés phénoliques puis leur caractérisation qualitative et quantitative. Les techniques analytiques utilisées sont les tests phytochimiques basées sur les réactions de précipitation et/ou de coloration des extraits par des réactifs spécifiques. Le dosage des polyphénols et des flavonoïdes totaux est déterminé par

spectrophotométrie et l'identification des composés phénoliques est réalisée par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS).

Les plantes sahariennes constituent une source intéressante dans la recherche de nouvelles molécules bioactives. Elles sont extrêmement complexes du point de vue de leur composition chimique, elles sont constituées de plusieurs milliers de métabolites secondaires dont seulement quelques-uns sont responsables de l'effet toxique ou de l'effet allélopathique.

Les plantes possèdent des métabolites secondaires par opposition aux métabolites primaires (les protéines, les lipides et les glucides). Ces composés diffèrent en fonction des espèces végétales. Ces métabolites secondaires sont des composés phénoliques caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec des glucides. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux (feuilles, tiges, racines, fleurs, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la germination des graines, la rhizogénèse, la croissance cellulaire et la maturation des fruits (Boizot et Charpentier, 2006).

Les métabolites secondaires des plantes sont réputés depuis l'antiquité pour leurs propriétés pharmacologiques. Dernièrement, l'homme s'intéresse à leurs activités biologiques. En particulier, ces métabolites secondaires sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante contre les pathogènes et les ravageurs. En effet, les composés d'origine végétale sont utilisés pour lutter contre les insectes et les mauvaises herbes (Kemassi, 2014 ; Salhi et *al.*, 2013), parce qu'ils sont efficaces et moins toxiques que la plupart des insecticides et herbicides synthétiques (Qasem, 2002 ; About et *al.*, 2019).

### **II.2.1.- Analyses phytochimiques qualitatives (Tests phytochimiques)**

Les analyses phytochimiques qualitatives consistent à détecter les différentes familles de composés existant dans les extraits végétaux. Il révèle la présence ou l'absence d'un groupe de métabolites secondaires.

Les résultats des tests phytochimiques sont reportés dans le tableau 03. Ils révèlent que les extraits des trois plantes sont très riches en métabolites secondaires dont les alcaloïdes flavonoïdes, stéroïdes, stérols et triterpènes, coumarine, saponosides, quinone libre, cyanidine, tannins et composés réducteurs sont présentés en quantité plus ou moins importante dans tous les extraits.

On note l'absence des composés réducteurs chez *H. scoparium*, les alcaloïdes et les coumarines chez *E. guyoniana* et celle des saponosides chez *E. retusa*. Comme il est également détecté la présence unique des anthocyanes chez *E. guyoniana* et des glycosides chez *E. retusa*.

**Tableau 03.-** Résultats des tests phytochimiques des extraits foliaires des plantes étudiées.

Groupes chimiques	HSF	EGF	ERF
<b>Alcaloïdes</b>	+++	-	+
<b>Flavonoïdes</b>	+++	+++	+++
<b>Stéroïdes</b>	+++	+++	+++
<b>Anthocyanes</b>	-	++	-
<b>Stérols et tri terpènes</b>	+++	+++	+++
<b>Coumarines</b>	+++	-	+++
<b>Saponosides</b>	+++	+++	-
<b>Quinone libre</b>	+++	+++	++
<b>Cyanidines</b>	+	+++	+++
<b>Glycosides</b>	-	-	+++
<b>Tannins</b>	+++	+++	+++
<b>Composés réducteurs</b>	-	+++	+++

(- : absence, + : faible présence, ++ : présence moyenne, +++ : forte présence)

Les tests de caractérisation phytochimique permettent l'évaluation préliminaire de la composition chimique et d'obtenir une vision qualitative sur la présence ou l'absence des constituants dans ces extraits végétaux.

La recherche bibliographique effectuée sur la composition chimique de *H. scoparium* a montré la richesse de cette dernière en alcaloïdes et en flavonoïdes (Benkrief et *al.*, 1990 ; Mohammedi, 2013), en saponosides (Aynehchi et *al.*, 1981).

Ben Kherara et *al.* (2021) confirment nos résultats qui montrent la présence de six composés majeurs de métabolites secondaires : flavonoïdes, alcaloïdes, saponosides, anthocyanes, stérols et triterpènes dans l'extrait foliaire de *H. scoparium* récolté au Sahara algérien. Pour sa part, Zerriouh (2015) a montré la présence de certains composés, à savoir les alcaloïdes, flavonoïdes, saponosides, stéroïdes, tannins et sucres réducteurs.

L'étude réalisée par Lachekar *et al.* (2021) sur l'extrait de la partie aérienne de la même espèce montre une forte réaction positive avec les alcaloïdes et les tannins, une réaction moyenne pour les flavonoïdes et une faible réaction pour quinone libre et anthracenoside.

En outre, une évaluation qualitative de la composition chimique de l'extrait foliaire aqueux a révélé la présence des flavonoïdes et des alcaloïdes ainsi que l'absence des stérols et les quinones (Bourogaa *et al.*, 2014), la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes, des saponosides, en quantités importantes, des tannins et des composés réducteurs en quantité moins importante (Braz et Mohamed hanchour, 2018).

Li *et al.* (2010) ont confirmé que *H. scoparium* contient des flavonoïdes, des glycosides, des stérols, des pyranones et des huiles. Belhadj Tahar (2018) montre la présence des alcaloïdes, flavonoïdes, glycosides, tannins, saponosides, résine et betaine et l'absence des anthocyanes. Par contre, l'étude réalisée par Zeghada (2009) a montré la présence des coumarines et l'absence des alcaloïdes, des flavonoïdes, quinone libre, saponosides et triterpènes.

D'après la littérature, nos résultats concordent avec ceux obtenus par plusieurs auteurs. Ali et Bettayeb (2021) affirment que la composition phytochimique de l'espèce *E. guyoniana* révèle la présence de différents types de métabolites secondaires, ce qui montre la richesse de cette espèce en composés phénoliques (flavonoïdes, stéroïdes, coumarine, tannins et les composés terpéniques), tandis que les alcaloïdes et les composés réducteurs sont absents.

L'examen phytochimique réalisé par Amar *et al.* (2012) sur l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* a révélé la présence de flavones, glycosides, anthocianosides, saponosides et tannins, alors que les alcaloïdes, les coumarines et les composés réducteurs sont absents. Par contre, les résultats obtenus par Boumaaza (2008) sur la poudre végétale de la même plante montrent que cette espèce est riche en alcaloïdes, glycosides, saponosides et sucres réducteurs. Elle est moyennement riche en flavonoïdes, coumarines et tannins totaux. Les autres composants tels que les caroténoïdes, anthocyanes, protéines, quinones libres, tannins catechiques et tannins galliques sont totalement absents.

A travers les résultats obtenus, nous avons constaté également que l'extrait d'*E. retusa* est riche en composés phénoliques. Ceci est confirmé par plusieurs études. Les résultats de l'analyse phytochimique des parties aériennes de même espèce qui ont montré la présence des alcaloïdes, flavonoïdes, terpénoïdes, saponosides, tannins, phenolics, alors que les glycosides,

anthraquinone, stéroïdes sont absents (El-Amier et *al.*, 2020). Abdallah (2014) démontre la présence de certains composés phytochimiques bioactifs tels que des flavonoïdes, alcaloïdes, tanins, saponines et terpénoïdes.

Il est important de souligner que les conditions et la méthode d'extraction utilisées, le choix des solvants, la région et le stade de récolte, ainsi que la partie utilisée affectent le contenu en phénols et flavonoïdes de la plante (Lee et *al.*, 2003). Ce qui explique la variabilité des valeurs de rendements d'extraction de la même espèce et entre différentes espèces végétales.

### II.2.2.- Analyses phytochimiques Quantitatives

La teneur en polyphénols totaux des extraits végétaux a été mesurée par rapport au standard de l'acide gallique, exprimée en mg EAG/100 g d'échantillon végétal sec. En revanche, la teneur en flavonoïdes totaux a été mesurée par rapport au standard de la quercétine, exprimée en mg EQ/100 g d'échantillon de matière végétale sèche. En se basant sur des valeurs d'absorbance des solutions d'extraits et en se référant aux courbes d'étalonnage présentées précédemment.

Les résultats des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux des extraits foliaires des trois plantes étudiées sont regroupés dans le tableau 04.

La phytochimie quantitative a révélé des taux variables en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux. Dans les extraits foliaires, les taux les plus élevés en polyphénols se rencontrent dans l'extrait d'*E. guyoniana* ( $2423,80 \pm 1,56$  mg EAG/100 g), tandis que les deux autres plantes sont moins riches en polyphénols, *H. scoparium* ( $588,33 \pm 1,87$  mg EAG/100 g) et *E. retusa* ( $573,8 \pm 1,65$  mg EAG/100 g). Les flavonoïdes totaux se concentrent principalement dans l'extrait d' *H. scoparium* ( $95,45 \pm 1,21$  mg EQ/100 g), comparativement aux extraits d'*E. guyoniana* ( $34,88 \pm 0,83$  mg EQ/100 g) et *E. retusa* ( $24,92 \pm 0,91$  mg EQ/100 g).

**Tableau 04.-** Teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux des extraits foliaires des plantes étudiées.

Plantes spontanées	Phénols totaux (mg EAG /100 g) $\pm$ SD	Flavonoïdes totaux (mg EQ/100 g) $\pm$ SD
<i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	588,33 $\pm$ 1,87	95,45 $\pm$ 1,21
<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	2423,80 $\pm$ 1,56	34,88 $\pm$ 0,83
<i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	573,8 $\pm$ 1,65	24,92 $\pm$ 0,91

EAG : Equivalent Acide Gallique, EQ : Equivalent Quercétine.

Les recherches effectuées et les analyses qualitatives sur les différents extraits ont montré la présence d'importants métabolites secondaires, donc il est nécessaire d'effectuer une estimation de leur quantité dans les extraits. La quantification des composés phénoliques des extraits végétaux est une étape préliminaire importante, puisqu'elle révèle la présence des constituants connus par leurs activités biologiques.

Allaoui et *al.* (2016) signalent une teneur en polyphénols totaux (397,74 mg EAG/g) et en flavonoïdes totaux (82,83 mg EQ/g) de l'extrait d'acétate d'éthyle de la partie aérienne de *H. scoparium* récoltée dans la wilaya de Ghardaïa (Nord Sahara Algérien). Cependant, les données rapportées par Salah et Bordjiba (2018) de l'extrait de la partie aérienne de la même espèce sont (336,756 ± 0,855 mg EAG/g).

Les résultats obtenus par Ziani et *al.* (2015), Lachekar et *al.* (2021) et Zeghada (2009) des extraits bruts de la partie aérienne et foliaire de *H. scoparium*, qui ont trouvé des teneurs en polyphénols totaux de 230 ± 8 mg EAG/g, 161,65 ± 1,52 mg EAG/g et 163,169 ± 7,053 mg EAG/g respectivement, et en flavonoïdes totaux de 56 ± 1 mg EQ/g et 39,33 ± 7,421 mg EQ/g pour Ziani et *al.* (2015) et Zeghada (2009) respectivement.

Par contre Tahar et *al.* (2015), ont montré une concentration en polyphénols totaux allant de 2,416 à 18,666 mg EAG/g des extraits bruts de la partie aérienne de *H. scoparium* récoltée dans la willaya de Laghouat (Nord Sahara Algérien).

Une autre étude tunisienne réalisée par Bouaziz et *al.* (2016) a révélé que la teneur en polyphénols totaux de l'extrait foliaire méthanolique est 59,75 ± 1,80 mg EAG/g en accord avec Bourogaa et *al.* (2013) qui a trouvé 58.52 mg EAG/g et Belhadj Tahar (2018) qui confirme une teneur en polyphénols totaux 62,59 ± 2,051 mg EAG /g et en flavonoïdes totaux 0,139 ± 0,003 mg EQ/g de l'extrait butanolique des fleurs de la même espèce.

L'extrait d'acétate d'éthyle de la partie aérienne de la même espèce récoltée dans la région de Berriane (Ghardaïa) présente une teneur en polyphénols totaux 16 ± 0,115 mg EAG/g et en flavonoïdes totaux 12329,97 ± 679,54 µg ER/g (Mohammedi, 2013).

Une étude réalisée par Ali et Betayeb (2021) a révélé une concentration en polyphénols totaux (75,13 ± 9.77 mg EAG/g) et en flavonoïdes totaux (24,97 ± 2.44 mg EQ/g) des extraits méthanoliques d'*E. guyoniana* récoltée dans la willaya de Ghardaïa (Nord Sahara Algérien).

Les résultats obtenus par Sdayria *et al.* (2018) sont environ  $280,21 \pm 0,085$  mg EAG/g. Par contre, les résultats de Ghareeb *et al.* (2018) et Lahmadi *et al.* (2019) ont montré des concentrations en phénols respectives ( $33,9 \pm 0,65$  mg EAG/g) et ( $84,33 \pm 6,66$  mg EAG/g).

La teneur totale en flavonoïdes d'*E. retusa* est ( $20,50 \pm 0,107$  mg EQ/g) (Sdayria *et al.*, 2018), Ghareeb *et al.* (2018) ( $37,9$  mg EQ/g) et Lahmadi *et al.* (2019) ( $15,68 \pm 1,39$  mg EQ/g).

Les résultats obtenus ont montré une variabilité très hautement significative de la teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux entre les trois extraits.

La variabilité des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes chez ces espèces végétales peut être liée à la composition phénoliques des extraits, aux facteurs génotypiques, aux conditions biotiques (espèce, organe et stade physiologique) et abiotiques (type et nature du sol, microclimat) où poussent ces plantes (Hayouni *et al.*, 2007 ; El-Waziry, 2007 ; Ksouri *et al.*, 2008 ; Atmani *et al.*, 2009).

De plus, au cours de leur développement, les plantes sont soumises à différents types de stress comme la chaleur, la sécheresse, les rayons ultraviolets, la pollution de l'air et les attaques des agents pathogènes et des ravageurs. Ces contraintes peuvent affecter la plupart des processus métaboliques, notamment la synthèse des composés phénoliques. Ainsi, le contenu en composés phénoliques est très affecté par le stade de développement et de la maturation, par le génotype et par l'état de conservation de la matière végétale (Macheix *et al.*, 2005).

Il est nécessaire de noter que l'extraction des composés phénoliques à partir du matériel végétal est influencée par plusieurs facteurs (Belhaj Tahar, 2018). Diabi et Benhaddad (2022) montrent l'effet du solvant et la méthode d'extraction sur les teneurs en polyphénols. Ces résultats sont en accord avec plusieurs travaux qui ont affirmé l'influence des paramètres de l'extraction (type de solvant, la méthode d'extraction, le temps, le rapport poudre/solvant, la température) sur la teneur en polyphénols et flavonoïdes totaux (Turkmen *et al.*, 2007 ; Arruda *et al.*, 2016).

### **II.2.3.- Identification des composés phénoliques par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS)**

L'analyse réalisée par la chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS) sur les extraits des plantes étudiées *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* nous a

permis de montrer la richesse des feuilles de ces espèces désertiques en composés phénoliques et de déterminer leur composition chimique.

Un large éventail de composés phénoliques a été identifié, à savoir : acide folique, acide maléique, acide caféique, acide ascorbique et acide gallique, quercétine, rutine, naringénine, myricétine, vanilline, hydroxy-4-coumarine, beta-carotène, BHA et BHT.

L'identification a été effectuée par comparaison des temps de rétention du composé avec celui des standards (Tableau 05)

**Tableau 05.-** Résultats des analyses par Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS) des extraits foliaires des plantes étudiées.

N°	Composé	Charge + / -	Précurseur (m/z)*	Produit (m/z)	<i>Haloxylon scoparium</i>	<i>Euphorbia guyoniana</i>	<i>Euphorbia retusa</i>
01	Keampferole	[MH] <sup>+</sup>	287.1	255.25	-	-	-
02	Vanilline	[MH] <sup>+</sup>	153.10	71.15	+	+	+
03	Naringénine	[MH] <sup>+</sup>	273.10	147.15	+	-	-
04	Acide Coumarique	[MH] <sup>+</sup>	165.10	59.10	-	-	-
05	Acide Picrique	[MH] <sup>-</sup>	227.8	198.05	-	-	-
06	Acide Cinnamique	[MH] <sup>+</sup>	149.1	77.2	-	-	-
07	Acide Folique	[MH] <sup>+</sup>	442.90	323.45	+	+	+
08	Acide Maléique	[MH] <sup>+</sup>	117.10	85.20	+	-	-
09	Acide Benzoïque	[MH] <sup>+</sup>	123.10	91.20	+	-	-
10	Acide Chlorogénique	[MH] <sup>+</sup>	355	73.15	-	-	-
11	Myricétine	[MH] <sup>+</sup>	336.25	72.15	+	-	-
12	Quercétine	[MH] <sup>+</sup>	303.10	85.05	+	+	+
13	Chrysine	[MH] <sup>+</sup>	255.10	223.30	-	-	-
14	Esculine	[MH] <sup>+</sup>	341.30	309.40	-	-	-
15	Hespérétine	[MH] <sup>-</sup>	300.9	255.25	-	-	-
16	Bêta-carotène	[MH] <sup>+</sup>	537.20	199.25	+	+	+
17	Butylated hydroxyanisole (BHA)	[MH] <sup>+</sup>	181.10	140.15	+	+	-
18	Butylated hydroxytoluene (BHT)	[MH] <sup>+</sup>	221	161.30	+	+	+
19	Rutine	[MH] <sup>+</sup>	611.20	73.20	+	+	-
20	Acide Caféique	[MH] <sup>-</sup>	178.80	135.10	+	-	-

21	Hydroxy-4-Coumarine	[MH] <sup>-</sup>	160.80	117.10	+	-	-
22	Acide Ascorbique	[MH] <sup>-</sup>	174.90	131.10	+	-	-
23	Acide Gallique	[MH] <sup>-</sup>	168.80	125.10	+	+	+

\*(*m/z* : Rapport de la masse de la particule ionique à sa charge électrique), (- : absence, + : présence)

Le potentiel allelopathique d'une espèce végétale est attribué à l'action de ses constituants phytochimiques, qui sont produits comme métabolites secondaires en réponse au stress environnemental ou comme mécanisme de défense aux agressions provoqué par des maladies. Ces composés sont connus par leurs multiples activités biologiques.

Les principales catégories de composés phénoliques sont : les acides phénoliques (acide gallique, acide caféique, acide folique, acide ascorbique... etc.), les phénols simples, les flavonoïdes et les tanins (Macheix *et al.*, 2005).

Les polyphénols sont associés à plusieurs processus physiologiques intervenant dans la capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des maladies, des insectes et des microorganismes et impliqués lorsque la plante est soumise à des blessures mécaniques (Bahorun, 1997).

Selon Seyoum *et al.* (2006), le terme des flavonoïdes désigne une large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme des pigments quasiment universels des végétaux, souvent responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. La couleur chez les plantes est d'attirer les insectes et les oiseaux, qui jouent un rôle majeur dans la pollinisation et la dispersion, assurant ainsi la reproduction de l'espèce (Grotewold, 2006).

Il ressort de l'analyse chromatographique que l'extrait foliaire de *H. scoparium* est très riche en molécules bioactives. Les composés identifiés sont : vanilline, naringénine, acide folique, acide maléique, myricétine, quercétine, acide benzoïque, bêta-carotène, BHA et BHT, rutine, acide caféique, hydroxy-4-coumarine, acide ascorbique et acide gallique. Salah *et al.* (2002) réussirent à isoler et à identifier trois flavonoïdes des feuilles de la même plante, et qui sont tous des flavonols triglycosides.

Dans ce contexte, dans leur étude réalisée par Jarraya *et al.* (2005), ils ont isolé pour la première fois la dopamine, la quercétine, l'isorhamnité, Quercetin-3-o-robinobioside de l'extrait foliaire de *Hammada scoparia* récoltée à Sfax (Tunisie). En outre, une telle richesse

en flavonoïdes a déjà été confirmée par l'étude de Jarraya et *al.* (2009) qui ont isolé de cette espèce la quercétine, l'isorhamnetine et la quercétine 3-O-robinobioside.

Une autre analyse de l'extrait de *H. scoparium* enrichi en flavonoïdes a indiqué la présence d'isorhamnétine-xylose-galactose, quercétine-xylose-rhamnose-galactose et quercétine-glucose-rhamnose (rutine) (Bourogaa et *al.*, 2011). En revanche, dans leur étude Chao et *al.* (2013) ont confirmé la présence dans les parties aériennes de la plante d'un autre type de flavonoïdes, une flavone, le chrysoériol. Les phénols simples sont représentés uniquement par le catéchol et les acides phénols sont : l'acide coumarique, l'acide cinnamique et l'acide cafféoylquinique. Une étude approfondie de cette plante a conduit à l'isolement de huit alcaloïdes mineurs et d'un flavonoïde (Kharchofa et *al.*, 2020).

Karous et *al.* (2020) ont démontré que l'extrait aqueux de *Hammada scoparia* était une source riche de différents métabolites secondaires. De plus, l'analyse GC-MS des extraits alcaloïdes a permis de déterminer leur composition chimique et de confirmer que cette espèce contient quatre types d'alcaloïdes : tétraisoquinoléines, phényléthylamines, tryptolines et tryptamines (Haida et *al.*, 2022).

L'étude chromatographique (LC-MS-MS) réalisée sur l'espèce *E. guyoniana*, plante endémique de l'Algérie et appartenant à la famille des Euphorbiacées a abouti à l'isolement de huit composés phénoliques. Les composés caractérisés sont : vanilline, acide folique, quercétine, bêta-carotène, BHA, BHT, rutine et acide gallique.

L'étude réalisée par Ahmed et *al.* (2006) sur les parties aériennes de l'espèce *E. guyoniana* a permis l'isolement et la caractérisation de deux nouveaux diterpènes polyesters de type jatrophone. Leurs structures moléculaires ont été établies par les méthodes spectroscopiques modernes, particulièrement la RMN et la spectrométrie de masse. Une autre, étude effectuée par Haba (2008), montre une autre fois la richesse des plantes du genre *Euphorbia* en métabolites secondaires de type diterpènes et triterpènes particulièrement tétracycliques.

L'analyse HPLC réalisée par Smara et *al.* (2014) sur les parties aériennes d'*E. guyoniana* récoltée dans le Sahara algérien a révélé la présence d'une seule coumarine, d'un tanin hydrolysable et de deux flavonoïdes (flavonol), à savoir kaempferol-3O- $\beta$ -D-glucuronide et quercetin-3O- $\beta$ -D-glucuronide. Alors que l'analyse chromatographique (HPLC) de l'extrait aqueux de la même espèce a révélé la présence de 41 composés flavonoïques, dont 27 ont pu être identifiés. L'identification a été réalisée par la comparaison des temps de rétention du

composé avec celui des standards. Les principaux composés sont l'acide ellagique (19,1 %), l'acide gallique (9,5 %), la myricétine et la quercétine-3-O- $\alpha$ -rhamnoside (6,6 %), l'apigénine-7-orutinoside (4,7 %), l'hydroxytyrosol (4,4 %) et le kaempférol (4,0 %), les autres molécules identifiées sont présentes à des taux inférieurs à 3% (Boumaaza, 2019).

L'analyse chromatographique de l'extrait foliaire de l'espèce *E. retusa* a révélé la présence d'acides phénoliques et de flavonoïdes. Les composés identifiés sont : vanilline, acide folique, quercétine,  $\beta$ -carotène, BHT et acide gallique.

Une investigation chimique réalisée par Salah (1985) sur *E. retusa* a permis l'identification de cinq flavonoïdes glycosylés à génine quercétine: quercétine-3-glucoside, quercétine-3-glucuronide, quercétine-3-rutinoside, quercétine-3-rhamnoside et quercétine-3-glucuronide-7-glucoside. L'étude chimique effectuée par Harraz et al. (1994) sur les extraits de la partie aérienne de cette plante a abouti à l'isolement et à l'identification de deux types de métabolites secondaires : triterpènes tétra- et pentacycliques et plusieurs acides gras.

Ainsi que l'étude de Saif-Eldin et al. (1994), a permis d'isoler et d'identifier quatre triterpènes : bétuline, 24-méthylène-9,19-cyclolanostan-3 $\beta$ -yl palmitate, uvaol et erythrodiol. Alors que l'analyse réalisée par Haba et al. (2009) sur les racines de la même espèce a permis d'isoler par diverses méthodes chromatographiques, 19 composés naturels répartis en trois classes de métabolites secondaires : 9 triterpénoïdes dont 3 nouveaux 8 diterpénoïdes dont 6 originaux, 1 phenylpropanoïde connu.

Les travaux effectués sur cette espèce ont permis d'isoler et de caractériser le kaempferol, le 3-glucoside de kaempferol, la quercétine-3-glucoside, la genestein, la myricétine et l'aesculétine (Harraz et al., 2009). Les composés isolés de l'extrait de la même plante ont été identifiés comme étant le kaempferol-3- $\beta$ -D glucopyranosyl, le 3-O- $\alpha$ -L-xylopyranosyl (1 3)- $\alpha$ -L xylopyranosyl (1 2), le  $\beta$ -D glucopyranosyl, 1, 12-diène-3,21-diol et le 5, 7, 8,3',4'-pentahydroxy-3-méthoxyflavone (Refahy, 2011).

L'analyse HPLC de l'extrait d'*E. retusa* a révélé la présence de cinq acides phénoliques (acide gallique, épicatechin, acide coumarique, apigénine et naringénine) et de trois flavonides (rutine, quercétine et kaempferol) (Sdayria et al., 2018). En outre, l'étude phytochimique de Shaaban et al. (2018) de la plante offrant un éventail de composés isolés, à savoir : caroténoïdes, triterpènes, stérols et acides gras essentiels (AGE) l'acide linoléique, un acide gras oméga-6).

De plus, l'analyse GC-MS des fractions non polaires a permis de détecter l'existence de nombreux hydrocarbures oxygénés. Par ailleurs, l'analyse de l'extrait de la partie aérienne de la même espèce confirme la présence de sept composés phénoliques : kamferol 3-O-β-D-glucopyranoside, quercétine-3-β-D-glucopyranoside, acide diméthoxycellulosique, acide ellagique, acide gallique, kamferol et quercétine (Ghareeb et *al.*, 2018).

Le profil chromatographique de l'extrait des graines d'*E. retusa* révèle la présence de deux acides phénoliques (acide syringique et acide sinapique) et de deux flavonoïdes (epigallocatechin 3-O-Gallate et quercétine (Lahmadi et *al.*, 2019). Par contre, l'analyse chromatographique par HPLC-MS/MS des parties aériennes a révélé la présence de 21 métabolites secondaires (les acides phénoliques, les flavonoïdes et leurs dérivés glycosides). Parmi les composés isolés, le kaempferol-3-O-glucuronide et l'esculétine ont été identifiés pour la première fois dans la plante (Elgamal et *al.*, 2021).

Les résultats des analyses chromatographiques (LC-MS-MS) ont montré la richesse des extraits foliaires des trois espèces végétales étudiées et confirmé les résultats de rendement, des tests phytochimiques et de dosage des polyphénols et des flavonoïdes totaux.

Ces composés présentent un grand intérêt pour les chercheurs en raison de leurs activités biologiques. La présence des métabolites secondaires à des concentrations élevées pourrait contribuer à expliquer la résistance de ces plantes aux conditions difficiles du Sahara.

### **II.3.- Evaluation du potentiel allelopathique et bioherbicide**

Deux expériences ont été réalisées dans les mêmes conditions pour tester et évaluer l'effet allélopathique et bioherbicide de différentes concentrations des extraits de chacune des trois espèces (*H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*) sur quatre espèces de mauvaises herbes (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*) et une espèce cultivée (*Triticum durum*). L'expérience pour évaluer l'effet des extraits sur le taux de la germination et la croissance des plantules des plantes tests a été en boîtes de Pétri et en substrat sableux dans les pots.

#### **II.3.1.- Effet des extraits sur la germination**

##### **II.3.1.1.- Effet de l'extrait de *Haloxylon scoparium* Pomel.**

Pour les boîtes de pétri, l'extrait aqueux des feuilles de *H. scoparium* manifeste une forte action inhibitrice de la germination des graines des adventices, et cela pour toutes les concentrations testées comparativement aux témoins.

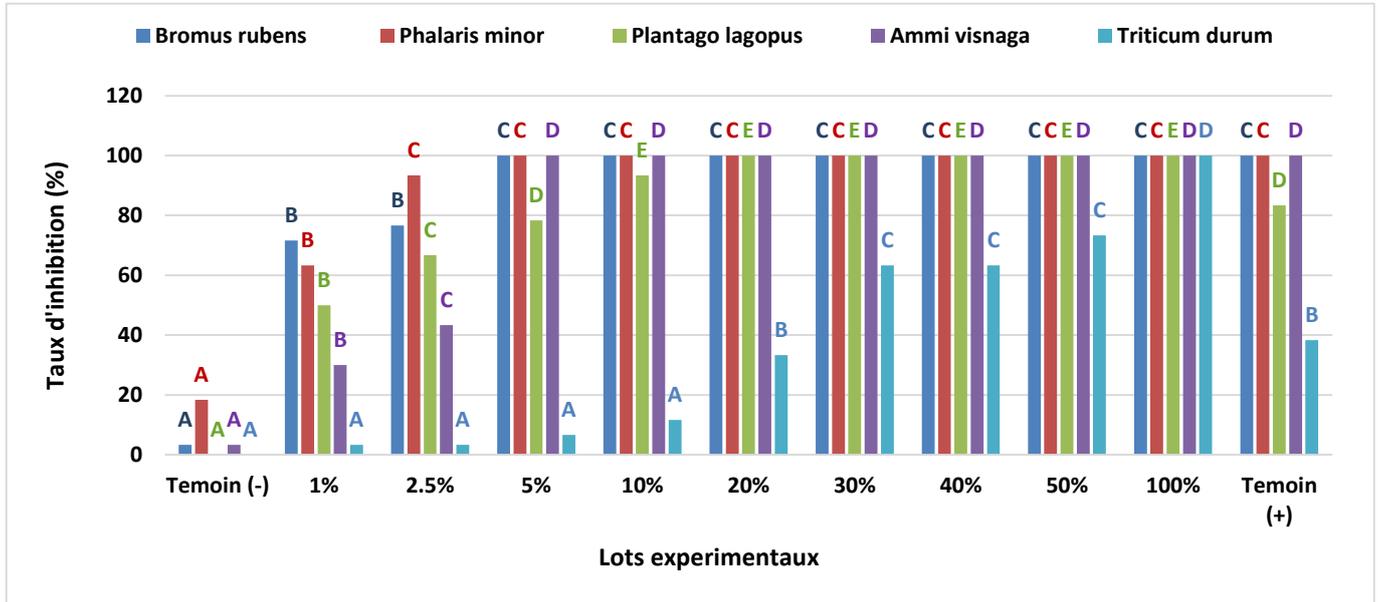
Au vu des résultats obtenus et résumés (Figure 05), on a constaté que l'extrait foliaire pur ou dilué à 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 % engendre une inhibition totale de la germination des graines de *Bromus rubens*, *Phalaris minor* et *Ammi visnaga* (très bon effet inhibiteur). Pour les concentrations inférieures (2,5 % ; 1 %), le taux d'inhibition enregistré oscille entre 93,33 % et 30 %. Alors que sur *Plantago lagopus*, l'extrait présente une inhibition totale obtenue avec les concentrations 100 %, 50 %, 40 %, 30 % et 20 % (très bonne efficacité), pour les dilutions (de 10% à 1 %), l'inhibition varie de 93,33 % à 50 % (bonne efficacité).

Par contre, sur les graines de blé dur, l'extrait de *H. scoparium* pur provoque une inhibition totale, tandis que pour les autres concentrations (de 50 % à 1 %), les taux d'inhibition rapportés sont variés de 73,33 % à 3,33 % (efficacité moyenne à faible). Ceci nous amène à supposer que comparativement aux espèces adventices, le blé semble être moins sensible à l'effet inhibiteur de la germination de l'extrait appliqué.

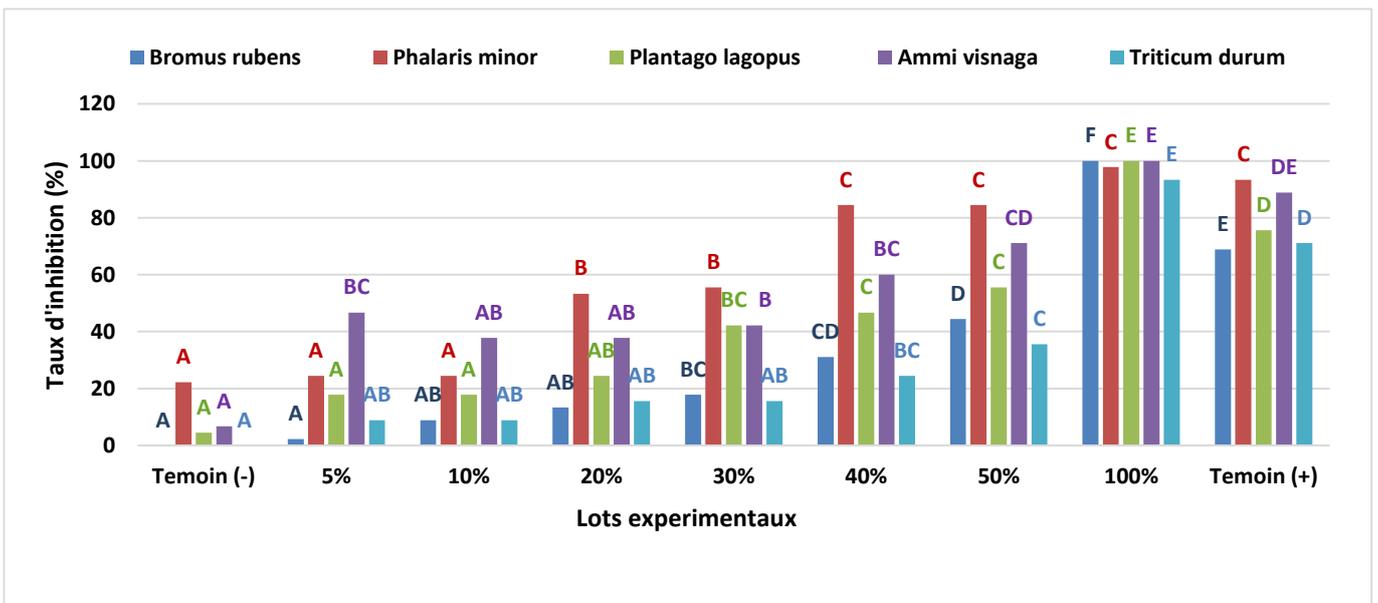
Dans les pots, les variations des taux d'inhibition en fonction de la dose des extraits appliqués de *H. scoparium* laissent remarquer les effets inhibiteurs de l'extrait et leurs influences sur la germination des graines des adventices par rapport aux lots témoins.

D'après les résultats de la figure 06, on peut noter que l'extrait foliaire de *H. scoparium* pur présente une capacité exceptionnelle à inhiber la germination des graines des adventices ( $\geq 97$  %) (Très bonne efficacité). Selon les résultats obtenus, le taux d'inhibition de *Bromus rubens* est de 44,44 % au niveau du lot traité par l'extrait foliaire à 50 % (efficacité faible). Alors que pour les autres concentrations, les taux de germination signalés varient entre 31,11 % à 2,22 % (efficacité sans intérêt pratique). Par contre, sur les graines de *Phalaris minor* exposées à des concentrations de l'extrait 50 %, 40 %, on note une efficacité moyenne avec des taux d'inhibition de 84,44 %, 84,44 %. Un faible effet inhibiteur de germination est mentionné au niveau des lots traités par les doses de 30 %, 20 %, 10 % et 5 %. Les taux d'inhibition rapportés sont de l'ordre de 55,55 %, 53,33 %, 24,44 et 24,44 % respectivement, tandis qu'ils oscillent entre 55,55% et 17,77% pour les graines de *Plantago lagopus*, et entre 71,11 % et 46,66 % pour les graines d'*Ammi visnaga* (efficacité moyenne).

L'inhibition de la germination reste faible pour les graines de *Triticum durum* ; sauf qu'à la concentration 100 %. Alors que les autres concentrations présentent un effet sans intérêt pratique, les taux d'inhibition de la germination enregistrés varient entre 35,33 % à 8,88 %.



**Figure 05.-** Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. sur les espèces testées (Boîtes de Pétri)



**Figure 06.-** Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. sur les espèces testées (Pots)

### II.3.1.2.- Effet de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

L'effet de l'extrait d'*E. guyoniana* sur la germination des graines des espèces adventices et l'espèce cultivée dans les boîtes de pétri sont présentés dans la figure 07. En général, un taux d'inhibition élevé sur la germination de toutes les espèces adventices a été observé. Par contre, chez *Triticum durum*, un faible effet inhibiteur a été signalé.

Les résultats obtenus ont montré que l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* pur et dilué à 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 % présente une très bonne efficacité inhibitrice de la germination des graines des espèces adventices monocotylédones (*Bromus rubens* et *Phalaris minor*). Alors que pour les autres concentrations (2,5 % et 1 %), les taux d'inhibition varient entre 80 % à 22,22 %. Comparativement aux espèces dicotylédones, le taux d'inhibition maximum est  $\geq 97,77\%$  pour les doses 100 %, 50 %, 40 %, 30 % et 20 %. Pour les dilutions allant de 10 % à 1 %, le taux d'inhibition maximum enregistré varie de 84,44 % à 6,66 %.

La tolérance la plus élevée à l'effet allélopathique n'a été observée qu'avec *Triticum durum*, les taux d'inhibition inférieurs de 37,77 % (efficacité sans intérêt pratique) pour les dilutions inférieures à 50 %. Le taux d'inhibition est total au niveau du lot traité par l'extrait pur.

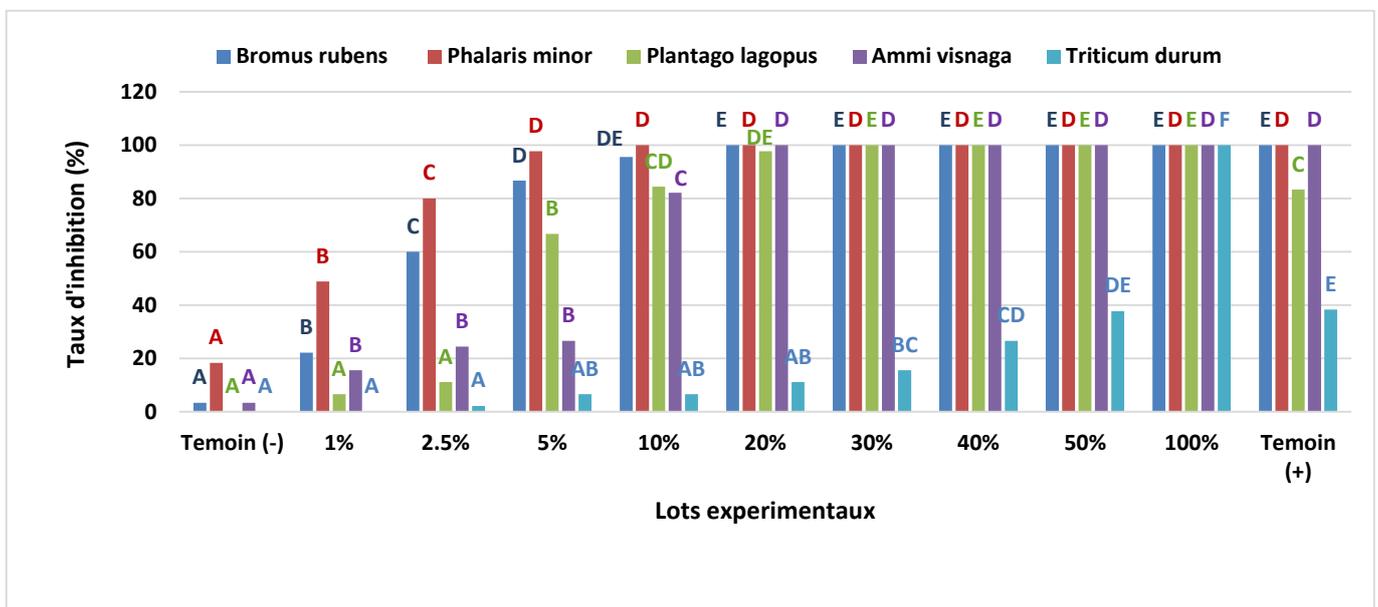
D'après les résultats de la figure 08, on a constaté que l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* présente un effet allélopathique faible dans les pots par rapport aux résultats des boîtes de pétri

Les graines de *Bromus rubens* traitées par l'extrait aux concentrations de 100 %, 50 %, 40 % et 30 %, ont subi des taux d'inhibition respectifs de 100%, 100%, 53,33% et 42,22 %, tandis que ceux-ci oscillent entre 13,33 % et 4,44 % pour les autres concentrations (20 %, 10 % et 5 %), qui ont montré une efficacité sans intérêt pratique.

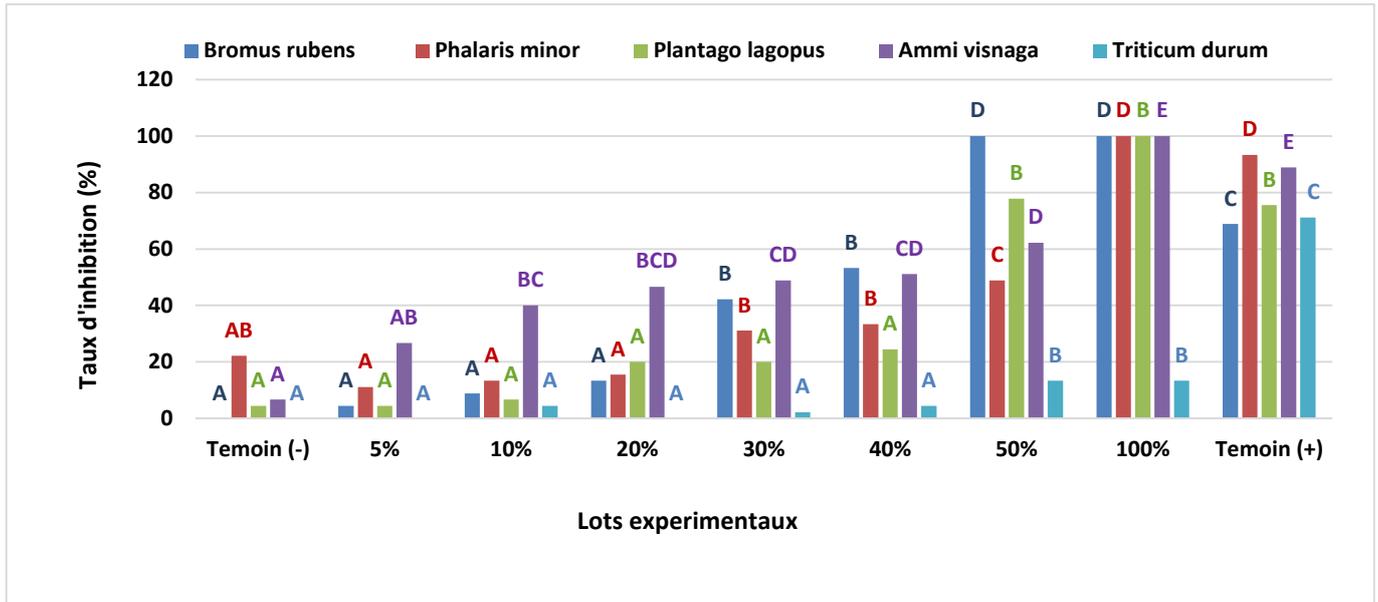
De même, il apparaît que *Phalaris minor* est plus résistant aux effets inhibiteurs de la germination de l'extrait appliqué. Les concentrations 100 %, 50 %, 40 % et 30 % en extrait foliaire engendrent des taux d'inhibition successifs de 100 %, 48,88 %, 33,33 et 31,11 %, alors qu'ils oscillent entre 15,55 % et 11,11 % pour les autres concentrations (20 %, 10 % et 5 %). Pour les concentrations d'extrait de 100 %, 50 %, 40 %, 30 %, et 20 % sur les lots de *Plantago lagopus*, les taux d'inhibition enregistrés sont successivement de l'ordre de 100 %, 77,77 %, 24,44 %, 20 % et 20 %. Pour les concentrations 10 % et 5 %, le taux d'inhibition de la germination est de 6,66 % et 4,44 % successivement (effet sans intérêt pratique).

Pour les graines d'*Ammi visnaga* irriguées à des concentrations 50 %, 40 %, 30 %, 20 % et 10 %, les taux d'inhibition de la germination observés varient entre 62,22 % et 40 %. L'inhibition est totale sous l'effet de l'extrait pur (très bonne efficacité), alors qu'elle est de 26,66 % et 6,66 % pour les concentrations les plus faibles (10 % et 5 %).

Les graines de blé dur exposées au même extrait à différentes dilutions : 100 %, 50 %, 40 % et 30 %, 10 % montrent un effet inhibiteur sans intérêt pratique avec des taux d'inhibition de 13,33 %, 13,33 %, 4,44 %, 2,22 % et 4,44 % respectivement, alors qu'il est nul pour les autres concentrations testées.



**Figure 07.-** Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. sur les espèces testées (Boîtes de Pétri)



**Figure 08.-** Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. sur les espèces testées (Pots)

### II.3.1.3.- Effet de l'extrait d'*Euphorbia retusa* Forsk.

L'extrait foliaire d'*E. retusa* présente une forte inhibition de la germination des adventices dans les boîtes de Pétri, et le taux d'inhibition a augmenté avec les concentrations (Figure 09).

L'extrait foliaire d'*E. retusa* montre un très fort effet inhibiteur de la germination ( $\geq 97\%$ ) des graines des adventices traitées aux concentrations 100 %, 50 %, 40 %, 30 % pour les espèces dicotylédones (*Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*) et jusqu'à 20% pour l'espèce monocotylédone (*Bromus rubens*). Nous avons constaté que l'extrait aqueux foliaire pur ou dilué jusqu'à 5% engendre une inhibition totale de la germination des graines de *Phalaris minor* après dix jours de suivi. Pour les dilutions 2,5 % et 1 % les taux d'inhibition sont de 91,11 % et 80 % respectivement (bonne efficacité).

Par contre, on remarque pour les graines de *Triticum durum* qu'à l'exception de l'extrait pur qui provoque une inhibition totale de la germination, les autres concentrations de l'extrait (50 %, 40 % et 30 %) engendrent une faible inhibition de la germination de 51,11 %, 26,66 % et 13,33 % respectivement, et aucune inhibition pour les plus faibles concentrations. L'espèce *T. durum* semble plus résistante aux effets des extraits testés.

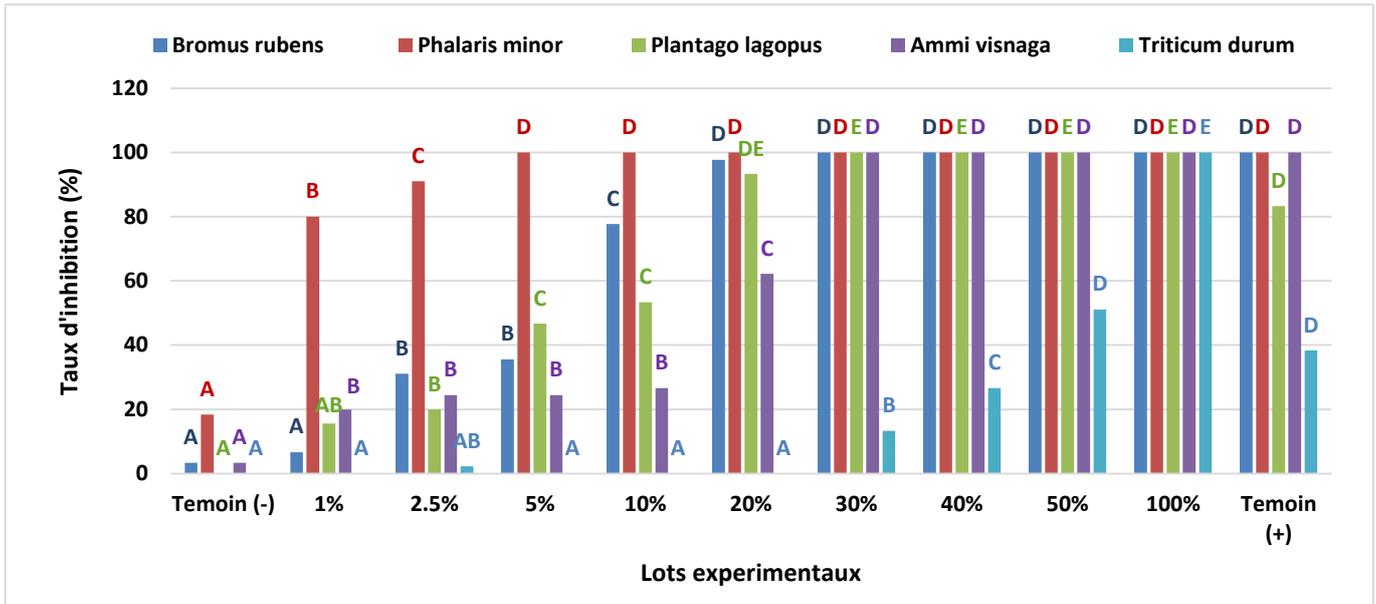
Les résultats relatifs aux pots irrigués par l'extrait d'*E. retusa* montrent clairement un faible effet inhibiteur (Figure 10) comparativement aux résultats des boîtes de pétrie. Le pourcentage d'inhibition des espèces adventices est de 100 % pour l'extrait pur.

Chez les graines de *Bromus rubens* exposées à des concentrations 50 %, 40 %, 30 % et 20 %, les taux d'inhibition de la germination observés varient entre 66,66 % et 24,44 %. Alors qu'ils oscillent entre 13,33 % et 8,88 % pour les concentrations les plus faibles 10 % et 5 % respectivement.

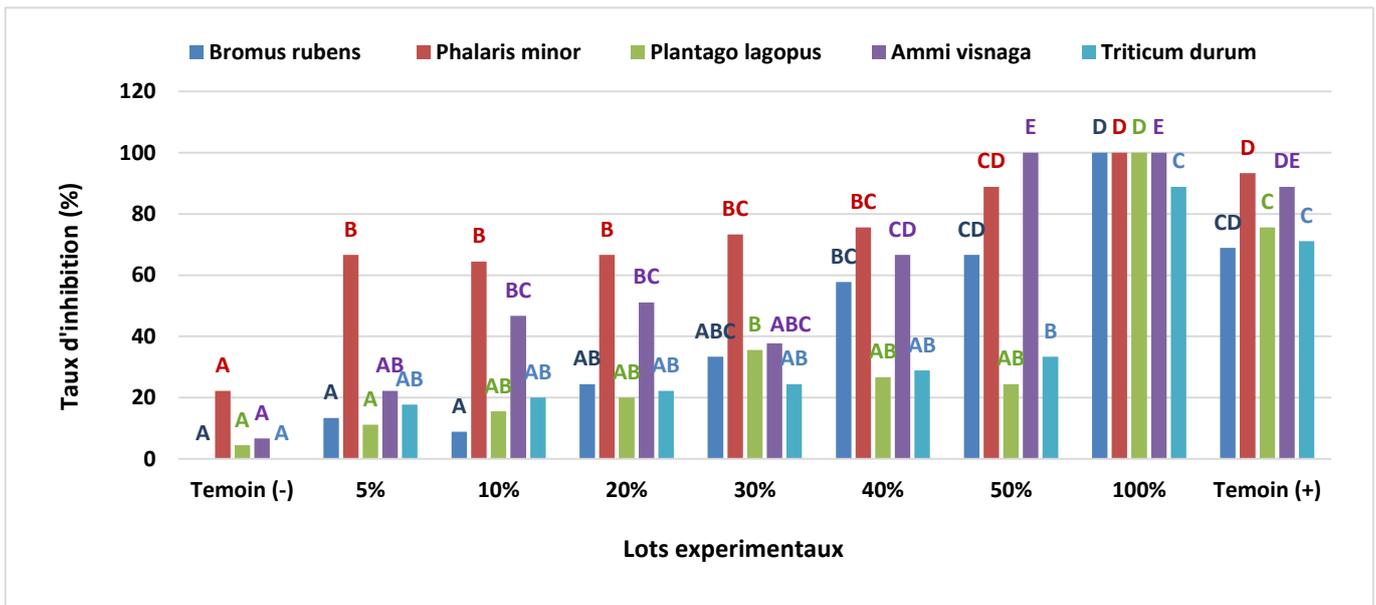
Il est observé que *Phalaris minor* est plus sensible aux effets de l'extrait foliaire même appliqué à des concentrations faibles soit 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 % où celles-ci engendrent des taux d'inhibition respectifs de 88,89 %, 75,55 %, 73,33, 66,66 %, 64,44 et 66,67 %.

Pour les concentrations d'extrait de 100 %, 50 %, 40 %, 30 % et 20 % sur *Plantago lagopus*, les taux d'inhibition enregistrés sont successivement de 100 %, 77,77 %, 24,44 %, 20 % et 20 %. Pour les concentrations 10 % et 5 %, le taux d'inhibition de la germination est de 6,66 % et 4,44% successivement. Dans ce test, les graines de *Plantago lagopus* présentent des pourcentages d'inhibition de germination sans intérêt pratique oscillant entre 35,55 % et 11,11 % pour toutes les dilutions. Alors que pour les graines d'*Ammi visnaga*, le taux d'inhibition de germination est de 100 % au niveau du lot traité par l'extrait foliaire à 50%. Alors que pour les autres concentrations, les taux de germination varient entre 66,66 % et 22,22 %. Les graines de *Triticum durum* irriguées à ce même extrait à différentes dilutions soient 100 %, 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 % montrent des taux d'inhibition respectifs de 88,88%, 33,33%, 28,88%, 24,44 %, 22,22 %, 20 % et 17,77 %.

A travers la présente recherche et d'après les résultats obtenus, il est observé que le potentiel allélopathique et bioherbicide des extraits foliaires de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* sur la germination des graines et le développement des plantules est varié selon l'espèce végétale, la concentration des extraits et le modèle expérimental (boîtes de Pétri ou pots). L'existence d'un phénomène allélopathique en conditions expérimentales fournit la preuve que les espèces végétales contiennent des composés allélochimiques, ce qui est confirmé par les analyses phytochimiques qualitative et quantitative des extraits utilisés.



**Figure 09.-** Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. sur les espèces testées (Boîtes de Pétri)



**Figure 10.-** Taux d'inhibition enregistré au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. sur les espèces testées (Pots)

Au vu des résultats obtenus, l'extrait foliaire de *H. scoparium* présente un effet phytotoxique très important sur la germination des graines des espèces de mauvaises herbes (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Karous et al. (2020), qui ont montré que l'extrait aqueux de cette plante possède une activité inhibitrice efficace contre deux espèces de mauvaises herbes (*Chenopodium album* et *Lolium*

*italicum*). Zeghada (2009) a signalé une capacité inhibitrice de l'extrait sur les graines de *Lactuca sativa* et de *Raphanus sativus*. De nombreuses études ont suggéré que la présence d'allélochimiques peut causer une suppression totale ou partielle de la germination et une réduction de la croissance des semis (Naz et Bano, 2013 ; Saadaoui et al., 2015 ; Mseddi et al., 2018).

Il existe des effets allélopathiques importants par les diverses concentrations de l'extrait par rapport aux témoins. Nos résultats montrent que l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* a une activité bioherbicide significative sur la germination et la croissance des semis des espèces adventices, à l'exception de l'espèce *Phalaris minor* en pots, sur laquelle il présente une activité stimulante à des concentrations plus faibles, qui sont conformes à la présence de plusieurs composés (flavonoïdes, anthocyanes, phénols et tannins, stéroïdes, saponines, quinone libre, stéroles et triterpènes, composés réducteurs) dans l'extrait foliaire. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par (Salhi et al. 2013). L'espèce *E. guyoniana* est bien connue pour la diversité chimique et les propriétés toxicologiques de ses extraits rapportées dans la littérature. Cependant, les travaux de recherche sur leurs caractéristiques bioherbicides sont rarement rapportés.

Hegab et al. (2008) ont mentionné que l'extrait de *Beta vulgaris* (Amaranthaceae) à la concentration 1 % stimule la germination des graines et le développement des plantules de blé. La stimulation de la germination des graines d'orge et de blé dur est due à la faible quantité des substances allélochimiques pour les concentrations appliquées. Ceci explique les pourcentages de stimulation élevés observés uniquement pour les pots ensemencés par l'orge et le blé dur et traités par les extraits de *C. arabica* et *P. tomentosa* à de faibles concentrations (Cherif, 2020).

La présente étude a été menée pour explorer les effets phytotoxiques de l'extrait foliaire d'*E. retusa* et leur utilisation comme herbicide naturel. Nos résultats ont signalé que cet extrait avait une activité bioherbicide significative sur la germination et la croissance des espèces adventices. C'est le premier travail qui étudie le potentiel allélopathique et bioherbicide d'extrait foliaire d'*E. retusa*.

Les effets phytotoxiques des extraits foliaires ont montré une légère variation significative entre les trois espèces (*H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*) et sur les espèces adventices (monocotylédones ou dicotylédones) et l'espèce cultivée. Alors qu'il y avait une très importante

variation entre les deux modèles expérimentaux (influence de Sol) et entre les différentes concentrations.

L'extrait de *H. scoparium* présente une activité inhibitrice plus importante que celle des deux autres extraits. Cette action est liée à la composition de l'extrait foliaire en molécules bioactives inhibitrices de la germination des plantes tests. Cette plante a la capacité de croître dans des conditions de stress abiotique comme la haute salinité et la haute température. Cette capacité remarquable résulte du développement de mécanismes de défense et de la synthèse de molécules conçues pour résister aux conditions extrêmes de l'environnement. De ce fait, ces plantes sont très riches en molécules bioactives et sont considérées comme une potentielle source de nouveaux bioherbicides (Ksouri et *al.*, 2012).

Cette action est liée à la composition des extraits végétaux en composés bioactifs inhibiteurs de la germination des plantes tests. Parry (1982), a signalé que les substances allélochimiques sont synthétisées par certaines plantes qui exercent des effets toxiques sur d'autres plantes avoisinantes. Kruse et *al.* (2000), qui ont noté que lorsque des plantes sensibles sont exposées à des substances allélochimiques, la germination, la croissance et le développement peuvent être affectés.

En outre, nous avons remarqué une faible sensibilité des espèces adventices dicotylédones à l'effet phytotoxique des extraits végétaux comparativement aux espèces monocotylédones. Alors que l'espèce cultivée (blé) semble la plus résistante aux différents traitements. Des études antérieures ont attribué cette différence de la sensibilité de diverses espèces végétales à l'effet inhibiteur selon leurs caractéristiques physiologiques et biochimiques, la structure et la taille des graines, la pénétrabilité du tégument (Hoagland et Williams, 2004).

Il existe des effets allélopathiques importants pour les différentes concentrations des extraits par rapport aux témoins. Nos résultats montrent que le taux d'inhibition augmente avec l'augmentation des concentrations. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que la teneur en molécules bioactives inhibitrices de la germination varie en fonction des doses. Ce qui est confirmé par Friedman (1995), qui déclare que le phénomène d'allélopathie ne se manifeste que si la quantité des composés à effet allélopathique atteint le seuil critique d'action qui varie en fonction de l'organisme cible et de la concentration. Ben Hamouda et *al.* (1995) ont constaté que l'inhibition de la croissance des racines de blé varie avec les différentes concentrations de composés phénoliques totaux dans les extraits des différentes parties de Sorgho.

Il est observé que les taux d'inhibition enregistrés au niveau des différents lots des pots traités par les extraits de trois plantes sahariennes sont relativement plus faibles comparativement aux résultats obtenus pour le premier modèle expérimental (boîtes de Pétri). Le sol est un facteur très important. L'activité phytotoxique est influencée par des processus du sol comme l'adsorption sur ses composants et la dégradation par les micro-organismes (Inderjit, 2005). En plus dans les boîtes de pétrie, l'effet de double dilution est ignoré et l'effet allélopathique est donc surestimé. On peut aussi dire que pour la même quantité d'extrait, la dilution est plus importante en pots (grand volume) qu'en boîtes (petit volume).

De nombreux facteurs abiotiques et biotiques du sol influent sur les niveaux phytotoxiques des allélochimiques (Huang et *al.*, 1999 ; Inderjit et *al.*, 1999)

Les substances allélochimiques dans le sol peuvent subir une transformation, car divers facteurs de l'environnement du sol comme les propriétés physiques, chimiques, biologiques et physicochimiques du sol peuvent influencer l'activité des allélochimiques. Donc, pour étudier le potentiel allélopathique d'une plante, le rôle du sol ne devrait pas être ignoré.

Selon Inderjit et Dakshini (1995), l'allélopathie implique la chaîne complexe des communications chimiques entre les plantes. Les essais biologiques en laboratoire constituent une partie importante de la recherche sur les allélopathies, et divers essais biologiques ont été proposés pour démontrer l'allélopathie dans des conditions de laboratoire contrôlées. Les essais biologiques en laboratoire constituent une partie importante de la recherche sur les allélopathies, et divers essais biologiques ont été proposés pour démontrer l'allélopathie dans des conditions de laboratoire contrôlées. Cependant, de nombreux essais biologiques de laboratoire n'ont que peu ou pas de correspondance avec l'interaction sur le terrain, ce qui peut être dû à la dissemblance des conditions des essais biologiques de laboratoire aux conditions naturelles, à l'absence de techniques normalisées ou à l'absence de contrôles critiques. Après leur entrée dans le sol, les allélochimiques peuvent être toxiques ou détoxifiés par des microbes (Inderjit, 2001). Oleszek et Jurzysta (1987) ont mentionné l'influence de la texture du sol sur les effets phytotoxiques. Inderjit et Dakshini (1994) ont constaté que les quantités des composés phénoliques solubles dans l'eau ou dans le sol variaient selon la texture du sol (argile, sable et limon).

D'un point de vue physiologique, la germination commence avec l'imbibition de la graine et se termine avec le début de la croissance marquée par l'allongement de la racine (Côme,

1970). La germination d'une graine nécessite certaines conditions favorables, à savoir : l'oxygène, la température, l'eau. Par ailleurs, il est bien connu que des substances naturelles produites par des plantes sont capables de retarder voire d'inhiber la germination des graines et la croissance des plantules, c'est le phénomène de l'allélopathie.

La capacité d'inhiber la germination des graines est un processus complexe, et plusieurs hypothèses sur les allélochimiques d'extraits végétaux ont été formulées. Ces hypothèses suggèrent que ces composés affectent différents processus physiologiques par leurs effets sur les enzymes responsables de la synthèse des phytohormones, pour inhiber l'action de l'amylase ou l'inhibition de leurs actions tissulaires (Feeny, 1976), et qu'ils causent l'inhibition des nutriments et l'absorption des ions en affectant la perméabilité de la membrane plasmique (Daizy, 2007). L'altération de la synthèse ou des activités de l'acide gibbérellique dans la graine pourrait être due à la présence de composés phénoliques (Olofsson, 2001).

D'autre part, certaines espèces ont montré un effet stimulateur sur la croissance, qui peut être par des activités hormonales ou par un approvisionnement adéquat en minéraux. Plusieurs études confirment que l'effet d'un métabolite végétal donné peut être inhibiteur ou stimulateur selon leur concentration dans le milieu (El-Darier 2002 ; Salhi, 2011).

### II.3.2.- Cinétique de la germination

L'évolution dans le temps des pourcentages de germination des graines des espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*) et de l'espèce cultivée (*Triticum durum*) enregistrés au niveau des lots témoins et traités par les différentes concentrations des extraits foliaires de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* au niveau des deux modèles expérimentaux (boîtes de Pétri et pots) est regroupée dans les figures 11, 12, 13, 14, 15, 16.

#### ➤ Dans les boîtes de pétri

Au vu des résultats obtenus dans les boîtes de pétri et résumés dans les figures 11, 12 et 13, nous avons remarqué une variation du taux de germination observé au niveau du lot témoin par rapport aux lots traités. Les courbes de cinétique relatives aux taux de germination des graines traitées sont situées au-dessous de celles des courbes témoins négatifs.

Au niveau du lot témoin négatif, aucune germination n'a été observée dans le premier jour de l'expérimentation. Après 48 heures, un taux de germination de 33,33 % ; 76,66 % et 100 %

est enregistré respectivement chez les graines de *Bromus rubens*, *Plantago lagopus* et *Triticum durum*, et à partir du 3<sup>ème</sup> jour pour les espèces *Phalaris minor* et *Ammi visnaga* avec des taux de germination respectifs de 83,33 % et 91,66 %.

Alors qu'au niveau du lot témoin positif, aucune germination n'a été observée des graines de *Bromus rubens*, *Phalaris minor* et *Ammi visnaga*, et un taux de germination de 16,66 % à partir du huitième jour chez les graines de *Plantago lagopus* et de 23,33 % à partir du troisième jour chez celles de *Triticum durum*.

Les courbes de cinétique indiquent une première phase de latence de très courte durée, nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le pourcentage de germination reste faible. Suivie par une accélération de la germination pour se stabiliser au taux optimal de la germination et qui présente la capacité germinative des graines.

Selon la figure 11, la cinétique de la germination des graines de *Bromus rubens*, *Ammi visnaga* et *Phalaris minor* des lots traités par l'extrait foliaire 1 % et 2,5 %, nous constatons une germination à partir du deuxième, quatrième et cinquième jour respectivement, et sans aucune germination pour les autres concentrations (Figure 11-A, B, D). Chez *Plantago lagopus*, les graines traitées à l'extrait foliaire (1 %, 2,5 %), il y a une germination le quatrième jour, alors qu'elle est retardée de quatre jours pour les concentrations 5 % et 10 % par rapport au témoin négatif (Figure 11-C).

Le suivi journalier des graines de *Triticum durum* montre que la germination des graines dans les lots traités commence le deuxième jour pour les concentrations 1 % ; 2,5 % ; 5 %, et 10 %, et le troisième jour pour les concentrations 20 % ; 30 % et 40 %, et le quatrième jour pour 50 %. Alors que pour l'extrait pur, on n'a aucune germination (Figure 11-E).

La figure 12 représente la cinétique de germination des graines des espèces testées vis-à-vis des dilutions de l'extrait d'*E. guyoniana*. Les graines de *Bromus rubens* germent à partir du troisième jour pour les dilutions 1 % ; 2,5 % et 5 % avec des taux de germination respectifs de 66,66 % ; 24,44 % ; 13,33 %. A partir du septième jour, le taux de germination est de 2,22 % pour le lot 10% (Figure 12-A).

Les graines de *Phalaris minor* exposées aux concentrations 2,5 % et 1 %, ne réagissent qu'au bout du quatrième et cinquième jour de semis avec un taux de germination respectivement de

13,33 % et 2,22 % et à partir du huitième jour, le taux est de 2,22 % pour le lot traité à l'extrait 5 % (Figure 12-B).

Comme noté pour les graines de *Plantago lagopus* dans les lots traités, la germination commence au troisième jour pour les concentrations 1 % ; 2,5 % et 5 % avec des taux de 28,88 % ; 17,77 % et 2,22 % successivement, et à partir du septième jour pour les concentrations 10% et 20 % avec des taux de germination faibles de 6,66 % et 2,22 % successivement (Figure 12-C).

Chez l'espèce d'*Ammi visnaga*, les graines traitées par l'extrait foliaire (1 % ; 2,5 % et 5 %) ont une germination le sixième jour avec des taux de germination respectivement de 33,33 % ; 42,22 % et 35,55 %. Cependant, pour la dose 10%, la germination est retardée de cinq jours par rapport au témoin négatif (Figure 12-D). L'absence de germination des graines pour les autres concentrations.

Alors que les graines de blé germent dans le même jour avec le témoin (deuxième jour) pour la dose 1 % avec un taux de 15,55 %, et avec un retard d'un jour pour les autres concentrations sauf l'extrait pur qui inhibe totalement la germination (Figure 12-E).

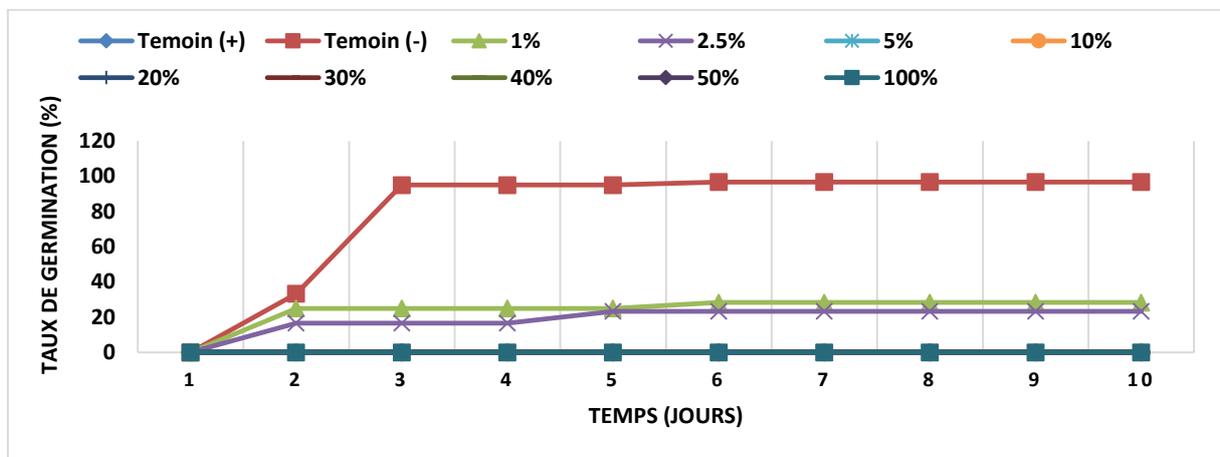
La figure 13 illustre la cinétique de germination des graines des espèces adventices et du blé vis-à-vis de l'extrait d'*E. retusa* à différentes dilutions. La lecture des résultats permet de ressortir que la capacité germinative varie en fonction de l'espèce testée et de la concentration appliquée. Après dix jours de suivi, aucune germination des graines *Bromus rubens*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga* pour les concentrations 30 %, 40 %, 50 %, et 100 %.

Pour les graines *Bromus rubens* traitées par les concentrations 1 % ; 2,5 % ; 5 % ; 10 % et 20 %, la germination apparaît dès le quatrième jour avec des pourcentages respectifs de 77,77 % ; 40 % ; 28,88 % ; 8,88 % et 2,22 % (Figure 13-A). Les graines de l'espèce *Phalaris minor* traitées par la concentration 1 %, la germination apparaît dès le troisième jour avec un taux de 8,88 % et à partir du cinquième jour pour la dose 2,5 % avec le taux de germination de 4,44 % (Figure 13-B)

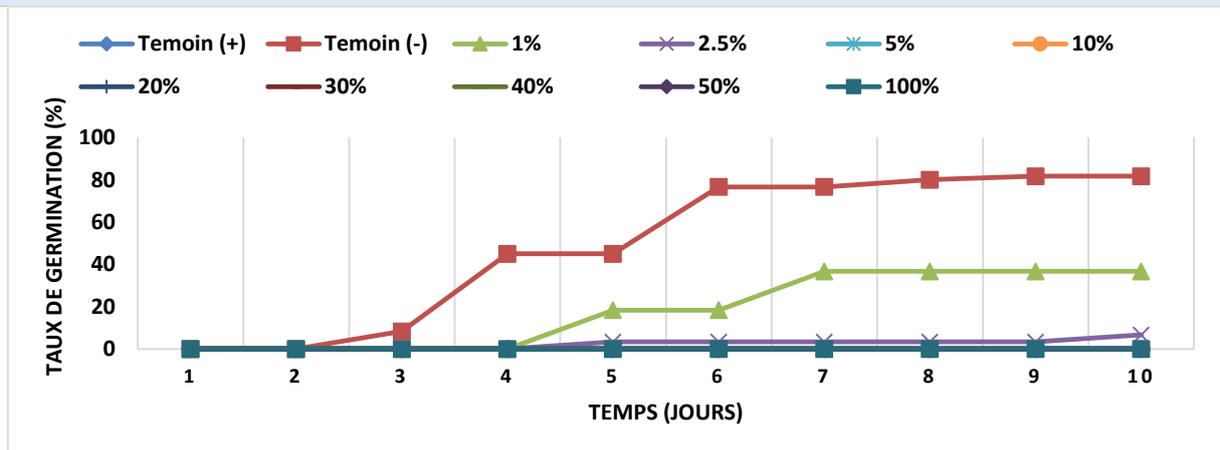
Les graines de *Plantago lagopus* germent au deuxième jour (1 %), au troisième (2,5 % et 5 %), au quatrième (10 %) et au sixième jour pour le lot traité à l'extrait 20 % (Figure 13-C).

Tandis que les graines d'*Ammi visnaga* traitées par la concentration 1%, la germination apparaît dès le quatrième jour avec un pourcentage de 17,77 %. Pour les concentrations 2,5 %

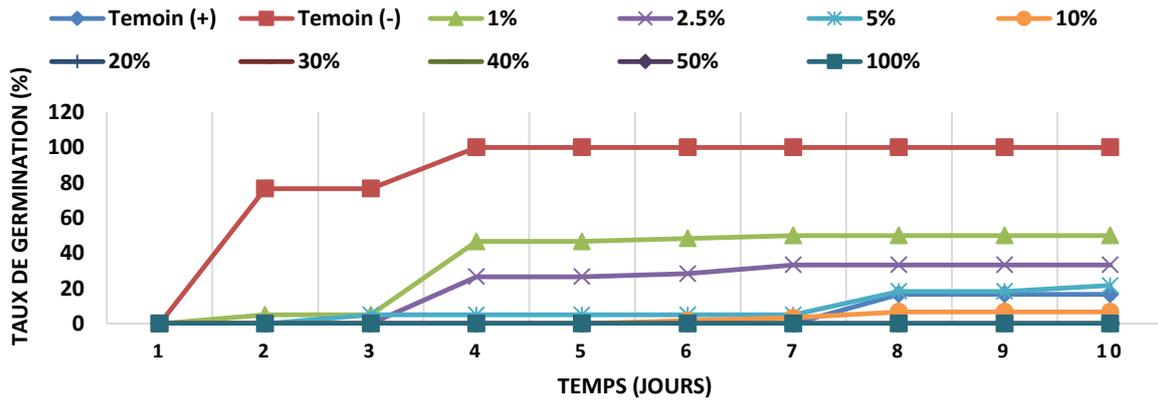
et 5 %, elles ont une germination à partir du cinquième jour avec les taux de germination 48,88 % et 20 % successivement, et le septième jour pour les concentrations 10 % et 20 % avec les taux de germination 31,11 % et 6 % respectivement (Figure 13-D). En revanche, pour le blé dur, la germination a commencé dès le 2ème jour pour les graines traitées par l'extrait foliaire dilué à 1 % ; 5 % et 10 %, et dès le 3ème et quatrième jour pour les lots traités par les extraits dilués à 20 % ; 30 %,40 % et 50 %. Pour les autres traitements à 100 %, aucun cas de germination n'est observé (Figure 13-E).



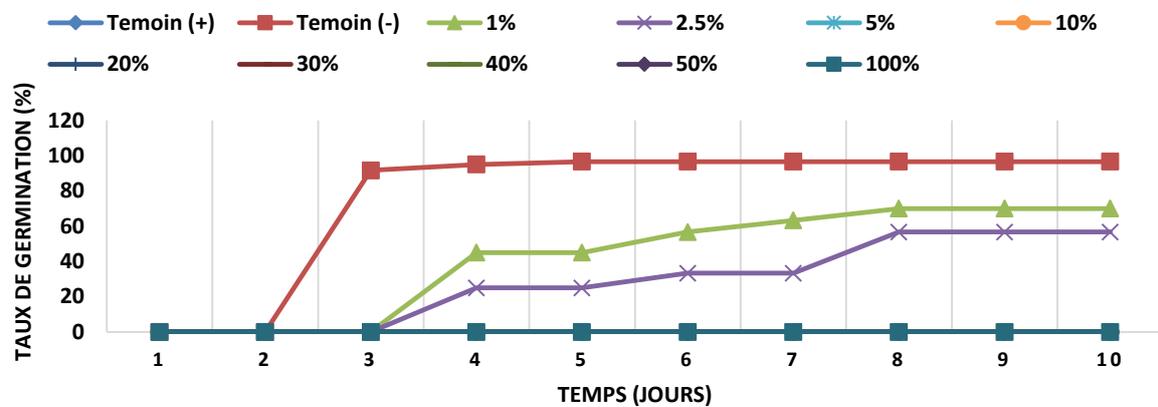
11-A.- Cinétique de germination de *Bromus rubens* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.



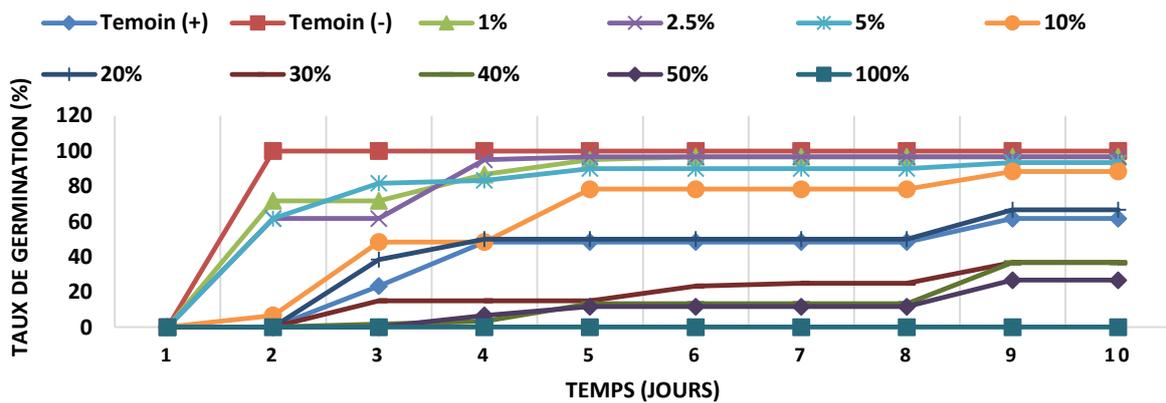
11-B.- Cinétique de germination de *Phalaris minor* Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.



11-C.- Cinétique de germination de *Plantago lagopus* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.

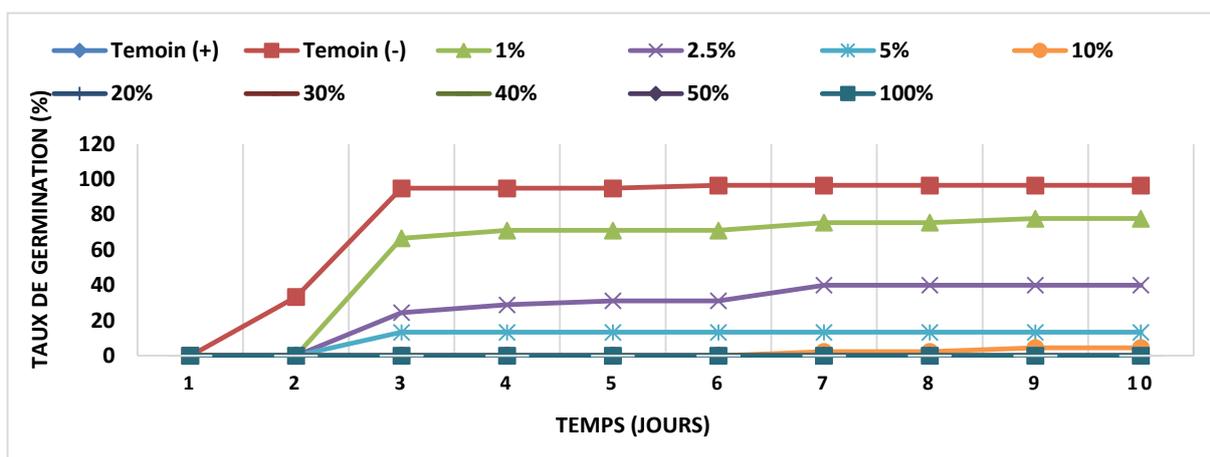


11-D.- Cinétique de germination d'*Ammi visnaga* L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.

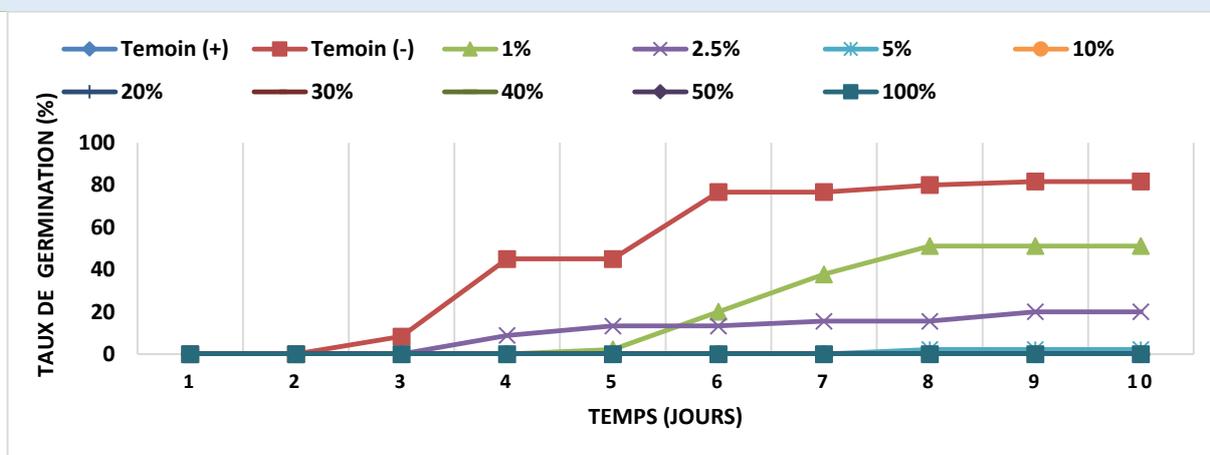


11-E.- Cinétique de germination de *Triticum durum* Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.

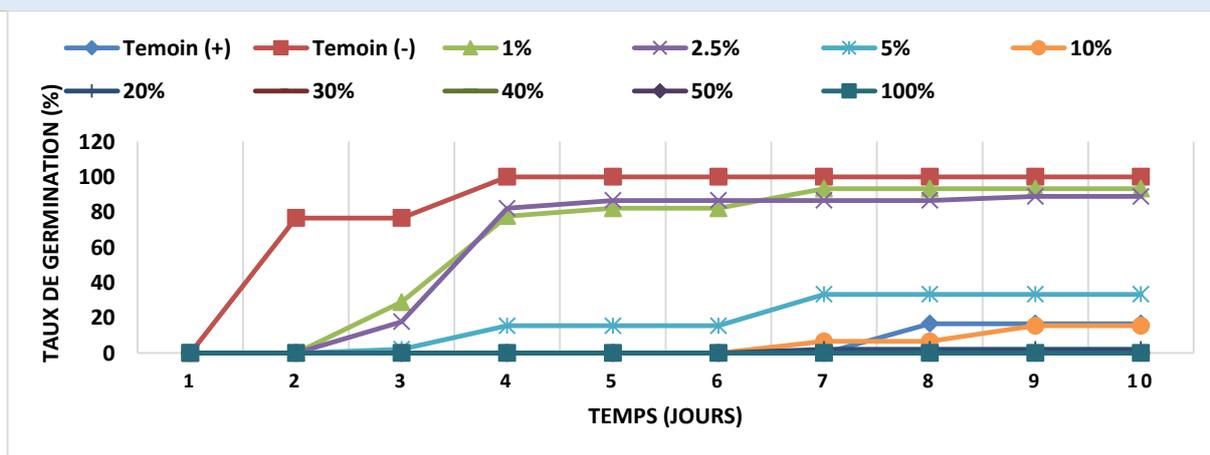
Figure 11.- A, B, C, D, E.- Cinétique de germination des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel (Boîtes de Pétri).



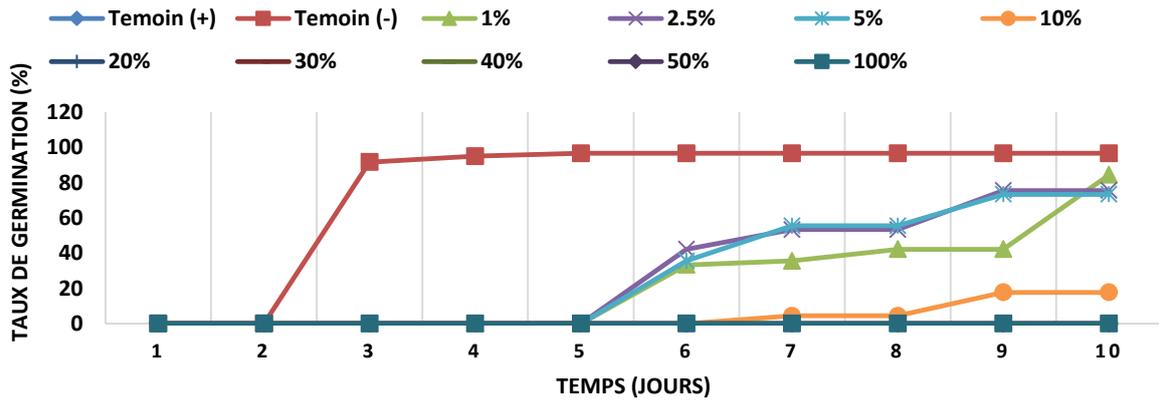
12-A.- Cinétique de germination de *Bromus rubens* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.



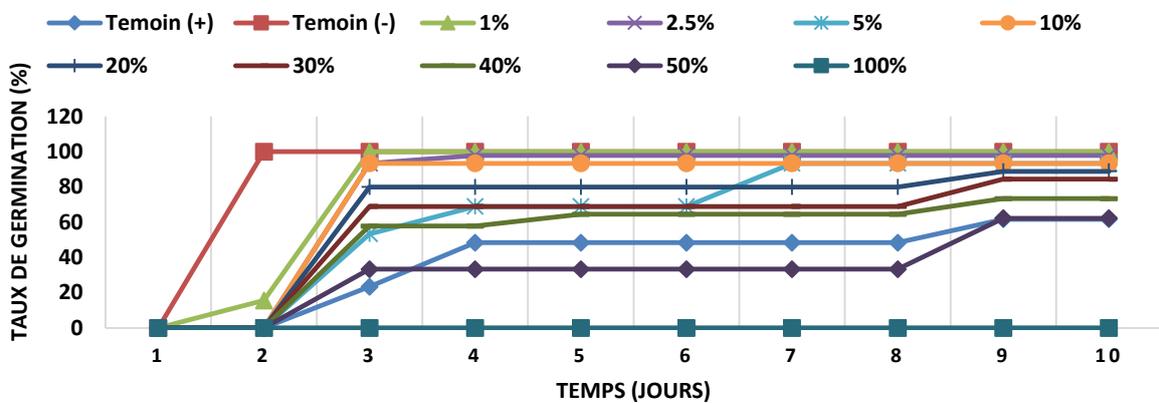
12-B.- Cinétique de germination de *Phalaris minor* Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.



12-C.- Cinétique de germination de *Plantago lagopus* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

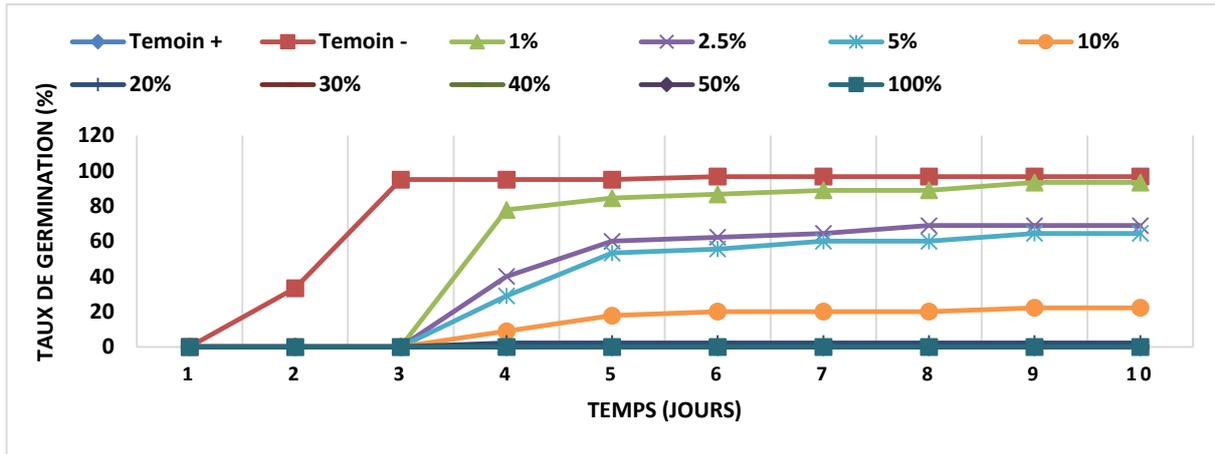


12-D.- Cinétique de germination d'*Ammi visnaga* L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

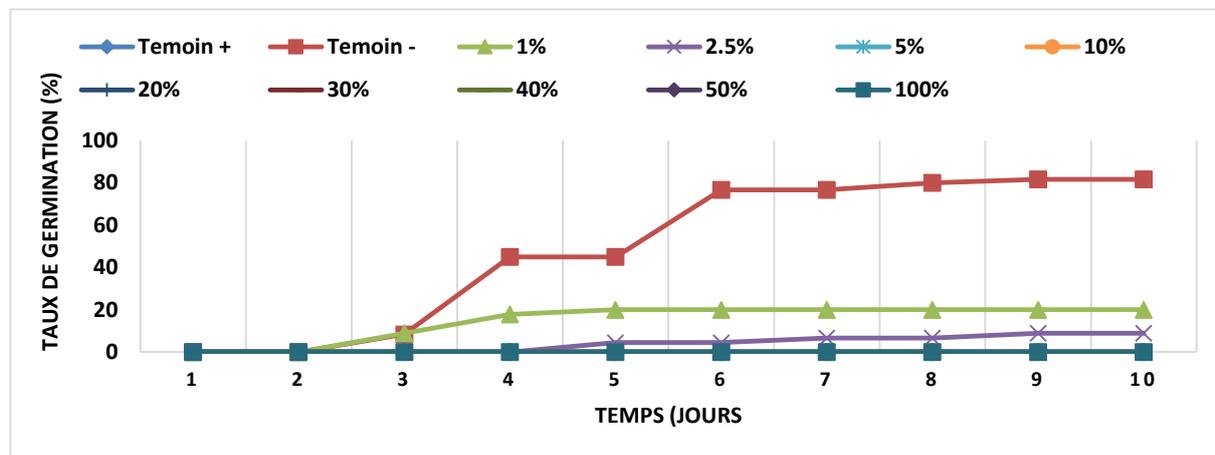


12-E.- Cinétique de germination de *Triticum durum* Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

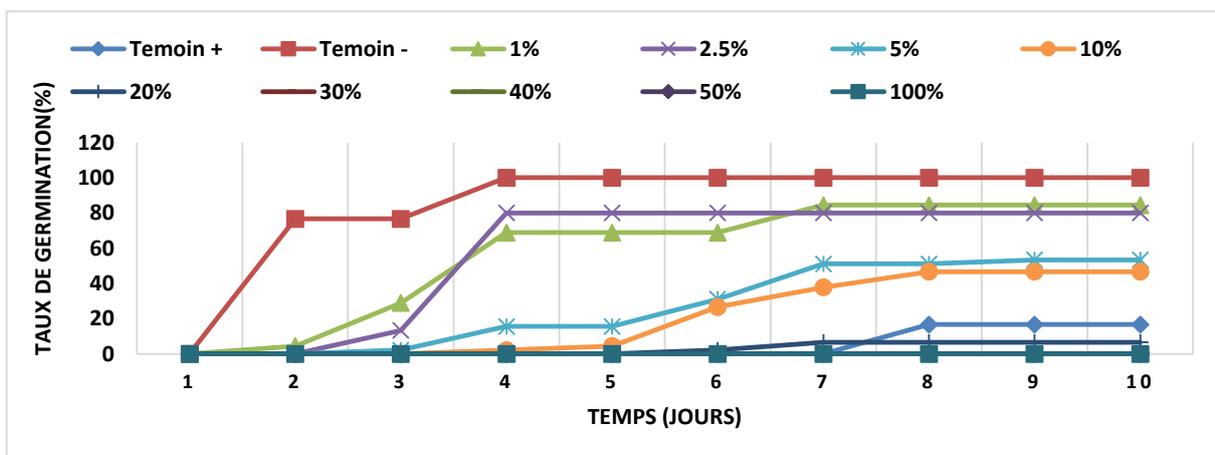
Figure 12.- A, B, C, D, E.- Cinétique de germination des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Boîtes de Pétri).



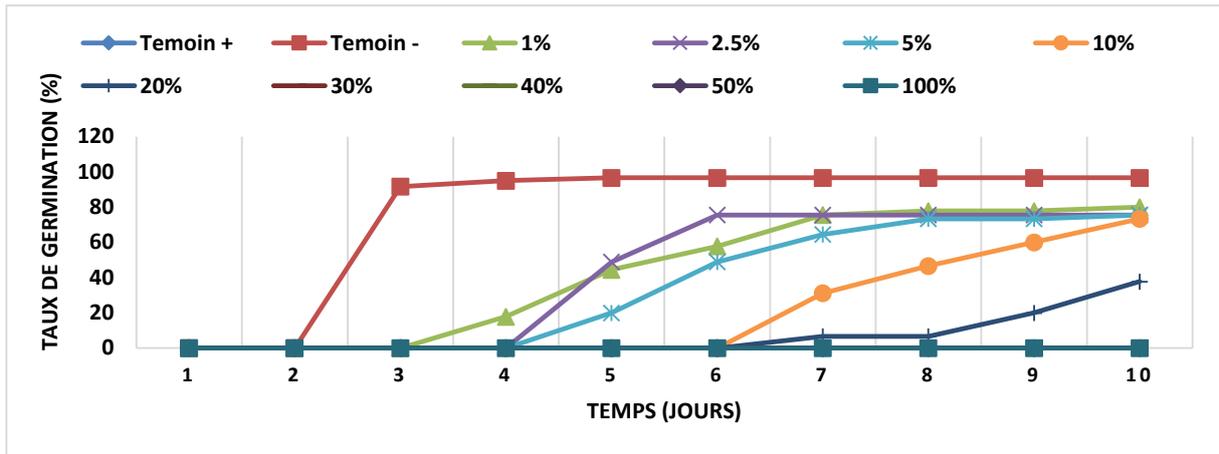
13-A.- Cinétique de germination de *Bromus rubens* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



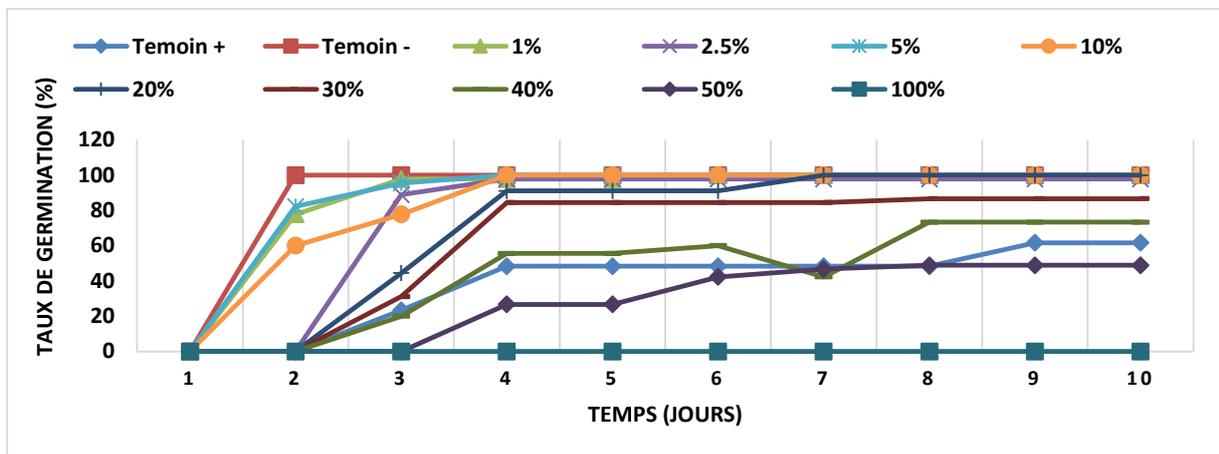
13-B.- Cinétique de germination de *Phalaris minor* Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



13-C.- Cinétique de germination de *Plantago lagopus* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



13-D.- Cinétique de germination d'*Ammi visnaga* L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



13-E.- Cinétique de germination de *Triticum durum* Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.

Figure 13.- A, B, C, D, E.- Cinétique de germination des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. (Boîtes de Pétri).

➤ **Test en pots**

Selon les résultats présentés dans les figures 14, 15 et 16, nous avons remarqué une variation dans le taux de germination journalier des graines des espèces tests semées dans les pots observés au niveau des lots traités par rapport aux lots témoins. Au niveau du lot témoin négatif, les graines de *Plantago lagopus* et de *Triticum durum* germent au troisième jour, au quatrième jour pour les graines de *Bromus rubens*, au cinquième jour pour *Phalaris minor* et enfin au sixième jour pour *Ammi visnaga*. Alors que pour le témoin positif, nous avons remarqué une germination le dixième ou l'onzième jour après semis dans les pots pour toutes les espèces tests.

D'après les résultats obtenus de la cinétique de germination des graines des espèces adventices semées dans les pots irrigués à l'extrait de *H. scoparium* (Figure 14), il est observé que la germination des graines de *Bromus rubens* commence dès le huitième jour pour toutes les dilutions appliquées. Le taux de germination s'accélère puis se stabilise à un taux maximal, soit 97,77 % ; 91,11 % ; 86,66 % ; 82,22 % ; 68,88 % et 55,55 % pour les concentrations successives de 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % et 50 % (Figure 14-A).

Après sept jours, un taux de germination de 2,22 %, 2,22 % et 4,44 % est enregistré pour les concentrations 5 %, 10 % et 20 % respectivement chez les graines *Phalaris minor*, où à partir du neuvième jour, le taux de germination est atteint 8,88 % pour les dilutions 30 % et 40 % et dixième jour pour 50 % (Figure 14-B).

Alors que pour *Plantago lagopus*, la germination a commencé dès le septième jour pour les graines traitées par l'extrait foliaire dilué à 5 % et 10 % et dès le huitième et neuvième jour pour les lots traités par les extraits dilués à 20 % ; 30 % et 40 % et le dixième jour pour 50 %. Pour les autres traitements à la concentration d'extrait 100 %, aucun cas de germination n'est observé (Figure 14-C).

On remarque sur la figure 14-D que la germination des graines d'*Ammi visnaga* commence à partir du huitième jour pour les lots irrigués à l'extrait dilué à 5%, et à partir du neuvième jour pour les autres lots. La germination est nulle pour l'extrait pur.

La figure 15 exprime la dynamique de germination des graines des adventices irrigués à l'extrait d'*E. guyoniana*, où nous avons observé une variation de la capacité germinative qui diffère selon la concentration appliquée et l'espèce adventice testée. Au niveau des lots traités,

la germination du *Bromus rubens* a commencé au septième jour pour les dilutions 5 %, 10 % et 20 %. Après le huitième jour, la germination arrive aux lots 30 % et 40 % (Figure 15-A).

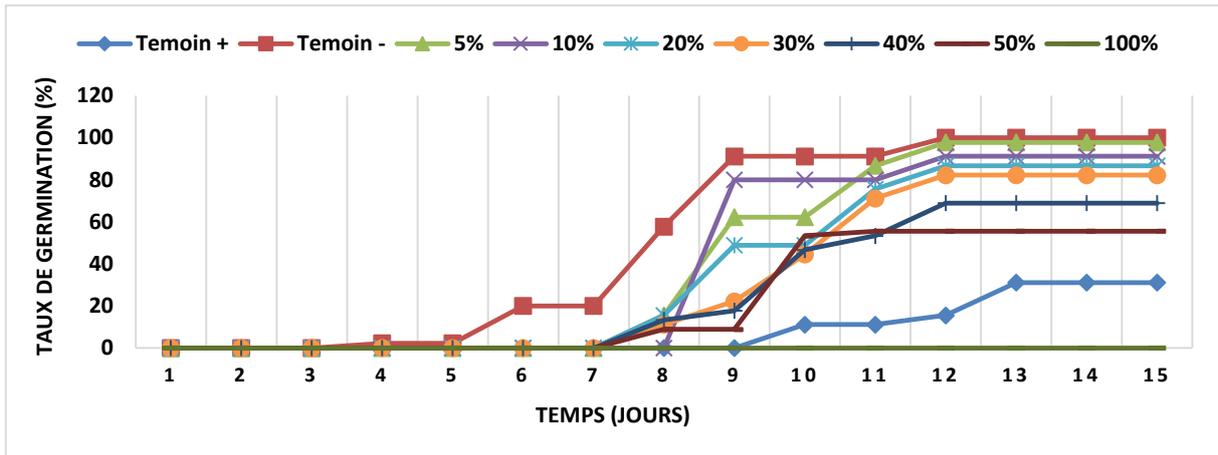
En plus, la germination des lots de *Phalaris minor* est retardée d'un jour à la dose 5 %, et de trois jours pour les autres concentrations par rapport au témoin négatif (Figure 15-B). Pour les graines de *Plantago lagopus* imprégnées à la concentration 100 %, aucune graine n'a germé. Par contre, pour les graines irriguées à la concentration 5 % et 10 %, la germination débute dès le sixième jour avec un pourcentage de 4,44 % et 6,66 % successivement, suit une accélération puis une stabilisation au treizième jour pour arriver à un taux maximal de 95,55 % et 93,33 % successivement. La germination commence à partir du huitième jour des lots 20 %, 30 % et 40 % et le neuvième jour pour la dose 50 % (Figure 15-C).

La figure 15-D indique que la germination des graines d'*Ammi visnaga* traitées commence le septième jour pour les concentrations de 5 % à 20 % et le huitième pour 30 %, 40 % et 50 %, pas de germination pour la dose 100 %.

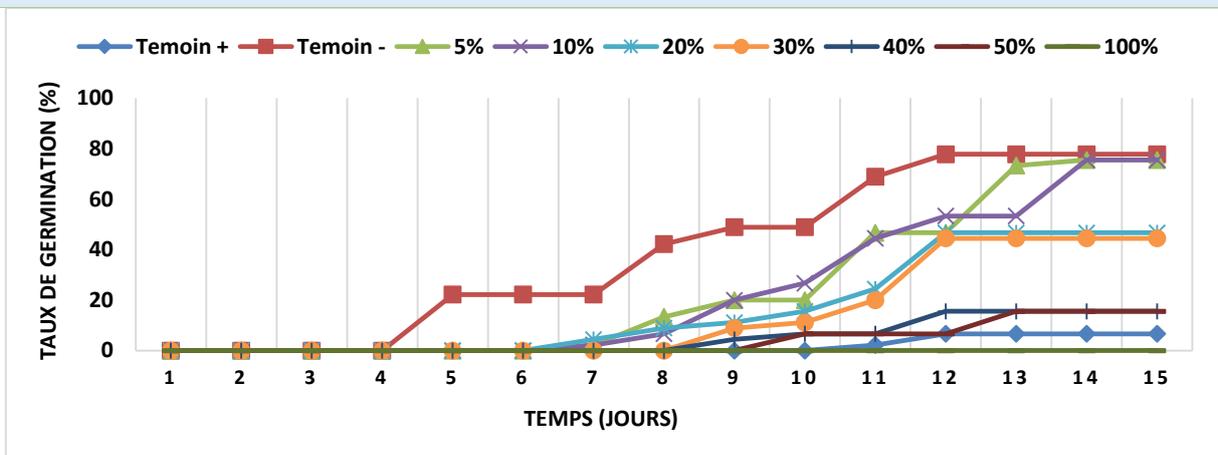
Le processus de germination des graines des adventices irrigués par l'extrait d'*E. retusa* montre un retard de plusieurs jours par rapport au témoin négatif (Figure 16). La germination des lots des graines de *Bromus rubens* traités par les concentrations de 5 %, 10 % et 20 %, est déclenchée au bout du septième jour de semis où le taux de germination enregistré est de 11,11 % ; 8,88 %, et 13,33 % respectivement. Dès le huitième, neuvième, dixième jour, les taux de germination sont de 8,88 % ; 4,44 % et 6,66 % pour les lots arrosés par les doses 30 %, 40 % et 50 % respectivement. Pour les graines traitées aux fortes doses 100 %, aucune germination n'a été observée (Figure 16-A).

On remarque, sur la figure 16-B, que la germination des graines du *Phalaris minor* commence à partir du sixième jour (5 %) et les lots irrigués à l'extrait dilué à 10 %, 20 %, 30 % et 40 % commencent à partir du septième jour la germination est nulle pour l'extrait pur. La figure (16-C) et la figure (16-D) indiquent que la germination des graines traitées à l'extrait dilué de 5 % jusqu'à 50 % pour le *Plantago lagopus* et de 5 % jusqu'à 40 % pour l'*Ammi visnaga* commence le septième jour et pas de germination pour les autres lots.

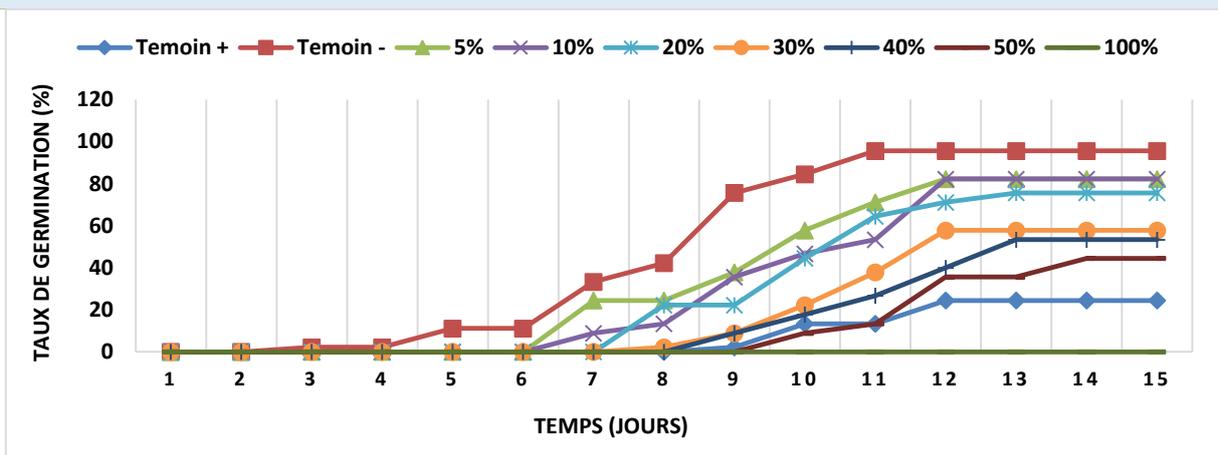
En effet, pour les trois extraits végétaux et pour toutes les concentrations, la majorité des graines de blé dur germent dès le cinquième jour, mais avec des taux différents. Plus la concentration est élevée, plus la capacité germinative des graines diminue, ce qui explique la diminution des taux de germination avec l'augmentation des concentrations.



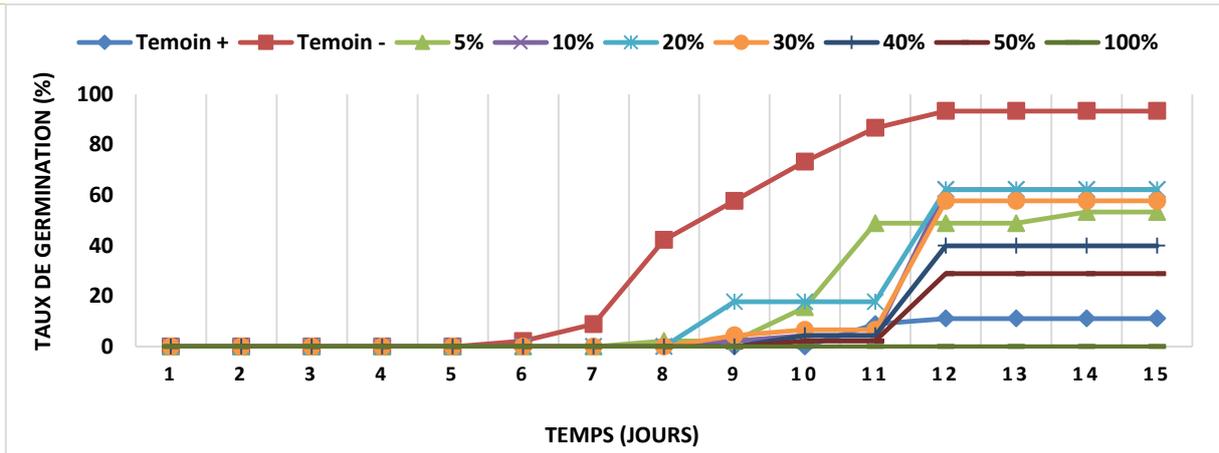
14-A.- Cinétique de germination de *Bromus rubens* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.



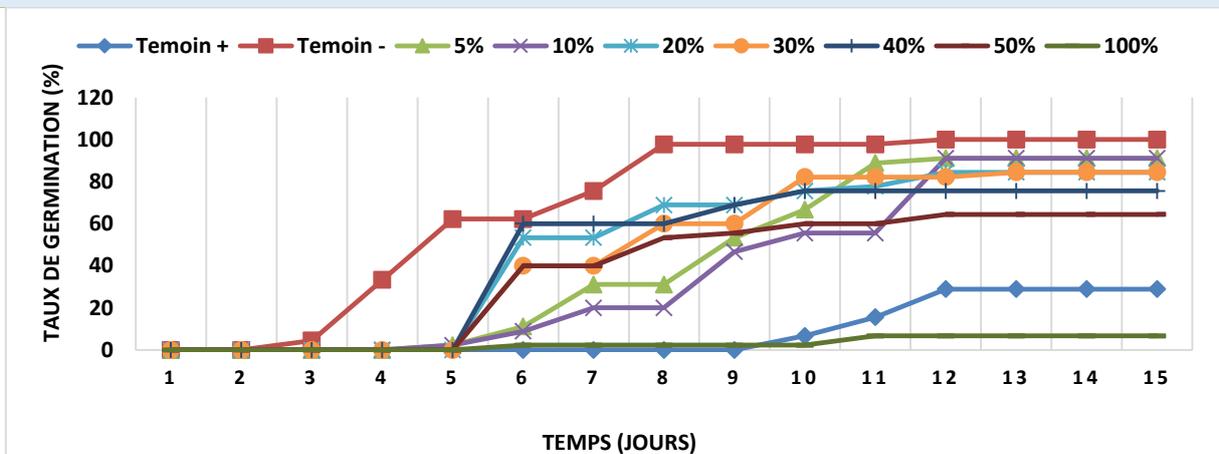
14-B.- Cinétique de germination de *Phalaris minor* Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.



14-C.- Cinétique de germination de *Plantago lagopus* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.

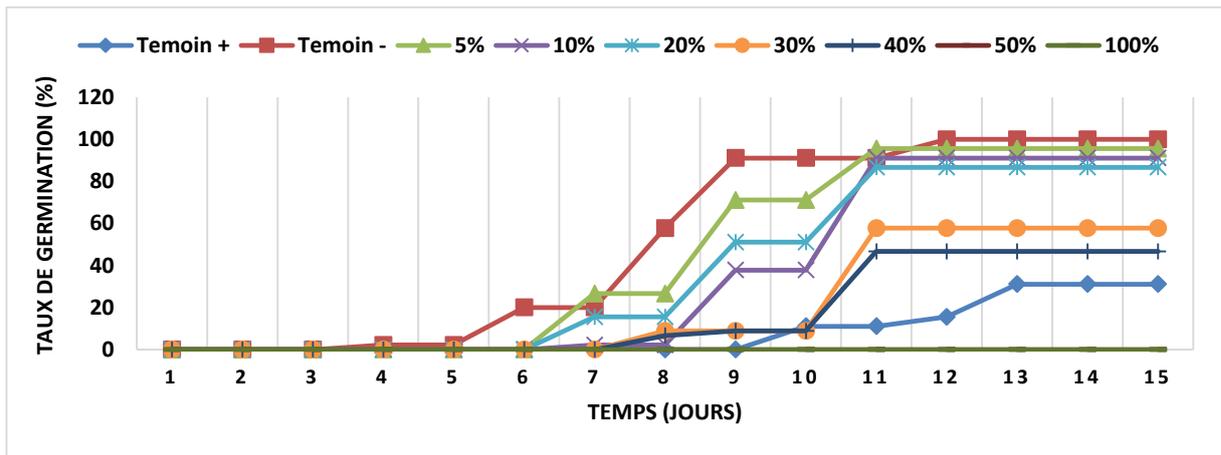


14-D.- Cinétique de germination d'*Ammi visnaga* L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.

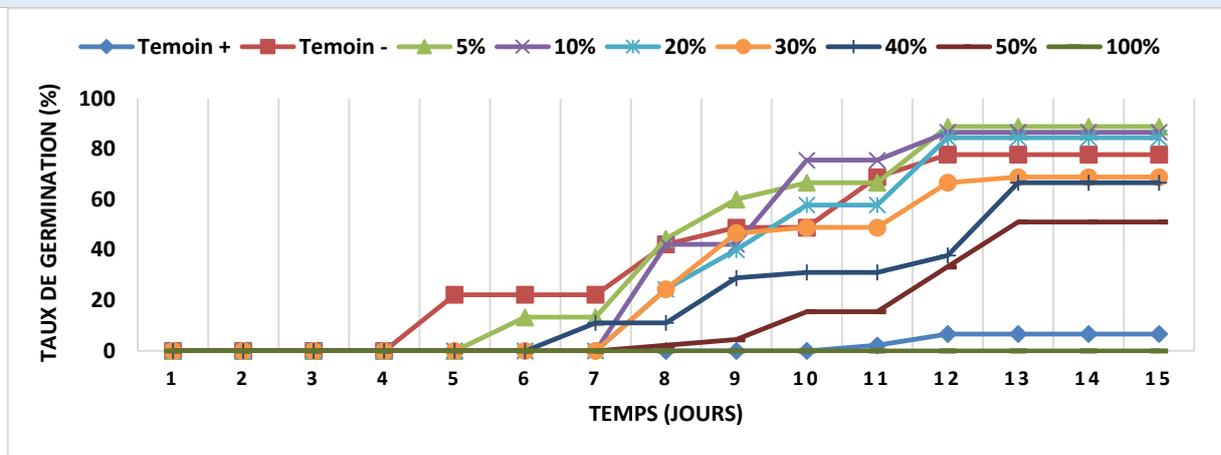


14-E.- Cinétique de germination de *Triticum durum* Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel.

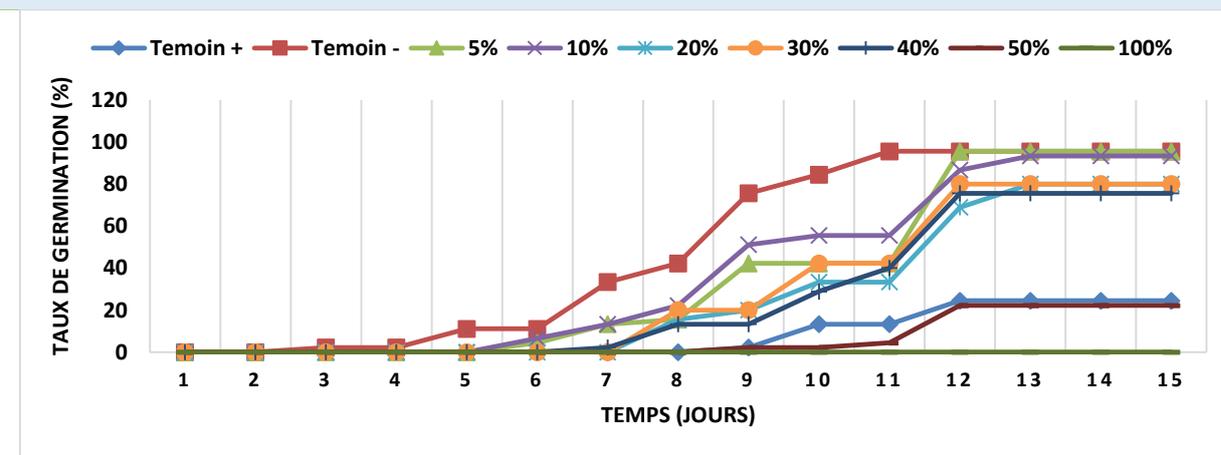
Figure 14.- A, B, C, D, E.- Cinétique de germination des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel (Pots).



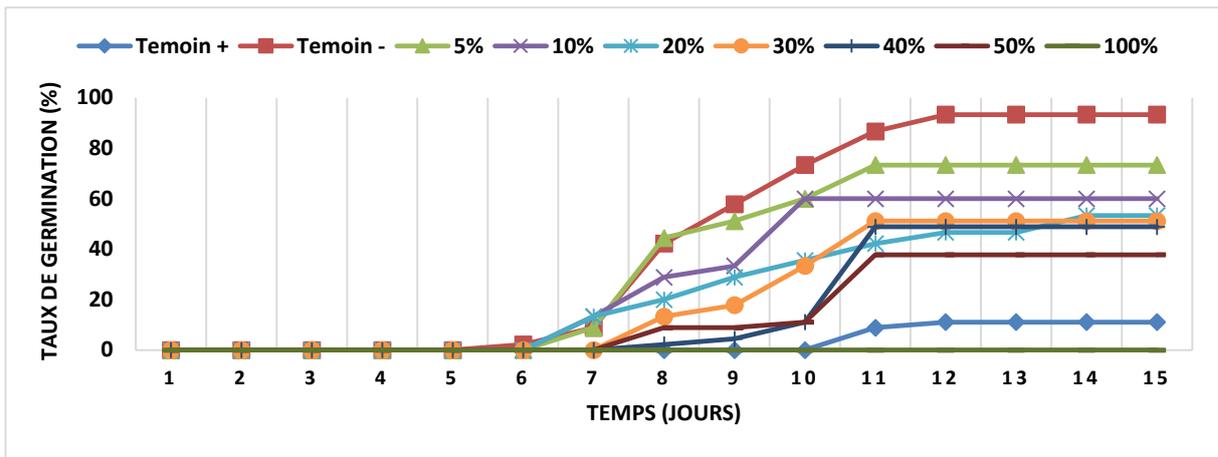
15-A.- Cinétique de germination de *Bromus rubens* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.



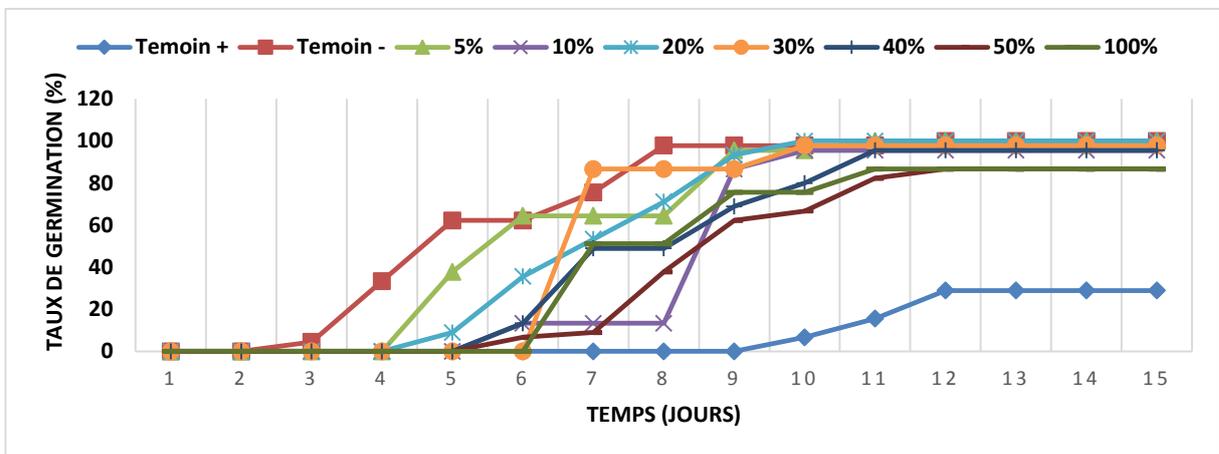
15-B.- Cinétique de germination de *Phalaris minor* Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.



15-C.- Cinétique de germination de *Plantago lagopus* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

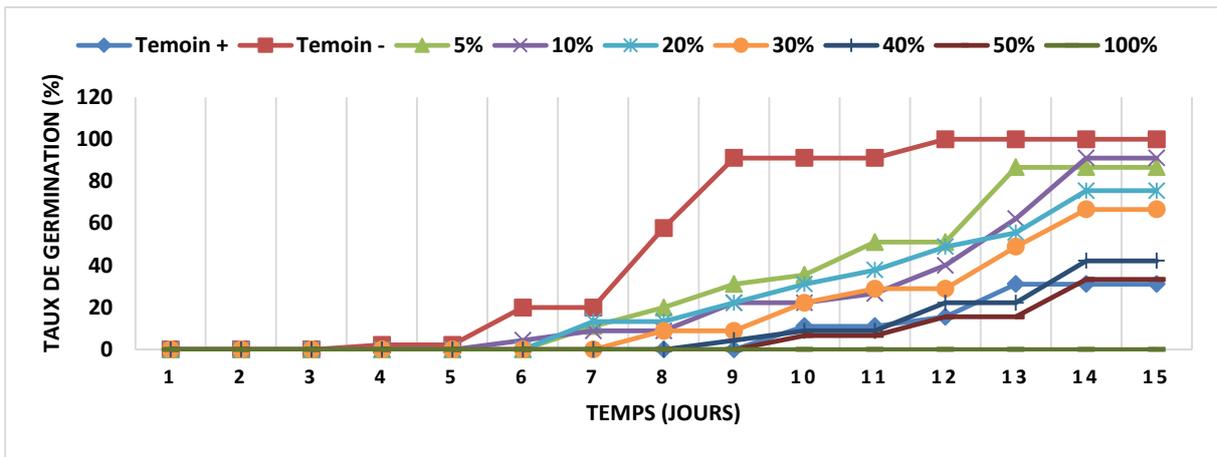


15-D.- Cinétique de germination d'*Ammi visnaga* L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

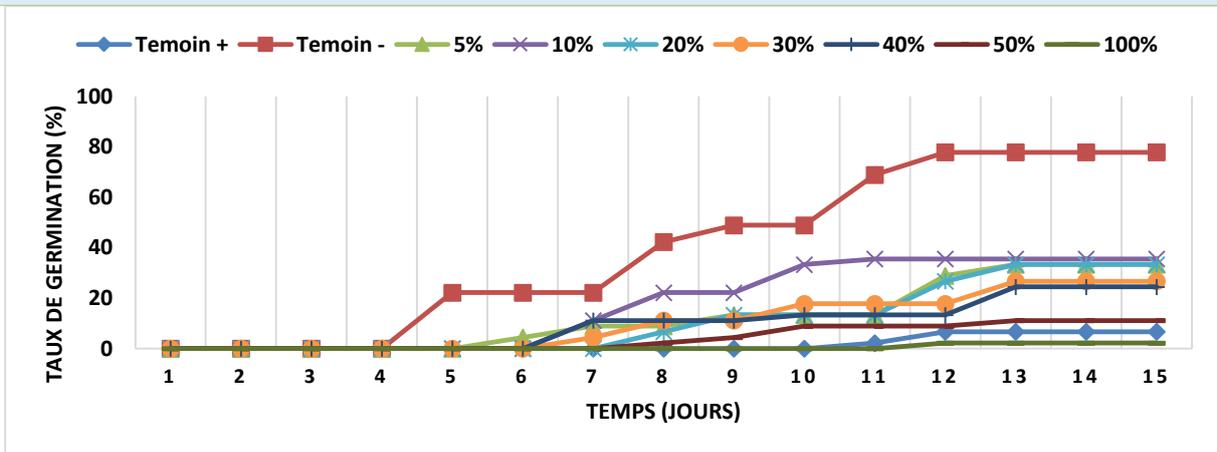


15-E.- Cinétique de germination de *Triticum durum* Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.

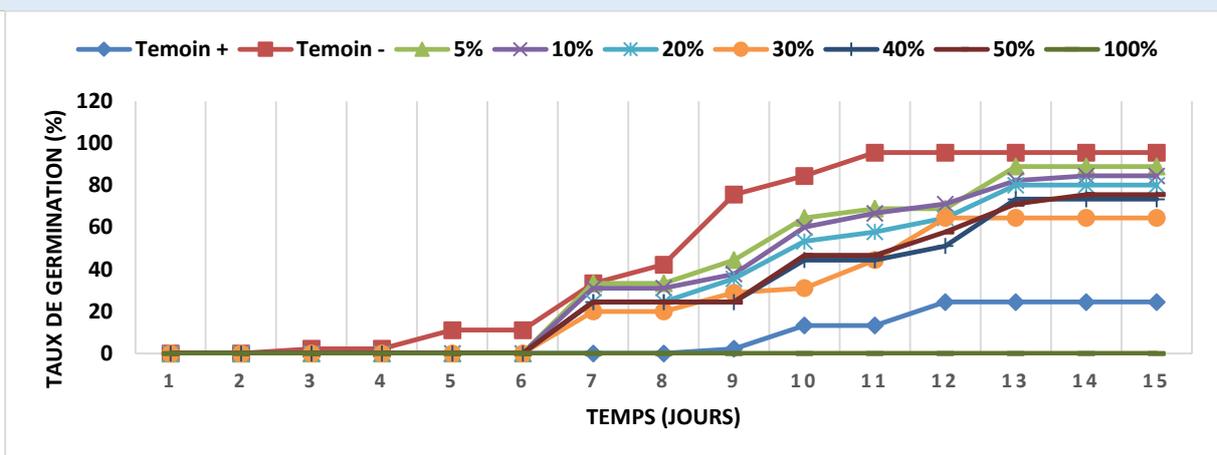
Figure 15.- A, B, C, D, E.- Cinétique de germination des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Pots)



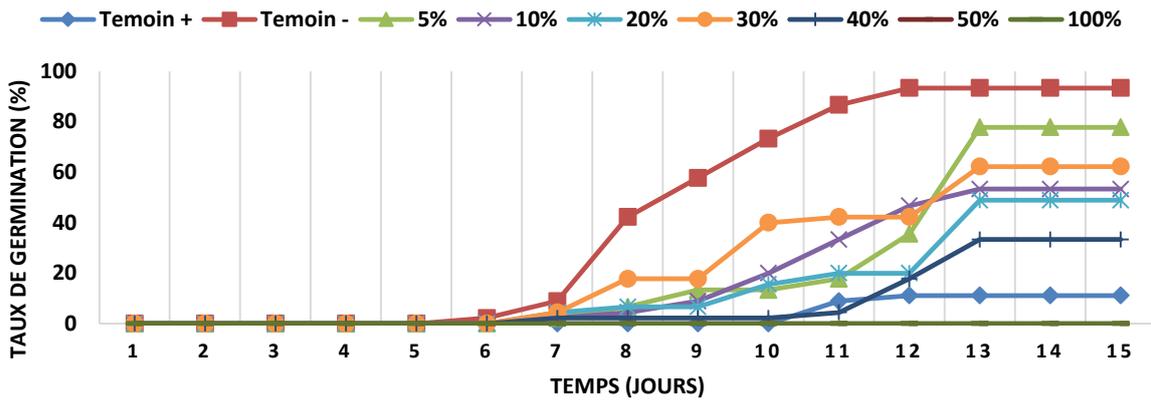
16-A.- Cinétique de germination de *Bromus rubens* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



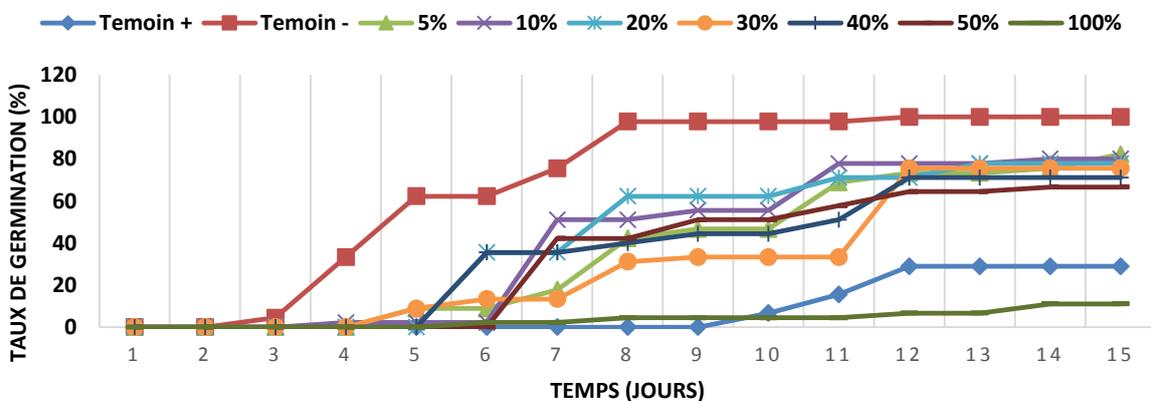
16-B.- Cinétique de germination de *Phalaris minor* Retz. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



16-C.- Cinétique de germination de *Plantago lagopus* L. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



16-D.- Cinétique de germination d'*Ammi visnaga* L. (LAM) au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.



16-E.- Cinétique de germination de *Triticum durum* Desf. au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk.

Figure 16.- A, B, C, D, E.- Cinétique de germination des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. (Pots)

Les résultats déclarés révèlent que les espèces adventices *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga* sont très sensibles à l'action des extraits foliaires de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* au stade de germination par rapport aux graines de *Triticum durum*.

Les graines des adventices monocotylédones (*Bromus rubens* et *Phalaris minor*) sont les plus sensibles comparativement aux graines des adventices dicotylédones (*Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*). En plus, l'extrait de *H. scoparium* présente une capacité inhibitrice de germination et de croissance des espèces testées très importante, suivi par l'extrait d'*E. guyoniana*, puis l'extrait d'*E. retusa*.

Dans la présente expérience, on a observé que la cinétique de germination des espèces adventices et de l'espèce cultivée traitées par les extraits végétaux était plus lente que celle signalée pour les lots témoin négatifs. En effet, la capacité germinative des espèces étudiées varie en fonction de l'espèce test et diminue avec l'augmentation des concentrations appliquées.

De nombreuses études similaires ont été réalisées, dont le travail de Ben Ali (2016) où il montre dans son étude, après le suivi quotidien du taux de germination des graines de *Polygonum monspeliensis*, que la germination du témoin commence dans le deuxième jour, et après le quatrième jour, le taux se stabilise. Alors que pour les graines traitées à l'extrait d'*Asphodelus tenuifolius*, la germination commence le deuxième jour et augmente jusqu'à se stabiliser le sixième jour. Selon Belaidi (2014), il est constaté que pour l'extrait de *Nerium oleander* dilué à 25 %, la germination a commencé dès le septième jour chez le *Dactyloctenium aegyptium* et qu'après le sixième jour pour *Hordeum vulgare*. Pour les autres traitements aux extraits 50 % et 100 %, aucune germination n'est observée.

Les processus physiologiques qui se déroulent pendant cette phase sont très complexes. La germination des graines est un processus physiologique et biochimique, qui commence après le contact de la graine avec le stimulus exogène (eau). Une enzyme amylase est synthétisée et sécrétée afin de dégrader l'amidon (albumine) en vue de fournir à l'embryon l'énergie nécessaire à la germination. Une fois sécrétée, la croissance embryonnaire s'amorce et intervient par la suite par un autre processus physiologique où les acteurs sont les hormones de croissance végétale (Regnault-Roger et al. 2008 ; Lesuffleur, 2007).

Plusieurs hypothèses peuvent être posées, dont la capacité de certains composés des extraits végétaux à retarder ou inhiber la germination des graines et la croissance des plantules comparativement au témoin négatif. Certains métabolites secondaires des extraits végétaux influent sur la germination ou la croissance des plantes ciblées (Friedman, 1995). La synthèse des protéines et des acides nucléiques peut aussi être affectée par plusieurs composés phénoliques qui ralentissent l'incorporation des acides aminés (Cameron et Julian, 1980). La suppression de la dégradation de l'acide indole acétique (AIA) par différents phénols a ainsi été rapportée par Lee et al., (1982). La synthèse ou le fonctionnement de plusieurs enzymes liées à la croissance sont aussi parfois perturbés (Sato et al., 1982).

### II.3.3.- Indice de vigueur (IV)

Les variations de l'indice de vigueur en fonction de la dose des extraits appliqués à *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* laissent montrer les effets inhibiteurs des extraits testés et leurs influences sur la capacité germinative des graines et la croissance des plantules des espèces tests. L'indice de vigueur complète les informations apportées par les essais de germination.

Les plantules peuvent être classées selon leur développement, ce qui permet de les différencier selon leur vigueur différente pour une même espèce traitée par différentes doses d'extraits végétaux.

#### ➤ Dans les boîtes de Pétri

Dans le présent travail, on a constaté que l'indice de vigueur des espèces adventices et de l'espèce cultivée traitées par les trois extraits végétaux était plus lent que chez le lot témoin négatif. Les indices de vigueur des témoins négatifs sont respectivement de l'ordre de ( $26,00 \pm 2,70$ ), ( $14,97 \pm 0,51$ ), ( $7,41 \pm 0,67$ ) ( $14,30 \pm 2,02$ ) et ( $24,36 \pm 1,01$ ) pour *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga* et *Triticum durum* (Tableau 6, 7, 8).

D'après les résultats obtenus (Tableau 06), il est observé qu'au niveau des lots traités par l'extrait de *H. scoparium* pur ou dilué à 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, aucun cas de germination n'a été enregistré des graines de *Bromus rubens*, *Phalaris minor* et *Ammi visnaga*. Dans les cas où la concentration est faible entre 2,5 % et 1 %, l'indice de vigueur se trouve en diminution en fonction de l'augmentation de la concentration. Pour cela, il est noté que quelle que soit la concentration en extrait foliaire, l'indice de vigueur est plus faible que celui du lot témoin négatif. L'indice de vigueur enregistré est respectivement de l'ordre de ( $1,19 \pm 0,66$ ) et ( $3,52 \pm 0,16$ ) pour *Bromus rubens*, ( $0,50 \pm 0,04$ ) et ( $4,07 \pm 0,04$ ) pour *Phalaris minor* et ( $1,97 \pm 0,21$ ) et ( $3,92 \pm 0,81$ ) pour *Ammi visnaga*. Alors que l'espèce *Plantago lagopus* présente une inhibition de l'ordre de 100 % pour les concentrations 100 %, 50 %, 40 %, 30 % et 20 %. Pour les dilutions allant de 10 à 1 %, l'indice de vigueur enregistré varie entre ( $0,03 \pm 0,003$ ) et ( $2,16 \pm 0,27$ ).

En revanche, les graines de blé dur traitées par l'extrait foliaire pur présentent une inhibition totale, tandis que pour les concentrations de 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 %, 5 %, 2,5 % et 1 %, les indices de vigueur rapportés sont de l'ordre de ( $0,08 \pm 0,05$ ), ( $0,12 \pm 0,03$ ), ( $0,43 \pm 0,03$ ),

(1,52 ± 0,46), (5,36 ± 0,96), (11,07 ± 2,08), (18,64 ± 2,49) et (20,12 ± 3,23) respectivement. Il apparaît que le blé est plus résistant aux effets de l'extrait appliqué.

L'analyse de la variance de l'effet de l'extrait foliaire de *H. scoparium* sur l'indice de vigueur des graines des espèces adventices révèle que les traitements provoquent un effet très hautement significatif, les valeurs de facteur F enregistrées sont pour une probabilité  $P < 0,0001$ . Pour le lot de *Triticum durum* traité à 5 %, une différence hautement significative est notée ( $P = 0,0018$ ). Pour les autres concentrations, il est noté une inhibition très hautement significative ( $P < 0,0001$ ) (Annexe II-Tableau 01).

Dans la présente expérience, on a observé que l'indice de vigueur des espèces adventices et de l'espèce cultivée traitées avec de l'extrait de feuilles d'*E. guyoniana* était plus faible que pour le lot témoin négatif. L'indice de vigueur pourrait être stressé aux doses 10 %, 5 %, 2,5 % et 1 %, sont de l'ordre de (1,02 ± 0,01), (0,14 ± 0,10), (1,05 ± 0,50) et (5,78 ± 2,52) pour *Bromus rubens*, et de l'ordre de (0,14 ± 0,12), (0,62 ± 0,20), (1,05 ± 0,23) et (6,00 ± 0,66) pour *Ammi visnaga*. Alors que *Phalaris minor*, le plus sensible aux traitements qui présente une faible indice de vigueur (0,01 ± 0,02), (1,34 ± 1,80) et (6,10 ± 0,92) pour les dilutions 5 %, 2,5 % et 1 % respectivement (Tableau 07).

L'analyse de la variance pour les valeurs du l'indice de vigueur enregistrées chez les graines des adventices traitées par l'extrait d'*E. guyoniana*, montrent une différence très hautement significative ( $P < 0,0001$ ). Par contre les lots de blé dur traités à 1 % et 2,5 %, une différence non significative. Alors que pour le lot traité à 5 %, une différence significative est notée ( $P = 0,0135$ ), et très hautement significative ( $P < 0,0001$ ) pour les autres concentrations (Annexe II-Tableau 02).

L'extrait foliaire d'*E. retusa* présente un très fort effet sur l'indice de vigueur des graines des adventices testées en extrait comparativement aux résultats des témoins négatifs. Nous avons constaté une très faible vigueur des espèces monocotylédones par rapport aux espèces dicotylédones. En parallèle, on remarque que les graines de *Triticum durum* semblent plus résistantes à l'effet de l'extrait (Tableau 08).

Une différence très hautement significative ( $P < 0,0001$ ) est notée dans les boites des espèces adventices monocotylédones et dicotylédones. De même, pour les graines de blé dur traitées par les concentrations 50 %, 40 %, 30 % et 20 % entraînent un effet très hautement significatif

( $P < 0,0001$ ), et significatif au dose 10 % ( $P = 0,0191$ ). Par contre, les lots traités par les concentrations 10 %, 5 %, 2,5 % et 1 % présentent un effet non significatif (Annexe II-Tableau 03).

**Tableau 06.-** Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. (Boîtes de Pétri).

Indice de Vigueur (IV)										
	<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
T (-)	26.00 ± 2.70	B	14.97 ± 0.51	C	7.41 ± 0.67	D	14.30 ± 2.02	B	24.36 ± 1.01	E
1 %	3.52 ± 0.16	A	4.07 ± 0.04	B	2.16 ± 0.27	C	3.92 ± 0.81	A	20.12 ± 3.23	D
2.5 %	1.19 ± 0.66	A	0.50 ± 0.04	A	0.60 ± 0.39	B	1.97 ± 0.21	A	18.64 ± 2.49	D
5 %	-	-	-	-	0.11 ± 0.01	A	-	-	11.07 ± 2.08	C
10 %	-	-	-	-	0.03 ± 0.003	A	-	-	5.36 ± 0.96	B
20 %	-	-	-	-	-	-	-	-	1.52 ± 0.46	A
30 %	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43 ± 0.03	A
40 %	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12 ± 0.03	A
50 %	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08 ± 0.05	A
T (+)	-	-	-	-	0.06 ± 0.03	A	-	-	0.39 ± 0.08	A
LSD	3.39		2.21		0.49		2.27		2.26	

**Tableau 07.-** Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Boîtes de Pétri).

Indice de Vigueur (IV)										
	<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
T (-)	26.00 ± 2.70	C	14.97 ± 0.51	C	7.41 ± 0.67	D	14.30 ± 2.02	C	24.36 ± 1.01	E
1 %	5.78 ± 2.52	B	6.10 ± 0.92	B	4.28 ± 0.25	C	6.00 ± 0.66	B	24.30 ± 3.38	E
2.5 %	1.05 ± 0.50	A	1.34 ± 1.80	A	2.34 ± 0.07	B	1.05 ± 0.23	A	22.27 ± 2.14	DE
5 %	0.14 ± 0.10	A	0.01 ± 0.02	A	0.38 ± 0.21	A	0.62 ± 0.20	A	21.13 ± 0.58	D
10 %	1.02 ± 0.01	A	-	-	0.03 ± 0.01	A	0.14 ± 0.12	A	11.11 ± 0.44	C
20 %	-	-	-	-	0.01 ± 0.009	A	-	-	8.99 ± 1.19	C
30 %	-	-	-	-	-	-	-	-	4.48 ± 0.69	B
40 %	-	-	-	-	-	-	-	-	1.85 ± 0.48	A
50 %	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34 ± 0.11	A
T (+)	-	-	-	-	0.06 ± 0.03	A	-	-	0.39 ± 0.08	A

<b>LSD</b>	3.76	1.97	0.49	2.09	2.30
------------	------	------	------	------	------

**Tableau 08.-** Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. (Boîtes de Pétri).

Indice de Vigueur (IV)										
	<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<b>T (-)</b>	26.00 ± 2.70	D	14.97 ± 0.51	B	7.41 ± 0.67	D	14.30 ± 2.02	D	24.36 ± 1.01	FG
<b>1 %</b>	15.52 ± 2.24	C	2.44 ± 1.40	A	3.87 ± 0.88	C	6.27 ± 0.53	C	26.25 ± 2.76	G
<b>2.5 %</b>	6.26 ± 1.66	B	0.59 ± 0.27	A	2.71 ± 1.20	B	3.97 ± 0.18	B	22.22 ± 0.82	EF
<b>5 %</b>	2.77 ± 0.94	AB	-	-	0.83 ± 0.29	A	2.93 ± 0.61	B	22.95 ± 1.14	EF
<b>10 %</b>	0.09 ± 0.04	A	-	-	0.51 ± 0.14	A	0.70 ± 0.09	A	21.27 ± 1.72	E
<b>20 %</b>	-	-	-	-	0.06 ± 0.06	A	0.18 ± 0.13	A	17.43 ± 1.70	D
<b>30 %</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	11.15 ± 1.83	C
<b>40 %</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	3.69 ± 0.56	B
<b>50 %</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.03 ± 0.06	A
<b>T (+)</b>	-	-	-	-	0.06 ± 0.03	A	-	-	0.39 ± 0.08	A
<b>LSD</b>	4.65		4.33		1.05		1.89		2.33	

➤ **Essais dans les pots**

Les valeurs de l'indice de vigueur des graines des espèces tests traitées par différents extraits végétaux, regroupées dans les tableaux 09, 10 et 11, Il apparaît que les extraits des trois plantes présentent un effet toxique sur la germination des graines et la croissance des plantules qui se manifeste par des faibles valeurs de l'indice de vigueur comparativement aux témoins négatifs, et qui diminue avec l'augmentation des concentrations.

Généralement, les résultats relatifs aux effets des extraits de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* montrent que ces extraits présentent un effet inhibiteur au niveau des lots de graines des adventices et de l'espèce cultivée à des concentrations 100 %, 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, qui se traduit par des faibles valeurs de l'indice de vigueur des espèces tests. A l'exception des graines de *Phalaris minor* traitées par l'extrait *E. guyoniana* à des concentrations de 10 % et de 5 %, l'indice de vigueur est plus élevé que le témoin négatif, ce qui montre l'effet de stimulation de la croissance de cette espèce (Tableau 09, 10, 11).

Analysant les résultats obtenus, les tests réalisés montrent que l'indice de vigueur varie en fonction de l'extrait végétal et de la concentration appliquée à l'espèce test. L'extrait de *H.*

*scoparium* a été plus toxique que celui d'*E. guyoniana* et *E. retusa*. De même, les espèces adventices sont plus vulnérables aux effets des extraits testés par rapport au blé dur. Ce dernier semble plus résistant aux effets des extraits testés.

L'analyse de la variance pour les valeurs de l'indice de vigueur enregistrées chez les espèces adventices traitées par les extraits végétaux, montrent une différence très hautement significative chez les graines irriguées par les concentrations fortes 100 %, 50 %, 40 % et 30 % ( $P < 0,0001$ ). Significatif pour les graines traitées par les concentrations moyennes 20 % et 10 % ( $0,0400 \geq P \geq 0,0002$ ). Alors qu'il est non significatif à dose faible 5 % (Annexe II-Tableau 04).

La comparaison des moyennes des indices de vigueur des graines de blé dur et le témoin négatif, montre que les trois extraits aux concentrations 100 %, 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5% engendre un effet très hautement significatif ( $P < 0,0001$ ) (Annexe II-Tableau 04, 05, 06).

**Tableau 09.-** Indice de Vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. (Pots).

Indice de Vigueur (IV)										
	<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<b>T (-)</b>	28.02 ± 0.68	F	11.08 ± 0.72	E	6.16 ± 0.92	E	11.39 ± 0.73	E	39.93 ± 1.72	E
<b>5 %</b>	19.25 ± 0.62	E	8.72 ± 2.95	DE	3.90 ± 0.57	D	6.35 ± 0.48	D	27.17 ± 3.61	D
<b>10 %</b>	17.39 ± 0.90	DE	7.92 ± 0.46	D	3.43 ± 0.30	CD	5.58 ± 0.41	D	27.26 ± 1.74	D
<b>20 %</b>	15.53 ± 3.50	CD	4.40 ± 1.80	C	2.99 ± 0.25	C	5.30 ± 2.12	D	24.81 ± 0.85	CD
<b>30 %</b>	13.80 ± 1.30	C	1.16 ± 1.03	BC	1.66 ± 0.14	B	4.63 ± 1.28	CD	24.84 ± 3.38	CD
<b>40 %</b>	9.91 ± 1.66	B	0.85 ± 0.75	AB	1.11 ± 0.33	B	2.59 ± 2.33	BC	21.74 ± 1.33	C
<b>50 %</b>	7.82 ± 1.31	B	0.08 ± 0.05	AB	0.94 ± 0.54	AB	1.27 ± 0.29	AB	17.16 ± 2.59	B
<b>100%</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.45 ± 1.37	A
<b>T (+)</b>	0.75 ± 0.66	A	0.08 ± 0.003	A	0.25 ± 0.21	A	0.21 ± 0.05	A	0.30 ± 0.16	A
<b>LSD</b>	2.93		2.63		0.77		2.30		3.75	

**Tableau 10.-** Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Pots).

Indice de Vigueur (IV)											
	<i>Bromus rubens</i>			<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	
<b>T (-)</b>	28.02 ± 0.68	D	11.08 ± 0.72	E	6.16 ± 0.92	CD	11.39 ± 0.73	D	39.93 ± 1.72	F	
<b>5 %</b>	16.42 ± 1.66	C	12.36 ± 0.67	E	5.89 ± 0.47	D	8.79 ± 2.19	D	28.94 ± 0.87	DE	
<b>10 %</b>	12.01 ± 1.78	B	11.73 ± 1.52	E	5.35 ± 0.98	CD	4.81 ± 3.02	C	25.90 ± 1.26	CD	
<b>20 %</b>	9.16 ± 2.64	B	10.89 ± 1.14	E	4.25 ± 0.85	BC	4.80 ± 1.17	C	29.03 ± 1.38	E	
<b>30 %</b>	3.33 ± 1.89	A	8.03 ± 1.56	D	4.18 ± 1.13	BC	4.53 ± 1.59	BC	26.78 ± 1.11	CDE	
<b>40 %</b>	2.42 ± 0.69	A	4.68 ± 1.09	C	3.32 ± 0.90	B	2.55 ± 0.25	ABC	24.71 ± 2.74	C	
<b>50 %</b>	-	-	2.53 ± 0.46	B	0.81 ± 1.25	A	1.80 ± 0.19	AB	19.39 ± 1.14	B	
<b>100%</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	16.85 ± 3.65	B	
<b>T (+)</b>	0.75 ± 0.66	A	0.08 ± 0.003	A	0.25 ± 0.21	A	0.21 ± 0.05	A	0.30 ± 0.16	A	
<b>LSD</b>	2.98		1.88		1.60		2.79		3.18		

**Tableau 11.-** Indice de vigueur des espèces testées au niveau des lots témoins et traités par différentes concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. (Pots).

Indice de Vigueur (IV)											
	<i>Bromus rubens</i>			<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	
<b>T (-)</b>	28.02 ± 0.68	D	11.08 ± 0.72	AB	6.16 ± 0.92	D	11.39 ± 0.73	E	39.93 ± 1.72	E	
<b>5 %</b>	17.27 ± 3.63	C	4.41 ± 2.25	B	5.61 ± 1.82	D	7.44 ± 1.76	D	21.97 ± 2.20	D	
<b>10 %</b>	15.79 ± 4.05	C	4.74 ± 2.55	B	4.78 ± 0.67	D	4.79 ± 2.32	CD	18.64 ± 0.77	D	
<b>20 %</b>	9.57 ± 3.66	B	4.30 ± 1.04	AB	3.86 ± 1.46	CD	4.08 ± 2.38	BC	16.81 ± 3.07	CD	
<b>30 %</b>	5.06 ± 2.73	AB	2.17 ± 0.20	AB	2.37 ± 0.63	BC	4.48 ± 2.71	BCD	12.61 ± 3.08	C	
<b>40 %</b>	3.13 ± 3.04	A	1.29 ± 0.60	A	2.20 ± 0.75	BC	1.21 ± 0.76	AB	12.03 ± 7.02	BC	
<b>50 %</b>	2.03 ± 1.31	A	0.41 ± 0.54	A	1.60 ± 0.53	AB	-	-	1.20 ± 0.99	B	
<b>100%</b>	-	-	0.26 ± 0.44	A	-	-	-	-	0.30 ± 0.16	A	
<b>T (+)</b>	0.75 ± 0.66	A	0.08 ± 0.003	A	0.25 ± 0.21	A	0.21 ± 0.05	A	0.30 ± 0.16	A	
<b>LSD</b>	5.07		2.93		1.80		3.37		5.37		

La vigueur est l'ensemble des propriétés de la semence déterminant le niveau d'activité et de développement de la semence au cours de la germination et de la levée des plantules. Les graines qui se développent bien dans des conditions agro-climatiques sont des semences vigoureuses, et celles se développant mal sont de faible vigueur.

Plusieurs résultats publiés confirment que certaines plantes ont des effets inhibiteurs sur certaines espèces adventices et que leurs allélochimiques inhibent leur germination et leur croissance (Lin et *al.*, 2003, 2004).

De nombreuses études similaires ont été réalisées, dont l'étude de Naz et Bano (2013), qui ont trouvé que les extraits de *Calotropis procera* et *Citrullus colosynthis* présentent un effet inhibiteur sur la croissance des plantules de maïs, qui se traduit par une diminution des indices de vigueur des graines traitées comparativement au témoin négatif. Ce qu'affirment nos résultats. Celle-ci est probablement liée aux molécules allélochimiques présentes au niveau des extraits végétaux.

Certains métabolites secondaires végétaux influent sur la germination ou la croissance des plantes par des mécanismes multiples (Einhellig, 1985). La division et l'élongation cellulaire, phases essentielles pour le développement, sont sensibles à la présence des composés allélopathiques (Muller, 1965).

Les composés phénoliques peuvent jouer un rôle dans le contrôle de l'activité des hormones végétales. En plus, parfois ils perturbent la synthèse ou le fonctionnement de plusieurs enzymes liées à la croissance et la suppression de la dégradation de AIA par divers phénols (Sato et *al.*, 1982 ; Lee et *al.*, 1982).

### **II.3.4.- Concentration d'efficacité (CE<sub>50%</sub>, CE<sub>90%</sub>)**

L'estimation des concentrations d'efficacité (CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub>) est effectuée en dressant la droite de régression des probits correspondants aux pourcentages d'inhibition corrigés en fonction des logarithmes des concentrations des extraits de trois plantes appliquées (Tableau 13,14, 15) pour les boîtes de Pétri et pour les pots (Tableau 17, 18, 19) . Plusieurs auteurs ont utilisé cette méthode afin d'évaluer la toxicité de leurs extraits de plantes (Otmani et *al.*, 2021 ; Cherif, 2020 ; Kemassi et *al.*, 2019 ).

Les représentations graphiques des courbes de régression linéaire des effets des concentrations foliaire de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* appliquées, sur les espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*) et l'espèce cultivée (*Triticum durum*) (Figure 17, 18, 19, 20,21 et 22) permet l'estimation des concentrations d'efficacité CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub> de ces extraits végétaux (Tableau 12,16).

➤ **Dans les boîtes de Pétri**

Les résultats résumés dans le tableau 12, montrent des valeurs de concentrations d'efficacité CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub> faibles, ce qu'explique le fort pouvoir herbicide des extraits végétaux testés vis-à-vis les espèces adventices et l'espèce cultivée.

Les graines des adventices sont plus sensibles à l'action des extraits foliaires comparativement aux graines de blé dur. Dans l'ordre de sensibilité décroissante, on trouve *Phalaris minor*, suivi par *Bromus rubens*, puis *Ammi visnaga*, *Plantago lagopus* et *Triticum durum*.

Les concentrations d'efficacité 50 % rapportées pour l'extrait de *H. scoparium* sur les espèces-tests *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga* et *Triticum durum* sont de l'ordre de 0,000204 mg/ml, 0,000115 mg/ml, 0,001585 mg/ml, 0,001409 mg/ml et 0,031564 mg/ml respectivement. Bien que les concentrations d'efficacité 90 % estimées soient de l'ordre de 0,003351 mg/ml, 0,002435 mg/ml, 0,010658 mg/ml, 0,008938 mg/ml et 0,154775 mg/ml respectivement.

Les concentrations de l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* qui engendrent une inhibition de 50 % des graines de *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga* et *Triticum durum* sont de l'ordre de 0,002633 mg/ml, 0,000615 mg/ml, 0,007640 mg/ml, 0,006397 mg/ml et 0,063718 mg/ml respectivement. Alors que les concentrations d'efficacité 90 % estimées sont de 0,013569 mg/ml, 0,005963 mg/ml, 0,025380 mg/ml, 0,022915 mg/ml et 0,200105 mg/ml successivement.

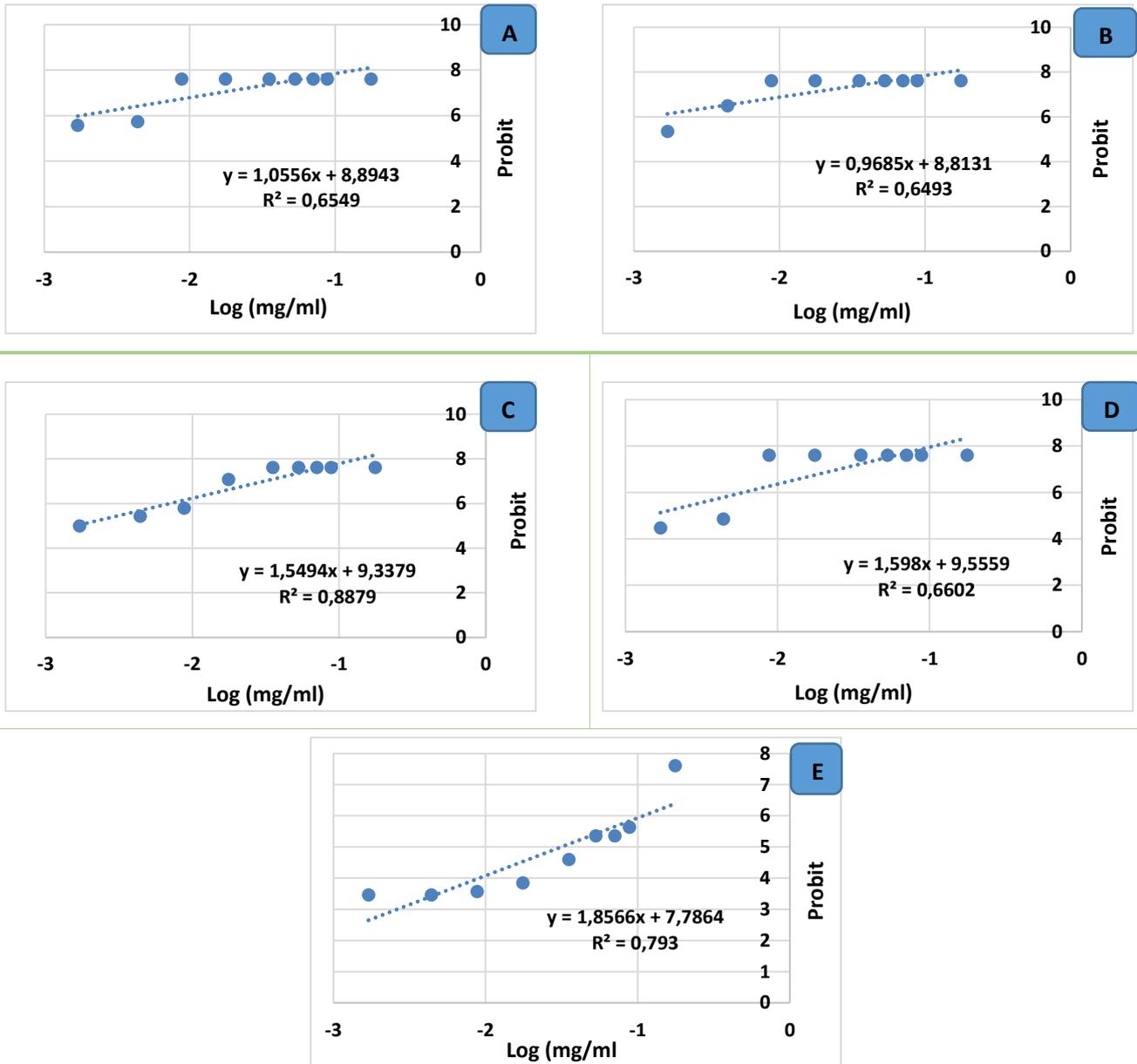
La CE<sub>50%</sub> de l'extrait foliaire de l'espèce d'*E. retusa* était très importante de l'ordre de 0,003958 mg/ml, 0,001460 mg/ml, 0,004018 mg/ml et 0,004956 mg/ml sur *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga* respectivement. D'autre part, la CE<sub>90%</sub> enregistrée pour le même extrait était de 0,013979 mg/ml, 0,006791 mg/ml, 0,014879 mg/ml, 0,019037 mg/ml sur *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga* successivement. Les valeurs de CE<sub>50%</sub> et de CE<sub>90%</sub> estimées pour l'extrait sur le blé dur étaient de 0,074853 mg/ml et 0,200744 mg/ml respectivement.

**Tableau 12.-** Valeurs des CE<sub>50%</sub> et des CE<sub>90%</sub> des extraits foliaires de *Haloxylon scoparium* Pomel., *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. et *Euphorbia retusa* Forsk. sur les graines des espèces testées (Boîtes de Pétri).

Extrait végétal	Espèce teste	CE <sub>50%</sub> (mg/ml)	CE <sub>90%</sub> (mg/ml)
<i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	<i>Bromus rubens</i> L.	0,000204	0,003351
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	0,000115	0,002435
	<i>Plantago lagopus</i> L.	0,001585	0,010658
	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	0,001409	0,008938
	<i>Triticum durum</i> Desf.	0,031564	0,154775
<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut	<i>Bromus rubens</i> L.	0,002633	0,013569
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	0,000615	0,005963
	<i>Plantago lagopus</i> L.	0,007640	0,025380
	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	0,006397	0,022915
	<i>Triticum durum</i> Desf.	0,063718	0,200105
<i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<i>Bromus rubens</i> L.	0,003958	0,013979
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	0,001460	0,006791
	<i>Plantago lagopus</i> L.	0,004018	0,014879
	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	0,004956	0,019037
	<i>Triticum durum</i> Desf.	0,074853	0,200744

**Tableau 13.-** Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. (Boîtes de Pétri).

			<i>Bromus rubens</i>	<i>Phalaris minor</i>	<i>Plantago lagopus</i>	<i>Ammi visnaga</i>	<i>Triticum durum</i>					
C%			Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%
1%	0,0017	-2,769551079	5,5809	71,6	5,359	63,3	5	50	4,476	30	3,465	3,3
2,5%	0,0044	-2,356547324	5,733	76,6	6,498	93,3	5,439	66,6	4,861	43,3	3,465	3,3
5%	0,0088	-2,055517328	7,614	100	7,614	100	5,7964	78,3	7,614	100	3,571	6,6
10%	0,0176	-1,754487332	7,614	100	7,614	100	7,0777	98,3	7,614	100	3,851	11,6
20%	0,0353	-1,452225295	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	4,605	33,3
30%	0,0529	-1,276544328	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	5,359	63,3
40%	0,0706	-1,151195299	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	5,359	63,3
50%	0,0882	-1,054531415	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	5,638	73,3
100%	0,1765	-0,75325529	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100

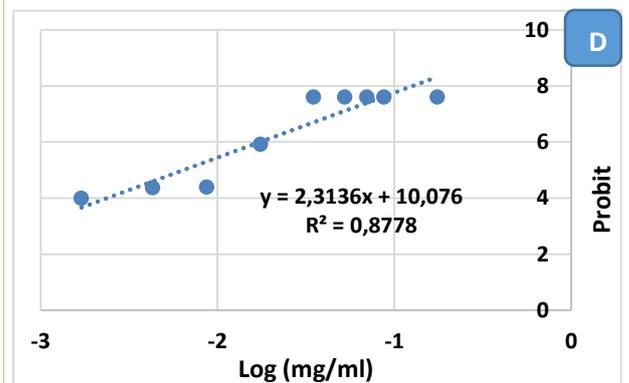
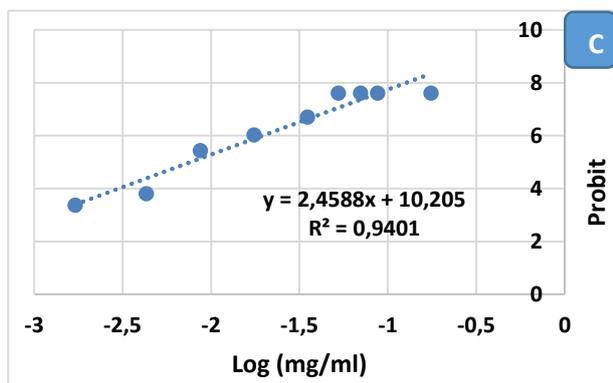
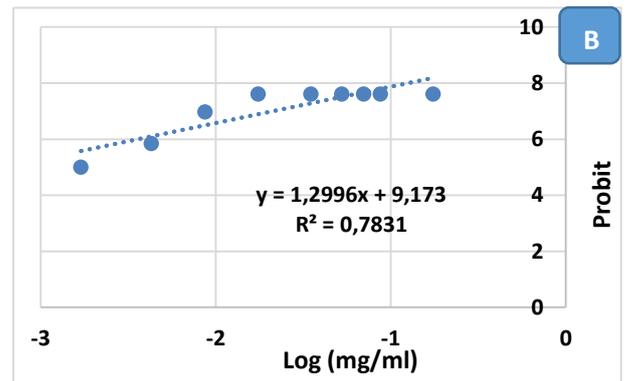
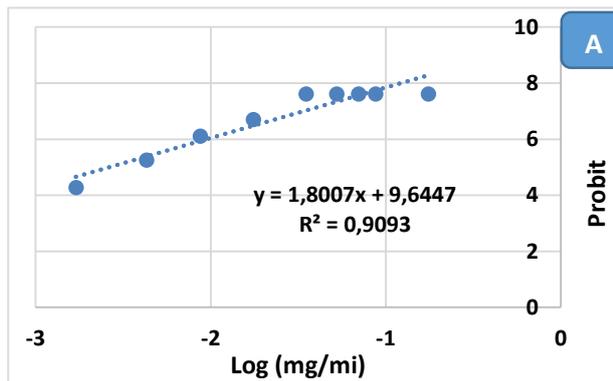


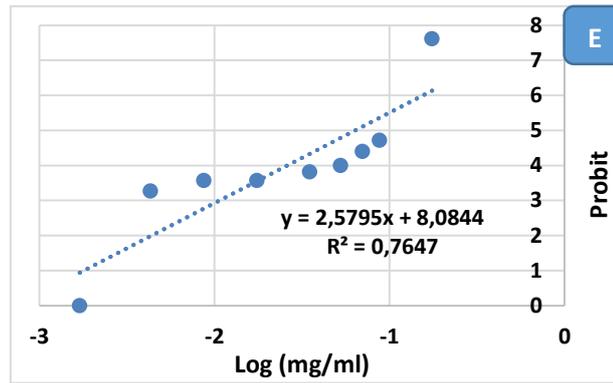
**Figure 17.-** Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. Sur les taux d'inhibition des espèces testées (Boîtes de Pétri).

A : *Bromus rubens*, B : *Phalaris minor*, C : *Plantago lagopus*, D : *Ammi visnaga*, E : *Triticum durum*

**Tableau 14.-** Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Boîtes de Pétri).

	C%		<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
	(mg/ml)	[mg/ml]	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%
1%	0,0017	-2,76955108	4,27	22,2	5,001	48,8	3,371	6,6	3,997	15,5	0	0
2,5%	0,0043	-2,36653154	5,253	60	5,842	80	3,81	11,1	4,372	24,4	3,27	2,2
5%	0,0087	-2,06048075	6,114	86,6	6,979	97,7	5,439	66,6	4,398	26,6	3,571	6,6
10%	0,0175	-1,75696195	6,698	95,5	7,614	100	6,025	84,4	5,9308	82,2	3,571	6,6
20%	0,035	-1,45593196	7,614	100	7,614	100	6,703	97,7	7,614	100	3,81	11,1
30%	0,0525	-1,2798407	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	3,997	15,5
40%	0,07	-1,15490196	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	4,398	26,6
50%	0,0875	-1,05799195	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	4,715	37,7
100%	0,175	-0,75696195	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100



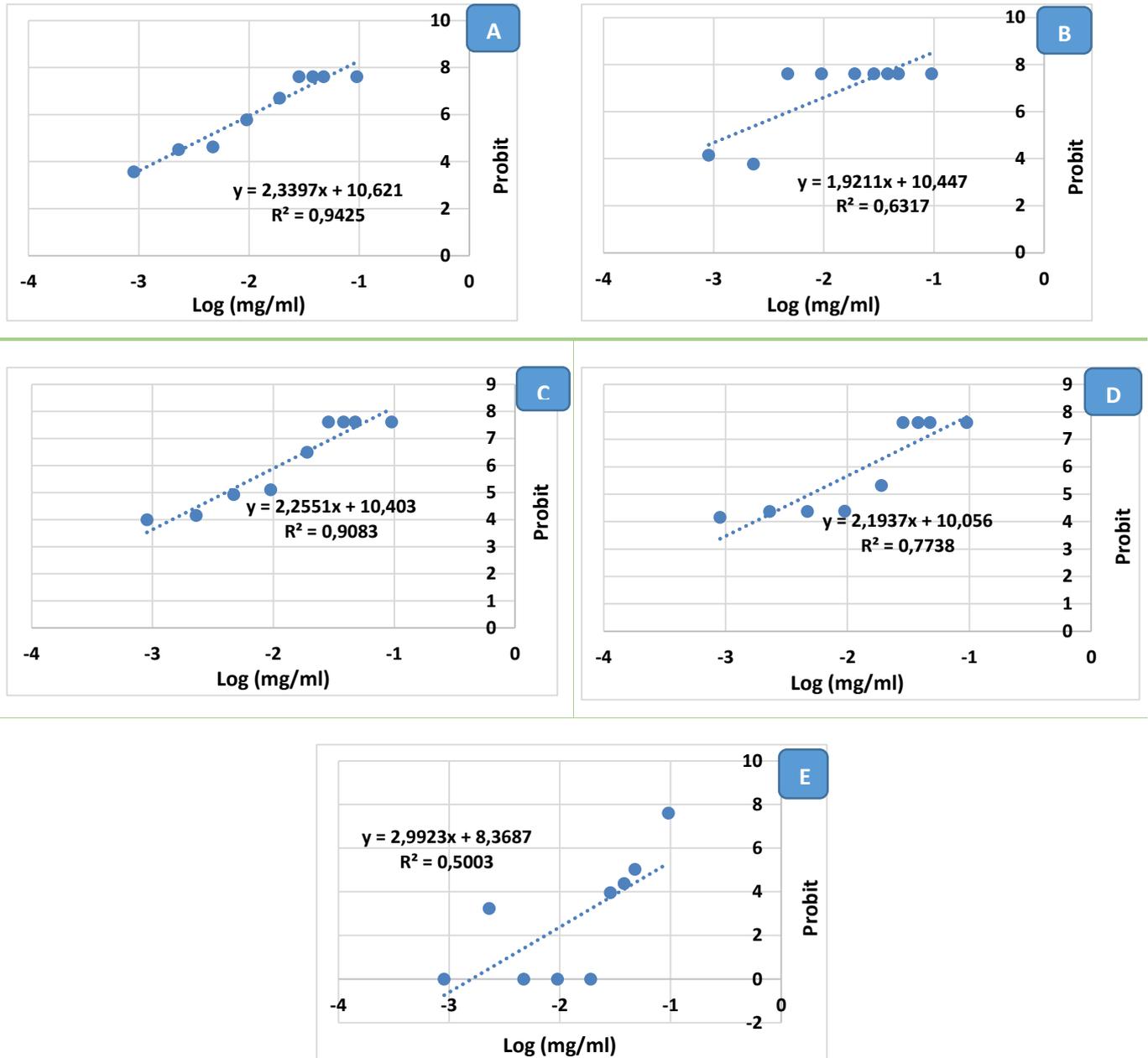


**Figure 18.-** Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. sur les taux d'inhibition des espèces testées (Boîtes de Pétri).

A : *Bromus rubens*, B : *Phalaris minor*, C : *Plantago lagopus*, D : *Ammi visnaga*, E : *Triticum durum*

**Tableau 15.-** Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk (Boîtes de Pétri).

		<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>		
C%		Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	
1%	0,0009	-3,04575749	3,571	6,6	4,158	20	3,997	15,5	4,158	20	0	0
2,5%	0,0023	-2,63827216	4,519	31,1	3,7801	8,8	4,158	20	4,372	24,4	3,246	2,2
5%	0,0047	-2,32790214	4,635	35,5	7,614	100	4,929	46,6	4,372	24,4	0	0
10%	0,0095	-2,02227639	5,775	77,7	7,614	100	5,106	53,3	4,388	26,6	0	0
20%	0,019	-1,7212464	6,703	97,7	7,614	100	6,498	93,3	5,323	62,2	0	0
30%	0,0285	-1,54515514	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	3,972	13,3
40%	0,038	-1,4202164	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	4,388	26,6
50%	0,0476	-1,32239305	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	5,035	51,1
100%	0,0952	-1,02136305	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100



**Figure 19.-** Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk sur les taux d'inhibition des espèces testées (Boîtes de Pétri).

A : *Bromus rubens*, B : *Phalaris minor*, C : *Plantago lagopus*, D : *Ammi visnaga*, E : *Triticum durum*

➤ **Essais dans les pots**

Le tableau 16 montre les valeurs  $CE_{50\%}$  et  $CE_{90\%}$  calculées pour les extraits foliaires de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*. On a constaté que les extraits foliaires sont plus nocifs pour les espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) que l'espèce cultivée (*Triticum durum*).

Les valeurs  $CE_{50\%}$  calculées pour l'extrait foliaire *H. scoparium* sont respectivement 0,061694 mg/ml, 0,027230 mg/ml, 0,043101 mg/ml, 0,026563 mg/ml et 0,092681 mg/ml sur *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga* et *Triticum durum*. Alors qu'elles sont de 0,181947 mg/ml, 0,113068 mg/ml, 0,160206 mg/ml, 0,150324 mg/ml et 0,510593 mg/ml successivement pour les valeurs  $CE_{90\%}$ .

Les  $CE_{50\%}$ ,  $CE_{90\%}$  notées pour l'extrait d'*E. guyoniana* sur l'espèce adventice *Bromus rubens* sont de l'ordre de 0,037599 mg/ml et 0,089932 mg/ml respectivement. Pour les graines de *Phalaris minor*, les  $CE_{50\%}$  et  $CE_{90\%}$  mentionnées sont 0,053398 mg/ml et 0,182009 mg/ml respectivement. Les  $CE_{50\%}$  et  $CE_{90\%}$  sont de 0,053579 mg/ml et 0,154388 mg/ml pour les graines de *Plantago lagopus* et de 0,030708 mg/ml, 0,143950 mg/ml pour les graines d'*Ammi visnaga* successivement. Les valeurs de  $CE_{50\%}$  et de  $CE_{90\%}$  estimées pour l'extrait sur le blé dur sont de 0,320410 mg/ml et 0,943377 mg/ml respectivement.

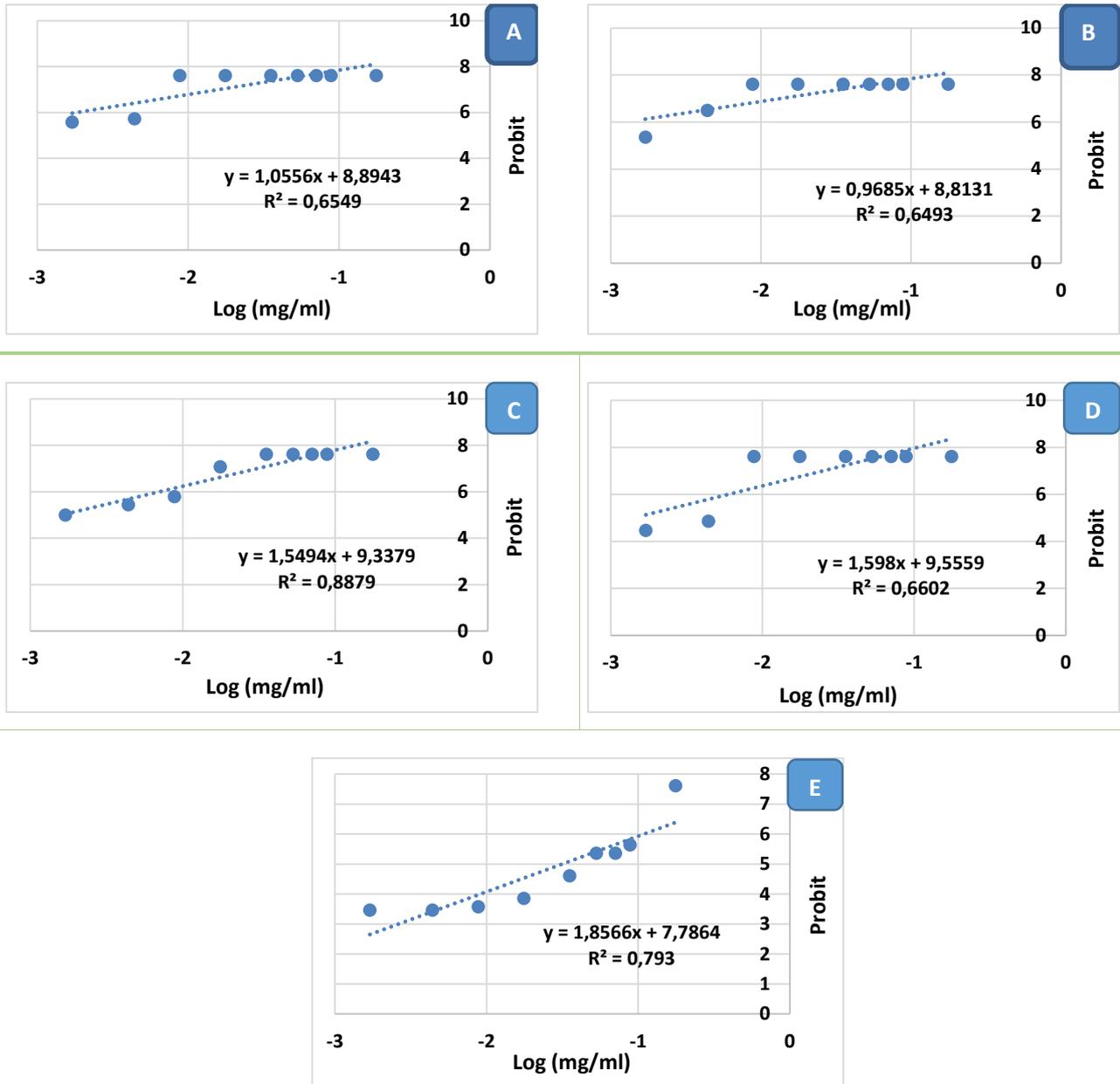
L'évaluation des  $CE_{50\%}$ ,  $CE_{90\%}$  de l'extrait d'*E. retusa* montre que les graines de *Phalaris minor* sont plus sensibles à l'effet inhibiteur de la germination, avec les valeurs suivantes : 0,005247 mg/ml et 0,042764 mg/ml respectivement, suivies par les graines d'*Ammi visnaga* 0,013064 mg/ml et 0,041480 mg/ml respectivement, puis les graines de *Bromus rubens* 0,023654 mg/ml et 0,74849 mg/ml successivement et enfin les graines de *Plantago lagopus* 0,032104 mg/ml et 0,123878 mg/ml successivement. Comparativement aux graines de blé dur qui sont les plus résistantes à l'effet de l'extrait, dont les valeurs de  $CE_{50\%}$  et  $CE_{90\%}$  enregistrées sont 0,048194 mg/ml et 0,490834 mg/ml respectivement.

**Tableau 16.-** Valeurs des CE<sub>50%</sub> et des CE<sub>90%</sub> des extraits foliaires de *Haloxylon scoparium* Pomel., *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. et *Euphorbia retusa* Forsk. sur les graines des espèces testées (Pots).

	Espèce teste	CE <sub>50%</sub> (mg/ml)	CE <sub>90%</sub> (mg/ml)
<i>Haloxylon scoparium</i> Pomel.	<i>Bromus rubens</i> L.	0,061694	0,181947
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	0,027230	0,113068
	<i>Plantago lagopus</i> L.	0,043101	0,160206
	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	0,026563	0,150324
	<i>Triticum durum</i> Desf.	0,092681	0,510593
<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut	<i>Bromus rubens</i> L.	0,037599	0,089932
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	0,053398	0,182009
	<i>Plantago lagopus</i> L.	0,053579	0,154388
	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	0,030708	0,143950
	<i>Triticum durum</i> Desf.	0,320410	0,943377
<i>Euphorbia retusa</i> Forsk.	<i>Bromus rubens</i> L.	0,023654	0,074849
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	0,005247	0,042764
	<i>Plantago lagopus</i> L.	0,032104	0,123878
	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	0,013064	0,041480
	<i>Triticum durum</i> Desf.	0,048194	0,490834

**Tableau 17.-** Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. (Pots).

		<i>Bromus rubens</i>	<i>Phalaris minor</i>	<i>Plantago lagopus</i>	<i>Ammi visnaga</i>	<i>Triticum durum</i>
<b>C%</b>						
<b>%</b>	<b>(mg/ml)</b>	<b>Log [mg/ml]</b>	<b>Probit</b>	<b>TI%</b>	<b>Probit</b>	<b>TI%</b>
<b>5%</b>	0,0088	-2,055517328	3,27	2,2	4,372	24,4
<b>10%</b>	0,0176	-1,754487332	3,7901	8,8	4,372	24,4
<b>20%</b>	0,0353	-1,452225295	3,972	13,3	5,106	53,3
<b>30%</b>	0,0529	-1,276544328	4,128	17,7	5,142	55,5
<b>40%</b>	0,0706	-1,151195299	4,519	31,1	6,025	84,4
<b>50%</b>	0,0882	-1,054531415	4,897	44,4	6,025	84,4
<b>100%</b>	0,1765	-0,75325529	7,614	100	6,979	97,7

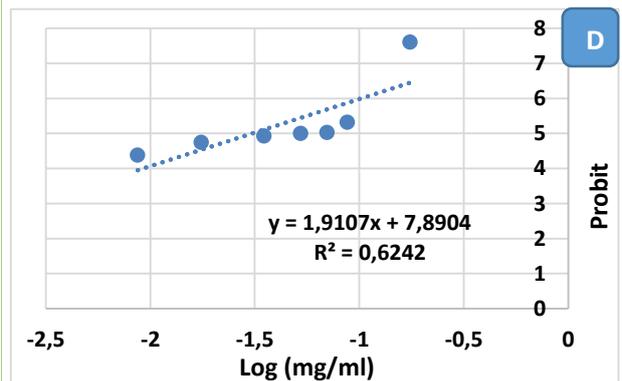
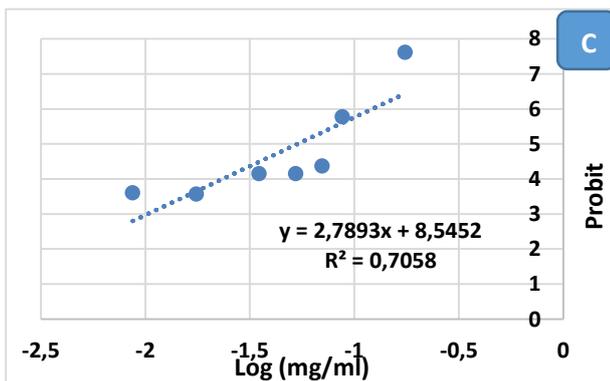
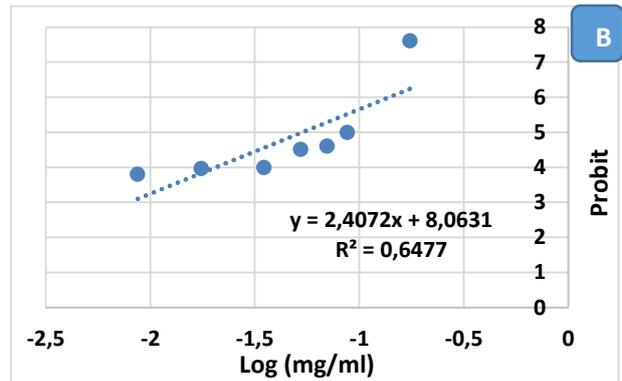
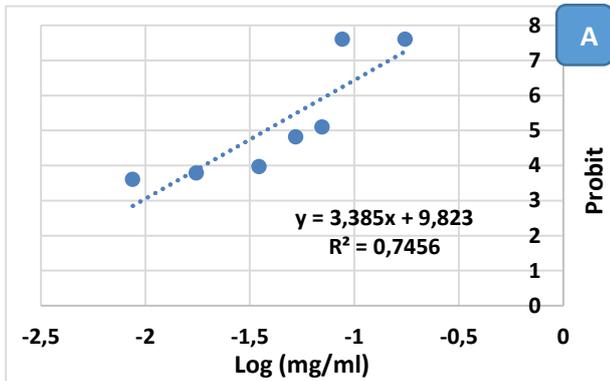


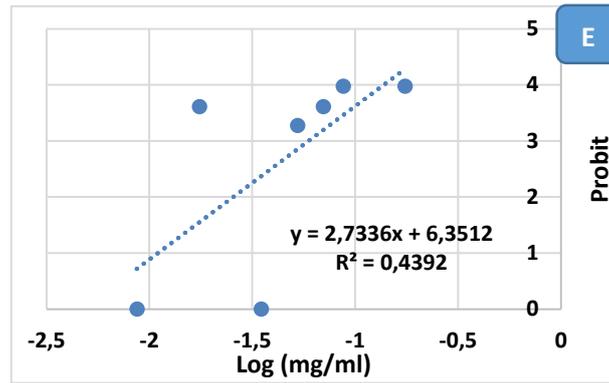
**Figure 20.-** Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. sur les taux d'inhibition des espèces testées (Pots).

A : *Bromus rubens*, B : *Phalaris minor*, C : *Plantago lagopus*, D : *Ammi visnaga*, E : *Triticum durum*

**Tableau 18.-** Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut (Pots).

C%			<i>Bromus rubens</i>	<i>Phalaris minor</i>	<i>Plantago lagopus</i>	<i>Ammi visnaga</i>	<i>Triticum durum</i>					
%	(mg/ml)	Log [mg/ml]	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%
5%	0,0087	-2,06048075	3,606	4,4	3,81	11,1	3,606	4,4	4,388	26,6	0	0
10%	0,0175	-1,75696195	3,7901	8,8	3,972	13,3	3,571	6,6	4,747	40	3,606	4,4
20%	0,035	-1,45593196	3,972	13,3	3,997	15,5	4,158	20	4,929	46,6	0	0
30%	0,0525	-1,2798407	4,823	42,2	4,519	31,1	4,158	20	5,001	48,8	3,27	2,2
40%	0,07	-1,15490196	5,106	53,3	4,605	33,3	4,372	24,4	5,035	51,1	3,606	4,4
50%	0,0875	-1,05799195	7,614	100	5,001	48,8	5,775	77,7	5,323	62,2	3,972	13,3
100%	0,175	-0,75696195	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	3,972	13,3



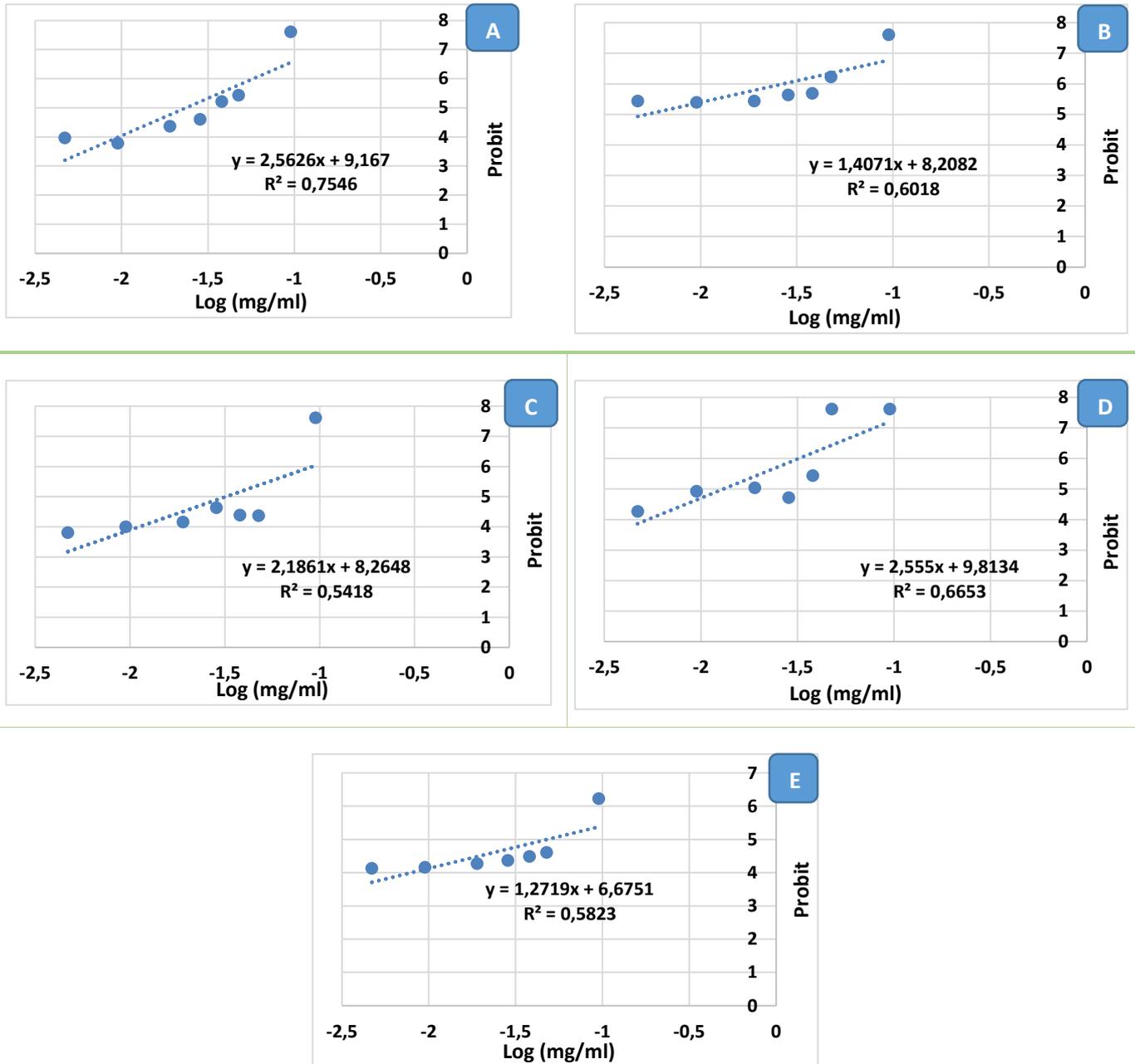


**Figure 21.-** Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut sur les taux d'inhibition des espèces testées (Pots).

A : *Bromus rubens*, B : *Phalaris minor*, C : *Plantago lagopus*, D : *Ammi visnaga*, E : *Triticum durum*

**Tableau 19.-** Valeurs des probits en fonction de la concentration et les taux d'inhibition de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk (Pots).

		<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>		
C%		Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	
%	(mg/ml)	Log [mg/ml]	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%	Probit	TI%
5%	0,0047	-2,32790214	3,972	13,3	5,439	66,6	3,81	11,1	4,27	22,2	4,128	17,7
10%	0,0095	-2,02227639	3,7901	8,8	5,394	64,4	3,997	15,5	4,929	46,6	4,158	20
20%	0,019	-1,7212464	4,372	24,4	5,439	66,6	4,158	20	5,035	51,1	4,27	22,2
30%	0,0285	-1,54515514	4,605	33,3	5,638	73,3	4,635	35,5	4,715	37,7	4,372	24,4
40%	0,038	-1,4202164	5,213	57,7	5,693	75,5	4,388	26,6	5,439	66,6	4,491	28,8
50%	0,0476	-1,32239305	5,439	66,6	6,227	88,8	4,372	24,4	7,614	100	4,605	33,3
100%	0,0952	-1,02136305	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	6,227	88,8



**Figure 22.-** Droites de régression de l'effet des concentrations de l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk sur les taux d'inhibition des espèces testées (Pots).

A : *Bromus rubens*, B : *Phalaris minor*, C : *Plantago lagopus*, D : *Ammi visnaga*, E : *Triticum durum*

Les résultats obtenus ont montré le pouvoir allélopathique et bioherbicide de l'extrait de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* sur la germination des graines des espèces cibles. L'inhibition totale ou partielle de la germination de graines testées durant le traitement varie selon les extraits végétaux, les dilutions appliquées et les espèces testées.

La variation des concentrations d'efficacité est probablement due à la teneur élevée en composés phénoliques, flavonoïdes, tanins et alcaloïdes dans les extraits végétaux qui affectent un grand nombre de réactions biochimiques au niveau de la graine, et aussi à la différence des caractéristiques morphologiques, physiologiques, de structure et de la taille des graines des espèces tests. Selon Elisante (2013) et An (1998), les composés allélochimiques ont d'importants effets sur les activités enzymatiques, la division et l'ultrastructure des cellules, la perméabilité des membranes, la capture d'ions, de ce fait, la germination, la croissance et le développement des espèces cibles sont modifiés.

Plusieurs études ont démontré l'action toxique des extraits végétaux. D'après Halaoui et Hakkoum (2013), l'inhibition est totale ou quasi totale sur les graines des deux espèces tests traitées à l'aide des extraits purs de *Senecio vulgaris*. Ben Ali (2016), rapporte que les graines de blé tendre sont plus sensibles à l'extrait d'*Artemisia herba alba*.

De nombreuses études similaires ont été réalisées, dont le travail de Otmani et *al.*, (2021), qui ont montré dans leur étude que les graines d'adventices sont plus sensibles à l'action de l'extrait racinaire de *Datura stramonium* comparativement aux graines de blé dur. Les concentrations qui engendrent une inhibition de 50 % et 90 % des graines de *Bromus rubens* sont de 0,000689 mg/ml, 0,003983 mg/ml successivement. Alors que les CE<sub>50%</sub>, CE<sub>90%</sub> notées pour les graines de *Phalaris minor* sont respectivement de l'ordre de 0,000625 mg/ml et de 0,004185 mg/ml, de 0,002747 mg/ml et de 0,012946 mg/ml pour les graines d'*Ammi visnaga* et de 0,015605 mg/ml et de 0,103265 mg/ml pour celles de *Triticum durum*.

Cherif (2020), signale que les graines *D. aegyptium* sont plus sensibles à l'action de l'extrait foliaire de *C. arabica* et *P. tomentosa* comparativement aux graines d'orge et de blé dur. Les concentrations qui engendrent une inhibition de 50 % et 90 % des graines dactylocténion sont respectivement de l'ordre de 0,0001 mg/ml et 0,0014 mg/ml. Les CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub> sont de 0,020 mg/ml et 0,037 mg/ml pour les graines d'orge et de 0,012 mg/ml et 0,028 mg/ml pour les graines de blé dur. De plus, les concentrations d'efficacités (CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub>) de l'extrait *P. tomentosa* pour les graines de dactylocténion sont de l'ordre de 0,0009 mg/ml et 0,004 mg/ml. Pour les

graines d'orge, les CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub> mentionnées sont de 0,026 mg/ml et 0,041 mg/ml respectivement, et de 0,023 mg/ml et 0,035 mg/ml pour les graines de blé dur.

Boufiane et *al.*, (2014) ont déclaré que la concentration d'efficacité (CE<sub>50%</sub>) estimée pour *Eucalyptus occidentalis* est de l'ordre de 0,0145 mg/ml vis-à-vis des graines d'une plante adventice *Polygonum monspeliensis*. Belaidi (2014) a révélé que la concentration d'efficacité (CE<sub>50%</sub>) de l'extrait foliaire de *Nerium oleander* est de l'ordre de 0,007 mg/ml pour les graines de *D. aegyptium* et de 0,008 mg/ml pour *Hordeum vulgare*.

### II.3.5.- Actions des extraits sur la croissance des espèces testées

#### ➤ Dans les boîtes de Pétri

Au vu des résultats obtenus (Tableaux 20 à 22), on peut noter que les extraits végétaux de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*, présentent une capacité exceptionnelle à inhiber la croissance des espèces testées, qui se traduit par les variations de la longueur de la partie aérienne et souterraine (LPA et LPR) ainsi que les variations du poids frais (PPA et PPR) en fonction des différents traitements appliqués.

L'analyse de la variance (test statistique ANOVA) a été effectuée au seuil 95 %, le niveau de confiance et la séparation moyenne ont été effectués en utilisant Fisher (LSD), qui montre l'existence d'une différence très hautement significative à significative entre les traitements à différentes concentrations et le témoin positif comparativement aux résultats du témoin négatif.

Au niveau des lots témoin négatifs, la longueur de la LPA et LPR des plantules de *Bromus rubens* et *Phalaris minor* est notée de 12,61 ± 2,27 cm/ 14,33 ± 1,49 cm et 9,08 ± 0,65 cm/9,26 ± 0,92 cm respectivement, ainsi que le poids frais est de l'ordre de 0,0365 ± 0,0036 mg /0,0262 ± 0,0078 mg et 0,0155 ± 0,0019 mg /0,0051 ± 0,0007 mg respectivement. Pour le *Plantago lagopus* et l'*Ammi visnaga*, la LPA et la LPR sont successivement de 3,38 ± 0,49 cm/4,03 ± 0,29 cm et 8,25 ± 1,03 cm/6,49 ± 0,63 cm. Alors que le PPA et le PPR sont successivement de 0,0084 ± 0,0015 mg/0,0038 ± 0,0005 mg et 0,0251 ± 0,0047 mg/ 0,0073 ± 0,0016 mg. Pour les plantules de blé dur, LPA/LPR sont de 12,91 ± 0,92 cm/11,44 ± 1,09 cm, tandis que pour PPA/PPR sont de 0,1110 ± 0,0124 mg /0,1088 ± 0,0173 mg.

En parallèle, pour les lots traités par les concentrations 100 %, 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 % de l'extrait foliaire de *H. scoparium*, aucune graine n'a germé. Par contre, les graines exposées à 2,5 % et 1 %, la LPA et la LPR sont respectivement de 2,12 ± 1,35 cm/2,01 ± 1,05

cm et  $5,45 \pm 1,49$  cm/ $6,57 \pm 1,05$  cm pour *Bromus rubens*,  $5,45 \pm 1,51$  cm/ $2,05 \pm 1,41$  cm et  $6,69 \pm 0,87$  cm/ $3,97 \pm 0,98$  cm pour *Phalaris minor* et  $2,94 \pm 0,45$  cm/ $0,59 \pm 0,30$  cm et  $3,91 \pm 0,79$  cm/ $1,73 \pm 0,26$  cm pour *Ammi visnaga*. Pour les PPA et PPR, ils sont notés successivement de  $0,0177 \pm 0,0059$  mg/ $0,0058 \pm 0,0020$  mg et  $0,0257 \pm 0,0049$  mg/ $0,0096 \pm 0,0024$  mg pour *Bromus rubens*,  $0,0082 \pm 0,0052$  mg/ $0,0005 \pm 0,0001$  mg et  $0,0096 \pm 0,0018$  mg/ $0,0018 \pm 0,0009$  mg pour *Phalaris minor* et  $0,0063 \pm 0,0026$  mg/ $0,0006 \pm 0,0004$  mg et  $0,0083 \pm 0,0012$  mg/ $0,0013 \pm 0,0004$  mg pour *Ammi visnaga* (Tableau 20).

Pour les graines de *Plantago lagopus* traitées par les concentrations de 100 % à 20 %, aucune germination n' a été enregistrée, à l' inverse des graines exposées à 10 %, 5 %, 2,5 % et 1 %, où les LPA et LPR sont très réduites comparativement au témoin négatif, elle est de  $0,35 \pm 0,05$  cm/ $0,12 \pm 0,05$  cm ;  $0,41 \pm 0,06$  cm/ $0,08 \pm 0,03$  cm ;  $1,38 \pm 0,25$  cm/ $0,28 \pm 0,16$  cm ;  $2,85 \pm 0,29$  cm/ $1,53 \pm 0,46$  cm respectivement, et le poids frais est de  $0,0003 \pm 0,0001$  mg/ $0,0001 \pm 0,00005$  mg ;  $0,0007 \pm 0,0004$  mg/ $0,0001 \pm 0,00005$  mg ;  $0,0026 \pm 0,0021$  mg/ $0,0005 \pm 0,0004$  mg ;  $0,0058 \pm 0,0024$  mg/ $0,0014 \pm 0,0010$  mg successivement (Tableau 20).

Les graines de blé dur exposées à ce même extrait de *H. scoparium* à différentes concentrations soient 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, font que par rapport au témoin négatif, la croissance de la partie aérienne et racinaire sont réduites où elles atteignent respectivement  $0,16 \pm 0,05$  cm/ $0,11 \pm 0,02$  cm ;  $0,20 \pm 0,29$  cm/ $0,12 \pm 0,05$  cm ;  $0,96 \pm 0,54$  cm/ $0,17 \pm 0,03$  cm ;  $1,98 \pm 0,31$  cm/ $0,25 \pm 0,11$  cm ;  $4,86 \pm 0,86$  cm/ $1,19 \pm 0,16$  cm et  $8,16 \pm 1,02$  cm/ $3,71 \pm 1,25$  cm. Pour les mêmes concentrations, les poids frais sont respectivement de  $0,0009 \pm 0,0002$  mg/ $0,0010 \pm 0,0003$  mg ;  $0,0058 \pm 0,0024$  mg/ $0,0014 \pm 0,0010$  mg ;  $0,0233 \pm 0,0192$  mg/ $0,0058 \pm 0,0045$  mg ;  $0,0315 \pm 0,0190$  mg/ $0,0077 \pm 0,0040$  mg ;  $0,0785 \pm 0,0159$  mg/ $0,0167 \pm 0,0030$  mg et  $0,1003 \pm 0,0070$  mg/ $0,0318 \pm 0,0104$  mg. D' après ces résultats nous avons constaté que les extraits dilués à 50 % et 40 % sont très efficaces comparativement au témoin positif (Herbicide), où l' on mesure  $0,45 \pm 0,05$  cm/ $0,17 \pm 0,05$  cm pour les longueurs, et  $0,0029 \pm 0,0011$  mg/ $0,0016 \pm 0,0006$  mg pour les poids frais. Bien qu' il est très proche à la longueur de la partie aérienne et souterraine de témoin négatif pour les autres doses testées dont l' extrait à 2,5% et 1%, où elle est notée respectivement de  $11,83 \pm 0,34$  cm/ $7,37 \pm 1,77$  cm et  $12,53 \pm 1,75$  cm/ $8,38 \pm 2,37$  cm, et le poids frais dépasse nettement le poids de la partie aérienne de témoin négatif où les mesures sont notées respectivement de  $0,1141 \pm 0,0172$  mg/ $0,0404 \pm 0,0073$  mg et  $0,1260 \pm 0,0185$  mg/ $0,0442 \pm 0,0020$  mg (Tableau 20).

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ( $P < 0,0001$ ) sur la croissance de la partie aérienne et souterraine (LPA, LPR, PPA et PPR) des plantules des adventices monocotylédones et dicotylédones traitées par l'extrait de *H. scoparium*. Au niveau des lots traités à 1 % de concentration, l'effet n'est pas significatif aussi bien sur le poids de la partie aérienne des plantules de *Phalaris minor* ( $P = 0,0644$ ) que sur la longueur de la partie aérienne de *Plantago lagopus* ( $P = 0,0558$ ) (Annexe II-Tableau 07).

Dans les lots de blé dur traités à 5 %, 2,5 % et 1 % de concentration, la croissance des plantules est peu affectée, l'analyse de la variance effectuée montre un effet non significatif des traitements réalisés sur la croissance de la partie aérienne (LPA, PPA), les valeurs de facteur F sont estimées pour une probabilité ( $P > 0,05$ ). Alors que les autres traitements présentent un effet très hautement significatif ( $P < 0,0001$ ) (Annexe II-Tableau 07).

Pour l'extrait d'*E. guyoniana*, il n'y a aucune germination des graines des adventices exposées à des concentrations de 100 % à 20 %. La croissance des plantules des adventices est affectée par l'effet de l'extrait aux concentrations de 10 %, 5 %, 2,5 % et 1 %. La longueur de la partie aérienne (LPA) et de la partie racinaire (LPR) ont atteint respectivement  $0,06 \pm 0,05$  cm /  $0,16 \pm 0,15$  cm ;  $0,70 \pm 0,74$  cm /  $0,44 \pm 0,23$  cm ;  $1,33 \pm 1,65$  cm /  $2,31 \pm 1,85$  cm ;  $3,19 \pm 0,69$  cm /  $4,23 \pm 2,22$  cm pour *Bromus rubens* et  $0,33 \pm 0,18$  cm /  $0,16 \pm 0,04$  cm ;  $0,51 \pm 0,05$  cm /  $0,32 \pm 0,10$  cm ;  $0,88 \pm 0,10$  cm /  $0,50 \pm 0,30$  cm ;  $3,81 \pm 0,50$  cm /  $3,37 \pm 0,76$  cm pour *Ammi visnaga*.

Alors que pour le poids de la partie aérienne (PPA) et de la partie racinaire (PPR) sont respectivement de  $0,0004 \pm 0,0003$  mg /  $0,0005 \pm 0,0004$  mg ;  $0,0014 \pm 0,0006$  mg /  $0,0006 \pm 0,0002$  mg ;  $0,0081 \pm 0,0105$  mg /  $0,0026 \pm 0,0021$  mg et  $0,0235 \pm 0,0006$  mg /  $0,0074 \pm 0,0016$  mg pour *Bromus rubens* et de  $0,0007 \pm 0,0006$  mg /  $0,0001 \pm 0,0001$  mg ;  $0,0020 \pm 0,0010$  mg /  $0,0014 \pm 0,0001$  mg ;  $0,0033 \pm 0,0009$  mg /  $0,0010 \pm 0,0002$  mg et  $0,0109 \pm 0,0039$  mg /  $0,0032 \pm 0,0002$  mg pour *Ammi visnaga* (Tableau 21).

Pour les graines de *Phalaris minor* exposées à 5 %, 2,5 % et 1 %, LPA et LPR est très réduite comparativement au témoin négatif où elle est notée successivement de  $0,03 \pm 0,05$  cm /  $0,16 \pm 0,28$  cm,  $4,06 \pm 2,39$  cm /  $1,34 \pm 0,51$  cm et  $5,21 \pm 0,41$  cm /  $6,71 \pm 0,41$  cm, et le poids frais est mesurée successivement soit  $0,0001 \pm 0,0001$  mg /  $0,0002 \pm 0,0003$  mg ;  $0,0077 \pm 0,0049$  mg /  $0,0012 \pm 0,0014$  mg et  $0,0139 \pm 0,00001$  mg /  $0,0015 \pm 0,0002$  mg (Tableau 21).

Les graines de *Plantago lagopus* traitées par 20 %, 10 %, 5 %, 2,5 % et 1 %, il apparaît que la croissance de la partie aérienne (LPA, PPA) dépasse nettement la partie racinaire (LPR, PPR) où les mesures sont notées respectivement de  $0,03 \pm 0,05$  cm/ $0,03 \pm 0,05$  cm ;  $0,10 \pm 0,005$  cm/ $0,13 \pm 0,05$  cm ;  $1,09 \pm 0,20$  cm/ $0,12 \pm 0,03$  cm ;  $2,07 \pm 0,08$  cm/ $0,57 \pm 0,15$  cm et  $2,35 \pm 0,25$  cm/ $2,24 \pm 0,25$  cm. Pour les mêmes doses, le poids frais est respectivement de  $0,0003 \pm 0,0004$  mg/ $0,0001 \pm 0,0001$  mg ;  $0,0013 \pm 0,0010$  mg/ $0,0001 \pm 0,00005$  mg ;  $0,0031 \pm 0,0004$  mg/ $0,0001 \pm 0,00005$  mg ;  $0,0049 \pm 0,0010$  mg/ $0,0005 \pm 0,0004$  mg et  $0,0060 \pm 0,0006$  mg/ $0,0014 \pm 0,0010$  mg (Tableau 21).

Les graines de *Triticum durum* traitées par 50 %, 40 %, 30 %, 20 % et 10 %, la croissance de la partie aérienne dépasse nettement la longueur de la partie souterraine où LPA/LPR est déterminée successivement de  $0,37 \pm 0,13$  cm/ $0,16 \pm 0,03$  cm ;  $2,07 \pm 0,93$  cm/ $0,52 \pm 0,13$  cm ;  $4,30 \pm 0,88$  cm/ $1,03 \pm 0,19$  cm ;  $8,11 \pm 0,43$  cm/ $1,97 \pm 0,50$  cm et  $8,56 \pm 0,28$  cm/ $3,36 \pm 0,60$  cm. Pour les mêmes doses, les poids (PPA/PPR) des plantules de blé dur sont successivement de  $0,0126 \pm 0,0121$  mg/ $0,0073 \pm 0,0046$  mg ;  $0,0443 \pm 0,0205$  mg/ $0,0141 \pm 0,0003$  mg ;  $0,0660 \pm 0,0148$  mg/ $0,0186 \pm 0,0077$  mg ;  $0,848 \pm 0,0061$  mg/ $0,0167 \pm 0,0039$  mg et de  $0,0827 \pm 0,0104$  mg/ $0,0227 \pm 0,0143$  mg. Nos résultats confirment le potentiel bioherbicide de l'extrait dilué à 50 %, dont nous avons signalé une réduction de LPA/LPR des plantules de blé dur par rapport au témoin positif (Herbicide), où les mesures de ce dernier sont  $0,45 \pm 0,05$  cm/ $0,17 \pm 0,05$  cm, et le poids frais est de  $0,0029 \pm 0,0011$  mg/ $0,0016 \pm 0,0006$  mg (Tableau 21).

Par contre pour les graines de blé dur traitées par les concentrations de 5 %, 2,5 % et 1 %, nous avons noté une stimulation de la croissance, qui se manifeste par l'élongation de la partie racinaire (LPR) par rapport à celle des plantules du témoin négatif, où les mesures enregistrées sont successivement de  $9,76 \pm 1,56$  cm/ $12,96 \pm 1,07$  cm ;  $10,23 \pm 1,05$  cm/ $12,51 \pm 1,82$  cm et  $11,96 \pm 1,36$  cm/ $12,33 \pm 2,51$  cm. Ainsi que pour le poids frais des parties aériennes et souterraines qui pour les mêmes concentrations d'extrait sont respectivement de  $0,0930 \pm 0,0149$  mg/ $0,0260 \pm 0,0099$  mg ;  $0,0997 \pm 0,0206$  mg/ $0,0609 \pm 0,0190$  mg et  $0,1168 \pm 0,0101$  mg/ $0,0863 \pm 0,0235$  mg.

L'analyse de la variance montre la présence d'une différence très hautement significative entre différentes concentrations et le témoin positif par rapport aux résultats du témoin négatif. Les valeurs du Facteur F sont obtenues pour une probabilité  $P < 0,0001$ . Seule la plus faible concentration (1 %) donne un effet non significatif en comparaison avec le témoin négatif sur le poids de la partie aérienne (PPA) de l'espèce *Phalaris minor* ( $P=0,5160$ ), à 5 %, 2,5 % et 1

% sur le poids de la partie racinaire (PPR) de la même espèce et sur LPA de *Plantago lagopus* traitées à l'extrait 2,5 % et 1 % ( $P > 0,05$ ) (Annexe II-Tableau 08).

L'effet inhibiteur de l'extrait d'*E. guyoniana* sur *Triticum durum* induit une différence très hautement significative sur la longueur et le poids de la partie aérienne et souterraine ( $P < 0,0001$ ), et un effet non significatif sur LPA, LPR et PPA des lots traités par les concentrations 5 %, 2,5 % et 1 % ( $P > 0,05$ ) (Annexe II-Tableau 08).

Les résultats indiquent clairement l'effet de l'extrait foliaire d'*E. retusa* sur la germination et l'élongation des pousses et des racines des plantes étudiées (Tableau 22).

Les résultats montrent l'effet inhibiteur de l'extrait sur la croissance des plantules des adventices qui se présentent avec une réduction de la longueur et du poids de la partie aérienne et de la partie souterraine. Pour les lots traités par les concentrations 100 %, 50 %, 40 %, 30 % et 20 % pour *Bromus rubens*, en plus de 10 % et 5 % pour *Phalaris minor* de l'extrait foliaire d'*E. retusa* aucune graine n'a germé. Alors que, les graines exposées à 10%, 5 %, 2,5 % et 1 %, LPA/LPR sont respectivement de  $0,25 \pm 0,08$  cm/ $0,25 \pm 0,18$  cm ;  $2,05 \pm 0,90$  cm/ $2,30 \pm 0,76$  cm ;  $6,74 \pm 0,70$  cm/ $2,29 \pm 0,33$  cm et  $9,56 \pm 0,76$  cm/ $7,08 \pm 1,37$  cm pour *Bromus rubens*. Pour les graines *Phalaris minor* exposées à 2,5 % et 1 %, LPA et LPR sont respectivement  $4,86 \pm 0,11$  cm/ $1,76 \pm 0,02$  cm et  $7,71 \pm 0,12$  cm/ $4,48 \pm 0,22$  cm. Le poids frais des parties aériennes et souterraines (PPA, PPR), est successivement de  $0,0094 \pm 0,0075$  mg/ $0,0033 \pm 0,0023$  mg ;  $0,0072 \pm 0,0039$  mg/ $0,0053 \pm 0,0018$  mg ;  $0,0315 \pm 0,0002$  mg/ $0,0073 \pm 0,0026$  mg et  $0,0321 \pm 0,0094$  mg/ $0,0151 \pm 0,0031$  mg pour *Bromus rubens*, et de  $0,0081 \pm 0,0061$  mg/ $0,0017 \pm 0,0006$  mg et  $0,0110 \pm 0,0004$  mg/ $0,0041 \pm 0,0004$  mg pour *Phalaris minor* (Tableau 22).

Pour les lots des graines de *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga* traitées par les concentrations de 100 % à 30 %, aucune germination n'est enregistrée, contrairement aux graines exposées à l'extrait de 20 % à 1 %, où LPA et LPR sont très réduites par rapport au témoin négatif, elles sont de  $0,85 \pm 0,07$  cm/ $0,15 \pm 0,07$  cm ;  $0,80 \pm 0,09$  cm/ $0,32 \pm 0,24$  cm ;  $1,45 \pm 0,30$  cm/ $0,29 \pm 0,03$  cm ;  $2,76 \pm 0,70$  cm/ $0,50 \pm 0,17$  cm et  $2,81 \pm 0,19$  cm/ $1,74 \pm 0,52$  cm respectivement pour *Plantago lagopus*, et de  $0,30 \pm 0,17$  cm/ $0,13 \pm 0,05$  cm ;  $0,57 \pm 0,04$  cm/ $0,37 \pm 0,04$  cm ;  $3,44 \pm 0,31$  cm/ $0,40 \pm 0,13$  cm ;  $4,70 \pm 0,20$  cm/ $0,56 \pm 0,20$  cm et  $5,46 \pm 0,45$  cm/ $2,43 \pm 0,49$  cm respectivement pour *Ammi visnaga*. Les poids frais (PA/PR) sont de  $0,0019 \pm 0,0017$  mg/ $0,0007 \pm 0,0004$  mg ;  $0,0058 \pm 0,0018$  mg/ $0,0009 \pm 0,0004$  mg ;  $0,0074 \pm 0,0040$  mg/ $0,0020 \pm 0,0008$  mg ;  $0,0077 \pm 0,0014$  mg/ $0,0018 \pm 0,0004$  mg et  $0,0078 \pm 0,0009$  mg/ $0,0026 \pm 0,0004$

mg respectivement pour *Plantago lagopus*, et de  $0,0003 \pm 0,0001$  mg/ $0,0002 \pm 0,0001$  mg ;  $0,0030 \pm 0,0025$  mg/ $0,0006 \pm 0,0003$  mg ;  $0,0099 \pm 0,0020$  mg/ $0,0016 \pm 0,0004$  mg ;  $0,0081 \pm 0,0044$  mg/ $0,0012 \pm 0,0003$  mg et  $0,0127 \pm 0,0019$  mg/ $0,0022 \pm 0,0004$  mg respectivement pour *Ammi visnaga* (Tableau 22).

Par contre chez les graines de blé dur, il y a une inhibition de croissance des plantules traitées par les fortes concentrations, les mesures de LPA/LPR et PPA/PPR notées sous les concentrations de l'extrait 50 %, 40 %, 30 % et 20 % sont respectivement de  $1,15 \pm 0,41$  cm/ $0,73 \pm 0,14$  cm ;  $0,57 \pm 0,39$  cm/ $1,47 \pm 0,42$  cm ;  $9,02 \pm 0,81$  cm/ $3,82 \pm 0,88$  cm ;  $11,63 \pm 1,84$  cm/ $5,80 \pm 0,26$  cm. Pour les mêmes dilutions le poids frais est respectivement de  $0,0561 \pm 0,0001$  mg/ $0,0220 \pm 0,0017$  mg ;  $0,0787 \pm 0,0182$  mg/ $0,0186 \pm 0,0029$  mg ;  $0,1037 \pm 0,0076$  mg/ $0,0396 \pm 0,0157$  mg et  $0,1092 \pm 0,0113$  mg/ $0,0447 \pm 0,0053$  mg. Alors que pour les lots traités par les faibles concentrations (10 %, 5 %, 2,5 % et 1 %), nous avons signalés une stimulation de croissance des plantules par l'élongation et augmentation de poids de la partie aérienne comparativement aux résultats obtenus de témoin négatif. Les mesures notées de LPA/LPR et PPA/PPR sous l'effet des concentrations 10 %, 5 %, 2,5% et 1% sont successivement de  $13,65 \pm 0,59$  cm/ $7,62 \pm 1,33$  cm ;  $13,81 \pm 0,90$  cm/ $9,14 \pm 0,24$  cm ;  $13,76 \pm 0,65$  cm/ $8,96 \pm 0,35$  cm et  $14,22 \pm 0,91$  cm/ $12,03 \pm 2,86$  cm. Pour les mêmes dilutions le poids frais est successivement de  $0,1385 \pm 0,0071$  mg/ $0,0574 \pm 0,0099$  mg ;  $0,1399 \pm 0,0240$  mg/ $0,0455 \pm 0,0092$  mg ;  $0,1349 \pm 0,0063$  mg/ $0,0392 \pm 0,0050$  mg et  $0,1482 \pm 0,0003$  mg/ $0,0501 \pm 0,0091$  mg.

Une différence très hautement significative est notée sur la longueur et le poids de la partie aérienne et souterraine des plantules de *Bromus rubens* et *Phalaris minor* traitées par l'extrait d'*E. retusa*. Les valeurs de facteur F observées pour une probabilité inférieure ( $P \leq 0,0001$ ) (Annexe). Bien que l'effet de l'extrait à 2,5 % et 1 %, n'ait pas inhibé significativement le poids de la partie aérienne ( $P > 0,05$ ). L'effet inhibiteur de l'extrait est très hautement significatif sur la croissance de la partie racinaire de *Plantago lagopus* ( $P < 0,0001$ ), par rapport à la croissance de la partie aérienne aux dilutions 2,5 % et 1 % pour LPA, en plus de 10 %, 5 % pour PPA qui présente un effet non significatif ( $P > 0,05$ ). Une différence très hautement significativement est signalée dans la partie aérienne et souterraine de l'espèce *Ammi visnaga* à une probabilité inférieure à  $P < 0,0001$  (Annexe II-Tableau 09).

**Tableau 20.-** Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. (Boîtes de Pétri).

	LPA (cm)			LPR (cm)		PPA (g)		PPR (g)	
	(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<i>Bromus rubens</i> L.	T (-)	12.61 ± 2.27	C	14.33 ± 1.49	C	0.0365 ± 0.0036	B	0.0262 ± 0.0078	B
	1 %	5.45 ± 1.49	B	6.57 ± 1.05	B	0.0257 ± 0.0049	A	0.0096 ± 0.0024	A
	2.5 %	2.12 ± 1.35	A	2.01 ± 1.05	A	0.0177 ± 0.0059	A	0.0058 ± 0.0020	A
	LSD	3.16		2.47		0.0085		0.0043	
<i>Phalaris minor</i> Retz.	T (-)	9.08 ± 0.65	B	9.26 ± 0.92	C	0.0155 ± 0.0019	B	0.0051 ± 0.0007	C
	1 %	6.69 ± 0.87	A	3.97 ± 0.98	B	0.0096 ± 0.0018	AB	0.0018 ± 0.0009	B
	2.5 %	5.45 ± 1.51	A	2.05 ± 1.41	A	0.0082 ± 0.0052	A	0.0005 ± 0.0001	A
	LSD	1.93		1.92		0.0061		0.0011	
<i>Plantago lagopus</i> L.	T (-)	3.38 ± 0.49	D	4.03 ± 0.29	C	0.0084 ± 0.0015	C	0.0038 ± 0.0005	C
	1 %	2.85 ± 0.29	C	1.53 ± 0.46	B	0.0058 ± 0.0024	B	0.0014 ± 0.0010	B
	2.5 %	1.38 ± 0.25	B	0.28 ± 0.16	A	0.0026 ± 0.0021	A	0.0005 ± 0.0004	A
	5	0.41 ± 0.06	A	0.08 ± 0.03	A	0.0007 ± 0.0004	A	0.0001 ± 0.00005	A
	10 %	0.35 ± 0.05	A	0.12 ± 0.05	A	0.0003 ± 0.0001	A	0.0001 ± 0.00005	A
	T (+)	0.17 ± 0.05	A	0.15 ± 0.05	A	0.0015 ± 0.0010	A	0.0003 ± 0.0003	A
	LSD	0.38		0.41		0.0026		0.0009	
<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	T (-)	8.25 ± 1.03	B	6.49 ± 0.63	C	0.0251 ± 0.0047	A	0.0073 ± 0.0016	A
	1 %	3.91 ± 0.79	A	1.73 ± 0.26	B	0.0083 ± 0.0012	A	0.0013 ± 0.0004	B
	2.5 %	2.94 ± 0.45	A	0.59 ± 0.30	A	0.0063 ± 0.0026	A	0.0006 ± 0.0004	C
	LSD	1.44		0.78		0.005		0.001	
<i>Triticum durum</i> Desf.	T (-)	12.91 ± 0.92	E	11.44 ± 1.09	D	0.1110 ± 0.0124	DE	0.1088 ± 0.0173	E
	1 %	12.53 ± 1.75	E	8.38 ± 2.37	C	0.1260 ± 0.0185	E	0.0442 ± 0.0020	D
	2.5 %	11.83 ± 0.34	E	7.39 ± 1.77	C	0.1141 ± 0.0172	DE	0.0404 ± 0.0073	D
	5%	8.16 ± 1.02	D	3.71 ± 1.25	B	0.1003 ± 0.0070	D	0.0318 ± 0.0104	C
	10 %	4.86 ± 0.86	C	1.19 ± 0.16	A	0.0785 ± 0.0159	C	0.0167 ± 0.0030	B
	20%	1.98 ± 0.31	B	0.25 ± 0.11	A	0.0315 ± 0.0190	B	0.0077 ± 0.0040	A
	30%	0.96 ± 0.54	AB	0.17 ± 0.03	A	0.0233 ± 0.0192	B	0.0058 ± 0.0045	A
	40%	0.20 ± 0.29	A	0.12 ± 0.05	A	0.0058 ± 0.0024	A	0.0014 ± 0.0010	A
	50%	0.16 ± 0.05	A	0.11 ± 0.02	A	0.0009 ± 0.0002	A	0.0010 ± 0.0003	A
	T (+)	0.45 ± 0.05	A	0.17 ± 0.05	A	0.0029 ± 0.0011	A	0.0016 ± 0.0006	A
LSD	1.09		1.58		0.0199		0.0084		

**Tableau 21.-** Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Boîtes de Pétri).

	LPA (cm)			LPR (cm)		PPA (g)		PPR (g)	
	( % )	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<i>Bromus rubens</i> L.	T (-)	12.61 ± 2.27	C	14.33 ± 1.49	C	0.0365 ± 0.0036	C	0.0262 ± 0.0078	C
	1 %	3.19 ± 0.69	B	4.23 ± 2.22	B	0.0235± 0.0006	B	0.0074 ± 0.0016	B
	2.5 %	1.33 ± 1.65	AB	2.31 ± 1.85	AB	0.0081 ± 0.0105	A	0.0026 ± 0.0021	A
	5%	0.70 ± 0.74	AB	0.44 ± 0.23	A	0.0014± 0.0006	A	0.0006 ± 0.0002	A
	10%	0.06 ± 0.05	A	0.16 ± 0.15	A	0.0004 ± 0.0003	A	0.0005 ± 0.0004	A
	LSD	2.75		2.51		0.0090		0.0034	
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	T (-)	9.08 ± 0.65	C	9.26 ± 0.92	D	0.0155 ± 0.0019	C	0.0051 ± 0.0007
1 %		5.21 ± 0.41	B	6.71 ± 0.41	C	0.0139± 0.0001	C	0.0015± 0.0002	A
2.5 %		4.06 ± 2.39	B	1.34 ± 0.51	B	0.0077 ± 0.0049	B	0.0012 ± 0.0014	A
5%		0.03 ± 0.05	A	0.16 ± 0.28	A	0.0001 ± 0.0001	A	0.0002 ± 0.0003	A
LSD		2.39		1.02		0.0059		0.0105	
<i>Plantago lagopus</i> L.	T (-)	3.38 ± 0.49	D	4.03 ± 0.29	D	0.0084 ± 0.0015	E	0.0038 ± 0.0005	B
	1 %	2.35 ± 0.25	C	2.24 ± 0.25	C	0.0060 ± 0.0006	D	0.0014 ± 0.0010	A
	2.5 %	2.07 ± 0.08	C	0.57 ± 0.15	B	0.0049 ± 0.0010	CD	0.0005 ± 0.0004	A
	5%	1.09± 0.20	B	0.12 ± 0.03	A	0.0032 ± 0.0004	BC	0.0001 ± 0.00005	A
	10 %	0.10 ± 0.005	A	0.13 ± 0.05	A	0.0013 ± 0.0010	A	0.0001 ± 0.00005	A
	20%	0.03 ± 0.05	A	0.03 ± 0.05	A	0.0003 ± 0.0004	A	0.0001 ± 0.0001	A
	T (+)	0.17 ± 0.05	A	0.15 ± 0.05	A	0.0015 ± 0.0010	AB	0.0003 ± 0.0003	A
	LSD	0.34		0.29		0.0019		0.0005	
<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	T (-)	8.25 ± 1.03	C	6.49 ± 0.63	C	0.0251 ± 0.0047	C	0.0073 ± 0.0016	C
	1 %	3.81 ± 0.50	B	3.37 ± 0.76	B	0.0109 ± 0.0039	B	0.0032 ± 0.0002	B
	2.5 %	0.88 ± 0.10	A	0.50 ± 0.30	A	0.0033 ± 0.0009	A	0.0010± 0.0002	A
	5%	0.51 ± 0.05	A	0.32 ± 0.10	A	0.0020 ± 0.0010	A	0.0014 ± 0.0001	AB
	10%	0.33 ± 0.18	A	0.16 ± 0.04	A	0.0007 ± 0.0006	A	0.0001 ± 0.0001	A
	LSD	1.24		1.02		0.0051		0.002	
<i>Triticum durum</i> Desf.	T (-)	12.91 ± 0.92	G	11.44 ± 1.09	C	0.1110 ± 0.0124	EF	0.1088 ± 0.0173	E
	1 %	11.96 ± 1.36	G	12.33± 2.51	C	0.1168 ± 0.0101	F	0.0863 ± 0.0235	D
	2.5 %	10.23 ± 1.05	F	12.51 ± 1.82	C	0.0997 ± 0.0206	DEF	0.0609 ± 0.0190	C
	5%	9.76 ± 1.56	EF	12.96 ± 1.07	C	0.0930 ± 0.0149	DE	0.0260 ± 0.0099	B
	10 %	8.56 ± 0.28	DE	3.36 ± 0.60	B	0.0827 ± 0.0104	CD	0.0227 ± 0.0143	B
	20%	8.11 ± 0.43	D	1.97 ± 0.50	AB	0.0848 ± 0.0061	CD	0.0167 ± 0.0039	AB
	30%	4.30 ± 0.88	C	1.03 ± 0.19	A	0.0660 ± 0.0148	BC	0.0186 ± 0.0077	AB

<b>40%</b>	2.07 ± 0.93	B	0.52 ± 0.13	A	0.0443 ± 0.0205	B	0.0141 ± 0.0003	AB
<b>50%</b>	0.37 ± 0.13	A	0.16 ± 0.03	A	0.0126 ± 0.0121	A	0.0073 ± 0.0046	AB
<b>T (+)</b>	0.45 ± 0.05	A	0.17 ± 0.05	A	0.0029 ± 0.0011	A	0.0016 ± 0.0006	A
<b>LSD</b>	1.40		1.84		0.0222		0.0198	

**Tableau 22.-** Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces tests traitées à l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. (Boîtes de Pétrie).

	LPA (cm)			LPR (cm)		PPA (g)		PPR (g)	
	( % )	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<i>Bromus rubens</i> L.	<b>T (-)</b>	12.61 ± 2.27	D	14.33 ± 1.49	D	0.0336 ± 0.0036	B	0.0262 ± 0.0078	C
	<b>1 %</b>	9.56 ± 0.76	C	7.08 ± 1.37	C	0.0321 ± 0.0094	B	0.0151 ± 0.0031	B
	<b>2.5 %</b>	6.74 ± 0.70	B	2.29 ± 0.33	B	0.0315 ± 0.0002	B	0.0073 ± 0.0026	A
	<b>5%</b>	2.05 ± 0.90	A	2.30 ± 0.76	B	0.0072 ± 0.0039	A	0.0053 ± 0.0018	A
	<b>10%</b>	0.25 ± 0.08	A	0.25 ± 0.18	A	0.0094 ± 0.0075	A	0.0033 ± 0.0023	A
	<b>LSD</b>	2.51		1.57		0.0107		0.0049	
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	<b>T (-)</b>	9.08 ± 0.65	C	9.26 ± 0.92	C	0.0155 ± 0.0019	A	0.0051 ± 0.0007
<b>1 %</b>		7.71 ± 0.12	B	4.48 ± 0.22	B	0.0110 ± 0.0004	A	0.0041 ± 0.0004	B
<b>2.5 %</b>		4.86 ± 0.11	A	1.76 ± 0.02	A	0.0081 ± 0.0061	A	0.0017 ± 0.0006	A
<b>LSD</b>		0.89		0.98		0.0077		0.0010	
<i>Plantago lagopus</i> L.	<b>T (-)</b>	3.38 ± 0.49	D	4.03 ± 0.29	C	0.0084 ± 0.0015	B	0.0038 ± 0.0005	D
	<b>1 %</b>	2.81 ± 0.19	D	1.74 ± 0.52	B	0.0078 ± 0.0009	B	0.0026 ± 0.0004	C
	<b>2.5 %</b>	2.76 ± 0.70	D	0.50 ± 0.17	A	0.0077 ± 0.0014	B	0.0018 ± 0.0004	BC
	<b>5%</b>	1.45 ± 0.30	C	0.29 ± 0.03	A	0.0074 ± 0.0040	B	0.0020 ± 0.0008	C
	<b>10 %</b>	0.80 ± 0.09	B	0.32 ± 0.24	A	0.0058 ± 0.0018	B	0.0009 ± 0.0004	AB
	<b>20%</b>	0.85 ± 0.07	BC	0.15 ± 0.07	A	0.0019 ± 0.0017	A	0.0007 ± 0.0004	A
	<b>T (+)</b>	0.17 ± 0.05	A	0.15 ± 0.05	A	0.0015 ± 0.0010	A	0.0003 ± 0.0003	A
	<b>LSD</b>	0.60		0.47		0.0035		0.0009	
<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	<b>T (-)</b>	8.25 ± 1.03	D	6.49 ± 0.63	C	0.0251 ± 0.0047	D	0.0073 ± 0.0016	E
	<b>1 %</b>	5.46 ± 0.45	C	2.43 ± 0.49	B	0.0127 ± 0.0019	C	0.0022 ± 0.0004	D
	<b>2.5 %</b>	4.70 ± 0.20	C	0.56 ± 0.20	A	0.0081 ± 0.0044	BC	0.0012 ± 0.0003	BC
	<b>5%</b>	3.44 ± 0.31	B	0.40 ± 0.13	A	0.0099 ± 0.0020	C	0.0016 ± 0.0004	CD
	<b>10%</b>	0.57 ± 0.04	A	0.37 ± 0.04	A	0.0030 ± 0.0025	AB	0.0006 ± 0.0003	AB
	<b>20%</b>	0.30 ± 0.17	A	0.13 ± 0.05	A	0.0003 ± 0.0001	A	0.0002 ± 0.0001	A
	<b>LSD</b>	1.02		0.69		0.0054		0.0009	

<i>Triticum durum</i> Desf.	<b>T (-)</b>	12.91 ± 0.92	DE	11.44 ± 1.09	E	0.1110 ± 0.0124	D	0.1088 ± 0.0173	E
	<b>1 %</b>	14.22 ± 0.91	F	12.03 ± 2.86	E	0.1482 ± 0.0003	E	0.0501 ± 0.0091	CD
	<b>2.5 %</b>	13.76 ± 0.65	EF	8.96 ± 0.35	D	0.1349 ± 0.0063	E	0.0392 ± 0.0050	C
	<b>5%</b>	13.81 ± 0.90	EF	9.14 ± 0.24	D	0.1399 ± 0.0240	E	0.0455 ± 0.0092	CD
	<b>10 %</b>	13.65 ± 0.59	EF	7.62 ± 1.33	CD	0.1385 ± 0.0071	E	0.0574 ± 0.0099	D
	<b>20%</b>	11.63 ± 1.84	D	5.80 ± 0.26	C	0.1092 ± 0.0113	D	0.0447 ± 0.0053	CD
	<b>30%</b>	9.02 ± 0.81	C	3.82 ± 0.88	B	0.1037 ± 0.0076	D	0.0396 ± 0.0157	C
	<b>40%</b>	3.57 ± 0.39	B	1.47 ± 0.42	A	0.0787 ± 0.0182	C	0.0186 ± 0.0029	B
	<b>50%</b>	1.15 ± 0.41	A	0.73 ± 0.14	A	0.0561 ± 0.0001	B	0.0220 ± 0.0017	B
	<b>T (+)</b>	0.45 ± 0.05	A	0.17 ± 0.05	A	0.0029 ± 0.0011	A	0.0016 ± 0.0006	A
	<b>LSD</b>	1.34		1.82		0.0189		0.0140	

➤ **Essais dans les pots**

Les variations de la longueur et du poids frais de la partie aérienne et de la partie racinaire en fonction des différentes concentrations des extraits végétaux de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* (Tableaux 23 à 25) laissent montrer des effets inhibiteurs des extraits testés et leurs influences sur la germination et la croissance des plantules des espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*) et l'espèce cultivée.

Au vu des résultats obtenus, la longueur de la partie aérienne et de la partie racinaire (LPA/LPR) du lot témoin négatif (Eau distillée) des plantules de *Bromus rubens* et *Phalaris minor* est de  $17,63 \pm 0,42$  cm/  $10,32 \pm 0,91$  cm et  $10,72 \pm 0,62$  cm/ $3,52 \pm 0,50$  cm respectivement, ainsi que le poids frais (PPA/PPR) est de l'ordre de  $0,0566 \pm 0,0032$  mg / $0,0128 \pm 0,0028$  mg et  $0,0153 \pm 0,0001$  mg / $0,0022 \pm 0,0003$  mg respectivement. Pour le témoin négatif de *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*, la longueur de la partie aérienne (LPA) et de la partie racinaire (LPR) est mesurée respectivement de  $3,57 \pm 0,32$  cm/ $2,85 \pm 0,17$  cm et  $7,87 \pm 0,66$  cm/ $4,38 \pm 0,82$  cm. Alors que le poids frais est de l'ordre de  $0,0118 \pm 0,0008$  mg / $0,0027 \pm 0,0004$  mg et  $0,0347 \pm 0,0057$  mg / $0,0059 \pm 0,0030$  mg respectivement. Pour les graines de blé dur, LPA/LPR sont de  $28,15 \pm 0,61$  cm/ $11,77 \pm 1,93$  cm, tandis que les PPA/PPR sont de l'ordre de  $0,2534 \pm 0,0135$  mg / $0,1185 \pm 0,0144$  mg.

Par contre, LPA/LPR et PPA/PPR du lot témoin positif (Herbicide) des plantules de *Bromus rubens* et *Phalaris minor* est de  $0,76 \pm 0,55$  cm/  $1,20 \pm 0,70$  cm et  $0,73 \pm 0,05$  cm/ $0,40 \pm 0,10$  cm respectivement, ainsi que le poids frais est de l'ordre de  $0,0045 \pm 0,0021$  mg / $0,0007 \pm 0,0001$  mg et  $0,0006 \pm 0,0001$  mg / $0,0004 \pm 0,0001$  mg respectivement. Pour le témoin positif de *Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*, les longueurs de la partie aérienne et de la partie racinaire sont respectivement de  $0,56 \pm 0,28$  cm/ $0,33 \pm 0,23$  cm et  $1,80 \pm 0,17$  cm/ $0,13 \pm 0,05$  cm, ainsi que le poids frais est de l'ordre de  $0,0016 \pm 0,0009$  mg / $0,0002 \pm 0,00005$  mg et de  $0,0071 \pm 0,0016$  mg / $0,0005 \pm 0,0001$  mg respectivement. Pour les graines de *Triticum durum*, les LPA/LPR mesurées sont de  $0,60 \pm 0,10$  cm/ $0,40 \pm 0,17$  cm, alors que les PPA/PPR sont de l'ordre de  $0,0076 \pm 0,0011$  mg / $0,0081 \pm 0,0028$  mg.

En parallèle, pour les lots traités par l'extrait foliaire pur, aucun cas de germination n'a été enregistré pour les graines des espèces adventices.

Pour les pots ensemencés par les graines de *Bromus rubens* exposées à 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, la longueur de la partie aérienne et de la partie racinaire (LPA/LPR)

enregistrée oscille entre 7,86-12,26 cm/6,20-7,46 cm pour les lots irrigués par l'extrait d'*H. scoparium*, 2,49-9,67 cm/2,67-7,49 cm pour ceux traités par l'extrait d'*E. guyoniana* et de 2,87-13,90 cm/3,08-5,88 cm pour *E. retusa*. Le poids frais des parties aériennes et souterraines (PPA/PPR) varie successivement entre 0,0195-0,0578 mg/0,0059-0,0279 mg ; 0,0132-0,0412 mg/0,0018-0,0144 mg et 0,0154-0,0560 mg/0,0049-0,0180 mg pour *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que quel que soit l'extrait testé et la concentration appliquée, nous avons remarqué des effets inhibiteurs de la croissance des plantules de *Bromus rubens*, à l'exception des graines exposées à 10 % et 5 %, qui présentent une stimulation de croissance par une augmentation de poids de la partie aérienne et souterraine au niveau des lots traités par l'extrait de *H. scoparium* et *E. retusa* (Tableau 23, 24, 25).

Une différence très hautement significative pour la longueur de la partie aérienne et racinaire des plantules de *Bromus rubens* traitées par les trois extraits végétaux. Le facteur F observé pour une probabilité inférieure a ( $P < 0,0001$ ). Bien qu'il inhibe significativement la croissance de poids de la partie aérienne ( $0,0002 \geq P \geq 0,0405$ ), il est non significatif sur le poids de la partie racinaire (Annexe II-Tableau 10,11, 12).

D'après les résultats obtenus (Tableau 23, 24, 25), il est observé au niveau des pots ensemencés par les graines de *Phalaris minor* et exposées aux différentes concentrations 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, la longueur de la partie aérienne et de la partie racinaire (LPA/LPR) enregistré variée entre 4,15-8,40 cm /1,51-2,95 cm pour les lots irrigués par l'extrait de *H. scoparium*. Entre 3,25-10,10 cm/1,70-3,94 cm pour les pots traitées par l'extrait d'*E. guyoniana* et de 2,53-9,55 cm/1,33-3,00 cm pour *E. retusa* (les concentrations entre 5 % et 100 %). Le poids frais des parties aériennes et souterraines (PPA/PPR), ils sont oscille successivement entre 0,0039-0,0136 mg/0,0007-0,0028 mg ; 0,0071-0,0159 mg/0,0014-0,0032 mg et 0,0035-0,0149 mg/0,0002-0,0015 mg pour *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*. En effet, des exceptions qui se manifestent sous forme des stimulations de la longueur et de poids de la partie racinaire au niveau des pots irrigués par l'extrait d'*E. guyoniana* (5 %,10 %, 20 % et 30 %), et de poids de la partie racinaire au niveau des pots traités par l'extrait d'*H. scoparium* (5 % et 10 %).

Les résultats de l'analyse de la variance de trois extraits végétaux, montrent une différence non significative sur le poids de la partie souterraine des plantules de *Phalaris minor*. La

longueur de la partie aérienne et racinaire des plantules est affectée hautement significativement voire très hautement significatif par l'effet de l'extrait aqueux de *H. scoparium* et *E. guyoniana* à concentration de 100 %, 50 %, 40 % et 30 % pour une probabilité inférieure ( $P \leq 0,01$ ), et non significatif pour les autres doses.

Les graines de *Plantago lagopus* irriguées par les concentrations 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, la longueur de la partie aérienne et racinaire est réduite comparativement au témoin négatif, elle est de 1,42-2,72 cm/0,57-2,03 cm ; 1,33-3,22 cm/0,85-2,93 cm ; 1,55-3,26 cm/0,54-2,93 cm pour les extraits végétaux de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* successivement, et le poids frais est de 0,0040-0,0077 mg/0,0010-0,0037 mg ; 0,0020-0,134 mg/0,0006-0,0036 mg et 0,0037-0,0089 mg/0,0009-0,0035 mg pour les extraits d'*H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* successivement. D'autre part, nous avons signalé une stimulation de la longueur de la partie racinaire des plantules irriguées par *E. guyoniana* et *E. retusa* à 5 %. Alors qu'au niveau des lots traités par *H. scoparium*, une stimulation de poids de la partie aérienne et en plus racinaire au niveau des pots irrigués par *E. guyoniana* et *E. retusa* à 5 %, 10 %, 20 % (Tableau 23, 24, 25).

Les résultats de l'analyse de la variance de l'extrait de *H. scoparium* à 50 %, 40 %, 30 %, 20 % et 10 % montrent une différence significative sur la longueur de la partie aérienne et souterraine et le poids de la partie aérienne des plantules de *Plantago lagopus*, les valeurs de facteur F observées pour une probabilité inférieure ( $P \leq 0,05$ ). L'effet de l'application de l'extrait à 5% de concentration, ne présente pas d'effet significatif sur la croissance de la partie aérienne, bien qu'il affecte significativement la partie souterraine. Le facteur F observé pour une probabilité de ( $P = 0,0673$ ) et ( $P = 0,0018$ ) respectivement (Annexe II-Tableau 10).

Pour les lots traités par les concentrations de 50 % de l'extrait d'*E. guyoniana*, les longueurs de la partie aérienne et racinaire sont significativement affectées. Elles sont notées pour une probabilité de ( $P = 0,0007$ ), et un effet non significatif pour les autres doses. Les valeurs de facteur F observées pour une probabilité de ( $P \geq 0,05$ ) (Annexe II-Tableau 11).

Par contre, les faibles concentrations (20 %, 10 % et 5 %) de l'extrait d'*E. retusa*, engendrent une différence non significative de la longueur et du poids de la partie aérienne et souterraine par rapport au témoin négatif pour une probabilité de ( $P \geq 0,05$ ). et un effet non significatif pour les autres doses (Annexe II-Tableau 12).

Les graines d'*Ammi visnaga* exposées aux concentrations de 50 % jusqu'à 5 %, on enregistre des longueurs de la partie aérienne et souterraine respective de 3,72±7,09 cm/1,11-4,81 cm ; 3,65-7,51 cm/1,14-4,60 cm et 1,56-5,46 cm/1,97-4,12 cm pour les extraits de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*, et les poids frais sont notés successivement de 0,0143-0,0222 mg/0,0013-0,0004 mg ; 0,0089-0,0228 mg/0,0004-0,0016 mg et 0,0101-0,0184 mg/0,0014-0,0053 mg pour les extraits de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* (Tableau 23, 24, 25). Bien qu'il soit noté une stimulation de la croissance de poids de la partie racinaire des plantules au niveau des pots irrigués par l'extrait de *H. scoparium* à 20 %, 10 %, 5 %.

Pour les lots traités par l'extrait de *H. scoparium* aux concentrations 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, ils ne présentent aucun effet significatif sur la croissance de poids de la partie souterraine des plantules d'*Ammi visnaga*. Elles sont enregistrées pour une probabilité supérieure ( $P > 0,05$ ). Une différence significative à hautement significative est rapportée sur la longueur de la partie aérienne et souterraine chez les lots traités à dose 50 %. Elle est notée pour une probabilité de ( $0,0001 \leq P \leq 0,05$ ). Les concentrations 10 % et 5 %, ne présentent aucun effet significatif sur la croissance ( $P > 0,05$ ) par rapport au témoin négatif (Annexe II-Tableau 10).

L'extrait d'*E. guyoniana* aux concentrations 30 %, 20 % et 10 % et 5 %, ne présente aucun effet inhibiteur significatif sur la longueur de la partie souterraine. Une différence hautement significative est rapportée pour la croissance de poids de la partie aérienne et souterraine de l'espèce d'*Ammi visnaga* (Annexe II-Tableau 11).

L'effet de l'extrait *E. retusa* à concentration 10 % et 5 %, ne présente aucun effet significatif sur la longueur et le poids de la partie souterraine ( $P > 0,05$ ). La croissance de la partie aérienne des plantules d'*Ammi visnaga*, est affectée hautement significativement par l'effet de l'extrait pour les autres doses (Annexe II-Tableau 12).

Pour les lots de blé dur irrigué par les extraits végétaux dilués à 50 %, 40 %, 30 %, 20 %, 10 % et 5 %, il apparaît que la croissance de la partie aérienne et racinaire est réduite par rapport au témoin négatif où les mesures oscillent respectivement de 4,82-23,50 cm/5,22-13,83 cm ; 13,65-19,12 cm/5,78-9,82 cm et 7,18-17,43 cm/3,05-9,30 cm. Pour les mêmes doses, le poids frais est respectivement de 0,0531-0,2610 mg/0,0365-0,1562 mg ; 0,1214-0,1849 mg/0,0502-0,01219 mg et 0,0672-0,1765 mg/0,0370-0,0934 mg. D'après ce résultat, nous avons constaté que les graines de blé dur traitées par les extraits dilués à 5 % et 10 % présentent une stimulation de la croissance de la longueur de la partie racinaire et de poids de la partie aérienne et

souterraine au niveau des lots irriguées par l'extrait foliaire de *H. scoparium*. Alors qu'au niveau des lots traités par l'extrait d'*E. guyoniana* et pour les mêmes concentrations, nous avons remarqué une augmentation de poids de la partie racinaire comparativement au témoin négatif (Tableau 23, 24, 25). Les faibles concentrations 5 % et 10 %, provoquent une élongation de la partie souterraine et réduisent la longueur de la partie aérienne des plantules de blé dur au niveau des pots traités par extrait de *H. scoparium*. En plus, une augmentation de poids de plantule (PPA et PPR) au niveau des lots traités par la dose 5%. Une stimulation de poids de la partie racinaire au niveau des lots irrigués par l'extrait d'*E. guyoniana* a 5 % et 10 %.

L'effet inhibiteur de l'extrait de *H. scoparium* à la concentration 5 %, n'est pas significatif sur la longueur et le poids de la partie aérienne et souterraine de l'espèce de blé dur. Les valeurs de facteurs F sont enregistrées pour une probabilité supérieure ( $P > 0,05$ ). Pour le lot traité par les autres concentrations, une différence significative ( $P \leq 0.05$ ) est rapportée sur la croissance de la partie aérienne des plantules (Annexe II-Tableau 10).

L'effet inhibiteur de l'extrait d'*E. guyoniana* et *E. retusa* à la concentration 20 %, 10 %, 5 %, n'est pas significatif sur la longueur et le poids de la partie souterraine de l'espèce de blé dur. Les valeurs de facteurs F sont enregistrées pour une probabilité supérieure ( $P > 0,05$ ). Pour les lots traités par les autres concentrations, une différence significative ( $P \leq 0.05$ ) est rapportée sur la croissance de la partie aérienne et souterraine des plantules (Annexe II-Tableau 11,12).

**Tableau 23.-** Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire de *Haloxylon scoparium* Pomel. (Pots).

	LPA (cm)			LPR (cm)		PPA (g)		PPR (g)	
	(%)	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<i>Bromus rubens</i> L.	T (-)	17.63 ± 0.42	E	10.38 ± 0.91	C	0.0566± 0.0032	F	0.0128 ± 0.0028	BC
	5%	12.26 ± 1.08	D	7.46 ± 0.60	B	0.0578 ± 0.0062	F	0.0279 ± 0.0095	D
	10%	12.22 ± 1.06	D	6.89 ± 0.46	B	0.0444 ± 0.0068	E	0.0199 ± 0.0019	C
	20%	10.87 ± 1.81	CD	6.93 ± 1.02	B	0.0370 ± 0.0007	DE	0.0099 ± 0.0031	B
	30%	9.97 ± 1.60	BC	6.81 ± 0.38	B	0.0329 ± 0.0033	CD	0.0082 ± 0.0033	B
	40%	8.00 ± 1.77	B	6.49 ± 0.99	B	0.0285 ± 0.0021	C	0.0080 ± 0.0021	B
	50%	7.86 ± 0.35	B	6.20 ± 1.38	B	0.0195 ± 0.0061	B	0.0059 ± 0.0003	AB
	T (+)	0.76 ± 0.55	A	1.20 ± 0.70	A	0.0045 ± 0.0021	A	0.0007 ± 0.0001	A
	LSD	2.25		1.49		0.0078		0.0073	
<i>Phalaris minor</i> Retz.	T (-)	10.72 ± 0.62	E	3.52 ± 0.50	D	0.0153 ± 0.0001	D	0.0022 ± 0.0003	BCD
	5%	8.40 ± 0.78	DE	2.95 ± 0.80	CD	0.0136 ± 0.0009	CD	0.0028 ± 0.0005	D
	10 %	7.56 ± 0.86	D	2.95 ± 0.23	CD	0.0114 ± 0.0005	CD	0.0026 ± 0.0017	CD
	20%	6.97 ± 1.48	CD	2.35 ± 0.87	BC	0.0116 ± 0.0028	CD	0.0020 ± 0.0008	BCD
	30%	5.30 ± 0.79	BC	2.24 ± 0.17	BC	0.0112 ± 0.0040	C	0.0014 ± 0.0001	ABC
	40%	4.75 ± 1.74	B	1.72 ± 0.01	B	0.0066± 0.0003	B	0.0010 ± 0.0005	AB
	50%	4.15 ± 1.98	B	1.51 ± 0.02	B	0.0039 ± 0.0024	AB	0.0007 ± 0.0001	AB
	T (+)	0.73 ± 0.05	A	0.40 ± 0.10	A	0.0006 ± 0.0001	A	0.0004 ± 0.0001	A
	LSD	2.12		0.86		0.0037		0.0015	
<i>Plantago lagopus</i> L.	T (-)	3.57 ± 0.32	E	2.85 ± 0.17	E	0.0118 ± 0.0008	D	0.0027 ± 0.0004	BC
	5%	2.72 ± 0.39	DE	2.03 ± 0.27	D	0.0077 ± 0.0010	CD	0.0037 ± 0.0004	C
	10 %	2.59 ± 0.42	CD	1.57 ± 0.23	C	0.0054 ± 0.0005	BC	0.0030 ± 0.0008	C
	20 %	2.99 ± 0.26	CD	1.37 ± 0.10	C	0.0059 ± 0.0032	BC	0.0030 ± 0.0010	C
	30 %	2.05 ± 0.60	BC	0.88 ± 0.20	B	0.0050± 0.0035	ABC	0.0027 ± 0.0007	C
	40%	1.45 ± 0.08	B	0.64 ± 0.31	AB	0.0040 ± 0.0011	AB	0.0013 ± 0.0008	AB
	50%	1.42 ± 0.47	B	0.57 ± 0.04	AB	0.0040 ± 0.0021	AB	0.0010 ± 0.0004	A
	T (+)	0.56 ± 0.28	A	0.33 ± 0.23	A	0.0016 ± 0.0009	A	0.0002± 0.0000	A
	LSD	0.68		0.38		0.0036		0.0012	
<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	T (-)	7.87 ± 0.66	D	4.38 ± 0.82	EF	0.0347 ± 0.0057	C	0.0059 ± 0.0030	AB
	5%	7.09 ± 1.09	CD	4.81 ± 0.41	F	0.0222 ± 0.0017	B	0.0062 ± 0.0023	AB
	10 %	5.83 ± 1.13	C	3.39 ± 0.66	DE	0.0152 ± 0.0036	AB	0.0230± 0.0285	B
	20%	5.73 ± 1.29	C	2.80 ± 0.91	CD	0.0227 ± 0.0109	B	0.0065 ± 0.0038	AB
	30%	5.67 ± 0.61	C	2.24 ± 0.65	BC	0.0246 ± 0.0095	BC	0.0037± 0.0023	A

<i>Triticum durum</i> Desf.	40%	4.07 ± 0.54	B	1.92 ± 0.73	BC	0.0182 ± 0.0033	B	0.0023 ± 0.0011	A
	50%	3.72 ± 0.80	B	1.11 ± 0.44	AB	0.0143 ± 0.0050	AB	0.0013 ± 0.0004	A
	T (+)	1.80 ± 0.17	A	0.13 ± 0.05	A	0.0071 ± 0.0016	A	0.0005 ± 0.0001	A
	<b>LSD</b>	1.56		1.16		0.0011		0.0189	
	T (-)	28.15 ± 0.61	D	11.77 ± 1.93	DEF	0.2534 ± 0.0135	FG	0.1185 ± 0.0144	D
	5%	23.5 ± 2.50	CD	13.83 ± 1.25	F	0.2610 ± 0.0161	G	0.1562 ± 0.0335	E
	10 %	22.5 ± 3.50	C	12.06 ± 3.17	EF	0.2236 ± 0.0128	EF	0.1039 ± 0.0238	D
	20%	21.93 ± 3.56	C	8.93 ± 2.15	CDE	0.1902 ± 0.0353	DE	0.0979 ± 0.0320	D
	30%	21.53 ± 3.00	C	9.16 ± 2.08	CDE	0.1906 ± 0.0352	DE	0.0804 ± 0.0142	CD
	40%	16.28 ± 3.22	B	7.41 ± 2.16	BCD	0.1654 ± 0.0175	D	0.0940 ± 0.0043	D
50%	16.06 ± 2.64	B	6.16 ± 1.82	BC	0.1154 ± 0.0065	C	0.0513 ± 0.0078	BC	
100%	4.82 ± 1.73	A	5.22 ± 0.38	B	0.0531 ± 0.0047	B	0.0365 ± 0.0147	AB	
T (+)	0.60 ± 0.10	A	0.4 ± 0.17	A	0.0076 ± 0.0011	A	0.0081 ± 0.0028	A	
<b>LSD</b>	4.90		3.40		0.0374		0.0364		

**Tableau 24.-** Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Pots).

	LPA (cm)			LPR (cm)		PPA (g)		PPR (g)	
	( % )	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<i>Bromus rubens</i> L.	T (-)	17.63 ± 0.42	E	10.38 ± 0.91	F	0.0566 ± 0.0032	E	0.0128 ± 0.0028	C
	5%	9.67 ± 0.38	D	7.49 ± 0.63	E	0.0412 ± 0.0054	D	0.0144 ± 0.0024	C
	10%	7.32 ± 0.89	C	5.84 ± 0.27	D	0.0336 ± 0.0020	CD	0.0069 ± 0.0032	B
	20%	5.96 ± 1.95	C	4.51 ± 0.77	C	0.0298 ± 0.0076	C	0.0048 ± 0.0032	AB
	30%	2.93 ± 1.90	B	2.62 ± 0.47	B	0.0161 ± 0.0036	B	0.0038 ± 0.0015	AB
	40%	2.49 ± 0.86	AB	2.67 ± 0.75	B	0.0132 ± 0.0053	B	0.0018 ± 0.0013	A
	T (+)	0.76 ± 0.55	A	1.20 ± 0.70	A	0.0045 ± 0.0021	A	0.0007 ± 0.0001	A
	<b>LSD</b>	2.18		1.12		0.0084		0.0044	
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	T (-)	10.72 ± 0.62	D	3.52 ± 0.50	C	0.0153 ± 0.0001	E	0.0022 ± 0.0003
5%		10.10 ± 1.64	D	3.94 ± 0.70	C	0.0159 ± 0.0010	E	0.0032 ± 0.0010	BC
10 %		9.93 ± 1.88	CD	3.6 ± 0.17	C	0.0156 ± 0.0032	E	0.0038 ± 0.0009	C
20%		9.36 ± 0.66	CD	3.53 ± 0.30	C	0.0148 ± 0.0017	DE	0.0037 ± 0.0003	C
30%		8.06 ± 0.90	C	3.53 ± 0.66	C	0.0117 ± 0.0019	C	0.0035 ± 0.0017	C
40%		4.79 ± 1.47	B	2.26 ± 0.17	B	0.0118 ± 0.0019	CD	0.0033 ± 0.0015	C
50%		3.25 ± 0.34	B	1.70 ± 0.32	B	0.0071 ± 0.0007	B	0.0014 ± 0.0009	AB
T (+)		0.73 ± 0.05	A	0.40 ± 0.10	A	0.0006 ± 0.0001	A	0.0004 ± 0.0001	A

	<b>LSD</b>	2.06		0.72		0.0031		0.0019	
<b>Plantago lagopus L.</b>	<b>T (-)</b>	3.57 ± 0.32	B	2.85 ± 0.17	C	0.0118 ± 0.0008	C	0.0027 ± 0.0004	DE
	<b>5%</b>	3.22 ± 0.23	B	2.93 ± 0.05	C	0.0134 ± 0.0004	C	0.0036 ± 0.0001	F
	<b>10 %</b>	2.97 ± 0.31	B	2.73 ± 0.47	C	0.0128 ± 0.0032	C	0.0032 ± 0.0003	EF
	<b>20 %</b>	2.90 ± 0.45	B	2.45 ± 0.05	BC	0.0041 ± 0.0005	B	0.0019 ± 0.0004	CD
	<b>30 %</b>	2.66± 0.39	B	2.54 ± 0.15	BC	0.0041± 0.0007	B	0.0015 ± 0.0005	BC
	<b>40%</b>	2.42 ± 0.34	B	1.97 ± 0.13	B	0.0033 ± 0.0007	AB	0.0009± 0.0007	AB
	<b>50%</b>	1.33 ± 1.17	A	0.85 ± 0.79	A	0.0020 ± 0.0002	AB	0.0006 ± 0.0005	A
	<b>T (+)</b>	0.56 ± 0.28	A	0.33 ± 0.23	A	0.0016 ± 0.0009	A	0.0002± 0.0000	A
	<b>LSD</b>	0.94		0.63		0.0025		0.0008	
<b>Ammi visnaga L. (LAM).</b>	<b>T (-)</b>	7.87 ± 0.66	D	4.38 ± 0.82	D	0.0347 ± 0.0057	D	0.0059 ± 0.0030	B
	<b>5%</b>	7.51 ± 0.48	D	4.60 ± 0.61	D	0.0228 ± 0.0097	C	0.0016 ± 0.0003	A
	<b>10 %</b>	5.55 ± 0.52	C	2.01 ± 1.22	BC	0.0205 ± 0.0046	BC	0.0014 ± 0.0002	A
	<b>20%</b>	5.46 ± 1.33	C	3.53 ± 0.85	D	0.0186 ± 0.0024	BC	0.0015 ± 0.0002	A
	<b>30%</b>	5.43 ± 1.18	C	3.27 ± 1.25	CD	0.0150 ± 0.0026	ABC	0.0015± 0.0009	A
	<b>40%</b>	3.74 ± 0.66	B	1.49 ± 0.03	AB	0.0127 ± 0.0026	AB	0.0008 ± 0.0002	A
	<b>50%</b>	3.65 ± 0.42	B	1.14 ± 0.16	AB	0.0089 ± 0.0019	A	0.0004 ± 0.0002	A
	<b>T (+)</b>	1.80 ± 0.17	A	0.13 ± 0.05	A	0.0071 ± 0.0016	A	0.0005 ± 0.0001	A
	<b>LSD</b>	1.39		1.42		0.0084		0.0019	
<b>Triticum durum Desf.</b>	<b>T (-)</b>	28.15 ± 0.61	E	11.77 ± 1.93	E	0.2534 ± 0.0135	E	0.1185 ± 0.0144	D
	<b>5%</b>	19.12 ± 0.83	D	9.82 ± 0.32	DE	0.1849 ± 0.0042	D	0.1219 ± 0.0057	D
	<b>10 %</b>	18.07 ± 0.37	CD	9.02 ± 0.41	CD	0.1842 ± 0.0169	D	0.1211 ± 0.0111	D
	<b>20%</b>	19.01 ± 0.78	D	10.01 ± 0.60	DE	0.1818 ± 0.0132	D	0.1094 ± 0.0070	CD
	<b>30%</b>	18.88 ± 0.44	D	8.49 ± 0.28	C	0.1705 ± 0.0245	D	0.1087 ± 0.0110	CD
	<b>40%</b>	16.91 ± 2.56	CD	8.96 ± 0.95	CD	0.1678 ± 0.0238	CD	0.0902± 0.0207	C
	<b>50%</b>	15.77 ± 0.90	BC	6.59 ± 0.45	B	0.0865 ± 0.0644	B	0.0485± 0.0101	B
	<b>100%</b>	13.65 ± 3.06	B	5.78 ± 1.31	B	0.1214 ± 0.0138	B	0.0502 ± 0.0093	B
<b>T (+)</b>	0.60± 0.10	A	0.4 ± 0.17	A	0.0076 ± 0.0011	A	0.0081 ± 0.0028	A	
	<b>LSD</b>	2.60		1.14		0.0473		0.0201	

**Tableau 25.-** Longueur et poids des parties aériennes et souterraines des plantules des espèces testées traitées à l'extrait foliaire d'*Euphorbia retusa* Forsk. (Pots).

	LPA (cm)			LPR (cm)		PPA (g)		PPR (g)	
	( % )	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G	Mean ± SD	G
<i>Bromus rubens</i> L.	T (-)	17.63 ± 0.42	F	10.38 ± 0.91	D	0.0566± 0.0032	C	0.0128 ± 0.0028	CDE
	5%	13.90 ± 1.52	E	5.88 ± 1.15	C	0.0560 ± 0.0086	C	0.0180 ± 0.0054	E
	10%	12.19 ± 1.14	D	4.95 ± 1.78	BC	0.0414 ± 0.0030	B	0.0178 ± 0.0040	DE
	20%	8.05 ± 0.39	C	4.75 ± 0.79	BC	0.0359 ± 0.0073	B	0.0112 ± 0.0021	C
	30%	3.99 ± 0.90	B	4.32 ± 1.96	BC	0.0309 ± 0.0092	B	0.0117 ± 0.0041	CD
	40%	4.14 ± 0.68	B	3.11 ± 0.77	AB	0.0307 ± 0.0077	B	0.0083 ± 0.0043	BC
	50%	2.87 ± 0.85	B	3.08 ± 0.85	AB	0.0154 ± 0.0062	A	0.0049 ± 0.0018	AB
	T (+)	0.76 ± 0.55	A	1.20 ± 0.70	A	0.0045 ± 0.0021	A	0.0007 ± 0.0001	A
	LSD	1.67		2.19		0.0119		0.0064	
	<i>Phalaris minor</i> Retz.	T (-)	10.72 ± 0.62	C	3.52 ± 0.50	C	0.0153 ± 0.0001	D	0.0022 ± 0.0003
5%		9.55 ± 2.80	C	3.00 ± 0.21	BC	0.0149 ± 0.0008	D	0.0015 ± 0.0002	CD
10 %		9.93 ± 0.66	C	3.45 ± 0.05	C	0.0148 ± 0.0011	D	0.0011 ± 0.0007	BC
20%		9.56 ± 2.49	C	3.32 ± 0.62	C	0.0088 ± 0.0005	C	0.0011 ± 0.0004	BC
30%		6.22 ± 2.08	BC	2.40 ± 0.96	BC	0.0061 ± 0.0034	BC	0.0010 ± 0.0004	BC
40%		3.69 ± 1.18	AB	1.53± 0.92	AB	0.0058 ± 0.0010	BC	0.0010 ± 0.0003	BC
50%		2.28 ± 0.02	AB	1.15 ± 0.63	AB	0.0042 ± 0.0006	ABC	0.0008± 0.0008	ABC
100%		2.53 ± 4.38	AB	1.33 ± 2.30	AB	0.0035 ± 0.0061	AB	0.0002 ± 0.0003	A
T (+)		0.73 ± 0.05	A	0.40 ± 0.10	A	0.0006 ± 0.0001	A	0.0004 ± 0.0001	AB
LSD		4.01		1.78		0.0047		0.0008	
<i>Plantago lagopus</i> L.	T (-)	3.57 ± 0.32	D	2.85 ± 0.17	DE	0.0118 ± 0.0008	E	0.0027 ± 0.0004	C
	5%	3.26 ± 0.49	D	2.93 ± 0.66	E	0.0089 ± 0.0015	D	0.0035 ± 0.0001	D
	10 %	2.98 ± 0.47	D	2.69 ± 0.45	DE	0.0095 ± 0.0013	DE	0.0033 ± 0.0006	D
	20 %	2.57 ± 0.64	CD	2.15 ± 0.19	CD	0.0086 ± 0.0008	D	0.0030 ± 0.0005	CD
	30 %	1.85 ± 0.42	BC	1.79 ± 0.38	BC	0.0066± 0.0007	C	0.0029 ± 0.0004	CD
	40%	1.72 ± 0.53	B	1.24 ± 0.09	B	0.0042 ± 0.0007	B	0.0015 ± 0.0002	B
	50%	1.55 ± 0.13	B	0.54 ± 0.14	A	0.0037 ± 0.0004	B	0.0009 ± 0.0005	AB
	T (+)	0.56 ± 0.28	A	0.33 ± 0.23	A	0.0016 ± 0.0009	A	0.0002± 0.0000	A
	LSD	0.78		0.62		0.0018		0.0008	
	<i>Ammi visnaga</i> L. (LAM).	T (-)	7.87 ± 0.66	C	4.38 ± 0.82	E	0.0347 ± 0.0057	E	0.0059 ± 0.0030
5%		5.46 ± 1.15	B	4.12 ± 0.44	DE	0.0184 ± 0.0067	CD	0.0053 ± 0.0019	BC
10 %		5.27 ± 0.48	B	3.42 ± 0.68	CDE	0.0227 ± 0.0038	D	0.0052± 0.0027	BC
20%		5.02 ± 0.39	B	3.27 ± 0.25	CD	0.0160 ± 0.0025	BCD	0.0031 ± 0.0021	ABC

<b>Triticum durum Desf.</b>	<b>30%</b>	4.18 ± 1.15	B	2.61 ± 0.87	BC	0.0134 ± 0.0032	ABC	0.0028 ± 0.0004	AB
	<b>40%</b>	1.56 ± 0.38	A	1.97 ± 0.38	B	0.0101 ± 0.0037	AB	0.0014 ± 0.0004	A
	<b>T (+)</b>	1.80 ± 0.17	A	0.13 ± 0.05	A	0.0071 ± 0.0016	A	0.0005 ± 0.0001	A
	<b>LSD</b>	1.32		1.06		0.0077		0.0035	
	<b>T (-)</b>	28.15 ± 0.61	G	11.77 ± 1.93	D	0.2534 ± 0.0135	E	0.1185 ± 0.0144	E
	<b>5%</b>	17.43 ± 0.68	F	9.30 ± 1.97	D	0.1765 ± 0.0235	D	0.0934 ± 0.0097	E
	<b>10 %</b>	15.86 ± 2.50	EF	7.53 ± 1.41	CD	0.1782 ± 0.0455	D	0.0692 ± 0.0150	D
	<b>20%</b>	13.76 ± 1.75	DE	8.10 ± 2.05	CD	0.1580 ± 0.0340	CD	0.0548 ± 0.0068	BCD
	<b>30%</b>	11.53 ± 1.22	CD	5.17 ± 0.50	BC	0.1439 ± 0.0107	CD	0.0598 ± 0.0053	CD
	<b>40%</b>	10.61 ± 1.08	C	5.96 ± 3.66	BC	0.1241 ± 0.0098	C	0.0704 ± 0.0218	D
	<b>50%</b>	7.78 ± 1.43	B	3.03 ± 1.22	AB	0.0794 ± 0.0139	B	0.0399 ± 0.0137	BC
	<b>100%</b>	7.18 ± 1.02	B	3.05 ± 0.46	AB	0.0672 ± 0.0160	B	0.0370 ± 0.0124	B
	<b>T (+)</b>	0.60 ± 0.10	A	0.4 ± 0.17	A	0.0076 ± 0.0011	A	0.0081 ± 0.0028	A
	<b>LSD</b>	2.40		3.04		0.0411		0.0224	

A la lumière de ces résultats, il est signalé que l'action des extraits végétaux appliqués à différentes concentrations engendre des variations morphologiques des plantules. L'effet inhibiteur des extraits foliaires a été clairement démontré sur la croissance des racines et des pousses des espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) et de l'espèce cultivée (*Triticum durum*). Les valeurs d'inhibition et les résultats de test de Fisher affirment le fort pouvoir bioherbicide des extraits de trois plantes étudiées notamment celui de *H. scoparium*, où sa toxicité à la plus forte concentration est comparable à celle de l'herbicide (témoin positif).

Ces résultats indiquent clairement que l'effet inhibiteur augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits des plantes.

D'autre part, nous relevons l'effet simulateur au niveau des lots traités par les faibles concentrations, qui se manifeste par l'élongation ou l'augmentation de poids de la partie aérienne et souterraine par rapport aux plantules du lot témoin négatif. Il est généralement rapporté dans la littérature que les composés phénoliques à faibles concentrations stimulent la croissance des plantes (Qasem, 2002 ; Salhi et al., 2013 ; da Silva et al., 2016 ; Haque et al., 2020).

Plusieurs études affirment que certaines plantes médicinales ont des effets allélopathiques et que leurs substances biochimiques inhibent la croissance des espèces adventices (Lin et al.,

2003, 2004). Ces substances biochimiques sont appelées allélochimiques. Des efforts continus sont de plus en plus déployés pour isoler et caractériser de nouveaux composés bioactifs de ces plantes.

Les anomalies de croissance se traduisent par un gonflement de la graine, la germination s'arrête au début de l'apparition de la radicule ou l'absence totale de la germination ou un ralentissement de la croissance de la partie aérienne et souterraine. En outre, un effet sur l'ensemble du système racinaire de la plante, comme le manque du poil racinaire et la réduction du nombre des racines, la nécrose, le noircissement ou l'enflure des extrémités, la réduction de la longueur et poids des racines.

Celles-ci sont probablement liées aux molécules allélochimiques présentes au niveau des extraits. L'effet de ces substances se manifeste par des variations morphologiques qui sont observées aux premiers stades de développement, des effets sur l'allongement de la tige et de la radicule (Kruse *et al.*, 2000).

Une série de changements physiologiques et biochimiques dans les plantes induites par les allélochimiques qui ont inhibé la germination et la croissance des plantules, peut-être en affectant la microstructure et l'ultrastructure des cellules. De nombreuses études, ont été réalisées dont le travail de Cruz *et al.* (1988), qui ont constaté qu'un extrait de maïs réduisait l'activité mitotique de plus de 50 %, provoquait des irrégularités nucléaires et inhibait la croissance racinaire et hypocotylaire de *Citrullus lanatus*. De même, l'acide cinnamique a considérablement déformé l'ultrastructure des chloroplastes et des mitochondries du concombre (Wu *et al.*, 2004). Les allélochimiques de *Convolvulus arvensis* et *Nepeta meyeri* peuvent modifier l'amplification aléatoire des profils d'ADN polymorphe des plantes réceptrices (Kekec *et al.*, 2013 ; Sunar *et al.*, 2013). De plus, ils ont un effet désorganisant à long terme sur l'ultrastructure cellulaire des graines d'*A. thaliana*, en épaississant la paroi cellulaire et en réduisant la communication intercellulaire et la formation de poils racinaires (Chaimovitsh *et al.*, 2010 ; Grana *et al.*, 2013).

Ces composés phytotoxiques agissent par de multiples voies comme l'inhibition de la division et de l'élongation cellulaire, qui sont très importantes à ce stade ou en interférant avec les enzymes oxydatives (Pourmorad *et al.*, 2006). Cai et Mu (2012) ont constaté que des concentrations plus élevées des extraits inhibent l'allongement des racines primaires et le

développement des racines latérales, diminuent la longueur et la densité des poils des racines, inhibent la division cellulaire dans l'extrémité des racines.

De nombreuses études ont montré que les allélochimiques inhibent considérablement la perméabilité de la membrane cellulaire par inhibition de l'activité des enzymes antioxydantes et augmentation des niveaux de radicaux libres, ce qui entraîne une plus grande peroxydation des lipides membranaires et une altération potentielle de la membrane, qui réduisent l'effet de balayage sur l'oxygène activé et endommagent tout le système membranaire des plantes (Lin et al., 2000; Zeng et al., 2001; Harun et al., 2014), ou en augmentant la fuite d'ions en modifiant la perméabilité de la membrane (Yu et Matsui, 1997).

En outre, les allélochimiques peuvent modifier le contenu des régulateurs de croissance ou induire des déséquilibres dans diverses phytohormones, ce qui inhibe la croissance et le développement des plantes, dont les composés phénoliques peuvent influencer les niveaux d'hormones endogènes (Yang et al., 2005). Elie et Romani (1988) ont constaté que l'acide salicylique inhibe la synthèse de l'éthylène dans les cultures de *Pyrus communis* en suspension cellulaire.

Liu et Hu (2001) ont signalé que la croissance des semis de blé était inhibée par l'accumulation d'AIA et de GA, avec une augmentation simultanée de l'ABA.

Ainsi que, les résultats d'une autre étude de Soltys et al., (2012), indiquent que la cyanamide a causé un déséquilibre de l'hormone végétale (éthylène et auxine) dans les racines de tomates (*Solanum lycopersicum* L.).

De plus, les allélochimiques exercent différents effets sur la synthèse, les fonctions, le contenu et les activités de diverses enzymes. Des études antérieures ont montré que l'enzyme clé  $\lambda$ -phosphorylase impliquée dans la germination des graines pourrait être inhibée par l'acide chlorogénique, l'acide caféique et le catéchol (Rice, 1984 ; Einhellig, 1995). En outre, Lin et al., (2001), ont soutenu que l'acide caféique, l'acide gallique et les phénols régulent le métabolisme de la phénylalanine en supprimant les activités de l'acide PAL et de l'acide cinnamique 4-hydroxylase.

Il a été signalé que les allélochimiques affectent la croissance des plantes en influençant différents stades de respiration, tels que le transfert d'électrons dans les mitochondries, la phosphorylation oxydative et la production de CO<sub>2</sub> (Cheng & Cheng, 2015).

Ces produits chimiques peuvent réduire l'apport en oxygène, ce qui empêche l'oxydation du NADH, inhibe l'activité enzymatique de synthèse de l'ATP, réduit la formation d'ATP dans les mitochondries, perturbe la phosphorylation oxydative des plantes et inhibe finalement la respiration. D'autre part, ils peuvent stimuler la libération de CO<sub>2</sub>, ce qui favorise la respiration (Cheng & Cheng, 2015).

Selon Hejl et Koster (2004), ils ont observé que le juglone pouvait atteindre les mitochondries dans les cellules racinaires des semis de maïs et de soja, en perturbant l'absorption d'oxygène des racines.

Les impacts des allélochimiques sur la photosynthèse des plantes impliquent principalement l'inhibition ou l'endommagement des processus de synthèse et l'accélération de la décomposition des pigments photosynthétiques. Par conséquent, le contenu des pigments photosynthétiques diminue, ce qui bloque la synergie et le transfert d'électrons, réduit l'activité enzymatique de synthèse de l'ATP, inhibe la synthèse de l'ATP et affecte la transpiration, qui inhibent le processus photosynthétique (Meazza *et al.*, 2002 ; Yu *et al.*, 2003 ; Wu *et al.*, 2004). Ye *et al.*, (2013) ont constaté une diminution du nombre de centres de réaction actifs et un blocage de la chaîne de transport des électrons.

Les allélochimiques affectent l'absorption des nutriments dans les racines des plantes ou induisent un stress hydrique par une inhibition à long terme de l'utilisation de l'eau. Les allélochimiques peuvent inhiber les activités de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase impliquées dans l'absorption et le transport des ions à la membrane plasmique cellulaire, ce qui supprime l'absorption cellulaire de K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> ou d'autres ions (Cheng & Cheng, 2015).

Les effets des allélochimiques sur l'absorption des ions sont étroitement liés aux concentrations et classifications des allélochimiques. Par exemple, une faible concentration de phtalate de dibutyle augmente l'absorption de N, mais diminue celle de P et de K. Cependant, une forte concentration de ce produit chimique inhibe l'absorption de N, P et K. De même, une faible concentration de diphénylamine stimule l'absorption de N et de K, mais inhibe l'absorption de P par les racines de tomates (Geng *et al.*, 2009).

Abenavoli *et al.* (2010) ont constaté que l'acide trans-cinnamique, l'acide férulique et l'acide p-coumarique ont inhibé l'absorption nette de nitrate et l'activité H<sup>+</sup>-ATPase de la membrane plasmique dans les semis de maïs.

Les allélochimiques peuvent également inhiber l'absorption des acides aminés, en plus du transport, interférant ainsi avec la synthèse des protéines, qui affecte la croissance cellulaire (Abenavoli et al., 2003).

Yuan et al. (1998) ont montré que les effets des allélochimiques, comme l'acide férulique, le benzaldéhyde et l'acide 4-tert-butylbenzoïque, sur l'absorption d'azote dans les semis de blé qui sont négativement corrélés.

Yu et Matsui (1997) ont observé que l'acide cinnamique et les exsudats radiculaires du concombre inhibaient l'absorption de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$  par les plants de concombre. Lv et al. (2002) ont constaté que l'acide cinnamique et le p-hydroxybenzoïque, sont les principaux allélochimiques trouvés dans les exsudats de racines de concombre.

Les allélochimiques influencent la synthèse et le métabolisme des protéines et des acides nucléiques. Certains alcaloïdes peuvent s'intégrer à l'ADN et augmenter la température du clivage de l'ADN, tandis que d'autres peuvent inhiber la polymérase I de l'ADN et empêcher la transcription et la traduction de l'ADN, tandis que d'autres inhibent la biosynthèse des protéines (Wink et Latzbruning, 1995).

Tous les acides phénoliques peuvent affecter l'intégrité de l'ADN et de l'ARN. L'acide férulique et l'acide cinnamique ainsi que de nombreux phénols et alcaloïdes inhibent également la synthèse des protéines (Zeng et al., 2001; Li et al., 2010).

Kato-Noguchi et al. (2013) ont signalé que la momilactone A et B, allélochimique du riz, pourrait inhiber la germination des graines d'*Arabidopsis* en inhibant le processus de dégradation des protéines de stockage.

Enhellig et Eckrich (1984) ont démontré que l'acide p-coumarique a un effet inhibiteur de la croissance de *Vicia faba* L. et de la croissance des racines de *Pisum sativum* L. (Vanghan et Ord, 1990). L'acide férulique inhibe la croissance des racines de concombre, tomate, fève (Blum et al., 1999) et maïs (Devi et Prasad, 1996). Un autre composé phénolique, la catéchine, inhibe la germination et la croissance de diverses plantes (Weir et al., 2003).

Mao et al., (2006), ont montré l'effet des flavonoïdes sur l'inhibition de l'activité de l'ATPase des membranes plasmiques des racines de l'avoine. L'effet allélopathique de différentes doses d'extrait de feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* sur la germination,

l'élongation des pousses et des racines, la nodulation, le diamètre des racines et le développement des racines latérales des plantes test ont été étudiés par Ahmed *et al.*, (2008).

Ces molécules toxiques sont principalement des métabolites secondaires, soit les polyphénols, flavonoïdes, alcaloïdes, molécules aromatiques, qui sont impliqués dans des interactions allélopathiques.

Le type et la quantité d'allélochimiques rejetés dans l'environnement dépendent des effets combinés de la plante elle-même (facteurs végétaux) et des facteurs environnementaux (Albuquerque *et al.*, 2010). Les facteurs végétaux comprennent l'espèce, la variété, le stade de croissance et différents organes (Belz, 2007 ; Leao *et al.*, 2012 ; Iannucci *et al.*, 2013). Les facteurs environnementaux comprennent les facteurs abiotiques (la température, limitation des éléments nutritifs, humidité, pH du sol) et des facteurs biotiques (concurrence végétale, maladies, insectes, invasion animale) (Anaya, 1999).

Une substance allélochimique rejetée dans l'environnement n'est généralement pas une seule substance, et les quantités des composés allélochimiques rejetées dans différentes conditions varient. Par conséquent, le type et la quantité des substances allélochimiques libérées par les plantes devraient être pris en compte lors de l'étude de leur potentiel allélopathique. Les interactions telles que la synergie, l'antagonisme et les effets entre les différentes substances devraient être évalués parce qu'une substance allélochimique peut ne pas montrer d'activité allélopathique comme composant unique dans une certaine situation, mais pourrait augmenter l'allélopathie en association avec d'autres allélochimiques (Albuquerque *et al.*, 2010).

Les allélochimiques peuvent se dégrader après avoir été relâchés dans le sol, leur demi vie varie de quelques heures à quelques mois (Demuner *et al.*, 2005 ; Macias *et al.*, 2005 ; Wang *et al.*, 2007), et cela est principalement associé à la concentration des allélochimiques, au type de sol, aux enzymes du sol, à la population microbienne du sol et à leur structure (Macias *et al.*, 2004 ; Kong *et al.*, 2008 ; Gu *et al.*, 2009).

L'allélopathie est un processus complexe et plusieurs allélochimiques ont été identifiés à ce jour. En raison des différentes sensibilités variables des récepteurs aux allélochimiques et des diversités des effets allélopathiques de différents allélochimiques, un travail supplémentaire considérable est nécessaire dans le domaine de la recherche allélopathique. Très peu d'études sur le transport et la biodégradation des allélochimiques dans le sol ou sur la génétique des populations d'espèces allélopathiques.

De nombreuses recherches ont montré que l'allélopathie a un bon potentiel d'application dans la production agricole. Jusqu'à présent, de nombreuses cultures allélopathiques ont été utilisées dans la production agricole, mais les applications sont limitées aux petites zones et régions.

Les allélochimiques peuvent agir comme herbicides, fongicides, insecticides et régulateurs de croissance de plantes, respectueux de l'environnement, et peuvent avoir une grande valeur dans l'agriculture durable. Bien qu'une substance allélochimique soit utilisée comme bioherbicide depuis des décennies, il existe très peu d'herbicides naturels à large utilisation sur le marché.

Cependant, il y a quelques recherches qui testent les herbicides d'origine naturelle. Avec l'accent croissant mis sur l'agriculture biologique et la protection de l'environnement, une attention croissante a été accordée à la recherche sur l'allélopathie et les mécanismes physiologiques et écologiques qui lui sont liés sont progressivement élucidés. En outre, des progrès ont été réalisés dans la recherche sur les mécanismes moléculaires associés. Il est évident que l'allélopathie exige d'autres recherches pour une application généralisée dans la production agricole mondiale (Cheng et Cheng, 2015).

*Thèse de Doctorat*



*Conclusion*

## Conclusion

Au terme de notre thème de recherche s'intitulant «Evaluation du pouvoir herbicides des extraits aqueux de trois plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est Algérien », nous avons pu avoir une masse importante de résultats et d'informations sur la composition phytochimique et le potentiel bioherbicide des extraits foliaires de *H. scoparium* (Chenopodiaceae), *E. guyoniana* (Euphorbiaceae) et *E. retusa* (Euphorbiaceae) récoltées dans le Sahara Algérien vis-à-vis de cinq espèces tests, quatre adventices des céréales, dont deux monocotylédones (*Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz.) et deux dicotylédones (*Plantago lagopus* L. et *Ammi visnaga* L. (LAM)) et une espèce céréalière (*Triticum durum* Desf.).

Au terme de cette étude, les résultats obtenus montrent qu'il existe une grande variation dans le rendement d'extraction entre les trois espèces végétales. Le rendement d'extraction obtenu étant de 20,64 % pour *H. scoparium*, suivi par celui d'*E. guyoniana* (17,80 %) et enfin *E. retusa* qui possède le plus faible rendement avec 15,45 %.

D'après les résultats du screening phytochimique réalisé, il est noté que les extraits des trois plantes sont très riches en métabolites secondaires dont les alcaloïdes, flavonoïdes, stéroïdes, stérols et triterpènes, coumarine, saponosides, quinone libre, cyanidine, tanins et composés réducteurs dans tous les extraits. On note une absence totale des composés réducteurs chez *H. scoparium*. Les alcaloïdes et coumarines chez *E. guyoniana* et les saponosides chez *Euphorbia retusa*. Nous avons également détecté la présence d'anthocyane chez *E. guyoniana* et glycoside chez *E. retusa*.

La phytochimie quantitative a révélé des taux variables en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux. Les taux les plus élevés en polyphénols se rencontrent dans l'extrait d'*E. guyoniana* ( $2423,80 \pm 1,56$  mg EAG /100 g), tandis que les deux autres espèces sont moins riches en polyphénols, *H. scoparium* ( $588,33 \pm 1,87$  mg EAG /100 g) et *E. retusa* ( $573,8 \pm 1,65$  mg EAG /100 g). Les flavonoïdes totaux se concentrent principalement dans l'extrait d'*Haloxylon scoparium* ( $95,45 \pm 1,21$  mg EQ/100 g), et très faiblement dans les extraits d'*E. guyoniana* ( $34,88 \pm 0,83$  mg EQ/100 g) et d'*E. retusa* ( $24,92 \pm 0,91$  mg EQ/100 g).

L'analyse réalisée par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS-MS) sur les extraits des trois plantes étudiées nous a montré la richesse des feuilles de ces espèces désertiques en composés phénoliques et de déterminer leur composition chimique. Un large éventail de composés phénoliques a été identifié. Il ressort de l'analyse chromatographique que l'extrait foliaire de *H. scoparium* est très riche en molécules bioactives. Les composés identifiés sont : vanilline, naringénine, acide folique, acide maléique, myricétine, quercétine, acide benzoïque, bêta-carotène, BHA et BHT, rutine, acide caféique, hydroxy-4-coumarine, acide ascorbique et acide gallique. Le profil chromatographique de l'extrait foliaire d'*E. guyoniana* a abouti à l'isolement de huit composés phénoliques. Les composés caractérisés sont : vanilline, acide folique, quercétine, bêta-carotène, BHA, BHT, rutine et acide gallique. Alors que l'extrait foliaire d'*E. retusa* a révélé la présence d'acides phénoliques et de flavonoïdes. Les composés identifiés sont : vanilline, acide folique, quercétine, bêta-carotène, BHT et acide gallique.

L'étude du pouvoir allelopathique des extraits foliaires de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa* montre qu'ils présentent un fort potentiel bioherbicide sur la germination des graines, la croissance et le développement des plantules, variant en fonction de l'espèce, de la concentration des extraits et du modèle expérimental (boîtes de pétri ou pot). Les résultats obtenus sont prometteurs, car tous les extraits inhibent significativement la germination des espèces adventices. Par contre, aucun extrait n'a affecté significativement la germination des graines de blé dur.

En général, l'inhibition augmente avec l'augmentation des concentrations des extraits. L'existence d'un phénomène d'allélopathie en conditions expérimentales fournit la preuve que les espèces végétales contiennent des composés allélochimiques, ce qui est confirmé par les analyses phytochimiques qualitative et quantitative des extraits végétaux testés.

Les taux d'inhibition enregistrés au niveau des différents lots des pots traités par ces extraits sont relativement plus faibles comparativement aux résultats obtenus pour les lots de boîtes de Pétri. Cette différence peut être induite par le sol, qui constitue un facteur très important, où l'activité phytotoxique est influencée par des processus du sol comme l'adsorption sur ses composants et la dégradation par les micro-organismes. En plus, dans les boîtes de Pétri, l'effet de dilution est ignoré et l'effet allélopathique se trouve donc surestimé.

La cinétique de germination est lente et l'indice de vigueur est faible des espèces adventices et de l'espèce cultivée traitées par les extraits végétaux, par rapport aux témoins négatifs, se manifeste par l'absence ou le retard de germination des graines. En effet, la capacité germinative des espèces étudiées varie en fonction de l'espèce test et diminue avec l'augmentation des concentrations appliquées.

Les résultats obtenus révèlent que les espèces des adventices sont très sensibles à l'action des extraits végétaux au stade de germination par rapport aux graines de blé. Alors que les graines des adventices monocotylédones (*Bromus rubens* et *Phalaris minor*) sont les plus sensibles comparativement aux graines des adventices dicotylédones (*Plantago lagopus* et *Ammi visnaga*). En plus, l'extrait de *H. scoparium* présente une très importante capacité inhibitrice de la germination et de la croissance des espèces tests, suivi par l'extrait d'*E. guyoniana*, puis l'extrait d'*E. retusa*.

Les valeurs CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub> calculées pour les extraits foliaires de *H. scoparium*, *E. guyoniana* et *E. retusa*, montrent que les extraits foliaires sont plus nocifs pour les espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) que pour l'espèce cultivée (*Triticum durum*).

Les extraits végétaux présentent une capacité exceptionnelle à inhiber la croissance des espèces testées, qui se traduit par les variations de la longueur aussi bien de la partie aérienne que souterraine ainsi que la variation de leur poids frais en fonction des différents traitements appliqués. L'effet inhibiteur des extraits foliaires a été clairement démontré sur la croissance des racines et des pousses des espèces adventices (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) et de l'espèce cultivée (*Triticum durum*). Les valeurs d'inhibition et les résultats de test de Fisher affirment le fort pouvoir bioherbicide des extraits de trois plantes étudiées notamment celui de *H. scoparium*, où sa toxicité à la plus forte concentration est comparable à celle de l'herbicide (témoin positif). Les résultats montrent une augmentation de l'effet inhibiteur de croissance lorsque la concentration des extraits augmente.

D'autre part, il est noté un effet simulateur au niveau des lots traités par les faibles concentrations, qui se manifeste par l'élongation ou l'augmentation de poids aussi bien de la partie aérienne que souterraine par rapport aux plantules du lot témoin négatif. Les effets

allélopathiques positifs des trois extraits se manifestent uniquement sur le développement des plantules.

Une série de changements physiologiques et biochimiques dans les plantes induite par les allélochimiques. Ces derniers, ont inhibé la germination et la croissance des plantules, peut-être en affectant la microstructure et l'ultrastructure des cellules, inhibent la division et l'élongation cellulaire, inhibent considérablement la perméabilité de la membrane cellulaire, peuvent ainsi modifier le contenu des régulateurs de croissance des plantes ou induire des déséquilibres dans diverses phytohormones. Ils peuvent également exercer des différents effets sur la synthèse, les fonctions, le contenu et les activités de diverses enzymes et réduire l'apport en oxygène, peut-être affectent la photosynthèse et l'absorption des nutriments dans les racines ou induisent un stress hydrique par une inhibition à long terme de l'utilisation de l'eau. Les allélochimiques peuvent également inhiber l'absorption des acides aminés, en plus du transport, interférant ainsi avec la synthèse des protéines, qui affecte la croissance cellulaire et influence la synthèse et le métabolisme des protéines et des acides nucléiques.

À la lumière des résultats de notre étude, on conclut qu'à l'instar des résultats d'autres études similaires, montrent que l'exploitation du potentiel bioherbicide des extraits végétaux pour le contrôle des adventices représente une alternative prometteuse pour une agriculture durable, saine pour la santé et inoffensive pour l'environnement. Par ailleurs, les effets allélopathiques positifs (stimulation) devraient être étudiés davantage au profit de l'amélioration de la production des cultures.

Cette étude a analysé les effets d'extraits végétaux sur la germination et la croissance des adventices dans des conditions de laboratoire avec deux modèles expérimentaux : les boîtes de pétries et les pots. D'autres études devraient être menées sur les mêmes espèces de plantes sur champs.

En perspective, et pour poursuivre ces travaux de recherche portant sur l'effet des molécules bioactives à action bioherbicide, il est souhaitable de :

➤ Tester les extraits végétaux étudiés en application directe sur les espèces adventices en plein champ.

- Caractériser et isoler les allélochimiques contenus dans chaque extrait et les faire appliquer séparément afin d'identifier le ou les composés à l'origine de l'effet bioherbicide et de la synthèse de nouveaux produits biologiques à base des extraits végétaux.
- Réaliser des études sur les mécanismes d'action de ces molécules bioactives sur les processus physiologiques et biochimiques des plantules.
- Explorer les possibilités de tester les mélanges de ces extraits qui ont des compositions différentes en métabolites secondaires.
- Rechercher les autres activités biologiques de ces extraits végétaux, notamment activité insecticide, activité antifongique et antibactérienne, etc.
- Etudier l'activité bioherbicide des extraits des autres parties de ces espèces (racines, tiges, fleurs et graines... etc.).
- Approfondir les recherches portant sur la compréhension et l'application de l'effet stimulateur de la croissance végétale révélé dans certains extraits étudiés.
- L'application appropriée de l'allélopathie pour favoriser l'amélioration de la productivité des cultures.

*Thèse de Doctorat*



*References  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Abdallah, E. M. (2014). Antimicrobial properties and phytochemical constituents of the methanol extracts of *Euphorbia retusa* Forssk. and *Euphorbia terracina* L. from Saudi Arabia. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 4(2), 48-53.
- Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. *Crop science*, 13(6), 630-633.
- Abenavoli, M. R., Lupini, A., Oliva, S., & Sorgonà, A. (2010). Allelochemical effects on net nitrate uptake and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize seedlings. *Biologia Plantarum*, 54(1), 149-153.
- Abenavoli, M. R., Sorgonà, A., Sidari, M., Badiani, M., & Fuggi, A. (2003). Coumarin inhibits the growth of carrot (*Daucus carota* L. cv. Saint Valery) cells in suspension culture. *Journal of Plant Physiology*, 160(3), 227-237.
- Abouri, M., El Mousadik, A., Msanda, F., Boubaker, H., Saadi, B., & Cherifi, K. (2012). An ethnobotanical survey of medicinal plants used in the Tata Province, Morocco. *Int J Med Plants Res*, 1(7), 99-123.
- About, M., Bensellam, E. H., Moutiq, R., Elyacoubi, H., & Rochdi, A. (2019). Effet allélopathique de quelques plantes médicinales sur la germination des graines de *Phalaris canariensis* L. et *Lactuca sativa* L. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, (13).
- Ahmed, A. A., Gherraf, N., El-Bassuony, A. A., Rhouati, S., Gad, M. H., Ohta, S., & Hirata, T. (2006). Guyonianin A and B, two polyester diterpenes from Algerian *Euphorbia guyoniana*. *Natural Product Communications*, 1(4), 1934578X0600100402.
- Ahmed, R., Hoque, A. R., & Hossain, M. K. (2008). Allelopathic effects of leaf litters of *Eucalyptus camaldulensis* on some forest and agricultural crops. *Journal of Forestry Research*, 19(1), 19-24.
- Al Harun, M. A. Y., Robinson, R. W., Johnson, J., & Uddin, M. N. (2014). Allelopathic potential of *Chrysanthemoides monilifera* subsp. *monilifera* (boneseed): a novel weapon in the invasion processes. *South African Journal of Botany*, 93, 157-166.

- Albuquerque, M. B., dos Santos, R. C., Lima, L. M., Melo Filho, P. D. A., Nogueira, R. J. M. C., Da Câmara, C. A. G., & de Rezende Ramos, A. (2011). Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 379-395.
- Ali-Rachedi, F., Meraghni, S., Touaibia, N., & Mesbah, S. (2018). Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea* sub. *Maritima* L. *Bulletin de la société royale des sciences de liège*.
- Allaoui, M., Cheriti, A., Chebouat, E., Dadamoussa, B., & Gherraf, N. (2016). Comparative study of the antioxidant activity and phenols and flavonoids contents of the ethyl acetate extracts from two Saharan chenopodacea: *Haloxylon scoparium* and *Traganum nudatum*. *Algerian Journal of Arid and Environment*, 6(1), 71-79.
- Amar, Z., Labib, S. N., Noureddine, G., & Salah, R. (2012). Phytochemical screening of five Algerian plants and the assessment of the antibacterial activity of two *Euphorbia guyaniana* extracts. *Der Pharmacia Lettre*, 4(5), 1438-1444.
- An, M., Pratley, J., & Haig, T. (1998, July). Allelopathy: from concept to reality. In *Proceedings of the 9th Australian agronomy conference* (pp. 563-566). Australian Agronomy Society: Wagga Wagga, Australia.
- Anaya, A. L. (1999). Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. *Critical reviews in plant sciences*, 18(6), 697-739.
- Arruda, H. S., Pereira, G. A., & Pastore, G. M. (2017). Optimization of extraction parameters of total phenolics from *Annona crassiflora* Mart.(Araticum) fruits using response surface methodology. *Food Analytical Methods*, 10, 100-110.
- Atmani, D., Chaher, N., Berboucha, M., Ayouni, K., Lounis, H., Boudaoud, H., ... & Atmani, D. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food chemistry*, 112(2), 303-309.
- Aynehchi, Y., Salehi Sormaghi, M. H., Amin, G. H., & Ghahreman, A. (1981). Survey of Iranian Plants for Saponins, Alkaloids, Flavonoids and Tannins. I. *Quarterly Journal of Crude Drug Research*, 19(2-3), 53-63.

- Babula, P., Adam, V., Kizek, R., Sladký, Z., & Havel, L. (2009). Naphthoquinones as allelochemical triggers of programmed cell death. *Environmental and Experimental botany*, 65(2-3), 330-337.
- Bahorun, T. (1998, March). Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. In *Second Annual Meeting of Agricultural Scientists* (Vol. 83, pp. 83-94).
- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., ... & Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-forschung*, 46(11), 1086-1089.
- Bajwa, A. A. (2014). Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop protection*, 65, 105-113.
- Beckie, H. J., & Tardif, F. J. (2012). Herbicide cross resistance in weeds. *Crop Protection*, 35, 15-28.
- Belaidi, A. (2014). Évaluation du potentiel biocide des extraits foliaire aqueux de (*Datura stramonium* L. et *Nerium oleander* L.). *Laboratoire Biotechnologie végétale Univ. KM Ouargla*, 78p.
- Belhadj-Tahar, S. (2018). *Caractérisation structurale de quelques métabolites secondaires issus de quelques plantes de la famille 'Amarantaceae' du Sahara septentrional* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA).
- Bellakhdar, J., La, P., & Marocaine, T. (1997). *Medecine arabe ancienne et savoirs populaires. La Pharmacopée Traditionnelle ; Ibis Press: Paris, France.*
- Belz, R. G. (2007). Allelopathy in crop/weed interactions—an update. *Pest Management Science : formerly Pesticide Science*, 63(4), 308-326.
- Ben Ali, N. (2016). *Etude de la phytotoxicité des extraits aqueux de quelques plantes médicinales sur l'efficacité de la germination des céréales et de quelques adventices associées*. Thèse master Biotechnologie végétale, Université Ouargla, 66p.
- Ben Amor, S., Mekious, S., Allal Benfekih, L., Abdellatif, M. H., Boussebaa, W., Almalki, F. A. ... & Kawsar, S. M. (2022). Phytochemical Characterization and Bioactivity

of Different Honey Samples Collected in the Pre-Saharan Region in Algeria. *Life*, 12(7), 927.

- Ben Kaab, S. (2020). Etude du potentiel herbicide des extraits végétaux des espèces xero-halophytes Tunisiennes et détermination de leurs modes d'action. Thèse Doc. en Sciences agronomiques et ingénierie biologique, Univ. De Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, 181p
- Ben-Hammouda, M., Kremer, R. J., Minor, H. C., & Sarwar, M. (1995). A chemical basis for differential allelopathic potential of sorghum hybrids on wheat. *Journal of chemical ecology*, 21, 775-786.
- Benkherara, S., Bordjiba, O., Harrat, S., & Djahra, A. B. (2021). Antidiabetic Potential and Chemical Constituents of *Haloxylon scoparium* Aerial Part, An Endemic Plant from Southeastern Algeria. *International Journal of Secondary Metabolite*, 8(4), 398-413.
- Benkrief, R., Brum-Bousquet, M., Tillequin, F., & Koch, M. (1990, January). Alkaloids and flavonoid from aerial parts of *Hammada articulata* ssp. *scoparia*. In *Annales pharmaceutiques françaises* (Vol. 48, No. 4, pp. 219-224).
- Benmeddour, T. (2010). Etude du pouvoir allélopathique de l'Harmel (*Peganum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander* L.) et l'ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swing.) sur la germination de quelques mauvaises herbes des céréales. Thèse magister. Université Setif. Valorisation des ressources végétales.
- Benmeddour, T. (2018). *Etude de l'activité biologique de quelques espèces végétales dans ma région de Aurés et au nord du Sahara algérien* (Doctoral dissertation).
- Blum, U., Shafer, S. R., & Lehman, M. E. (1999). Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: concepts vs. an experimental model. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(5), 673-693.
- Boizot, N., & Charpentier, J. P. J. P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.

- Borella, J., Martinazzo, E. G., Aumonde, T. Z., Amarante, L. D., de Moraes, D. M., & Villela, F. A. (2014). Performance of radish seeds and seedlings under action of aqueous extract of leaves of *Trema micrantha* (Ulmaceae). *Bioscience Journal*, 30(1), 108-116.
- Bouaziz, A., Mhalla, D., Zouari, I., Jlaiel, L., Tounsi, S., Jarraya, R., & Trigui, M. (2016). Antibacterial and antioxidant activities of *Hammada scoparia* extracts and its major purified alkaloids. *South African Journal of Botany*, 105, 89-96.
- Boudiar, T., Hichem, L., Khalfallah, A., Kabouche, A., Kabouche, Z., Brouard, I. ... & Bruneau, C. (2010). A new alkaloid and flavonoids from the aerial parts of *Euphorbia guyoniana*. *Natural product communications*, 5(1), 1934578X1000500109.
- Boufiane, M., Belaid, H., Kemassi, A., Oueld Elhadj-Khelil, A., & Ueld Elhadj, M. D. Effet phytotoxique de l'extrait aqueux d'*Eucalyptus occidentalis* sur une espèce adventice inféodée à la culture de pomme de terre au Sahara Algérien.
- Boukef, M. K. (1986). *Les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne*. Agence de coopération culturelle et technique.
- Boukhalkhal, S. (2018). *Etude phytochimique et activité antioxydante des extraits des métabolites secondaires d'Artemisia campestris* (Doctoral dissertation, Université de Laghouat-Amar Telidji, Département de Chim).
- Boumaza, N. K. O., & Benayache, S. (2017). Recherche et détermination structurale des métabolites secondaires de *Genista tricuspidata* (Fabaceae), et *Haloxylon scoparium* (Chenopodiaceae).
- Boumaza, S. (2019)-(A). *Evaluation de l'effet des extraits flavonoïques et des huiles essentielles d'Euphorbia guyoniana sur les bactéries pathogènes d'origine tellurique* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat. Université m<sup>me</sup> Hamedbougara-Boumerdes. Algérie. 126).
- Boumaza, S., Bouchenak, O., Yahiaoui, K., Toubal, S., El Haddad, D., & Arab, K. (2008). Effect of the aqueous extract of *Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) on pathogenic bacteria from land-based sources. *Appl Ecol Environ Res*, 16, 3767-81.

- Bourogaa, E., Bertrand, J., Despeaux, M., Jarraya, R., Fabre, N., Payrastra, L., ... & Racaud-Sultan, C. (2011). *Hammada scoparia* flavonoids and rutin kill adherent and chemoresistant leukemic cells. *Leukemia research*, 35(8), 1093-1101.
- Bourogaa, E., Jarraya, R. M., Nciri, R., Damak, M., & Elfeki, A. (2014). Protective effects of aqueous extract of *Hammada scoparia* against hepatotoxicity induced by ethanol in the rat. *Toxicology and Industrial Health*, 30(2), 113-122.
- Bourogaa, E., Nciri, R., Mezghani-Jarraya, R., Racaud-Sultan, C., Damak, M., & El Feki, A. (2013). Antioxidant activity and hepatoprotective potential of *Hammada scoparia* against ethanol-induced liver injury in rats. *Journal of physiology and biochemistry*, 69, 227-237.
- Braz ,I & Mohamed Hanchour ,F. (2018). *Etude phytochimique et activité antibactérienne de quatre plantes sahariennes (Artemisa herba helba, Haloxylon scoparium, Peganum harmala et Zygophyllum album)* (Memoire Master, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).
- Bruneton, J. (1996). *Plantes toxiques : végétaux dangereux pour l'homme et les animaux*/Jean Bruneton. *Tec Doc, Paris*.
- Cai, S. L., & Mu, X. Q. (2012). Allelopathic potential of aqueous leaf extracts of *Datura stramonium* L. on seed germination, seedling growth and root anatomy of *Glycine max* (L.) Merrill. *Allelopathy Journal*, 30(2).
- Cameron, H. J., & Julian, G. R. (1980). Inhibition of protein synthesis in lettuce (*Latuca sativa* L.) by allelopathic compounds. *Journal of Chemical Ecology*, 6, 989-995.
- Chaimovitsh, D., Abu-Abied, M., Belausov, E., Rubin, B., Dudai, N., & Sadot, E. (2010). Microtubules are an intracellular target of the plant terpene citral. *The Plant Journal*, 61(3), 399-408.
- Champy, P. (2008). *Plantes toxiques*. UFR. Pharmacie, Université Paris- Sud, 47 p.
- Chao, H. C., Najjaa, H., Villareal, M. O., Ksouri, R., Han, J., Neffati, M., & Isoda, H. (2013). *A rthropytum scoparium* inhibits melanogenesis through the down-regulation of

tyrosinase and melanogenic gene expressions in B 16 melanoma cells. *Experimental dermatology*, 22(2), 131-136.

- Chehma, A. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien.
- Chehma, A., & Djebbar, M. R. (2008). Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien : distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 17, 36-45.
- Chehma, A., Djebbar, M. R., Hadjaiji, F., & Rouabeh, L. (2005). Étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 16(4), 275-285.
- Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in plant science*, 6, 1020.
- Cheng, T. S. (2012). The toxic effects of diethyl phthalate on the activity of glutamine synthetase in greater duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.). *Aquatic Toxicology*, 124, 171-178.
- Cherif, R. (2020). *Etude comparative des activités biologiques des extraits de deux plantes spontanées récoltées au Sahara Algérien* (Doctoral dissertation, Université de Ghardaia).
- Cliffe, S., Fawer, M. S., Maier, G., Takata, K., & Ritter, G. (1994). Enzyme assays for the phenolic content of natural juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(8), 1824-1828.
- Côme, D. (1970). Obstacles to germination. *Obstacles to germination.*, (6).
- Cruz Ortega, R., Anaya, A. L., & Ramos, L. (1988). Effects of allelopathic compounds of corn pollen on respiration and cell division of watermelon. *Journal of Chemical Ecology*, 14, 71-86.
- Daizy, R., Manpreet, B.K., Harminder, P.S. & Ravinder, K.K. 2007. Phytotoxicity of a medicinal plant, *Anisomeles indica*, against *Phalaris minor* and its potential use as natural herbicide in wheat fields. *Crop Protection* 26(7) : 948-952.

- da Silva, R. F., Bressan, R. T., Zilli, B. M., Pilatti, M. A., de Souza, S. N. M., & Santos, R. F. (2016). Allelopathic effect of aqueous extract of fresh leaf castor beans (*Ricinus communis* L.) applied to the beginning stage of soy (*Glycine max* L.) and safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology*, 15(49), 2787-2793.
- Demuner, A. J., Barbosa, L. C., Chinelatto Jr, L. S., Reis, C., & Silva, A. A. (2005). Sorption and persistence of sorgoleone in red-yellow latosol. *Quimica Nova*, 28, 451-455.
- Diabi, R et Benhaddad.N,B. (2022). Effet de l'extraction assistée par ultrasons sur les teneurs en composés phénoliques et la bio-activité des extraits de la plante *Haloxylon articulatum*. Thèse de master specialite : *Biochimie Appliquée*. Université Frères Mentouri Constantine I.
- Djaber Hana et Kherraz Mouna . (2016). Effet de la phytothérapie sur les modifications métaboliques et histologiques des certaines plantes médicinales sur l'envinémation scorpionique. Université Echahid Hamma Lakhdar.
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, 97(4), 654-660.
- Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature & Technology*, (1), 45.
- Dohou, R., Yamni, K., Tahrouch, S., Hassani, L. I., Badoc, A., & Gmira, N. (2003). Screening phytochimique d'une endémique iberomarocaine, *Thymelaea lythroides*. *Bulletin-Société de Pharmacie de Bordeaux*, 142(1/4), 61-78.
- Drioichea, A., Benhlima, N., Kharchoufa, S., El-Makhoukhi, F., Mehanned, S., Adadi, I. ... & Zaira, T. (2019). Antimicrobial and antiradical properties of *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 16(2), 1-14.
- Duke, S. O., Dayan, F. E., Rimando, A. M., Schrader, K. K., Aliotta, G., Oliva, A., & Romagni, J. G. (2002). Chemicals from nature for weed management. *Weed science*, 50(2), 138-151.

- Eddouks, M., Maghrani, M., Lemhadri, A., Ouahidi, M. L., & Jouad, H. (2002). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus, hypertension and cardiac diseases in the southeast region of Morocco (Tafilalet). *Journal of ethnopharmacology*, 82(2-3), 97-103.
- Einhellig, F. A. (1985). Effects of allelopathic chemicals on crop productivity, 109-130.
- Einhellig, F. A. (1995). Allelopathy: status and future goals. in *Allelopathy: Organisms, Processes, and Application*.
- Einhellig, F. A., & Eckrich, P. C. (1984). Interactions of temperature and ferulic acid stress on grain sorghum and soybeans. *Journal of Chemical Ecology*, 10, 161-170.
- El Rhaffari, L., Hammani, K., Benlyas, M., & Zaid, A. (2002). Traitement de la leishmaniose cutanée par la phytothérapie au Tafilalet. *Biologie & Santé*, 1(1), 45-54.
- El-Amier, Y. A., Al-hadithy, O. N., Fahmy, A. A., El-Eraky, T. E., El-Afify, S. M., Elagami, S. A., & Elawady, F. R. (2020). *Euphorbia retusa* (Forssk.) A PROMISING SOURCE FOR BIOACTIVE COMPOUNDS IN BIOMEDICAL AND AGRICULTURE APPLICATIONS.
- El-Darier, S. M. (2002). Allelopathic effects of *Eucalyptus rostrata* on growth. Nutrient uptake and metabolite accumulation of *Vicia faba* L. and *Zea mays* L. *Pak J Biol Sci*, 5(1), 6-11.
- Elgamal, A. M., El Raey, M. A., Gaara, A., Abdelfattah, M. A., & Sobeh, M. (2021). Phytochemical profiling and anti-aging activities of *Euphorbia retusa* extract: in silico and in vitro studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(6), 103159.
- Elisante, F., Tarimo, M. T., & Ndakidemi, P. A. (2013). Allelopathic effect of seed and leaf aqueous extracts of *Datura stramonium* on leaf chlorophyll content, shoot and root elongation of *Cenchrus ciliaris* and *Neonotonia wightii*. *American Journal of Plant Sciences*, 2013.

- El-Shora, H. M., El-Gawad, A., & Ahmed, M. (2014). Evaluation of allelopathic potential of *Rumex dentatus* root extract and allelochemicals on *Cicer arietinum*. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 10(1), 167-180.
- El-Waziry, A. M. (2007). Nutritive value assessment of ensiling or mixing *Acacia* and *Atriplex* using in vitro gas production technique. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 3(6), 605-614.
- ENNACERIE F-Z, RHAZI FILALI F, MOUKRAD N, BOUIDR M, BENTAYEB A., 2018. Evaluation of the Antioxidant Activity and the Cytotoxicity of Extracts of *Capparis spinose*. *University Moulay Ismail, PB 11201, Zitoune, Meknes, Morocco*. ISSN : 0975-248X. 10 (2): 57-64.
- Feeny, P. (1976). Plant apparency and chemical defense. In *Biochemical interaction between plants and insects* (pp. 1-40). Springer, Boston, MA.
- Friendman, J. 1995. Allelopathy, Autotoxicity, and germination. In *Seed development and germination*. CRC Press, Florida. pp. 629-643.
- Geng, G., Zhang, S., & Cheng, Z. (2009). Effects of different allelochemicals on mineral elements absorption of tomato root. *China Vegetables*, (4), 48-51.
- Ghareeb, T., EL-Toumy, S., Elgendy, H., & Haggag, E. (2018). Secondary metabolites and hepatoprotective activity of *Euphorbia retusa*. *Journal of advanced pharmacy research*, 2(4), 283-291.
- Graña, E., Sotelo, T., Díaz-Tielas, C., Araniti, F., Krasuska, U., Bogatek, R., ... & Sánchez-Moreiras, A. M. (2013). Citral induces auxin and ethylene-mediated malformations and arrests cell division in *Arabidopsis thaliana* roots. *Journal of chemical ecology*, 39, 271-282.
- Grotewold, E. (Ed.). (2006). *The science of flavonoids* (pp. 1-274). New York: Springer.
- Gu, Y., Wang, P., & Kong, C. H. (2009). Urease, invertase, dehydrogenase and polyphenoloxidase activities in paddy soil influenced by allelopathic rice variety. *European Journal of Soil Biology*, 45(5-6), 436-441.

- Gubb, A. S. (1913). *La flore saharienne : un aperçu photographique*. Adolphe Jourdan.
- Haba, H. (2008). *Etude phytochimique de deux Euphorbiaceae sahariennes : Euphorbia guyoniana Boiss. et Reut. et Euphorbia retusa Forsk* (Doctoral dissertation, UB1).
- Haba, H., Lavaud, C., Harkat, H., Magid, A. A., Marcourt, L., & Benkhaled, M. (2007). Diterpenoids and triterpenoids from *Euphorbia guyoniana*. *Phytochemistry*, 68(9), 1255-1260.
- Haba, H., Lavaud, C., Magid, A. A., & Benkhaled, M. (2009). Diterpenoids and triterpenoids from *Euphorbia retusa*. *Journal of natural products*, 72(7), 1258-1264.
- Hablaoui, A et Hakkoum, R. (2013). *L'effet allélochimique des extraits aqueux de quelque mauvaises herbes sur la germination et la croissance de blé*. Thèse master. Université Ouargla. Biotechnologie végétale. 76p.
- Haida, S., & Kribii, A. (2020). Chemical composition, phenolic content and antioxidant capacity of *Haloxylon scoparium* extracts. *South African Journal of Botany*, 131, 151-160.
- Haida, S., Kribii, A., Daoud, N. A., Belakhmima, R. A., & Kribii, A. (2022). Antioxidant activity of *Haloxylon scoparium* alkaloid extracts from Figuig region (southeastern of Morocco). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58.
- Haque, M. M., Islam, A. M., Anwar, M. P., & Yeasmin, S. (2020). Research Article Evaluation of Allelopathic Potential of *Ricinus communis* on the Growth of Seven Field Crops. *Research Journal of Medicinal Plant*, 14, 79-87.
- Harborne, A. J. (1998). *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. Springer science & business media.
- Harraz, F. M., Gürek, F., Oeksuez, S., & Ulubelen, A. (1994). Triterpenes and fatty acids from *Euphorbia retusa*. *TURKISH JOURNAL OF CHEMISTRY*, 18, 251-251.
- Hayouni, E. A., Abedrabba, M., Bouix, M., & Hamdi, M. (2007). The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of

Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food chemistry*, 105(3), 1126-1134.

- Hegab, M. M., Khodary, S. E. A., Hammouda, O., & Ghareib, H. R. (2008). Autotoxicity of chard and its allelopathic potentiality on germination and some metabolic activities associated with growth of wheat seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 7(7).
- Hejl, A. M., & Koster, K. L. (2004). Juglone disrupts root plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity and impairs water uptake, root respiration, and growth in soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Journal of chemical ecology*, 30, 453-471.
- Herouini, A., & El Hadj, K. A. O. (2015). Etude de l'activité biologique des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algérien). *مجلة الواحات للبحوث والدراسات*, 8(2).
- Ho, T. L., Nguyen, V. L., Phan, L. K., Nguyen, C. T., Nguyen, T. H., Van, V. L., & Reid, S. J. (2022). Phytotoxicity in aqueous methanolic extracts of rice against junglerice and total activities of identified phytotoxic compounds. *Annals of Applied Biology*, 180(2), 196-210.
- Huang, L. F., Song, L. X., Xia, X. J., Mao, W. H., Shi, K., Zhou, Y. H., & Yu, J. Q. (2013). Plant-soil feedbacks and soil sickness: from mechanisms to application in agriculture. *Journal of chemical ecology*, 39, 232-242.
- Huang, P. M., Wang, M. C., & Wang, M. K. (1999). Catalytic transformation of phenolic compounds in the soil. *Principles and Practices in Plant Ecology: Allelochemical Interactions*. Eds. Inderjit, KMM Dakshini and CL Foy, 287-306.
- Hussain, S., Siddiqui, S. U., Khalid, S., Jamal, A., Qayyum, A., & Ahmad, Z. (2007). Allelopathic potential of senna (*Cassia angustifolia* Vahl.) on germination and seedling characters of some major cereal crops and their associated grassy weeds. *Pakistan Journal of Botany*, 39(4), 1145.
- Iannucci, A., Fragasso, M., Platani, C., & Papa, R. (2013). Plant growth and phenolic compounds in the rhizosphere soil of wild oat (*Avena fatua* L.). *Frontiers in Plant Science*, 4, 509.

- Inderjit, & Dakshini, K. M. M. (1995). On laboratory bioassays in allelopathy. *The Botanical Review*, 61, 28-44.
- Inderjit, C. H., & Nishimura, H. (1999). Plant phenolics and terpenoids: transformation, degradation, and potential for allelopathic interactions. *Principles and Practices in Plant Ecology: Allelochemical Interactions (Inderjit, KMM et al., eds)*, 255-266.
- Inderjit. (2001). Soil: environmental effects on allelochemical activity. *Agronomy Journal*, 93(1), 79-84.
- Inderjit. (2005). Soil microorganisms: an important determinant of allelopathic activity. *Plant and Soil*, 227-236.
- Islam, A. M., & Kato-Noguchi, H. (2013). Allelopathic prospective of *Ricinus communis* and *Jatropha curcas* for bio-control of weeds. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 63(8), 731-739.
- Jaradat, N., Hussen, F., & Al Ali, A. (2015). Preliminary phytochemical screening, quantitative estimation of total flavonoids, total phenols and antioxidant activity of *Ephedra alata* Decne. *J. Mater. Environ. Sci*, 6(6), 1771-1778.
- Jarraya, R., Ben Salah, H., & Damak, M. (2005). Chemical and radical scavenging activity of constituents from *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 7, 261-266.
- Kaab, S. B., Rebey, I. B., Hanafi, M., Hammi, K. M., Smaoui, A., Fauconnier, M. L., ... & Ksouri, R. (2020). Screening of Tunisian plant extracts for herbicidal activity and formulation of a bioherbicide based on *Cynara cardunculus*. *South African Journal of Botany*, 128, 67-76.
- Kamel, E., Eid, S. D., & Elian, H. (2022). Allelochemicals Effect of Aqueous Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) on Weed Control in Peanut and Cowpea Crops. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(5), 1-2.

- Karous, O., Aichi, H. Y., Jilani, I. B. H., & GHRABI-GAMMAR, Z. E. I. N. E. B. (2020). Volatiles profiling, phytotoxic activity, and antioxidant potentiality of *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin extracts from southern Tunisia.
- Kato-Noguchi, H., & Kurniadie, D. (2022). Allelopathy and Allelochemicals of *Leucaena leucocephala* as an Invasive Plant Species. *Plants*, 11(13), 1672.
- Kato-Noguchi, H., Ota, K., Kujime, H., & Ogawa, M. (2013). Effects of momilactone on the protein expression in *Arabidopsis* germination. *Weed Biology and Management*, 13(1), 19-23.
- Kayrallah, W., & Hachemi, L. (1978). Food legumes in Algeria. In *Food legume improvement and development: proceedings....* IDRC, Ottawa, ON, CA.
- Kekeç, G., Mutlu, S., Alpsoy, L., Sakçali, M. S., & Atici, Ö. (2013). Genotoxic effects of catmint (*Nepeta meyeri* Benth.) essential oils on some weed and crop plants. *Toxicology and Industrial Health*, 29(6), 504-513.
- Kemassi, A. (2014). Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* (Stapf.)(Euphorbiaceae), *Cleome arabica* L.(Capparidaceae) et de *Capparis spinosa* L.(Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Doctoral dissertation).
- Kemassi, A., Boukhari, K., Cherif, R., Ghada, K., Bendaken, N., Bouziane, N., ... & Ould Elhadh, E. M. (2015). Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.)(Euphorbiaceae). *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes*, 8(1), 44-61.
- Kemassi, A., Bouziane, N., Boual, Z., Mesbahi, Z., Ghenabzia, M., Kafi, M., ... & Ould Elhadj, M. D. (2013). Study of the toxicity of the crude acetone leaf extract of *Euphorbia guyoniana* Boiss. And Reut. (Euphorbiaceae) in *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididea). *PhytoChem & BioSub Journal*, 7(1), 2-13.
- Kemassi, A., Herouini, A., Hadj, S. A., Cherif, R., & Elhadj, M. O. (2019). Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued

Sebseb (Sahara Algerien) sur le *Tribolium castaneum*. *Lebanese science journal*, 20(1), 55-70.

- Kharchoufa, L., Bouhrim, M., Bencheikh, N., El Assri, S., Amirou, A., Yamani, A. ... & Elachouri, M. (2020). Acute and subacute toxicity studies of the aqueous extract from *Haloxylon scoparium* Pomel (*Hammada scoparia* (Pomel)) by oral administration in rodents. *BioMed Research International*, 2020.
- Kim, D. O., Chun, O. K., Kim, Y. J., Moon, H. Y., & Lee, C. Y. (2003). Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(22), 6509-6515.
- Kong, C. H., Wang, P., Gu, Y., Xu, X. H., & Wang, M. L. (2008). Fate and impact on microorganisms of rice allelochemicals in paddy soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(13), 5043-5049.
- Kruse, M., Strandberg, M., & Strandberg, B. (2000). Ecological effects of allelopathic plants-a review. *NERI technical report*, 315.
- Ksouri, R., Ksouri, W. M., Jallali, I., Debez, A., Magné, C., Hiroko, I., & Abdelly, C. (2012). Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Critical reviews in biotechnology*, 32(4), 289-326.
- Lachkar, N., Lamchouri, F., Bouabid, K., Boulfia, M., Senhaji, S., Stitou, M., & Toufik, H. (2021). Mineral composition, phenolic content, and in vitro antidiabetic and antioxidant properties of aqueous and organic extracts of *Haloxylon scoparium* aerial parts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021.
- Lahmadi, S., Belhamra, M., Karoune, S., Kechebar, M. S. A., Bensouici, C., Kashi, I., ... & Ksouri, R. (2019). In vitro antioxidant capacity of *Euphorbia retusa* Forssk. from Algerian desert. *J. Pharm. Pharmacogn. Res*, 7(5), 356-366.
- Le Bourgeois, T., & Merlier, H. (1995). *Adventrop : les adventices d'Afrique soudano-sahélienne*. Editions Quae.

- Leao, P. N., Engene, N., Antunes, A., Gerwick, W. H., & Vasconcelos, V. (2012). The chemical ecology of cyanobacteria. *Natural product reports*, 29(3), 372-391.
- Lee, K. W., Kim, Y. J., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2003). Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(25), 7292-7295.
- Lee, T. T., Starratt, A. N., & Jevnikar, J. J. (1982). Regulation of enzymic oxidation of indole-3-acetic acid by phenols: structure-activity relationships. *Phytochemistry*, 21(3), 517-523.
- Lesuffleur, F. (2007). *Rhizodéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le trèfle blanc (Trifolium repens L.)* (Doctoral dissertation, Caen).
- Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C. D., & Jiang, D. A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12), 8933-8952.
- Lin, D., Tsuzuki, E., Sugimoto, Y., Dong, Y., Matsuo, M., & Terao, H. (2004). Elementary Identification and biological activities of phenolic allelochemicals from dwarf lilyturf plant (*Ophiopogon japonicus* K.) against two weeds of paddy rice field. *Plant Prod. Sci*, 7(3), 260-265.
- Lin, D., Tsuzuki, E., Sugimoto, Y., Dong, Y., Matsuo, M., & Terao, H. (2003). Assessment of dwarf lilyturf (*Ophiopogon japonicus* K.) dried powders for weed control in transplanted rice. *Crop Protection*, 22(2), 431-435.
- Lin, W. X., He, H. Q., Guo, Y.C., Liang, Y. Y., and Chen, F.Y. (2001). Rice allelopathy and its physio biochemical characteristics. *Chin.J.Appl.Ecol.* 12, 871–875.
- Lin, W. X., Kim, K. U., & Shin, D. H. (2000). Rice allelopathic potential and its modes of action on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Allelopathy journal*, 7(2), 215-224.
- Liu, X.F., and Hu, X. J. (2001). Effects of allelochemical ferulic acid on endogenous hormone level of wheat seedling. *Chin.J.Ecol.Agric.* 9, 96–98.

- Lovett, J. V. (1991). Changing perceptions of allelopathy and biological control. *Biological Agriculture & Horticulture*, 8(2), 89-100.
- Lv, W. G., Zhang, C. L., Yuan, F., & Peng, Y. (2002). Mechanism of allelochemicals inhibiting continuous cropping cucumber growth. *Sci. Agric. Sin*, 35, 106-109.
- Macheix, J. J., Fleuriot, A., & Jay-Allemand, C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. PPUR presses polytechniques.
- Macias, F. A., Molinillo, J. M., Varela, R. M., & Galindo, J. C. (2007). Allelopathy—a natural alternative for weed control. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 63(4), 327-348.
- Macias, F. A., Oliveros-Bastidas, A., Marin, D., Castellano, D., Simonet, A. M., & Molinillo, J. M. G. (2004). Soil degradation dynamics of 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-(2H)-1, 4-benzoxazin-3-(4H)-one (DIMBOA) and its degradation products, phytotoxic allelochemicals from Gramineae. *J Agric Food Chem*, 52, 6402-6413.
- Macias, F. A., Oliveros-Bastidas, A., Marin, D., Castellano, D., Simonet, A. M., & Molinillo, J. M. G. (2005). Degradation studies on benzoxazinoids. Dynamics of (2R)-2-O-β-d-glucopyranosyl-4-hydroxy-(2H)-1, 4-benzoxazin-3 (4H)-one (DIBOA-Glc) and its degradation products, phytotoxic allelochemicals from gramineae. *J. Agric. Food Chem*, 53, 554-561.
- Madike, Lerato Nellvecia., Takaidza, S., & Pillay, M. (2017). Preliminary phytochemical screening of crude extracts from the leaves, stems, and roots of *Tulbaghia violacea*. *Int J Pharmacogn Phytochem Res*, 9(10), 1300-1308.
- Maire, R. (1933). *Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central* (Vol. 1). Imprimerie "La Typo-Litho".
- Maiza, K., de La Perrière, R. B., & Hammiche, V. (1993). Pharmacopée traditionnelle saharienne : Sahara septentrional. In *Actes du 2 ème Colloque Européen d'Ethnopharmacologie et de la 11 ème Conférence internationale d'Ethnomédecine, Heidelberg*.

- Mao, J., Yang, L., Shi, Y., Hu, J., Piao, Z., Mei, L., & Yin, S. (2006). Crude extract of *Astragalus mongholicus* root inhibits crop seed germination and soil nitrifying activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 201-208.
- Meazza, G., Scheffler, B. E., Tellez, M. R., Rimando, A. M., Romagni, J. G., Duke, S. O., ... & Dayan, F. E. (2002). The inhibitory activity of natural products on plant p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Phytochemistry*, 60(3), 281-288.
- Mezghani-Jarraya, R., Hammami, H., Ayadi, A., & Damak, M. (2009). Molluscicidal activity of *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin leaf extracts and the principal alkaloids isolated from them against *Galba truncatula*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104, 1035-1038.
- Mezghani-Jarraya, R., Hammami, H., Ayadi, A., & Damak, M. (2009). Molluscicidal activity of *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin leaf extracts and the principal alkaloids isolated from them against *Galba truncatula*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104, 1035-1038.
- Mohammedi, Z. (2013). *Etude phytochimique et activités biologiques de quelques Plantes médicinales de la Région Nord et Sud-Ouest de l'Algérie* (Doctoral dissertation).
- Mseddi, K., Alghamdi, A., & Ibrahim, N. (2018). Allelopathic potential of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad to control ryegrass weed in barley crop. *Allelopathy Journal*, 45(2), 197-212.
- Muller, C. H. (1965). Inhibitory terpenes volatilized from *Salvia* shrubs. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 38-45.
- Naz, R., & Bano, A. (2013). Effects of *Calotropis procera* and *Citrullus colocynthis* on germination and seedling growth of maize. *Allelopathy Journal*, 31(1), 105.
- Oleszek, W., & Jurzysta, M. (1987). The allelopathic potential of alfalfa root medicagenic acid glycosides and their fate in soil environments. *Plant and Soil*, 98, 67-80.
- Olofsdotter, M. (2001). Rice—a step toward use of allelopathy. *Agronomy Journal*, 93(1), 3-8.

- Otmani, R., Khene, B., & Kemassi, A. (2021). Biological activity of aqueous extract of *Datura stramonium* L. (Solanaceae) collected in the Algerian Sahara. *International Journal of Human Settlements*, 5 (2), 332-348.
- Ouattar, S., & Ameziane, T. E. H. (1989). *Les céréales au Maroc : de la recherche à l'amélioration des techniques de production*. Editions Toubkal.
- Ozenda, P. (1977). *Flore du Sahara* : Editions CNRS.
- Ozenda, P. (1991). *Flore de Sahara* (3e édition mise à jour et augmentée). Paris, *Éditions du CNRS*, 662.
- Parry, G. (1982), *Le cotonnier et ses produits*. Maisonneuve et Larose, Paris, 88p.
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J., & Shahabimajd, N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African journal of biotechnology*, 5(11).
- Qasem, J. R. (2002). Allelopathic effects of selected medicinal plants on *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium murale*. *Allelopathy journal*, 10(2), 105-122.
- Quézel, P. (1978). Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 479-534.
- Quézel, P., & Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
- Quezel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (No. 581.965 Q8).
- Rama Devi, S., & Prasad, M. N. V. (1996). Ferulic acid mediated changes in oxidative enzymes of maize seedlings: implications in growth. *Biologia Plantarum*, 38, 387-395.
- Refahy, L. A. G. (2011). Study on flavonoids and triterpenoids content of some Euphorbiaceae plants. *Journal of Life Sciences*, 5, 100-107.

- Regnault-Roger, C., Philogène, B. J. R., & Vincent, C. (2006). Biopesticides d'origine végétale. *Etude de la rémanence du triflumuron, inhibiteur de la synthèse de la chitine, selon la nature du tissu à l'égard de la mouche tsé-tsé Glossina palpalis gambiensis, dans une perspective de lutte autocide*, 24(1), 128.
- Rice EL. Allelopathy. Orlando, FL: Academic Press; 1984.
- Rice, E.L. (1974). Allelopathy. Academic Press, New York, NY.
- Saadaoui, E., Martín Gómez, J. J., Ghazel, N., Romdhane, C. B., Massoudi, N., & Cervantes, E. (2015). Allelopathic effects of aqueous extracts of *Ricinus communis* L. on the germination of six cultivated species.
- Saddiqe, Z., Nazir, A., & Sabir, M. (2020). ALLELOPATHIC EFFECT OF RICINUS COMMUNIS L. EXTRACTS ON GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF ZEA MAYS L. *Journal of Natural and Applied Sciences Pakistan*, 2 (1), 232-243.
- Saif-Eldin, N. A. (1994). Triterpenes from *Euphorbia retusa*. *Alexandria journal of pharmaceutical sciences*, 8, 23-24.
- Salah B, Bordjiba O. (2018). Phytochemical study and in vitro antioxidant activities of hammada scoparia extracts from southeastern Algeria Asian. *Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11, 187.
- Salah, H. B., Jarraya, R., Martin, M. T., Veitch, N. C., Grayer, R. J., Simmonds, M. S., & Damak, M. (2002). Flavonol Triglycosides from the Leaves of Hammada scoparia (P OMEL) I LJIN. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 50(9), 1268-1270.
- Saleh, N. A. (1985). Flavonol glycosides of *Euphorbia retusa* and *E. sanctae-catharinae*. *Phytochemistry*, 24(2), 371-372.
- Salhi, N. (2011). *Allelochemicals from some medicinal and aromatic plants and their potential use as bioherbicides* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).

- Salhi, N., & El-Taher, S. E. D. H. (2013). Allelopathic effect of *Euphorbia guyoniana* aqueous extract and their potential uses as natural herbicides. *Sains Malaysiana*, 42(10), 1501-1504.
- Sathiyamoorthy, P., Lugasi-Evgi, H., Schlesinger, P., Kedar, I., Gopas, J., Pollack, Y., & Golan-Goldhirsh, A. (1999). Screening for cytotoxic and antimalarial activities in desert plants of the Negev and Bedouin market plant products. *Pharmaceutical biology*, 37(3), 188-195.
- Sathiyamoorthy, P., Lugasi-Evgi, H., Van-Damme, P., Abu-Rabia, A., Gopas, J., & Golan-Goldhirsh, A. (1997). Larvicidal activity in desert plants of the Negev and Bedouin market plant products. *International Journal of Pharmacognosy*, 35(4), 265-273.
- Sato, T., Kiuchi, F., & Sankawa, U. (1982). Inhibition of phenylalanine ammonia-lyase by cinnamic acid derivatives and related compounds. *Phytochemistry*, 21(4), 845-850.
- Sdayria, J., Rjeibi, I., Feriani, A., Ncib, S., Bouguerra, W., Hfaiedh, N., ... & Allagui, M. S. (2018). Chemical composition and antioxidant, analgesic, and anti-inflammatory effects of methanolic extract of *Euphorbia retusa* in mice. *Pain Research and Management*, 2018.
- Seyoum, A., Asres, K., & El-Fiky, F. K. (2006). Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*, 67(18), 2058-2070.
- Shaaban, M., Ali, M., Tala, M. F., Hamed, A., & Hassan, A. Z. (2018). Ecological and phytochemical studies on *Euphorbia retusa* (Forssk.) from Egyptian Habitat. *Journal of analytical methods in chemistry*, 2018.
- Siddiqui, S., Bhardwaj, S., Khan, S. S., & Meghvanshi, M. K. (2009). Allelopathic effect of different concentration of water extract of *Prosopis juliflora* leaf on seed germination and radicle length of wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 4(2), 81-84.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.

- Smara, O., Julia, A., Moral-Salmi, C., Vigor, C., Joseph, V., & Legseir, B. (2014). Flavonoïds from *Euphorbia guyoniana* Boissier & Reuter. *J. Life Sci*, 8(6), 544-551.
- Sunar, S., Yildirim, N., Aksakal, O., & Agar, G. (2013). Determination of the genotoxic effects of *Convolvulus arvensis* extracts on corn (*Zea mays* L.) seeds. *Toxicology and Industrial Health*, 29(5), 449-459.
- Sunar, S., Yildirim, N., Aksakal, O., & Agar, G. (2013). Determination of the genotoxic effects of *Convolvulus arvensis* extracts on corn (*Zea mays* L.) seeds. *Toxicology and Industrial Health*, 29(5), 449-459.
- Tahar, S. B., Hadj-Mahammed, M., & Yousfi, M. (2015). Study of the antioxidant activity of phenolic extracts of *A. halimus* L and *Haloxylon scoparium* Pomel northern Sahara. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(11), 258-264.
- Taïr, K., Kharoubi, O., Taïr, O. A., Hellal, N., Benyettou, I., & Aoues, A. (2016). Aluminium-induced acute neurotoxicity in rats: Treatment with aqueous extract of *Arthrophytum* (*Hammada scoparia*). *Journal of acute disease*, 5(6), 470-482.
- Talibi, I., Askarne, L., Boubaker, H., Boudyach, E. H., Msanda, F., Saadi, B., & Ait Ben Aoumar, A. (2012). Antifungal activity of Moroccan medicinal plants against citrus sour rot agent *Geotrichum candidum*. *Letters in applied microbiology*, 55(2), 155-161.
- Tanji, A. (2005). Adventices du blé et de l'orge au Maroc. *Editions INRA Maroc, Rabat*. 458p.
- Trease, E., & Evans, W. C. (1987). Pharmacognosie. *Billiaire Tindall: London, UK*.
- Turkmen, N., Velioglu, Y. S., Sari, F., & Polat, G. (2007). Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules*, 12(3), 484-496.
- UNESCO, "Les plantes médicinales des régions arides. Recherches sur les zones arides", Paris, (1960), 99p.

- Van Evert, F. K., Fountas, S., Jakovetic, D., Crnojevic, V., Travlos, I., & Kempenaar, C. (2017). Big data for weed control and crop protection. *Weed Research*, 57(4), 218-233.
- Wang, P., Kong, C. H., Hu, F., & Xu, X. H. (2007). Allantoin involved in species interactions with rice and other organisms in paddy soil. *Plant and Soil*, 296, 43-51.
- Weih, M., Didon, U. M. E., Rönnerberg-Wästljung, A. C., & Björkman, C. (2008). Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops. *Agricultural Systems*, 97(3), 99-107.
- Weir, T. L., Park, S. W., & Vivanco, J. M. (2004). Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Current opinion in plant biology*, 7(4), 472-479.
- Weston, L. A. (1996). Utilization of allelopathy for weed management in agro ecosystems. *Agronomy journal*, 88(6), 860-866.
- Wink, M., & Latz-Brüning, B. (1995). Allelopathic properties of alkaloids and other natural products: possible modes of action.
- Wu, F. Z., Pan, K., Ma, F. M., & Wang, X. D. (2004). Effects of cinnamic acid on photosynthesis and cell ultrastructure of cucumber seedlings. *Acta Horti Sin*, 31, 183-188.
- Yang, Q., YE, W., Liao, F., & Yin, X. (2005). Effects of allelochemicals on seed germination. *Chinese Journal of Ecology*, (12), 1459.
- Ye, C. P., Zhang, M. C., & Yang, Y. F. (2013). Photosynthetic inhibition on the microalga *Phaeodactylum tricornutum* by the dried macroalga *Gracilaria tenuistipitata*. In *Materials Science Forum* (Vol. 743, pp. 725-731). Trans Tech Publications Ltd.
- Yu, J. Q., & Matsui, Y. (1997). Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals on ion uptake by cucumber seedlings. *Journal of Chemical Ecology*, 23(3), 817-827.
- Yu, J. Q., Ye, S. F., Zhang, M. F., & Hu, W. H. (2003). Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals, on photosynthesis

and antioxidant enzymes in cucumber. *Biochemical systematics and ecology*, 31(2), 129-139.

- Yuan, G. L., Ma, R. X., Liu, X. F., & Sun, S. S. (1998). Effect of allelochemicals on nitrogen absorption of wheat seeding. *Chin. J. Eco. Agric*, 3, 9-41.
- Zeghada, F. Z. (2009). *Activité allélopathique et analyse phytochimique* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- Zeng, R. S., Luo, S. M., Shi, Y. H., Shi, M. B., & Tu, C. Y. (2001). Physiological and biochemical mechanism of allelopathy of secalonic acid F on higher plants. *Agronomy journal*, 93(1), 72-79.
- Zerriouh, M. (2015). Contribution à l'étude phytochimique et activité antidiabétique de *Hammada scoparia* (Pomel), 'Remth'. *PhD Thèse, Université Abou Bekr Belkaid*.
- Ziani, B. E., Calhelha, R. C., Barreira, J. C., Barros, L., Hazzit, M., & Ferreira, I. C. (2015). Bioactive properties of medicinal plants from the Algerian flora: Selecting the species with the highest potential in view of application purposes. *Industrial Crops and Products*, 77, 582-589.

*Thèse de Doctorat*



*Annexe*

ANNEXE

1. ANNEXE I

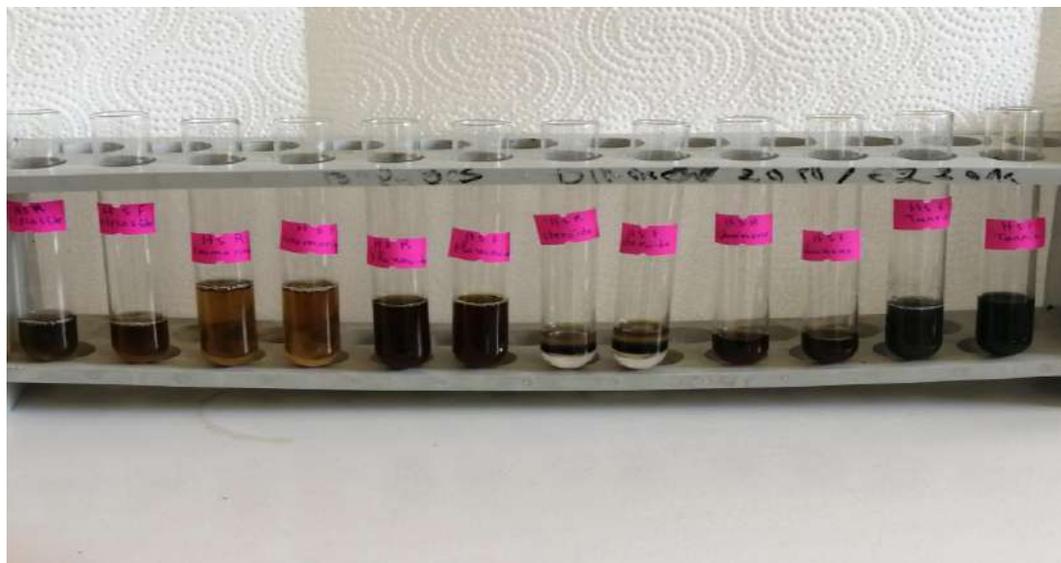


Photo 01.- Analyses phytochimiques qualitatives (Tests phytochimiques)

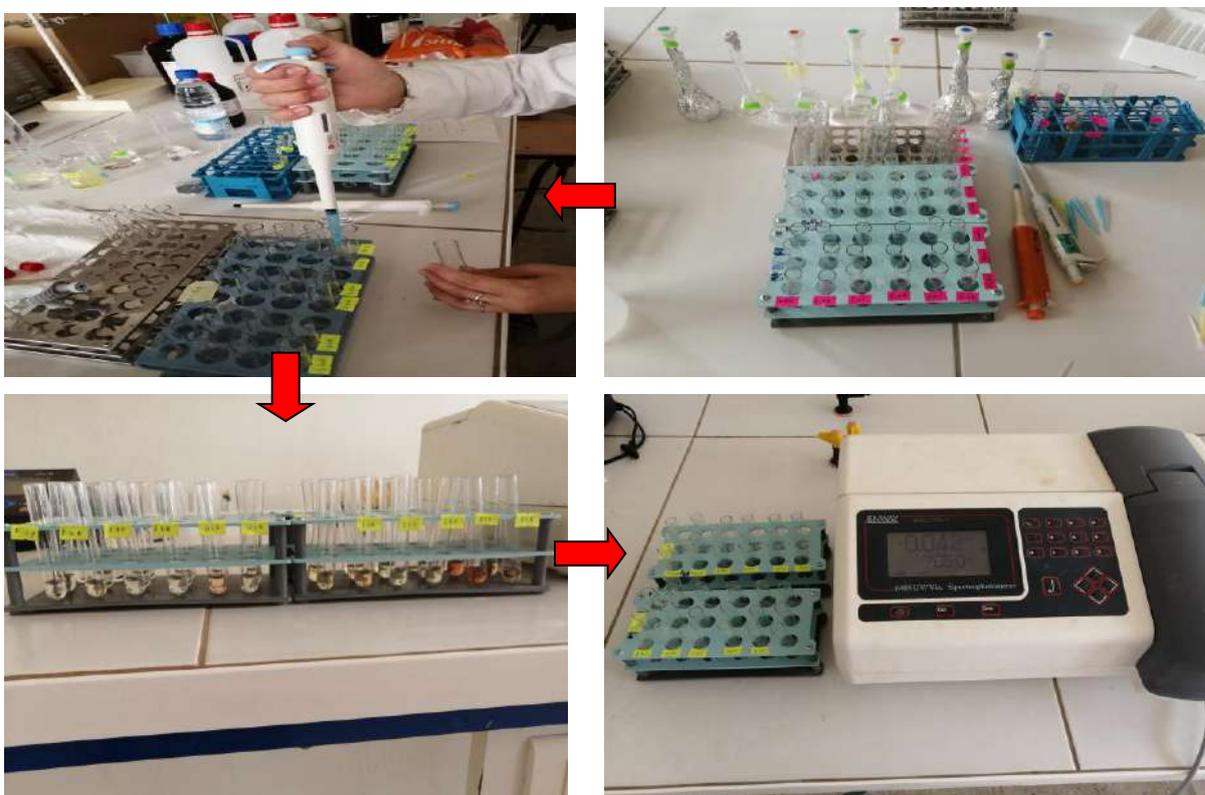
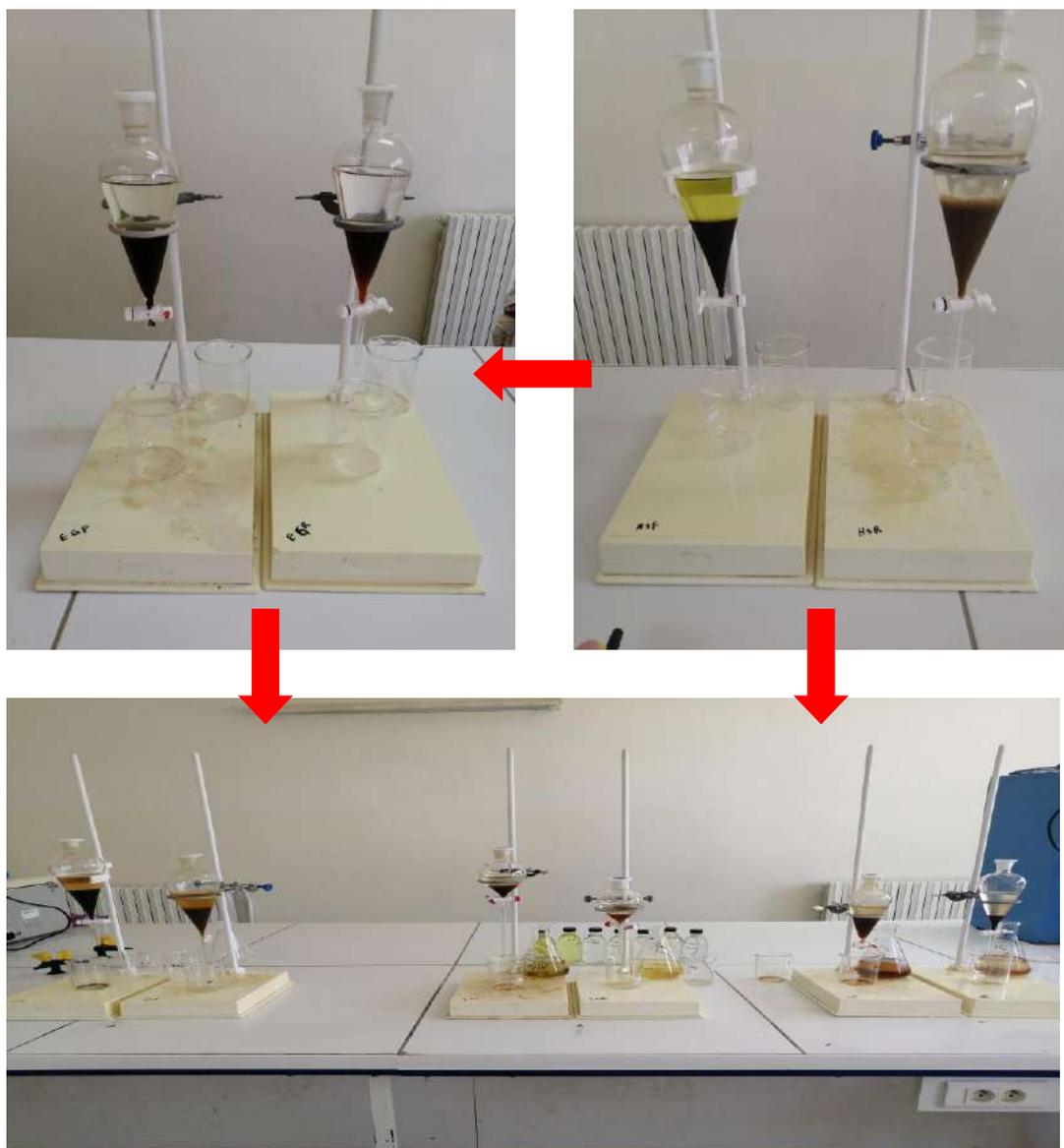


Photo 02.- Analyses phytochimiques quantitatives (Dosage des composés phénoliques)



**Photo 03.-** Analyse chromatographique des composés phénoliques- Délipidation et dépigmentation



**Photo 04.-** Analyse par Chromatographie Liquide couplée à la Spectrométrie de Masse (LC-MS-MS)



Photo 05.- Préparation des dilutions des extraits végétaux.

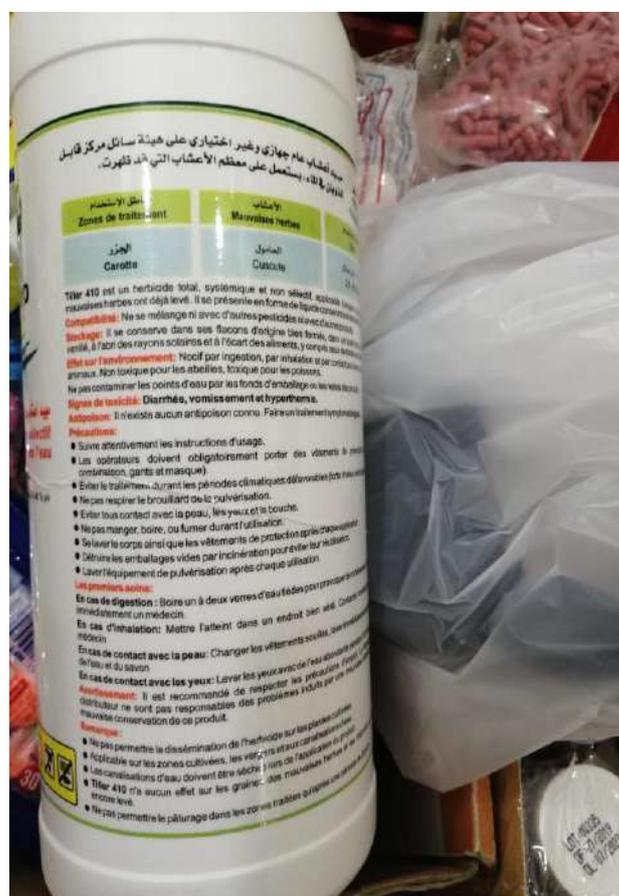


Photo 06.- Tiller 410- Herbicide total, systémique et non sélectif



**Photo 07.-** Constitution des lots expérimentaux (Boîtes de Pétri)



Tamisage, lavage et séchage de sable des dunes



Photo 08.- Constitution des lots expérimentaux (Pots)



Photo 09.-Détermination le point de saturation de sable



**Photo 10-** mesures morpho-métriques des plantules-la longueur et le poids frais de la partie aérienne et de la partie racinaire

## 2. ANNEXE II

**Tableau 01.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur (*Haloxylon scoparium*)- Boîtes de Pétri.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Brom 2.5 vs Tém-Br</b>	-24,9803	-16,4200	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Brom 1 vs Tém-Br</b>	-22,6496	-14,8880	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 2.5 vs Tém-Ph</b>	-14,3371	-14,4287	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 1 vs Tém-Ph</b>	-10,7650	-10,8337	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	-7,2150	-29,3803	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	-7,1900	-29,2785	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	-7,1400	-29,0749	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Plant 2.5 vs Tém-Pl</b>	-6,6488	-27,0747	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Plant 1 vs Tém-Pl</b>	-5,0858	-20,7100	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 2.5 vs Tém-Am</b>	-12,4713	-12,2427	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 1 vs Tém-Am</b>	-10,5244	-10,3315	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	-24,0933	-20,4017	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	-24,0533	-20,3678	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	-23,7883	-20,1434	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	-23,7420	-20,1042	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	-22,6567	-19,1851	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	-18,8085	-15,9266	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	-13,1066	-11,0984	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 2.5 vs Tém-Tr</b>	-5,5368	-4,6885	2,0452	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 1 vs Tém-Tr</b>	-4,0526	-3,4316	2,0452	0,0018	Oui

**Tableau 02.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur (*Euphorbia guyoniana*)- Boîtes de Pétri.

contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	-26,1475	-14,5520	2,2622	< 0,0001	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	-26,0335	-16,1987	2,2622	< 0,0001	Oui
<b>Brom 2.5 vs Tém-Br</b>	-25,1188	-15,6296	2,2622	< 0,0001	Oui
<b>Brom 1 vs Tém-Br</b>	-20,3941	-12,6898	2,2622	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 5 vs Tém-Ph</b>	-14,8240	-17,2712	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 2.5 vs Tém-Ph</b>	-13,4993	-15,7278	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 1 vs Tém-Ph</b>	-8,7386	-10,1812	2,3060	< 0,0001	Oui
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	-7,2422	-30,2011	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	-7,2124	-30,0769	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	-7,1900	-32,0535	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	-6,8620	-28,6155	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 2.5 vs Tém-Pl</b>	-4,9089	-20,4708	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 1 vs Tém-Pl</b>	-2,9674	-12,3745	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	-14,3440	-15,2767	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	-13,8171	-14,7156	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 2.5 vs Tém-Am</b>	-13,3902	-14,2609	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 1 vs Tém-Am</b>	-8,4387	-8,9874	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	-23,8382	-21,1169	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	-23,7883	-22,5276	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	-22,3227	-19,7743	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	-19,6909	-17,4430	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	-15,1806	-13,4476	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	-13,0620	-11,5708	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	-3,0444	-2,6968	2,0796	0,0135	Oui
<b>Tritic 2.5 vs Tém-Tr</b>	-1,9080	-1,6901	2,0796	0,1058	Non
<b>Tém-Tr vs Tritic 1</b>	-0,1267	-0,1122	2,0796	0,9117	Non

**Tableau 03.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur (*Euphorbia retusa*)- Boîtes de Pétri.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	-26,0819	-16,1751	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	-23,4008	-14,5124	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Brom 2.5 vs Tém-Br</b>	-19,9141	-12,3501	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Brom 1 vs Tém-Br</b>	-10,6495	-6,6044	2,2281	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 2.5 vs Tém-Ph</b>	-14,2440	-19,6790	2,4476	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 1 vs Tém-Ph</b>	-12,3973	-17,1277	2,4476	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	-7,1900	-15,2136	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	-7,1822	-14,2157	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	-6,7378	-13,3360	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	-6,4143	-12,6957	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 2.5 vs Tém-Pl</b>	-4,5378	-8,9815	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 1 vs Tém-Pl</b>	-3,3812	-6,6924	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	-14,2605	-16,4264	2,1788	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	-13,7398	-15,8267	2,1788	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	-11,5098	-13,2580	2,1788	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 2.5 vs Tém-Am</b>	-10,4693	-12,0595	2,1788	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 1 vs Tém-Am</b>	-8,1738	-9,4152	2,1788	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	-23,7883	-22,2641	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	-23,1438	-20,2618	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	-20,4793	-17,9292	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	-13,0217	-11,4002	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	-6,7400	-5,9007	2,0796	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	-2,9000	-2,5389	2,0796	0,0191	Oui
<b>Tritic 2.5 vs Tém-Tr</b>	-1,9511	-1,7081	2,0796	0,1024	Non
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	-1,2200	-1,0681	2,0796	0,2976	Non
<b>Tritic 1 vs Tém-Tr</b>	-2,0767	-1,8181	2,0796	0,0833	Non

**Tableau 04.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur (*Haloxylon scoparium*)-Pots.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Herb-Br vs Tém-Br</b>	-27,0311	-17,9399	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 50 vs Tém-Br</b>	-19,9642	-13,2498	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 40 vs Tém-Br</b>	-17,8696	-11,8596	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 30 vs Tém-Br</b>	-13,9816	-9,2792	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 20 vs Tém-Br</b>	-12,2520	-8,1314	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	-10,3949	-6,8988	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	-8,5264	-5,6588	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Ph vs Tém-Ph</b>	-10,8818	-8,0534	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 50 vs Tém-Ph</b>	-10,1069	-7,4799	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 40 vs Tém-Ph</b>	-9,7942	-7,2485	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 30 vs Tém-Ph</b>	-7,5333	-5,5752	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 20 vs Tém-Ph</b>	-6,5538	-4,8503	2,1314	0,0002	Oui
<b>Phalar 10 vs Tém-Ph</b>	-3,0384	-2,2487	2,1314	0,0400	Oui
<b>Phalar 5 vs Tém-Ph</b>	-2,2342	-1,6535	2,1314	0,1190	Non
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	-5,5487	-13,9836	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 50 vs Tém-Pl</b>	-4,8578	-12,2424	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 40 vs Tém-Pl</b>	-4,6889	-11,8168	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 30 vs Tém-Pl</b>	-4,1351	-10,4212	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	-2,8029	-7,0638	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	-2,3624	-5,9538	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	-1,8996	-4,7872	2,1314	0,0002	Oui
<b>Herb-Am vs Tém-Am</b>	-11,1604	-9,4109	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 50 vs Tém-Am</b>	-10,0984	-8,5154	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 40 vs Tém-Am</b>	-8,7827	-7,4059	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 30 vs Tém-Am</b>	-6,7427	-5,6857	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	-6,0649	-5,1141	2,1314	0,0001	Oui
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	-5,7889	-4,8814	2,1314	0,0002	Oui
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	-5,0191	-4,2323	2,1314	0,0007	Oui
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	-38,6578	-19,7888	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 100 vs Tém-Tr</b>	-37,5136	-19,2031	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	-21,7962	-11,1574	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	-17,2218	-8,8158	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	-14,1549	-7,2458	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	-14,1209	-7,2284	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	-11,7889	-6,0347	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	-11,7044	-5,9915	2,1098	< 0,0001	Oui

**Tableau 05.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur (*Euphorbia guyoniana*)- Pots.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Herb-Br vs Tém-Br</b>	-27,0311	-17,9112	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Brom 40 vs Tém-Br</b>	-25,3553	-16,8008	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Brom 30 vs Tém-Br</b>	-24,4493	-16,2005	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Brom 20 vs Tém-Br</b>	-18,6167	-12,3357	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	-15,7718	-10,4506	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	-11,3573	-7,5255	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Ph vs Tém-Ph</b>	-10,8818	-11,2526	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 50 vs Tém-Ph</b>	-8,4320	-8,7194	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 40 vs Tém-Ph</b>	-6,2793	-6,4933	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 30 vs Tém-Ph</b>	-2,9307	-3,0305	2,1314	0,0084	Oui
<b>Phalar 20 vs Tém-Ph</b>	-0,0640	-0,0662	2,1314	0,9481	Non
<b>Phalar 5 vs Tém-Ph</b>	-1,3993	-1,4470	2,1314	0,1685	Non
<b>Phalar 10 vs Tém-Ph</b>	-0,7716	-0,7978	2,1314	0,4374	Non
<b>Herb-Am vs Tém-Am</b>	-11,1604	-7,7815	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 50 vs Tém-Am</b>	-9,5651	-6,6692	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 40 vs Tém-Am</b>	-8,8198	-6,1495	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 30 vs Tém-Am</b>	-6,8351	-4,7657	2,1314	0,0003	Oui
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	-6,5711	-4,5816	2,1314	0,0004	Oui
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	-6,5640	-4,5767	2,1314	0,0004	Oui
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	-2,5749	-1,7953	2,1314	0,0928	Non
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	-38,6578	-23,3615	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 100 vs Tém-Tr</b>	-22,1149	-13,3644	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 100 vs Tritic 20</b>	-12,1816	-8,2304	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	-19,5698	-11,8263	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	-14,2484	-8,6106	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	-13,0600	-7,8924	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	-12,1840	-7,3630	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	-10,0200	-6,0552	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	-9,9333	-6,0029	2,1098	< 0,0001	Oui

**Tableau 06.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- Indice de vigueur (*Euphorbia retusa*)- Pots.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
<b>Herb-Br vs Tém-Br</b>	-27,0311	-10,3671	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 50 vs Tém-Br</b>	-25,7511	-9,8762	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 40 vs Tém-Br</b>	-24,6478	-9,4530	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 30 vs Tém-Br</b>	-22,7233	-8,7149	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 20 vs Tém-Br</b>	-18,2107	-6,9842	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	-11,9942	-4,6001	2,1314	0,0003	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	-10,5080	-4,0301	2,1314	0,0011	Oui
<b>Herb-Ph vs Tém-Ph</b>	-0,6834	-0,4518	2,3060	0,6634	Non
<b>Phalar 100 vs Tém-Ph</b>	-0,3709	-0,2452	2,3060	0,8124	Non
<b>Phalar 50 vs Tém-Ph</b>	-0,2453	-0,1622	2,3060	0,8752	Non
<b>Phalar 10 vs Tém-Ph</b>	-2,9248	-1,9337	2,3060	0,0892	Non
<b>Phalar 5vs Tém-Ph</b>	-2,6106	-1,7260	2,3060	0,1226	Non
<b>Phalar 20vs Tém-Ph</b>	-1,9459	-1,2865	2,3060	0,2342	Non
<b>Phalar 30vs Tém-Ph</b>	-0,4660	-0,3081	2,3060	0,7659	Non
<b>Phalar 40vs Tém-Ph</b>	-0,2215	-0,1464	2,3060	0,8872	Non
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	-5,5487	-6,0018	2,1314	< 0,0001	Oui
<b>Plant 50 vs Tém-Pl</b>	-4,1927	-4,5351	2,1314	0,0004	Oui
<b>Plant 40 vs Tém-Pl</b>	-3,6000	-3,8940	2,1314	0,0014	Oui
<b>Plant 30 vs Tém-Pl</b>	-3,4242	-3,7039	2,1314	0,0021	Oui
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	-1,9389	-2,0972	2,1314	0,0533	Non
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	-1,0104	-1,0930	2,1314	0,2916	Non
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	-0,1887	-0,2041	2,1314	0,8410	Non
<b>Herb-Am vs Tém-Am</b>	-11,1604	-6,5391	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 40 vs Tém-Am</b>	-10,1642	-5,9554	2,1604	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	-7,2918	-4,2724	2,1604	0,0009	Oui
<b>Ammi 30 vs Tém-Am</b>	-6,8893	-4,0366	2,1604	0,0014	Oui
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	-6,5822	-3,8566	2,1604	0,0020	Oui
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	-3,9293	-2,3023	2,1604	0,0385	Oui
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	-38,6578	-13,8310	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 100 vs Tém-Tr</b>	-37,7562	-13,5084	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	-31,7762	-11,3689	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	-26,9298	-9,6349	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	-26,3520	-9,4282	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	-22,1467	-7,9236	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	-20,3156	-7,2685	2,1098	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	-16,9862	-6,0773	2,1098	< 0,0001	Oui

**Tableau 07.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- LPA, LPR, PPA, PPR (*Haloxylon scoparium*)- Boîtes de Pétri.

Contraste	LPA			LPR			PPA			PPR		
	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif									
<b>Brom 2.5 vs Tém-Br</b>	2,3060	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0018	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Brom 1 vs Tém-Br</b>	2,3060	0,0011	Oui	< 0,0001	Oui	0,0389	Oui	0,0002	Oui	0,0002	Oui	
<b>Phalar 2.5 vs Tém-Ph</b>	2,3060	0,0037	Oui	< 0,0001	Oui	0,0296	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Phalar 1 vs Tém-Ph</b>	2,3060	0,0313	Oui	0,0002	Oui	0,0645	Non	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	2,1098	< 0,0001	Oui									
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	2,1098	< 0,0001	Oui									
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	2,1098	< 0,0001	Oui									
<b>Plant 2.5 vs Tém-Pl</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Plant 1 vs Tém-Pl</b>	2,1098	0,0558	Non	< 0,0001	Oui	0,0345	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Ammi 2.5 vs Tém-Am</b>	2,3060	< 0,0001	Oui									
<b>Ammi 1 vs Tém-Am</b>	2,3060	0,0002	Oui	< 0,0001	Oui	0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	2,0452	< 0,0001	Oui									
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	2,0452	< 0,0001	Oui									
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	2,0452	< 0,0001	Oui									
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	2,0452	< 0,0001	Oui									
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	2,0452	< 0,0001	Oui									
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	2,0452	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0016	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	2,0452	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,1776	Non	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Tritic 2.5 vs Tém-Tr</b>	2,0452	0,2893	Non	< 0,0001	Oui	0,9651	Non	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	
<b>Tritic 1vs Tém-Tr</b>	2,0452	0,8872	Non	0,0004	Oui	0,2822	Non	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	

**Tableau 08.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphrasia guyoniana*)- Boîtes de Pétri.

Contraste	LPA		LPR		PPA		PPR		
	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif						
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	2,2281	< 0,0001	Oui						
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	2,2281	< 0,0001	Oui						
<b>Brom 2.5 vs Tém-Br</b>	2,2281	< 0,0001	Oui						
<b>Brom 1 vs Tém-Br</b>	2,2281	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0165	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Phalar 5 vs Tém-Ph</b>	2,3060	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0007	Oui	0,3113	Non
<b>Phalar 2.5 vs Tém-Ph</b>	2,3060	0,0015	Oui	< 0,0001	Oui	0,0135	Oui	0,3558	Non
<b>Phalar 1 vs Tém-Ph</b>	2,3060	0,0069	Oui	0,0002	Oui	0,5160	Non	0,7401	Non
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui						
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui						
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui						
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui						
<b>Plant 2.5 vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0010	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Plant 1 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0105	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	2,2622	< 0,0001	Oui						
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	2,2622	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui
<b>Ammi 2.5 vs Tém-Am</b>	2,2622	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0001	Oui
<b>Ammi 1 vs Tém-Am</b>	2,2622	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	0,0039	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui						
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0120	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0077	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	2,0796	0,0008	Oui	0,1816	Non	0,0593	Non	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 2.5 vs Tém-Tr</b>	2,0796	0,0040	Oui	0,3873	Non	0,1844	Non	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 1 vs Tém-Tr</b>	2,0796	0,4853	Non	0,5041	Non	0,8410	Non	0,0062	Oui

**Tableau 09.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphrasia retusa*)- Boîtes de Pétri.

Contraste	LPA		LPR		PPA		PPR		
	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif						
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	2,2281	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0003	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	2,2281	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Brom 2.5 vs Tém-Br</b>	2,2281	0,0005	Oui	< 0,0001	Oui	0,4616	Non	< 0,0001	Oui
<b>Brom 1 vs Tém-Br</b>	2,2281	0,0271	Oui	< 0,0001	Oui	0,5364	Non	0,0065	Oui
<b>Phalar 2.5 vs Tém-Ph</b>	2,4476	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0560	Non	0,0001	Oui
<b>Phalar 1 vs Tém-Ph</b>	2,4476	0,0141	Oui	< 0,0001	Oui	0,2006	Non	0,0254	Oui
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0004	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0013	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,1218	Non	< 0,0001	Oui
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,4947	Non	0,0013	Oui
<b>Plant 2.5 vs Tém-Pl</b>	2,1448	0,1388	Non	< 0,0001	Oui	0,6107	Non	0,0004	Oui
<b>Plant 1 vs Tém-Pl</b>	2,1448	0,1858	Non	< 0,0001	Oui	0,6805	Non	0,0157	Oui
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	2,1788	< 0,0001	Oui						
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	2,1788	< 0,0001	Oui						
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	2,1788	< 0,0001	Oui						
<b>Ammi 2.5 vs Tém-Am</b>	2,1788	< 0,0001	Oui						
<b>Ammi 1 vs Tém-Am</b>	2,1788	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0008	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0009	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	2,0796	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,2506	Non	< 0,0001	Oui
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	2,0796	0,2272	Non	< 0,0001	Oui	0,5681	Non	< 0,0001	Oui
<b>Tém-Tr vs Tritic 1</b>	2,0796	0,0140	Oui	0,7319	Non	0,0016	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Tém-Tr vs Tritic 5</b>	2,0796	0,0522	Non	0,0088	Oui	0,0123	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Tém-Tr vs Tritic 2.5</b>	2,0796	0,0595	Non	0,0056	Oui	0,0394	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Tém-Tr vs Tritic 10</b>	2,0796	0,0830	Non	0,0002	Oui	0,0174	Oui	< 0,0001	Oui

**Tableau 10.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- LPA, LPR, PPA, PPR (*Haloxylon scoparium*)- Pots.

Contraste	LPA		LPR		PPA		PPR		
	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif						
<b>Herb-Br vs Tém-Br</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0036	Oui
<b>Brom 50 vs Tém-Br</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	< 0,0001	Oui	0,0597	Non
<b>Brom 40 vs Tém-Br</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	0,0005	Oui	< 0,0001	Oui	0,1581	Non
<b>Brom 30 vs Tém-Br</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	0,0011	Oui	< 0,0001	Oui	0,1751	Non
<b>Brom 20 vs Tém-Br</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	0,0015	Oui	0,0005	Oui	0,3390	Non
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	2,1314	0,0002	Oui	0,0014	Oui	0,0199	Oui	0,1134	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	2,1314	0,0002	Oui	0,0062	Oui	0,4767	Non	0,0017	Non
<b>Herb-Ph vs Tém-Ph</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0361	Oui
<b>Phalar 50 vs Tém-Ph</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	0,0003	Oui	< 0,0001	Oui	0,1033	Non
<b>Phalar 40 vs Tém-Ph</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	0,0003	Oui	< 0,0003	Oui	0,1558	Non
<b>Phalar 30 vs Tém-Ph</b>	2,1448	0,0002	Oui	0,0031	Oui	0,0433	Oui	0,3560	Non
<b>Phalar 20 vs Tém-Ph</b>	2,1448	0,0051	Oui	0,0051	Oui	0,0624	Non	0,8935	Non
<b>Phalar 10 vs Tém-Ph</b>	2,1448	0,0152	Oui	0,0749	Non	0,0529	Non	0,4525	Non
<b>Phalar 5 vs Tém-Ph</b>	2,1448	0,0688	Non	0,0760	Non	0,3496	Non	0,3135	Non
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0001	Oui	0,0024	Oui
<b>Plant 50 vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0012	Oui	0,0379	Oui
<b>Plant 40 vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0013	Oui	0,0836	Non
<b>Plant 30 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0015	Oui	< 0,0001	Oui	0,0039	Oui	0,7551	Non
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0345	Oui	< 0,0001	Oui	0,0098	Oui	0,4102	Non
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0345	Oui	< 0,0001	Oui	0,0057	Oui	0,4102	Non
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0673	Non	< 0,0018	Oui	0,0698	Non	0,0690	Non
<b>Herb-Am vs Tém-Am</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0001	Oui	0,5331	Non
<b>Ammi 50 vs Tém-Am</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0013	Oui	0,5867	Non
<b>Ammi 40 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,0001	Oui	0,0005	Oui	0,0054	Oui	0,6572	Non
<b>Ammi 30 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,0083	Oui	0,0014	Oui	0,0517	Non	0,7618	Non
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,0095	Oui	0,0100	Oui	0,0271	Oui	0,9865	Non
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,0122	Oui	0,0691	Non	0,0018	Oui	0,1135	Non
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,2236	Non	0,6872	Non	0,0228	Oui	0,9596	Non
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	2,1199	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 100 vs Tém-Tr</b>	2,1199	< 0,0001	Oui	0,0111	Oui	< 0,0001	Oui	0,0014	Oui
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	2,1199	0,0002	Oui	0,0193	Oui	< 0,0001	Oui	0,0035	Oui
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	2,1199	0,0002	Oui	0,0788	Non	0,0002	Oui	0,2828	Non
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	2,1199	0,0153	Oui	0,3993	Non	0,0035	Oui	0,0833	Non
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	2,1199	0,0212	Oui	0,3319	Non	0,0033	Oui	0,3830	Non
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	2,1199	0,0334	Oui	0,4298	Non	0,1113	Non	0,5738	Non
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	2,1199	0,0721	Non	0,0858	Non	0,7818	Non	0,0385	Oui

**Tableau 11.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphorbia guyoniana*)- Pots.

Contraste	LPA		LPR		PPA		PPR		
	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif						
<b>Herb-Br vs Tém-Br</b>	2,1604	< 0,0001	Oui						
<b>Brom 40 vs Tém-Br</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0001	Oui
<b>Brom 30 vs Tém-Br</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0007	Oui
<b>Brom 20 vs Tém-Br</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0015	Oui
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	0,0099	Oui
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	0,0009	Oui	0,0069	Oui	0,7108	Non
<b>Herb-Ph vs Tém-Ph</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0946	Non
<b>Phalar 50 vs Tém-Ph</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0001	Oui	0,4947	Non
<b>Phalar 40 vs Tém-Ph</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	0,0010	Oui	0,0425	Oui	0,2035	Non
<b>Phalar 30 vs Tém-Ph</b>	2,1314	0,0363	Oui	0,5198	Non	0,0376	Oui	0,1532	Non
<b>Phalar 20 vs Tém-Ph</b>	2,1314	0,3013	Non	0,5198	Non	0,7425	Non	0,1006	Non
<b>Phalar 10 vs Tém-Ph</b>	2,1314	0,6003	Non	0,6375	Non	0,9018	Non	0,0834	Non
<b>Phalar 5 vs Tém-Ph</b>	2,1314	0,7109	Non	0,6687	Non	0,7580	Non	0,2663	Non
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui						
<b>Plant 50 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0007	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0008	Oui
<b>Plant 40 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0593	Non	0,0267	Oui	< 0,0001	Oui	0,0021	Oui
<b>Plant 30 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,1445	Non	0,4742	Non	< 0,0001	Oui	0,0379	Oui
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,3097	Non	0,3288	Non	< 0,0001	Oui	0,2114	Non
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,3822	Non	0,8805	Non	0,2742	Non	0,0807	Non
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,7008	Non	0,6458	Non	0,1231	Non	0,0172	Oui
<b>Herb-Am vs Tém-Am</b>	2,1314	< 0,0001	Oui						
<b>Ammi 50 vs Tém-Am</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	0,0003	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 40 vs Tém-Am</b>	2,1314	< 0,0001	Oui	0,0008	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 30 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,0020	Oui	0,0984	Non	0,0001	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,0021	Oui	0,1799	Non	0,0008	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,0027	Oui	0,0033	Oui	0,0019	Oui	< 0,0001	Oui
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	2,1314	0,4977	Non	0,9624	Non	0,0056	Oui	0,0001	Oui
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 100 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui						
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0111	Oui	0,0023	Oui	0,0326	Oui
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0021	Oui	0,0030	Oui	0,5878	Non
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,2929	Non	0,0080	Oui	0,6334	Non
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0139	Oui	0,0099	Oui	0,5357	Non
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,1752	Non	0,0104	Oui	0,4921	Non

**Tableau 12.-** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%/ Fisher (LSD)- LPA, LPR, PPA, PPR (*Euphorbia retusa*)- Pots.

Contraste	LPA			LPR			PPA			PPR		
	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif									
<b>Herb-Br vs Tém-Br</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0013	Oui			
<b>Brom 50 vs Tém-Br</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0173	Oui			
<b>Brom 40 vs Tém-Br</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0023	Oui	0,1578	Non			
<b>Brom 30 vs Tém-Br</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	0,0012	Oui	0,5703	Non			
<b>Brom 20 vs Tém-Br</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	0,0003	Oui	0,0065	Oui	0,4733	Non			
<b>Brom 10 vs Tém-Br</b>	2,1448	< 0,0001	Oui	0,0005	Oui	0,0405	Oui	0,2120	Non			
<b>Brom 5 vs Tém-Br</b>	2,1448	0,0003	Oui	0,0025	Oui	0,8474	Non	0,1922	Non			
<b>Herb-Ph vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,0002	Oui	0,0018	Oui	< 0,0001	Oui	0,0010	Oui			
<b>Phalar 100 vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,0012	Oui	0,0155	Oui	< 0,0001	Oui	0,0004	Oui			
<b>Phalar 50 vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,0020	Oui	0,0172	Oui	0,0005	Oui	0,0131	Oui			
<b>Phalar 40 vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,0042	Oui	0,0242	Oui	0,0009	Oui	0,0273	Oui			
<b>Phalar 30 vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,0522	Non	0,1481	Non	0,0012	Oui	0,0233	Oui			
<b>Phalar 20 vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,6531	Non	0,6177	Non	0,0138	Oui	0,0433	Oui			
<b>Phalar 10 vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,7845	Non	0,7197	Non	0,8244	Non	0,0433	Oui			
<b>Phalar 5 vs Tém-Ph</b>	2,1199	0,6473	Non	0,4008	Non	0,8460	Non	0,2014	Non			
<b>Herb-Pl vs Tém-Pl</b>	2,1314	< 0,0001	Oui									
<b>Plant 50 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0004	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0009	Oui			
<b>Plant 40 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0008	Oui	0,0002	Oui	< 0,0001	Oui	0,0212	Oui			
<b>Plant 30 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0016	Oui	0,0079	Oui	< 0,0001	Oui	0,2825	Non			
<b>Plant 20 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,0564	Non	0,0686	Non	0,0081	Oui	0,1655	Non			
<b>Plant 10 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,3121	Non	0,7987	Non	0,0616	Non	0,0415	Oui			
<b>Plant 5 vs Tém-Pl</b>	2,1314	0,7221	Non	0,6471	Non	0,0159	Oui	0,0212	Oui			
<b>Herb-Am vs Tém-Am</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui	0,0036	Oui			
<b>Ammi 40 vs Tém-Am</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	0,0003	Oui	< 0,0001	Oui	0,0096	Oui			
<b>Ammi 30 vs Tém-Am</b>	2,1604	< 0,0001	Oui	0,0030	Oui	< 0,0001	Oui	0,0453	Oui			
<b>Ammi 20 vs Tém-Am</b>	2,1604	0,0005	Oui	0,0317	Oui	0,0001	Oui	0,0599	Non			
<b>Ammi 10 vs Tém-Am</b>	2,1604	0,0009	Oui	0,0526	Non	0,0033	Oui	0,4060	Non			
<b>Ammi 5 vs Tém-Am</b>	2,1604	0,0016	Oui	0,4277	Non	0,0004	Oui	0,4480	Non			
<b>Herb-Tr vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui									
<b>Tritic 100 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui			
<b>Tritic 50 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui	< 0,0001	Oui	< 0,0001	Oui			
<b>Tritic 40 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0086	Oui	< 0,0001	Oui	0,0015	Oui			
<b>Tritic 30 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0029	Oui	< 0,0001	Oui	0,0002	Oui			
<b>Tritic 20 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,1235	Non	0,0003	Oui	< 0,0001	Oui			
<b>Tritic 10 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,0643	Non	0,0021	Oui	0,0012	Oui			
<b>Tritic 5 vs Tém-Tr</b>	2,1098	< 0,0001	Oui	0,4015	Non	0,0018	Oui	0,0885	Non			



*Production scientifique*

*Publications internationales*

Titre de l'article Année	Catégorie de la revue	Position de l'auteur	Titre de la revue ou nom du journal	Volume- numero	Année Adresse URL
<p>Reguia Otmani<sup>1</sup>, Bachir Khene<sup>1</sup>, Abdellah Kemassi<sup>1, 2</sup>, Fatna Araba<sup>1</sup>, Farouk Benaceur<sup>3, 4</sup> and Zohra Houyou<sup>5</sup>.</p> <p><b>Phytochemical Screening, Allelopathic and Bioherbicidal Potentialities of <i>Euphorbia Guyoniana</i> Boiss. and Reut. Leaf Extract</b></p>	<b>B</b>	<b>1<sup>ere</sup></b>	<p><i>Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences (QJAS)</i></p>	<p><b>Vol.12 Issue. 2 pp.26-34</b></p>	<p><b>2022</b> <a href="https://www.iraqjournals.com/article_174880_0.html">https://www.iraqjournals.com/article_174880_0.html</a></p>
<p>Reguia OTMANI <sup>1,2</sup>, Bachir KHENE <sup>1</sup>, Abdellah KEMASSI <sup>3</sup>, Fatna ARABA <sup>1</sup>, Mohamed HARRAT <sup>4</sup>, Mohamed YOUSFI <sup>4</sup></p> <p><b>Phytochemical profile and allelopathic potential of <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel (Chenopodiaceae) from Algerian Sahara</b></p>	<b>B</b>	<b>1<sup>ere</sup></b>	<p><i>Acta agriculturae Slovenica</i></p>	<p><b>Vol. 119 Issue. 4 pp.1-11</b></p>	<p><b>2023</b> <a href="https://journals.uni-lj.si/aas/article/view/13609">https://journals.uni-lj.si/aas/article/view/13609</a></p>

# Phytochemical Screening, Allelopathic and Bioherbicidal Potentialities of *Euphorbia Guyoniana* Boiss. and Reut. Leaf Extract

Reguia Otmani<sup>1</sup>, Bachir Khene<sup>1</sup>, Abdellah Kemassi<sup>1,2</sup>, Fatna Araba<sup>1</sup>, Farouk Benaceur<sup>3,4</sup> and Zohra Houyou<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Mathématique et Sciences Appliquées Université de Ghardaïa, BP. 455 Ghardaïa 47000, Algérie.

<sup>2</sup>Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi arides Université Kasdi Merbah- Ouargla, BP 155 Ouargla 30000 Algérie.

<sup>3</sup>Laboratory of Biological and Agricultural Sciences, Amar Thelidji University, Laghouat, 03000, Algeria.

<sup>4</sup>Research Unit of Medicinal Plants, Laghouat 03000, National Center of Biotechnology Research, Constantine 25000, Algeria.

<sup>5</sup>Mechanics Laboratory, University of Laghouat, P.O. Box 37, Laghouat 03000, Algeria.

<sup>1</sup>Corresponding author E-mail: [Otmani.regaia@univ-ghardaia.dz](mailto:Otmani.regaia@univ-ghardaia.dz)

<sup>2</sup>E-mail: [akemassi@yahoo.fr](mailto:akemassi@yahoo.fr)

Received : 20/6/2022

Acceptance : 26/7/2022

Available online: 30/12/2022

**Abstract.** *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) is well known for the chemical diversity of its phytoconstituents, and toxicological properties that have been found in literature. However, research articles about their allelopathic characteristics are rarely reported. The current research study was conducted to explore phytochemical screening, allelopathic effects and their potential uses as natural herbicide of *Euphorbia guyoniana* Leaf extract, harvested from Oued Metlili, Algerian Sahara, on germination and seedling growth of four adventitious species (*Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz., *Plantago lagopus* L., *Ammi visnaga* L.) and one cultivated species (*Triticum durum* L.) in laboratory conditions. The analyses of crude plant extract confirmed the flavonoids, anthocyanins, phenols and tannins, steroids, saponins, free quinone, sterols and triterpenes as well as carbohydrates in the extract. Our results show that the leaf extract of *Euphorbia guyoniana* had significant allelopathic and bioherbicidal activity on germination and seedling growth of adventitious species and stimulatory activity on cultivated species at lower concentrations.

**Keywords.** Allelopathy, Bioherbicide, *Euphorbia guyoniana*, Inhibition, Adventitious species, Algerian Sahara.

## 1. Introduction

Allelopathy term defines as the positive or negative, direct or indirect effects of one plant species on another plant may inhibit germination, emergence and seedling growth, by production of allelochemicals from leaves, flowers, seeds, stems and roots of living or decomposing plant materials (Rice, 1984; Weston, 1996; Babula et al., 2009; Monem et al., 2012). These allelochemicals may also serve as agrochemical agents and have the potential to be used as bioherbicides (Duke, 2003).

Allelopathy is therefore considered as a promising technique for biological control to minimize the reliance on synthetic herbicides for controlling weeds (Bhadoria, 2011; About et al., 2019). The use of a natural herbicide can reduce adverse impacts on the environment because the synthetic herbicides are often toxic and cause environmental pollution as well as develop herbicide-resistant weed biotypes (Batish et al., 2007; Weih et al., 2008; Heap, 2013). Several published results confirm that Some medicinal plants have inhibitory effects on some adventitious species and their allelochemicals inhibit weed growth (Lin et al., 2003, 2004).

*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (locally named *Lebina*) is an indigenous Saharan species growing in sandy and desert habitats, belongs to the large family of Euphorbiaceae. The Euphorbia genus is the most representative of the family (Quezel and Santa, 1963; Ozenda, 1991). This genus' plants are known for their rich content on secondary metabolites. This species is used in Algerian traditional medicine against the venomous bites of scorpions and is known as a wart remover (Bellakhdar, 1997). Moreover, several studies have shown that *Euphorbia guyoniana* has several biological activities including antioxidant and antimicrobial activities (Bouaziz et al., 2009; Benmeddour, 2016), toxicity effect (Kemassi et al., 2013), allelopathic effect (Salhi et al., 2013), insecticidal effect (Kemassi et al., 2015; 2019).

The current research was undertaken to explore allelopathic effects and their potential uses as natural herbicide of *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. Leaf extract on germination and seedling growth of four weeds (*Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz., *Plantago lagopus* L., *Ammi visnaga* L.) and one cultivated species (*Triticum durum* L.) in laboratory conditions.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Collection of Sample

Fresh plant material of *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Leaves) was collected during the vegetative stage from Oued Metlili (Ghardaïa Region- Algerian Sahara) with the geographic coordinates of 32° 19' 51 "N and 3° 77' 17.23 "E.

### 2.2. Extraction and Bioassay Procedure

The collected plant materials of *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. were washed with tap water, then distilled water and were air-dried, then ground to a fine powder and stored in glass jars until use. The plant extract was obtained using reflux extraction. One hundred grams of plant was mixed with a hydro-methanolic solution (2/3 methanol +1/3 distilled water). The mixture was heated at a temperature of 60°C with a heating flask for six hours. A filtration was then carried out using filter paper. The collected filtrate undergoes a treatment under reduced pressure in a rotary evaporator in order to eliminate the methanol. The recovered extract was stored until its use for biological testing (Kemassi et al., 2019).

The seeds were washed with distilled water, then surface sterilized with 2% sodium hypochlorite for 3 minutes. 15 seeds of each of the weed (*Bromus rubens* L., *Phalaris minor* L., *Plantago lagopus* L., *Ammi visnaga* L. (LAM) and crop species (*Triticum durum* Desf.) were placed in sterilized Petri dishes of 9 cm diameter lined with two layers of sterilized filter paper and treated on the first day with 3 ml of plant extract, the control was irrigated with 3 ml of distilled water and 3ml herbicide for synthetic herbicide (GLYFONUT 36 SL) and were kept moist throughout the study period using distilled water. Different concentrations were prepared: 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, 5%, 2.5% and 1% to evaluate the inhibitory effect of the leaf extract on the germination and seedling growth of adventitious species and a cultivated species. For each experiment considered, five repetitions are carried out. Germination monitoring was performed for 10 days under controlled conditions in laboratory, constantly recording the number of germinated seeds in each batch. The shoot (SL) and root length (RL) of corresponding species were measured (morpho-metric study) and the inhibitory potential of each extract was then examined (Cherif et al., 2016).

### 2.3. Qualitative Phytochemical Analysis

The leaf extract was screened by using standard methods (Harbone, 1973) for the detection of the following constituents:

#### 2.4. Alkaloids

Approximately three milliliters of extract were added to 3 ml of HCl (1%) and heated for 20 min. The mixture was then cooled, and 1 ml of Mayer's reagent was added drop by drop. The formation of a greenish colored or cream precipitate indicates the presence of alkaloids (Lerato et al., 2017).

#### 2.5. Flavonoids

3ml of plant extract was treated with 1 ml of NaOH (10%). The formation of an intense yellow color was an indication of the presence of flavonoids (Lerato et al., 2017).

#### 2.6. Phenols and Tannins

About 2 ml of crude extract was added to solution of FeCl<sub>3</sub> (5%). The presence of tannins and phenols was revealed by a black or blue-green color (Lerato et al., 2017).

#### 2.7. Coumarins

2 ml of plant extract was added to 3 ml of NaOH (10%). The formation of a yellow color indicated the presence of coumarins (Lerato et al., 2017).

#### 2.8. Anthocyanin

Approximately 2 ml of the prepared plant extract was added to 2 ml of HCl (2N) and ammonia. The appearance of a pink red coloration that turned blue violet indicated the presence of anthocyanin (Lerato et al., 2017).

#### 2.9. Saponins

The detection of saponins was performed by adding About 3 ml of plant extract to 3 mL of distilled water and vigorous lyshaken. The formation of a stable persistent froth was taken as a positive test for saponins (Lerato et al., 2017).

#### 2.10. Steroids

5 ml of chloroform and 5 ml of H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> were added to 500 µl of the prepared plant extract. The presence of steroids was indicated by a color change from violet to blue or green or a ring of blue/green or if the upper layer turned red and the sulphuric layer was yellow with a green fluorescence (Lerato et al., 2017).

#### 2.11. Sterols and Triterpenes

The detection of sterols and triterpenes was evidenced by the Libermann method. We evaporate 1 ml of the plant extract in a Petrie dish, the dry residue is dissolved by acetic acid, and then we added 0.5 ml of sulphuric acid. The appearance of a red or purple ring at the interphase, turning blue then green, indicates a positive reaction (Trease et Evans., 1987).

#### 2.12. Free Quinone

1 g of dry plant material was ground and mixed with 15–30 mL of petroleum ether. After shaking and resting for 24 hours, the extract was filtered and concentrated by steam rota. The presence of free quinine was confirmed by adding a few drops of NaOH (10%), when the aqueous phase turns yellow, red or purple (Dohou, 2003).

#### 2.13. Carbohydrates

A mixture of Fehling solutions A and B with equal volumes was added to plant extract. A red colored precipitate indicated the presence of reducing sugars (Jaradat et al., 2015).

### 3. Quantitative Phytochemical Analysis

#### 3.1. Estimation of Total Phenolic Content (tpc)

The concentration of TPC in the plant extract was determined using spectrophotometric Method, according to the colorimetric method, based on using Folin-Ciocalteu reagent. To 200  $\mu\text{L}$  of plant extract, 1 mL of Folin-Ciocalteu reagent (diluted 10 times with distilled water) and 800  $\mu\text{L}$  of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (7.5%) were added. The samples were incubated for 30 min at 50°C and then cooled. Gallic acid served as control to construct calibration curve for calculation of phenolic content. Then absorbance of solution was noted at 765 nm (Cliffe *et al.*, 1994).

#### 3.2. Estimation of Total Flavonoid Content (tfc)

Total flavonoid content was measured according to the Aluminium chloride colorimetric method. 25  $\mu\text{L}$  of the plant extract was added to 300  $\mu\text{L}$  of  $\text{NaNO}_2$  and 300  $\mu\text{L}$  of  $\text{AlCl}_3$  (10%) in a test tube and left for five min. Then 100  $\mu\text{L}$  of  $\text{NaOH}$  (2%) were added. Finally the absorbance of this mixture was noted at 510 nm. A calibration curve of standard quercetin solution was prepared to calculate TFC (Kim *et al.*, 2003).

### 4. Studied Parameters

#### 4.1. Inhibition Rate (I.R.)

According to Côme (1970), this parameter explains the ability of a substance or preparation to inhibit seed germination. It is the ratio of the difference between the number of seeds sown and germinated to the total number of seeds sown (Ben khettou, 2010).

$$I. R. = \frac{(\text{Number of seeds sown} - \text{Number of germinated seed})}{\text{Number of seeds sown}} \cdot 100\% \quad (1)$$

#### 4.2. Herbicide Efficiency

The herbicidal efficacy of the tested extracts is examined according to the scale of the Commission of Biological Tests of the French Society of Phytiatrics and Phytopharmacy (CBT). The scale is as follows:

- 95 to 100%: Very good efficiency.
- 80 to 95%: Good efficiency.
- 60 to 80%: Average efficiency.
- 40 to 60%: Low efficiency.
- < 40% : Efficiency without practical application.

#### 4.3. Germination Speed ( $T_m$ )

According to Côme (1970), it is the percentage of germinated seeds or the germination rate after a certain time after sowing. The average time required for germination (time required to germinate 50% of the seeds).

$$T_m = \frac{(N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_nT_n)}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} = \left(1/C_v\right) \cdot 100\% \quad (2)$$

So:

$N_1$  : number of germinated seeds at time  $T_1$ .

$N_2$  : number of germinated seeds at time  $T_2$ .

$N_n$  : number of germinated seeds at time  $T_n$ .

#### 4.4. Efficiency Concentration (EC)

The 50% efficacy concentration ( $\text{EC}_{50}$ ) is the amount of a material that can induce a 50% success rate in the treated population. This is the amount that causes half (50%) of the treated sample to die (Côme, 1970). Also an  $\text{EC}_{90}$  generates a success rate of 90%.  $\text{EC}_{50}$  and  $\text{EC}_{90}$  are estimated using the Probit method (Kemassi, 2014).

#### 4.5. Morpho Metric Measurements

Morpho-metric measurements were made in each Petri dish, and measurements of the root length (RL) and the shoot length (SL) of the germinated seeds were made using millimetric paper.

#### 4.6. Statistical Analysis

The results obtained from the various experimental tests were statistically interpreted with the "XLSTAT version 2014" software. Analysis of variances (ANOVA) and the differences between the parameters were evaluated by Fisher LSD test. Difference were considered when  $P=0,05$ .

### 5. Results and Discussion

#### 5.1. Qualitative Phytochemical Analysis

The results of the phytochemical screening tests of leaf extract of *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. are presented in Table 1. Analysis confirmed the presence of flavonoids, Anthocyanins, Phenols and tannins, steroids, saponins, free quinone, sterols and triterpenes, carbohydrates in the extract. Alkaloids and coumarins were absent.

The presence of several active compounds in the plant's leaves was an interesting aspect of this study. These results are in agreement with those obtained by Amar et al. (2012) and Boudiar et al.(2010), Phytochemical tests revealed the presence of sterols, triterpenes, flavones, carotenoids, alkaloids and anthocyanins in the plant.

#### 5.2. Quantitative Phytochemical Analysis

The total phenolic content (TPC) of the plant extract was measured in comparison to standard Gallic acid and expressed as mgGA/100g of dry plant sample. In contrast, the total flavonoid Content (TFC) was measured in comparison to the standard Quercetine and expressed as mgGA/100g of dry plant Sample. The TPC was 2423.80 mg gallic acid equivalent/100g of dry plant sample. The TFC was 34.88mg of Quercetin equivalent/100g of dry plant sample (table 2).

The plant of *Euphorbia guyoniana* has been subjected to many chemical studies. We reported the isolation from the aerial parts of two new polyester diterpenes, named guyonianin A and B, a rare class of bicyclic diterpenes (Ahmed et al., 2006).The isolated compounds **1** and **2** were identified as novel jatropha diterpenes esterified with acetic, benzoic and isobutanoic acids (Rédei et al., 2015). One novel alkaloid, 1,5-diphenyl-3-styryl-2-pyrazoline 1, in addition with six known flavonoids namely, kaempferol, kaempferol 3-*O*-glucoside, kaempferol 3-rutinoside, quercetin, quercetin 3-*O*-glucoside, and rutin (Boudiar et al.,2010). Two novel jatropha diterpenes named guyonianin G (**1**) and H (**2**), The isolated compounds were identified as 14 oxojatropha-6(17),11-diene pentaester derivatives acylated with acetic, isobutanoic and benzoic acids (Kúsz et al.,2016).

#### 5.3. Inhibition Rate (%)

The effects of leaf extract of *Euphorbia guyoniana* on the percent inhibition of germination on adventitious species and cultivated species were determined (Figure 1, 2, 3, 4, 5). In general, a high inhibitory effect on germination of all adventitious species (*Bromus rubens* L., *Phalaris minor* L., *Plantago lagopus* L., *Ammi visnaga* L. (LAM) was observed. low inhibitory effect was reported with cultivated species (*Triticum durum* Desf.).The results showed that the pure leaf extract and diluted to 50%, 40%, 30% 20% and 10% has very good effectiveness for the inhibiting adventitious seeds germination ( $\geq 95\%$ ). While the rest concentrations (5%, 2.5% and 1%), the rate of inhibition varied between 86.66% and 6.66%.The highest tolerance to the allelopathic effect of leaf extract was observed only with *Triticum durum*, its inhibition percentage is  $\leq 37,77\%$  (Efficiency without practical interest).

There are significant allelopathic and bioherbidal effects on germination of adventitious species by various concentrations of the extract compared to controls, which are in conformity with the presence of several compounds (flavonoids, Anthocyanins, Phenols and tannins, steroids, saponins, free quinone, sterole and triterpenes, Carbohydrates) in the leaf extract of *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. These results are in agreement with those obtained by (Salhi et al. 2013). Several research

studies have indicated that the presence of allelochemicals could be the source of complete or partial inhibition of germination and reduction of seedling growth (Rice, 1974; Einhelling, 1995; Salhi, 2011; Cherif, 2020). These allelochemicals have the potential to be employed as bioherbicides (Inderjit, 2003). Different plant species' allelochemicals affect different Physiological processes impede nutrient and ion absorption by changing plasma membrane permeability and have an effect on enzymes responsible for phytohormone production (Rice, 1979).

#### 5.4. Germination Speed ( $T_m$ )

In the present experiment, it was observed that the germination speed of adventitious species and cultivated species seeds treated with leaf extract of *Euphoria guyoniana* was slower than that reported for the control lot. We noticed the absence of germination in the lots treated with the leaf extract from the concentration of 10% (*Phalaris minor*), 20% (*Bromus rubens*, *Ammi visnaga* and 30% (*Plantago lagopus*). For other concentrations, the germination speed varies between 6.4 and 9.1 seeds per day. Phenolic compounds may play a role in controlling the activity of plant hormones. The synthesis or functioning of several growth-related enzymes is also sometimes disrupted (Sato et al., 1982). Suppression of the degradation of indole acetic acid (IAA) by various phenols (Lee et al., 1982).

#### 5.5. Efficiency Concentration ( $CE_{50}$ , $CE_{90}$ )

Table (3) shows the  $EC_{50}$  and  $EC_{90}$  values calculated for leaf extract of *Euphoria guyoniana* it was found that the leaf extract was more harmful to adventitious species (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) than the cultivated species (*Triticum durum*).

The  $EC_{50}$  of the leaf extract were very important in the order of 0,00116mg/mL, 0,00061mg/mL, 0,00764mg/mL and 0,00639mg/mL on *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* and *Ammi visnaga* respectively. On the other hand, the recorded  $EC_{90}$  for the same extract were 0,00820mg/mL, 0,00596mg/mL, 0,002538mg/mL, 0,02291mg/mL on *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus* and *Ammi visnaga* respectively. The  $EC_{50}$  and  $EC_{90}$  values estimated of the extract on cultivated species *Triticum durum* were 0,06371mg/mL; 0,20010mg/mL respectively.

The variance in the efficiency concentrations' values ( $EC_{50}$  and  $EC_{90}$ ) are probably due to the difference in the morphologic characteristic, biology, structure and seed size of the test plant.

#### 5.6. Seedling Growth

The inhibitory effect of leaf extract of *Euphoria guyoniana* was clearly demonstrated on root and shoot growth of adventitious species (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga* (table 4; 5; 6; 7 respectively) and the cultivated species *Triticum durum* (table 8).

These results showed that the seedling growth was highly affected compared with control. In comparison to the shoot growth of adventitious species root growth was more sensitive to the leaf extract of *Euphoria guyoniana*. This inhibitory activity on the root and shoot growth increased with increasing the concentration. In contrast, stimulatory activity was observed in root growth of cultivated species, with stimulation at the lower concentrations and inhibition at the higher concentrations.

The inhibitory effect on the seedling growth of adventitious species is an indicator of phytotoxicity. The reduction in root and shoot growth may be attributed to reduced cell division of seedlings, because the phenolic allelochemicals inhibit the cell division and alter the ultrastructure of cells (Li et al., 2010). Previous studies have demonstrated that allelopathic plants affect the germination and seedling growth of many species (Hussain et al., 2011; Scavo et al., 2018, Qasem, 2002). Certain chemicals released from foliage parts, such as allelochemicals, amino acids, carbohydrates, and/or phytohormones, may be responsible for the inhibitory or stimulatory effects (Tukey, 1969). The allelochemicals induce the gross morphological effects on seed germination, root elongation and coleoptile, root and shoot development (Dey et al., 2012). In addition, cell division could be inhibited and cell ultrastructure altered by phenolic allelochemicals (Gomaa et al., 2014).

## Conclusion

This research study focuses on the phytochemical analyses, allelopathic and bioherbicidal power of leaf extract of *Euphorbia guyoniana* harvested from the north-eastern region of the Algerian Sahara, against four adventitious species *Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga* and one cultivated species *Triticum durum*. The phytochemical analyses showed the presence of several compounds (flavonoids, anthocyanins, phenols and tannins, steroids, saponins, free quinone, sterols and triterpenes, carbohydrates). These findings confirm the strong allelopathic and bioherbicidal effect. Our results show that the leaf extract of *Euphorbia guyoniana* had significant allelopathic and bioherbicidal activity on adventitious species and stimulatory activity on cultivated species at lower concentration. We can conclude that *Euphorbia guyoniana* is a promising plant, it is possible to use it as a natural herbicide to control adventitious species.

## References

- [1] Ahmed, A. A., Gherraf, N., El-Bassuony, A. A., Rhouati, S., Gad, M. H., Ohta, S., & Hirata, T. (2006). Guyonianin A and B, two polyester diterpenes from Algerian Euphorbia guyoniana. *Natural Product Communications*, 1(4), 1934578X0600100402.
- [2] Amar, Z., Labib, S. N., Noureddine, G., & Salah, R. (2012). Phytochemical screening of five Algerian plants and the assessment of the antibacterial activity of two Euphorbia guyoniana extracts. *Der Pharmacia Lettre*, 4(5), 1438-1444.
- [3] Babula, P., Adam, V., Kizek, R., Sladký, Z., & Havel, L. (2009). Naphthoquinones as allelochemical triggers of programmed cell death. *Environmental and Experimental botany*, 65(2-3), 330-337.
- [4] Batish, D. R., Arora, K., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2007). Potential utilization of dried powder of *Tagetes minuta* as a natural herbicide for managing rice weeds. *Crop Protection*, 26(4), 566-571.
- [5] Bellakhdar, J. (1997). *Medecine arabe ancienne et savoirs populaires. La Pharmacopée Traditionnelle; Ibis Press: Paris, France.*
- [6] Ben Khetou, H. (2010). Contribution à l'étude de l'aptitude à la germination des graines d'Agrania spinosa L.(SAPOTACEAE) dans la région d'Ouargla. *MémoireIng Eco Univ-Ouargla.*
- [7] Benmeddour, T. (2016). *Etude de l'activité biologique de quelques espèces végétales dans ma région de Aurès et au nord du Sahara algérien* (Doctoral dissertation).
- [8] Bensellam, E. H., Moutiq, R., Elyacoubi, H., & Rochdi, A. (2019). Effet allélopathique de quelques plantes médicinales sur la germination des graines de Phalaris canariensis L. et Lactuca sativa L. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, (13).
- [9] Bhadoria, P. B. S. (2011). Allelopathy: a natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture*, 1(1), 7-20.
- [10] Bhowmik, P. C. (2003). Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. *Crop protection*, 22(4), 661-671.
- [11] Bouaziz, M., Dhoub, A., Loukil, S., Boukhris, M., & Sayadi, S. (2009). Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia. *African journal of biotechnology*, 8(24).
- [12] Boudiar, T., Hichem, L., Khalfallah, A., Kabouche, A., Kabouche, Z., Brouard, I., ... & Bruneau, C. (2010). A new alkaloid and flavonoids from the aerial parts of Euphorbia guyoniana. *Natural product communications*, 5(1), 1934578X1000500109.
- [13] Cherif, R., Kemassi, A., Boual, Z., Bouziane, N., Benbrahim, F., Hadjseyd, A., & el Hadj, M. O. (2016). Activités biologiques des extraits aqueux de Pergularia tomentosa L. (Asclepiadaceae). *Lebanese Science Journal*, 17(1), 25.
- [14] Cliffe, S., Fawer, M. S., Maier, G., Takata, K., & Ritter, G. (1994). Enzyme assays for the phenolic content of natural juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(8), 1824-1828.
- [15] Côme, D. (1970). Obstacles to germination. *Obstacles to germination.*, (6).
- [16] Dey, P., Chandra, S., Chatterjee, P., & Bhattacharya, S. (2012). Allelopathic Potential of Aerial Parts from Mikania scandens(L.) Willd. *World Journal of Agricultural Sciences*, 8(2), 203-207.
- [17] Dohou, R., Yamni, K., Tahrouch, S., Hassani, L. I., Badoc, A., & Gmira, N. (2003). Screening phytochimique d'une endémique iberomarocaine, Thymelaea lythroides. *Bulletin-Société de Pharmacie de Bordeaux*, 142(1/4), 61-78.
- [18] Duke, S. O. (2003). Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta*, 217(4), 529-539.
- [19] Einhellig, F. A. (1985). Effects of allelopathic chemicals on crop productivity, 109-130.
- [20] Gomaa, N. H., Hassan, M. O., Fahmy, G. M., González, L., Hammouda, O., & Atteya, A. M. (2014). Allelopathic effects of Sonchus oleraceus L. on the germination and seedling growth of crop and weed species. *Acta Botanica Brasilica*, 28, 408-416.

- [20] Harborne, J. B. (1973). *Phytochemical methods*, London, Chapman Hall Ltd.
- [21] Heap, I. (2013). The international survey of herbicide resistant weeds. Online. Internet.
- [22] Hussain, M. I., Gonzalez, L., & Reigosa, M. J. (2011). Allelopathic potential of *Acacia melanoxylon* on the germination and root growth of native species. *Weed Biology and Management*, 11(1), 18-28.
- [23] Inderjit, & Nilsen, E. T. (2003). Bioassays and field studies for allelopathy in terrestrial plants: progress and problems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(3-4), 221-238.
- [24] Jaradat, N., Hussen, F., & Al Ali, A. (2015). Preliminary phytochemical screening, quantitative estimation of total flavonoids, total phenols and antioxidant activity of *Ephedra alata* Decne. *J. Mater. Environ. Sci*, 6(6), 1771-1778.
- [25] Kemassi, A., Boukhari, K., Cherif, R., Ghada, K., Bendaken, N., Bouziane, N., ... & Ould Elhadh, E. M. (2015). Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.)(Euphorbiaceae). *Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes*, 8(1), 44-61.
- [26] Kemassi, A., Bouziane, N., Boual, Z., Mesbahi, Z., Ghenabzia, M., Kafí, M., ... & Ould Elhadj, M. D. (2013). Study of the toxicity of the crude acetone leaf extract of *Euphorbia guyoniana* Boiss. and Reut.(Euphorbiaceae) in *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera-Acrididea). *PhytoChem & BioSub Journal*, 7(1), 2-13.
- [27] Kemassi, A., Herouini, A., Hadj, S. A., Cherif, R., & Elhadj, M. O. (2019). Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algerien) sur le *Tribolium castaneum*. *Lebanese science journal*, 20(1), 55.
- [28] Kim, D. O., Chun, O. K., Kim, Y. J., Moon, H. Y., & Lee, C. Y. (2003). Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(22), 6509-6515.
- [29] Kúsz, N., Orvos, P., Csorba, A., Tálosi, L., Chaieb, M., Hohmann, J., & Rédei, D. (2016). Jatrophone diterpenes from *Euphorbia guyoniana* are new potent inhibitors of atrial GIRK channels. *Tetrahedron*, 72(37), 5724-5728.
- [30] Lee, T. T., Starratt, A. N., & Jevnikar, J. J. (1982). Regulation of enzymic oxidation of indole-3-acetic acid by phenols: structure-activity relationships. *Phytochemistry*, 21(3), 517-523.
- [31] Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C. D., & Jiang, D. A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12), 8933-8952.
- [32] Lin, D., Tsuzuki, E., Sugimoto, Y., Dong, Y., Matsuo, M., & Terao, H. (2004). Elementary Identification and biological activities of phenolic allelochemicals from dwarf lilyturf plant (*Ophiopogon japonicus* K.) against two weeds of paddy rice field. *Plant Prod. Sci*, 7(3), 260-265.
- [33] Lin, D., Tsuzuki, E., Sugimoto, Y., Dong, Y., Matsuo, M., & Terao, H. (2003). Assessment of dwarf lilyturf (*Ophiopogon japonicus* K.) dried powders for weed control in transplanted rice. *Crop Protection*, 22(2), 431-435.
- [34] Madike, Lerato Nellvecia., Takaidza, S., & Pillay, M. (2017). Preliminary phytochemical screening of crude extracts from the leaves, stems, and roots of *Tulbaghia violacea*. *Int J Pharmacogn Phytochem Res*, 9(10), 1300-1308.
- [35] Monem, R., Mirsharifi, S. M., & Mirtaheri, S. M. (2012). Evaluation allelopathic effects of barley shoot aqueous extract on germination, seedling growth, cell membrane permeability and malondialdehyde content of corn weeds. *Advances in Environmental Biology*, 2490-2496.
- [36] Ozenda, P. (1991). *Flora and vegetation of the Sahara*. CNRS.
- [37] Qasem, J. R. (2002). Allelopathic effects of selected medicinal plants on *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium murale*. *Allelopathy journal*, 10(2), 105-122.
- [38] Quézel, P., & Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
- [39] Rédei, D., Kúsz, N., Chaieb, M., & Hohmann, J. (2015, November). Two new jatrophone diterpenes from *Euphorbia guyoniana*. In *Planta Medica* (Vol. 81, No. 16, pp. 1443-1443). RUDIGERSTR 14, D-70469 STUTTGART, GERMANY: GEORG THIEME VERLAG KG.
- [40] Cherif R. (2020). *Etude comparative des activités biologiques des extraits de deux plantes spontanées récoltées au Sahara Algérien* (Doctoral dissertation, Université de Ghardaia).
- [41] Rice, E. L. (1979). Allelopathy—an update. *The Botanical Review*, 45(1), 15-109.
- [42] Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*. Second edition. New York: Academic Press, Orlando, FL.
- [43] Rice, E.L. (1974). *Allelopathy*. Academic Press, New York, NY. pp.353.
- [44] Salhi, N. (2011). *Allelochemicals from some medicinal and aromatique plants and theirpotontale use as biohererbicides* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).
- [45] Sato, T., Kiuchi, F., & Sankawa, U. (1982). Inhibition of phenylalanine ammonia-lyase by cinnamic acid derivatives and related compounds. *Phytochemistry*, 21(4), 845-850.

- [46] Scavo, A., Restuccia, A., Pandino, G., Onofri, A., & Mauromicale, G. (2018). Allelopathic effects of *Cynara cardunculus* L. leaf aqueous extracts on seed germination of some Mediterranean weed species. *Italian Journal of Agronomy*, 13(2), 119-125.
- [47] Trease E., Evans, W.C. 1987. Pharmacognosie. Billiaire Tindall, London 13 th Edition.
- [48] Tukey, H. B. (1969). Implications of allelopathy in agricultural plant science. *The botanical review*, 35(1), 1-16.
- [49] Weih, M., Didon, U. M. E., Rönnerberg-Wästljung, A. C., & Björkman, C. (2008). Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops. *Agricultural Systems*, 97(3), 99-107.
- [50] Weston, L. A. (1996). Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy journal*, 88(6), 860-866.

# Phytochemical profile and allelopathic potential of *Haloxylon scoparium* Pomel (Chenopodiaceae) from Algerian Sahara

Reguia OTMANI<sup>1,2</sup>, Bachir KHENE<sup>1</sup>, Abdellah KEMASSI<sup>3</sup>, Fatna ARABA<sup>1</sup>, Mohamed HARRAT<sup>4</sup>, Mohamed YOUSFI<sup>4</sup>

Received May 20, 2023; accepted October 27, 2023.  
Delo je prispelo 20. maja 2023, sprejeto 27. oktobra 2023

## Phytochemical profile and allelopathic potential of *Haloxylon scoparium* Pomel (Chenopodiaceae) from Algerian Sahara

**Abstract:** The aim of the present work is to study the chemical composition, to estimate the phenolic compounds content and to evaluate the potential allelopathic effects of the *Haloxylon scoparium* Pomel. Phytochemical tests revealed that *Haloxylon scoparium* contains tannins, saponins, coumarins, alkaloids, flavonoids and steroids. Furthermore, it contains high levels of total phenolic (588.33 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>) and flavonoids (95.45 mg QE 100 g<sup>-1</sup>) contents. Moreover, LC-MS-MS analysis allowed us to determine their chemical composition. The results of this characterization confirm the presence of vanillin, naringenin, folic acid, maleic acid, benzoic acid, myricetin, quercetin, beta-carotene, butylhydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), rutin, caffeic acid, hydroxy-4-coumarin, ascorbic acid, and gallic acid. The allelopathic effect was studied on seed germination and seedling growth of four weed species. The bioassays were performed using different concentrations (1 %, 2.5 %, 5 % and 10 %) against a negative control. The seed germination, shoot and root length of weed species were completely inhibited at the highest concentrations (10 %, 5 %). However, the lower concentrations exhibited lesser inhibition percentages on the germination and the seedling growth. The phytochemical results and the significant allelopathic effects of the plant extract suggest that this species may offer new substances for the biocontrol of weeds.

**Key words:** phytochemical profile, allelopathic potential, *Haloxylon scoparium*, LC-MS-MS analysis, allelochemicals, Algerian Sahara

## Fitokemični profil in alelopatski potencial vrste *Haloxylon scoparium* Pomel (Chenopodiaceae) iz alžirske Sahare

**Izvleček:** Namen raziskave je preučiti kemijsko sestavo in vsebnost fenolnih spojin za ovrednotenje alelopatskega potenciala vrste *Haloxylon scoparium* Pomel. V raziskavi je bilo ugotovljeno, da vrsta vsebuje različne tanine, saponine, kumarine, flavonoide, alkaloide in steroide. Vsebuje velike količine celokupnih fenolov (588,33 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>) in flavonoidov (95,45 mgQE 100 g<sup>-1</sup>). Podrobnejša kemijska LC-MS-MS analiza je pokazala prisotnost vanilina, naringenina, folne, jabolčne in benzoične kisline, mircetina, kvercetina, beta-karotena, butil hidroksianizola (BHA), butiliranega hidroksitoluena (BHT), rutina, kavne kisline, hidroksi-4-kumarina, askorbinske in galne kisline. Alelopatski učinek je bil preučevan na kalitvi in rasti kalic štirih vrst plevelov. Preizkušene so bile različne koncentracije alelopatskih snovi (1 %, 2,5 %, 5 % in 10 %) napram kontroli. Kalitev semen in dolžinska rast korenin in poganjkov plevelov je bila popolnoma zavrtta pri največjih koncentracijah alelopatskih snovi (10 %, 5 %). Manjše koncentracije alelopatskih snovi so pokazale manjši odstotek zaviranja kalitve in rasti sejank plevelov. Alelopatski učinek izvlečkov te rastline nakazuje, da bi ta rastlina lahko bila vir novih učinkovin pri biokontroli plevelov.

**Ključne besede:** fitokemični profil, alelopatski potencial, *Haloxylon scoparium*, LC-MS-MS analiza, alelokemikalije, alžirska Sahara

1 Laboratoire de Mathématiques et Sciences Appliquées, Université de Ghardaïa, Ghardaïa, Algeria

2 Corresponding author, e-mail: otmani.regaia@univ-ghardaia.dz

3 Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi arides, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie

4 Laboratoire des sciences fondamentales (LSF), Université Amar Têlidji, Laghouat, Algeria

## 1 INTRODUCTION

Weed interference in agricultural fields reduces the quantity and quality of crops, causing enormous economic losses for farmers (Sarić-Krsmanović et al., 2019). Control strategies of weed have relied mainly on the application of synthetic herbicides. However, the continuous and excessive application of these treatments cause environmental pollution, negative effects on human health and unsafe agricultural products. Moreover, this practice increases herbicide resistance in weeds (Batish et al., 2007). Therefore, in order to resolve this problem, and minimize the dependency on chemical herbicides for weed control, great efforts have been given to develop natural and eco-friendly alternatives (Bhadoria, 2011).

Allelopathy refers to any process that involves allelochemicals produced by plants. Some plants may inhibit seed germination, emergence and growth of other plants by exuding toxic substances. These substances are called allelopathic chemicals or allelochemicals (Monem, 2012). Biochemical compounds offer a great potential for the discovery of new environmentally safe herbicides, referred to as “bioherbicides”. Thus, the usage of plant secondary metabolites proved to be a promising solution in biological control (Weih et al., 2008).

The Algerian Sahara, known for its richness in spontaneous plants, harbors about 500 species of higher plants, some of which are used as medicinal plants. The *Haloxylon scoparium* Pomel plant, belonging to the Chenopodiaceae family, and locally named “*remth*”, is used in traditional medicine to treat eye disorders (Chehma, 2006; Salah et al., 2002).

Several studies have been carried out on this species extract; mostly targeting its’ polyphenol contents or its’ biological activities. This plant has been reported to possess antidiabetic potential (Benkherara et al., 2021), antimicrobial and antiradical properties (Drioiche et al., 2019), antibacterial and antioxidant activities (Bouaziz et al., 2016), antidiabetic, antiseptic and anti-inflammatory effects (Ziyyat et al., 2014), anticancer activity (Bourogaa et al., 2014), anti-leukemic agent (Bourogaa et al., 2011), molluscicidal activity (Mezghani- Jarraya et al., 2009), anti-cancer and anti-plasmodial activities (Sathiyamoorthy et al., 1999), larvicidal activity (Sathiyamoorthy et al., 1997).

The allelopathic potential of *Haloxylon scoparium* on various weeds and crops have rarely been investigated (Salhi, 2011). Therefore, this study aims to evaluate the allelopathic effects of *Haloxylon scoparium* leaf extract on seed germination and seedlings growth. As well as to determine the chemical composition we carried out extrac-

tion of phenolic compounds, then their qualitative and quantitative characterization. The analytical techniques used are phytochemical tests based on precipitation or coloration of extract by specific reagents; Determination of total polyphenol and total flavonoids contents was determined by spectrophotometry and identification of phenolic compounds by Liquid Chromatography- Mass Spectrometry (LC-MS-MS).

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 EXTRACT PREPARATION

The leaves of *Haloxylon scoparium* were harvested from the plant in its’ natural habitat, located in the northeastern region of the Algerian Sahara, during its’ vegetative stage. The leaves were subsequently washed with tap water then shade dried. The dried leaves were ground using an electric blender and stored in glass jars until the extraction process. The plant extract was obtained using reflux extraction. In a flask, 50 g of plant material were added to a hydro-methanolic solution. Using a flask heater, the mixture was heated at 60 °C for six hours. Filtration was then carried out using Whatman No. 1 filter paper. The collected filtrate underwent treatment under reduced pressure in a rotary evaporator in order to eliminate the methanol. The recovered aqueous extract was subsequently stored at 4 °C in a refrigerator until used for the biological testing (Kemassi et al., 2019).

To evaluate the dose dependent effect on the germination and seedling growth of weed, different concentrations were prepared from the stock solution, diluted with distilled water (10 %, 5 %, 2.5 % and 1 %). Distilled water served as control.

### 2.2 PHYTOCHEMICAL TESTS

The leaf extract was examined for the presence of the following phytochemical classes, using the numerous standard methods of evaluation described by various authors in the scientific literature

#### 2.2.1 Tannins

A solution of FeCl<sub>3</sub> (5 %) was added to the crude extract. The presence of tannins was indicated by the appearance of a black or a blue-green color (Lerato et al., 2017).

### 2.2.2 Anthocyanins

Two milliliters of leaf extract, two milliliters of HCl (2 N) and ammonia (2 ml) were mixed. The appearance of a pink red coloration that turned blue violet confirmed the presence of anthocyanins (Lerato et al., 2017).

### 2.2.3 Saponins

Distilled water was added to the crude leaf extract in a test tube, followed by vigorous stirring. The formation of a persistent froth confirmed the presence of saponins in the extract (Lerato et al., 2017).

### 2.2.4 Coumarins

A NaOH solution (10 %) was added to the leaf extract. The formation of a yellow color confirmed the presence of coumarins (Lerato et al., 2017).

### 2.2.5 Alkaloids

The presence of alkaloids was assessed by adding three milliliters of HCl (1 %) to three milliliters of crude extract. The mixture was heated for twenty minutes. Subsequently, Mayer's reagent was added in drips to the mixture. The formation of a cream precipitate or the occurrence of a green coloration indicates the presence of alkaloids (Lerato et al., 2017).

### 2.2.6 Flavonoids

The plant extract was treated with a NaOH solution (10 %). The appearance of an intense yellow color of the solution indicated the presence of flavonoids (Lerato et al., 2017).

### 2.2.7 Steroids

Chloroform and  $H_2O_4$  were added to the leaf extract. The presence of steroids was indicated by a color change, from violet to blue or green, or the occurrence of a blue-green ring (Lerato et al., 2017).

### 2.2.8 Carbohydrates

A boiled mixture of Fehling solutions A and B, with

equal volumes, was added to the leaf extract. A red colored precipitate indicated the presence of reducing sugars (Jaradat et al., 2015).

## 2.3 DETERMINATION OF POLYPHENOLS COMPOUNDS CONTENT

### 2.3.1 Determination of total polyphenol content

Total polyphenol content (TPC) was measured according to the colorimetric method (Singleton and Rossi, 1965), with some modification (using a UV spectrophotometer). 200  $\mu$ l of leaf extract were added to 1 ml of Folin-Ciocalteu reagent (diluted 10 times with distilled water) and 800  $\mu$ l of  $Na_2CO_3$  (7.5 %). The mixture was then incubated at 50 °C for 30 minutes. Subsequently, the absorbance of the solution was measured at 765 nm. Gallic acid served as a control for the creation of a calibration curve to estimate the TPC (Cliffe et al., 1994).

### 2.3.2 Determination of total flavonoid content

The total flavonoid content (TFC) was measured according to the Aluminium Chloride colorimetric method (Djeridane et al., 2006), with some modification. In a test tube, 25  $\mu$ l of the plant extract was mixed with 300  $\mu$ l of  $NaNO_2$  and 300  $\mu$ l of  $AlCl_3$  (10 %) and left for five minutes. 100  $\mu$ l of NaOH (2 %) were added. The absorbance of this mixture was measured at 510 nm. Calibration curve of standard quercetin solution was prepared to calculate TFC (Kim et al., 2003).

## 2.4 EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FOR LC-MS-MS ANALYSIS

The crude extract was fractionated (liquid-liquid) by the addition of ethyl acetate to obtain ethyl acetate fraction. Extract fraction was dried and dissolved in 5 ml of methanol then stored at 4 °C until analysis.

## 2.5 LIQUID CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY ANALYSIS CONDITIONS (LC-MS-MS)

The analysis of the *Haloxylon scoparium* leaf extract was carried out in the Technical Platform of Physico-Chemical Analysis (PTAPC-CRAPC)-Ouargla-Algeria, using a UPLC-ESI-MS-MS Shimadzu 8040 Ultra-High sensitivity with UFMS technology was employed and

equipped with binary bump Nexera XR LC-20AD identified the extracted phenolic compounds. For optimization of polyphenols standards, we used direct injection without column. All standards were prepared in methanol with a 500 µg l<sup>-1</sup> concentration. The ion trap mass spectrometer was used in both positive and negative ions with MRM mode (multiple reaction monitoring). The mobile phase was made of water, 0.1 % formic acid and 70 % methanol. The injection volume was six µl and the flow rate was 0.3 ml min<sup>-1</sup>. The samples were separated using an ultra-force C18 column (I.D. 2.5 mm × 100 mm, 1.8 µm particle size; Restek), the oven temperature was 25 °C. Isocratic elution was applied with 0.1 % formic acid and methanol. The injection volume was 10 ml and the flow rate was 0.30 ml min<sup>-1</sup> (Ben amor et al., 2022).

## 2.6 BIOASSAY EXPERIMENT

The bioassay experiments were arranged in a completely randomized design, with four replications of each treatment. Seeds of *Bromus rubens* L., *Phalaris minor* L., *Plantago lagopus* L. and *Ammi visnaga* L. were placed on filter paper in sterile Petri dishes and treated with three ml of different concentrations of plant extract. The control was treated with three ml of distilled water. The petri dishes were kept under laboratory conditions with day temperature ranging from 19-24 °C and night temperature from 12-15 °C. The germination assessment was evaluated daily, for ten days, by counting the number of germinated seeds, measuring the shoot and the root lengths and determining fresh mass at the end of the experiment (Otmani et al., 2022).

## 2.7 EVALUATION OF ALLELOPATHIC EFFECTS

The allelopathic effects can be defined as the inhibition or the retardation of seed germination and reduction or stimulation of root and shoot length and mass.

### 2.7.1 Calculation of inhibition percentage

The inhibition percentage was calculated according to the equation proposed by Côme (1970). This parameter explains the ability of a plant extract to inhibit seed germination. In the equation, mentioned below, N is the number of germinated seeds, and A is the total number of the sown seeds.

$$\text{Inhibition (\%)} = ((A-N)/A) * 100 \quad (1)$$

### 2.7.2 Average germination time

The average germination time (AGT) was determined through daily counting of germinated seed to the tenth day and calculated with the equation proposed by Labouriau (1983), being the expressed results in days.

$$\text{AGT} = \frac{\sum ni * ti}{\sum ni} = \frac{(n_1 * t_1 + n_2 * t_2 + \dots + n_n * t_n)}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \quad (2)$$

n<sub>1</sub>: number of germinated seeds at time t<sub>1</sub>.

n<sub>2</sub>: number of germinated seeds at time t<sub>2</sub>.

n<sub>n</sub>: number of germinated seeds at time t<sub>n</sub>.

### 2.7.3 Effects of extract on seedling's growth

After the germination test, the shoot and root lengths of the weed species were measured. Afterwards, the seedlings were separated into shoot and root parts in order to measure the fresh mass.

## 2.8 STATISTICAL ANALYSIS

The results obtained from the various experimental tests were analyzed by one-way ANOVA with the "XL-STAT version 2014" software. Results were evaluated by the Fisher LSD test

(p = 0.05), and presented as mean ± SD (Standard deviation).

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 PHYTOCHEMICAL TESTS

The results of the phytochemical screening, presented in Table 1, clearly indicate the presence of different secondary metabolites in *Haloxylon scoparium* leaf extract. These tests revealed the presence of phenols (tannins, saponins, coumarins, flavonoids), alkaloids and steroids. However, the absence of carbohydrates, anthocyanin and betacyanin is noted.

The phytochemical tests carried out on the leaf extract of *Haloxylon scoparium* allowed us to highlight the presence of several phytochemicals. These research results are in agreement with those obtained in previous studies that indicated the richness of *Haloxylon scoparium* in secondary metabolites (Haida et al., 2020). Ben kherara et al. (2021) confirmed the presence of six major compounds (alkaloids, flavonoids, saponins tan-

**Table 1:** Results of phytochemical tests of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract

Constituents	Leaf extract
Tannins	+++
Anthocyanin and Betacyanin	-
Saponins	+
Coumarins	+++
Alkaloids	+++
Flavonoids	+++
Steroids	+++
Carbohydrates	-

+++ : Strong positive result, ++ : Moderate positive result, + : Weak positive result, - : Negative result

nins, anthocyanins, terpenes and sterols) and the absence of two other important compounds (leucoanthocyanins and cardinols). A study done by Lachkar et al. (2021) showed that the aqueous and organic extracts of the aerial part of *Haloxylon scoparium* collected in Taza (Morocco) contains catechic tannins, flavonoids, saponins, alkaloids, anthracenosides, and free quinones. However, gallic tannins, sterols and anthraquinones were absent. Furthermore, Bourogaa and collaborators (2014) revealed the presence of flavonoids and alkaloids, while quinones and sterols are absent from the aqueous extract. In contrast, Zerriouh (2015) showed that the aqueous extract of the aerial part of *Hammada scoparia* collected in Algeria is devoid of flavonoids but contains the alkaloids and saponins.

These secondary metabolites possess allelopathic effects on the seed germination and seedling growth of weed species. These phytochemicals present in *Haloxylon scoparium* leaf extract might be controlling the observed allelopathic activity of the plant extract. alkaloids, flavonoids, terpenoids, curcubitacins, glycosides, coumarins, saponins and tannins are the plant components identified as allelochemicals in the allelopathic effects of several plant extracts on weeds and crops (Mseddi et al., 2018; Naz and Bano, 2013).

### 3.2 TOTAL POLYPHENOL AND FLAVONOIDS CONTENT

The total polyphenol and total flavonoids contents obtained for leaf extract of *Haloxylon scoparium* are presented in Table 2. The total polyphenols content of the plant extract was determined in comparison to the standard gallic acid, expressed as mg GAE 100 g<sup>-1</sup> of dry

**Table 2:** Quantitative results of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract

Constituents	Leaf extract
Total Polyphenols Content (mg GAE/100 g DM) ± SD	588.33 ± 1.87
Total Flavonoids Content (mg QE / 100 g DM) ± SD	95.45 ± 1.21

GAE: Gallic acid equivalent; QE: Quercetin equivalent; DM: dry mass

plant sample, whereas the total flavonoids content was measured in comparison to the standard quercetin, and expressed as mg QE 100 g<sup>-1</sup> of dry plant sample.

These interesting results of colorimetric analysis show a very high content of total polyphenols (588.33 ± 1.87 mg GAE g<sup>-1</sup> DM) and total flavonoids (95.45 ± 1.21 mg QE 100 g<sup>-1</sup> DM) in the *Haloxylon scoparium* leaf extract. These amounts were significantly better than those found by Allaoui et al. (2016) who obtained a high content of total polyphenol (397.743 mg GAE g<sup>-1</sup> of extract) and flavonoid (82.835 mg QE g<sup>-1</sup>). The obtained results were three time higher than those quantified in the same studied plant species (Zeghada, 2009; Lachekar et al., 2021; Ben kherara et al., 2021)

The extraction yields depend on the plant species, part of plant used, period of harvesting, climate and geographical position, drying conditions, plant material, nature and polarity of the solvent and the method and modality of extractions.

The qualitative and quantitative analysis results show the superior biochemical quality of *Haloxylon scoparium*.

### 3.3 LC-MS-MS ANALYSIS RESULTS

The analysis results of *Haloxylon scoparium* leaf extract by LC-MS-MS are shown in Table 3. This analysis revealed the presence of several secondary metabolites. Twenty-three phenolic compounds were detected based on the LC-MS-MS in which fifteen were identified by comparison with standards. The results of this characterization confirm the presence of vanillin, naringenin, folic acid, maleic acid, benzoic acid, myricetin, quercetin, beta-carotene, butylhydroxy anisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), rutin, caffeic acid, hydroxy-4-coumarin, ascorbic acid, and gallic acid. However, keampferol, coumaric acid, picric acid, cinnamic acid, chlorogénic acid, chrysin, esculin, hesperetin were absent.

The phytochemical composition of *Haloxylon sco-*

**Table 3:** LC-MS-MS-determined phenolic compounds of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract

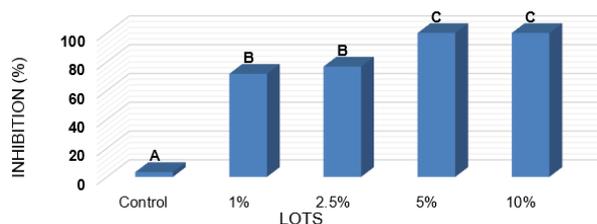
N°	Compound Name	Charge + / -	Precursor m/z	Product m/z	Haloxylon scoparium
01	Keampferol	[MH] <sup>+</sup>	287.1	255.25	-
02	Vanillin	[MH] <sup>+</sup>	153.10	71.15	+
03	Naringenin	[MH] <sup>+</sup>	273.10	147.15	+
04	Coumaric Acid	[MH] <sup>+</sup>	165.10	59.10	-
05	Picric Acid	[MH] <sup>-</sup>	227.8	198.05	-
06	Cinnamic Acid	[MH] <sup>+</sup>	149.1	77.2	-
07	Folic Acid	[MH] <sup>+</sup>	442.90	323.45	+
08	Maleic Acid	[MH] <sup>+</sup>	117.10	85.20	+
09	Benzoic Acid	[MH] <sup>+</sup>	123.10	91.20	+
10	Chlorogénic Acid	[MH] <sup>+</sup>	355	73.15	-
11	Myricetin	[MH] <sup>+</sup>	336.25	72.15	+
12	Quercetin	[MH] <sup>+</sup>	303.10	85.05	+
13	Chrysin	[MH] <sup>+</sup>	255.10	223.30	-
14	Esculin	[MH] <sup>+</sup>	341.30	309.40	-
15	Hesperetin	[MH] <sup>-</sup>	300.9	255.25	-
16	Beta-carotene	[MH] <sup>+</sup>	537.20	199.25	+
17	Butylhydroxyanisole (BHA)	[MH] <sup>+</sup>	181.10	140.15	+
18	Butylated hydroxytoluene (BHT)	[MH] <sup>+</sup>	221	161.30	+
19	Rutin	[MH] <sup>+</sup>	611.20	73.20	+
20	Cafeic Acid	[MH] <sup>-</sup>	178.80	135.10	+
21	Hydroxy-4-Coumarine	[MH] <sup>-</sup>	160.80	117.10	+
22	Ascorbic Acid	[MH] <sup>-</sup>	174.90	131.10	+
23	Gallic Acid	[MH] <sup>-</sup>	168.80	125.10	+

+ : present, - : not present

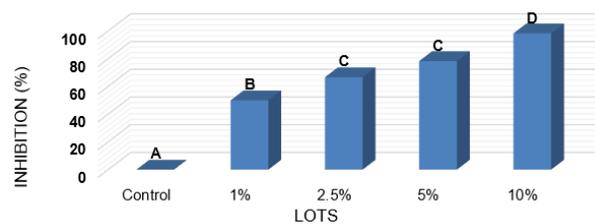
*parium* plant has not been the subject of many publications. Few researchers have investigated its phenolic composition. Chemical characterization of *Hammada scoparia* essential oils confirmed the presence of carvacrol, p-cymene,  $\gamma$ -terpinene and z-caryophyllene (Driouche et al., 2019). In addition, Chao et al. (2013) showed the presence of some phenol acids such as Coumaric acid, Cinnamic acid and Caffeoylquinic acid, simple phenols (catechol and a chrysoeriol). However, Benkrief et al. (1990) identified isosalsoline dehydrosalsolidine, isosalsolidine (tetrahydroisoquinolines), N-methylcorydaldine (isoquinolone), tryptamine and N-methyltryptamine (tryptamines) as minor alkaloids. Other studies have isolated and identified two principal alkaloids: carnegine and N-methylisosalsoline from *Hammada scoparia* leaf extract (Jarraya et al., 2008; Bouaziz et al., 2016). A new flavonol triglycoside has been isolated from the leaves of *Hammada scoparia* (Salah et al., 2002).

#### 3.4 PERCENTAGE OF GERMINATION INHIBITION

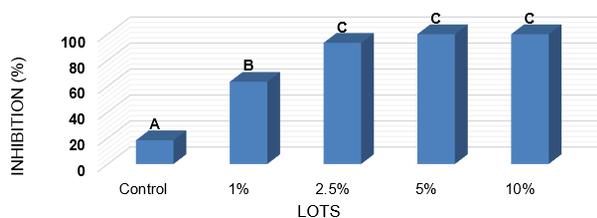
The allelopathic effect is expressed as the percentage of inhibition. The germination of target species, treated with *Haloxylon scoparium* leaf extract, decreased compared to the control. The degree of inhibition varies depending on the concentrations (Fig 1, 2, 3, and 4). A high inhibitory effect on germination was observed on all tested seeds, and the inhibition percentage increased with increasing concentrations of leaf extract. As illustrated in the graphs, at the 1 % and 2.5 % extract concentrations, the inhibition percentage values were, respectively, of 71.66-76.66 % for *Bromus rubens*, 63.33-93.33 % for *Phalaris minor*, 50.0-66.66 % for *Plantago lagopus*, 30.0-43.33 % for *Ammi visnaga*. The 5 % and 10 % extract concentrations significantly inhibited the germination of weed seeds, which corresponds to a 100% inhibition percentage.



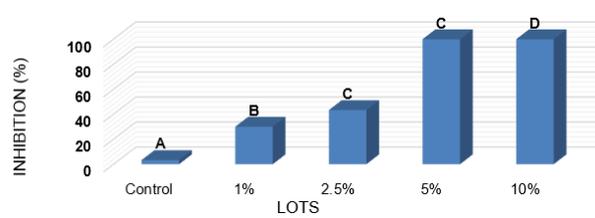
**Figure 1:** Inhibition percentage observed in control and treated lots by various concentration of leaf extract of *Haloxylon scoparium* Pomel. on *Bromus rubens* L. For each concentration, means (mean  $\pm$  SD) followed by different letter (A, B, C) are significantly different at  $p < 0.05$  level according to Tukey's LSD test



**Figure 3:** Inhibition percentage observed in control and treated lots by various concentration of leaf extract of *Haloxylon scoparium* Pomel. on *Plantago lagopus* L. For each concentration, means (mean  $\pm$  SD) followed by different letter (A, B, C, D) are significantly different at  $p < 0.05$  level according to Tukey's LSD test



**Figure 2:** Inhibition percentage observed in control and treated lots by various concentration of leaf extract of *Haloxylon scoparium* Pomel. on *Phalaris minor* L. For each concentration, means (mean  $\pm$  SD) followed by different letter (A, B, C) are significantly different at  $p < 0.05$  level according to Tukey's LSD test



**Figure 4:** Inhibition percentage observed in control and treated lots by various concentration of leaf extract of *Haloxylon scoparium* Pomel. on *Ammi visnaga* L. For each concentration, means (mean  $\pm$  SD) followed by different letter (A, B, C, D) are significantly different at  $p < 0.05$  level according to Tukey's LSD test

According to the present research, *Haloxylon scoparium* leaf extract presents an allelopathic effect on the seed germination of weed species (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*). These results are in agreement with those obtained by Karous et al. (2020); they demonstrate that the tested aqueous extract possessed an effective inhibitory activity against two weed species. Numerous studies have suggested that the presence of allelochemicals may cause a total or partial suppression of germination and a reduction in seedling growth (Qasem, 2002; Naz and Bano, 2013; Saadaoui et al., 2015; Mseddi et al., 2018). The presence of these secondary metabolites suggests that the plant might be of allelopathic and bioherbicidal importance.

### 3.5 AVERAGE GERMINATION TIME

In the present study, it was observed that the average germination time of weed species treated with leaf extract of *Haloxylon scoparium* increased in all treatments, from the lowest to the highest concentrations. The values show slower times compared to those of the control lot

(Table 4). These results showed that the average germination time varies between 6.14 and 8.75 days.

The results of the current study show that *Haloxylon scoparium* leaf extract had an impact on average germination time. Da Silva et al. (2016) reported that *Ricinus communis* leaf extract significantly affected the average germination time, which increased with concentrations. Allelochemicals can increase cell membrane permeability, which prevents plants from absorbing nutrients from their environment and affects their normal growth (Li et al., 2010).

### 3.6 EFFECT OF EXTRACT ON SEEDLING GROWTH

The effect of *Haloxylon scoparium* leaf extract on the shoot and root growth of treated weed species (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*) are shown in tables 5, 6, 7 and 8 respectively. In laboratory bioassay, all concentrations of leaf extract of *Haloxylon scoparium* decreased the seedling growth of weed species. They significantly decreased the shoot

**Table 4:** Effect of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract on average germination time of *Bromus rubens* L., *Phalaris minor* L., *Plantago lagopus* L. and *Ammi visnaga* L

Extract conc. (%)	Average Germination Time (AGT) (Days)							
	<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Plantago lagopus</i>		<i>Ammi visnaga</i>	
	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group
Control	6.33 ± 0.11	A	7.31 ± 0.08	A	6.19 ± 0.05	A	6.53 ± 0.03	A
1 %	6.14 ± 0.16	A	7.91 ± 0.16	A	6.68 ± 0.36	AB	7.33 ± 0.05	B
2.5 %	6.54 ± 0.66	A	8.75 ± 1.44	A	7.13 ± 0.25	B	7.64 ± 0.29	C
5 %	-	-	-	-	7.85 ± 0.76	C	-	-
10 %	-	-	-	-	8,63 ± 0.47	D	-	-
LSD	0.72		1.51		0.72		0.30	

-:100 % inhibition percentage

**Table 5:** Effect of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract on shoot and root lengths and fresh mass of *Bromus rubens* L

Extract conc. (%)	<i>Bromus rubens</i>							
	Shoot length (cm)		Root length (cm)		Shoot mass (g)		Root mass (g)	
	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group
Control	12.61 ± 2.27	C	14.33 ± 1.49	C	0.0336 ± 0.0036	B	0.0262 ± 0.0078	B
1 %	5.45 ± 1.49	B	6.57 ± 1.05	B	0.0257 ± 0.0049	A	0.0096 ± 0.0024	A
2.5 %	2.12 ± 1.35	A	2.01 ± 1.05	A	0.0177 ± 0.0059	A	0.0058 ± 0.0020	A
LSD	3.16		2.47		0.0085		0.0043	

**Table 6:** Effect of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract on shoot and root lengths and fresh mass of *Phalaris minor* L

Extract conc. (%)	<i>Phalaris minor</i>							
	Shoot length (cm)		Root length (cm)		Shoot mass (g)		Root mass (g)	
	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group
Control	9.08 ± 0.65	B	9.26 ± 0.92	C	0.0155 ± 0.0019	B	0.0051 ± 0.0007	C
1 %	6.69 ± 0.87	A	3.97 ± 0.98	B	0.0096 ± 0.0018	AB	0.0018 ± 0.0009	B
2.5 %	5.45 ± 1.51	A	2.05 ± 1.41	A	0.0082 ± 0.0052	A	0.0005 ± 0.0001	A
LSD	1.93		1.92		0.0061		0.0011	

**Table 7:** Effect of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract on shoot and root lengths and fresh mass of *Plantago lagopus* L

Extract conc. (%)	<i>Plantago lagopus</i>							
	Shoot length (cm)		Root length (cm)		Shoot mass (g)		Root mass (g)	
	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group
Control	3.38 ± 0.49	D	4.03 ± 0.29	C	0.0084 ± 0.0015	C	0.0038 ± 0.0005	C
1 %	2.85 ± 0.29	C	1.53 ± 0.46	B	0.0058 ± 0.0024	B	0.0014 ± 0.0010	B
2.5 %	1.38 ± 0.25	B	0.28 ± 0.16	A	0.0026 ± 0.0021	A	0.0005 ± 0.0004	A
5 %	± 0.06	A	0.08 ± 0.03	A	0.0007 ± 0.0004	A	0.0001 ± 0.00005	A
10 %	0,35 ± 0.05	A	0,12 ± 0.05	A	0,0003 ± 0.0001	A	0,0001 ± 0.00005	A
LSD	0.38		0.41		0.0026		0.0009	

**Table 8:** Effect of *Haloxylon scoparium* Pomel. leaf extract on shoot and root lengths and fresh mass of *Ammi visnaga* L

Extract conc. (%)	Ammi visnaga							
	Shoot length (cm)		Root length (cm)		Shoot mass (g)		Root mass (g)	
	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group	Mean ± SD	Group
Control	8.25 ± 1.03	B	6.49 ± 0.63	C	0.0251 ± 0.0047	A	0.0073 ± 0.0016	A
1 %	3.91 ± 0.79	A	1.73 ± 0.26	B	0.0083 ± 0.0012	A	0.0013 ± 0.0004	B
2.5 %	2.94 ± 0.45	A	0.59 ± 0.30	A	0.0063 ± 0.0026	A	0.0006 ± 0.0004	C
LSD	1.44		0.78		0.005		0.001	

length, root length, shoot fresh mass and root fresh mass of the test species compared to those of the control. This inhibitory effect on the root and shoot growth increased with increase of the concentrations.

The present study indicate that *Haloxylon scoparium* leaf extract presents allelopathic effect and contains allelochemicals responsible for the inhibitory activities on the germination and the seedling growth of test weed species. Other authors in their studies on weeds and crops observed similar findings (Scavo et al., 2018; Bhowmik and Doll, 1984). Allelochemicals affect plant germination and growth (Salhi et al., 2013). The capacity to inhibit seed germination and seedling growth are a complex process, and several hypotheses about allelochemicals of plant extracts have been formulated. These hypotheses suggest that these compounds might affect enzymes responsible for plant hormone synthesis, to inhibit the action of the amylase or inhibition of their tissue actions (Feeny, 1976). The alteration of the synthesis or activities of gibberellic acid in the seed could be due to the presence of phenolic compounds (Olofsdotter, 2001). Cell division and elongation are susceptible to the presence of allelopathic compounds (Muller 1965), resulting in the reduction of root and shoot growth (Qasem, 2002).

#### 4 CONCLUSION

The results of the present research confirmed the strong allelopathic effects of *Haloxylon scoparium* leaf extract, on the germination, shoot and root growth of tested weed species (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Plantago lagopus*, *Ammi visnaga*). The phenolic compounds present a great interest for the researchers due to their various biological activities. These findings encourages future research for identifying and characterizing germination and growth inhibitors; it could be the source of these species' significant allelopathic potential. These allelochemicals might be used in the research and development of weed-controlling environmental herbicides.

#### 5 REFERENCES

- Allaoui, M., Cheriti, A., Chebouat, E., Dadamoussa, B., & Gherraf, N. (2016). Comparative study of the antioxidant activity and phenols and flavonoids contents of the ethyl acetate extracts from two Saharan Chenopodiaceae: *Haloxylon scoparium* and *Algerian Journal of Arid and Environment*, 6(1), 71-79. <http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/10561>
- Batish, D. R., Arora, K., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2007). Potential utilization of dried powder of *Tagetes minuta* as a natural herbicide for managing rice weeds. *Crop Protection*, 26(4), 566-571. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.05.008>
- Ben Amor, S., Mekious, S., Allal Benfekih, L., Abdellattif, M. H., Boussebaa, W., Almalki, F. A. ... & Kawsar, S. M. (2022). Phytochemical characterization and bioactivity of different honey samples collected in the pre-Saharan region in Algeria. *Life*, 12(7), 927. <https://doi.org/10.3390/life12070927>
- Benkherara, S., Bordjiba, O., Harrat, S., & Djahra, A. B. (2021). Antidiabetic potential and chemical constituents of *Haloxylon scoparium* aerial part, an endemic plant from South-eastern Algeria. *International Journal of Secondary Metabolite*, 8(4), 398-413. <https://doi.org/10.21448/ijsm.990569>
- Benkrief, R., Brum-Bousquet, M., Tillequin, F., & Koch, M. (1990, January). Alkaloids and flavonoid from aerial parts of *Hammada articulata* ssp. *scoparia*. In *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 48(4), 219-224.
- Bhadoria, P. B. S. (2011). Allelopathy: a natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture*, 1(1), 7-20. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2011/002>
- Bhowmik, P. C., & Doll, J. D. (1984). Allelopathic effects of annual weed residues on growth and nutrient uptake of corn and soybeans 1. *Agronomy Journal*, 76(3), 383-388. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600030008x>
- Bouaziz, A., Mhalla, D., Zouari, I., Jlaïel, L., Tounsi, S., Jarraya, R., & Trigui, M. (2016). Antibacterial and antioxidant activities of *Hammada scoparia* extracts and its major purified alkaloids. *South African Journal of Botany*, 105, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.03.012>
- Bourogaa, E., Bertrand, J., Despeaux, M., Jarraya, R., Fabre, N., Payrastra, L., ... & Racaud-Sultan, C. (2011). *Hammada scoparia* flavonoids and rutin kill adherent and chemoresistant leukemic cells. *Leukemia Research*, 35(8), 1093-1101.

- <https://doi.org/10.1016/j.leukres.2010.12.011>
- Bourogaa, E., Jarraya, R. M., Nciri, R., Damak, M., & Elfeki, A. (2014). Protective effects of aqueous extract of *Hammada scoparia* against hepatotoxicity induced by ethanol in the rat. *Toxicology and Industrial Health*, 30(2), 113-122. <https://doi.org/10.1177/0748233712452602>
- Chao, H. C., Najjaa, H., Villareal, M. O., Ksouri, R., Han, J., Nefati, M., & Isoda, H. (2013). *Arthrophytum scoparium* inhibits melanogenesis through the down-regulation of tyrosinase and melanogenic gene expressions in B 16 melanoma cells. *Experimental Dermatology*, 22(2), 131-136. <https://doi.org/10.1111/exd.12089>
- Chehma, A. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien.
- Cliffe, S., Fawer, M. S., Maier, G., Takata, K., & Ritter, G. (1994). Enzyme assays for the phenolic content of natural juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(8), 1824-1828. <https://doi.org/10.1021/jf00044a048>
- Côme, D. (1970). Obstacles to germination. *Obstacles to Germination*, (6).
- Da Silva, R. F., Bressan, R. T., Zilli, B. M., Pilatti, M. A., de Souza, S. N. M., & Santos, R. F. (2016). Allelopathic effect of aqueous extract of fresh leaf castor beans (*Ricinus communis* L.) applied to the beginning stage of soy (CL.) and safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology*, 15(49), 2787-2793. <https://doi.org/10.5897/AJB2016.15707>
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654-660. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028>
- Drioichea, A., Benhlima, N., Kharchoufa, S., El-Makhoukhi, F., Mehanned, S., Adadi, I., ... & Zaira, T. (2019). Antimicrobial and antiradical properties of *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 16(2), 1-14. <https://doi.org/10.21010/Ajtcam.v16n2.1>
- Feeny, P. (1976). Plant apparency and chemical defense. In *Biochemical interaction between plants and insects* (pp. 1-40). Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2646-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2646-5_1)
- Haida, S., & Kribii, A. (2020). Chemical composition, phenolic content and antioxidant capacity of *Haloxylon scoparium* extracts. *South African Journal of Botany*, 131, 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.01.037>
- Jaradat, N., Hussen, F., & Al Ali, A. (2015). Preliminary phytochemical screening, quantitative estimation of total flavonoids, total phenols and antioxidant activity of *Ephedra alata* Decne. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(6), 1771-1778.
- Jarraya, R. M., Bouaziz, A., Hamdi, B., Salah, A., & Damak, M. (2008). N-methylisosalsoleine from *Hammada scoparia*. *Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online*, 64(9), o1714-o1714. <https://doi.org/10.1107/S160053680802477X>
- Karous, O., Aichi, H. Y., Jilani, I. B. H., & Ghrabi-Gammar, Z. (2020). Volatiles profiling, phytotoxic activity, and antioxidant potentiality of *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin extracts from southern Tunisia.
- Kemassi, A., Herouini, A., Hadj, S. A., Cherif, R., & Elhadj, M. O. (2019). Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algerien) sur le *Tribolium castaneum*. *Lebanese Science Journal*, 20(1), 55-70. DOI : 10.22453/LSJ-020.1.055-070
- Kim, D. O., Chun, O. K., Kim, Y. J., Moon, H. Y., & Lee, C. Y. (2003). Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6509-6515. <https://doi.org/10.1021/jf0343074>
- Labouriau, L. (1983). *A germinacao das sementes*. Washington: Organizacao dos Estados Americanos, 170 p. Monografias Cientificas.
- Lachkar, N., Lamchouri, F., Bouabid, K., Boulfia, M., Senhaji, S., Stitou, M., & Toufik, H. (2021). Mineral composition, phenolic content, and in vitro antidiabetic and antioxidant properties of aqueous and organic extracts of *Haloxylon scoparium* aerial parts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9011168>
- Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C. D., & Jiang, D. A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12), 8933-8952. <https://doi.org/10.3390/molecules15128933>
- Madike, Lerato Nellvecia., Takaidza, S., & Pillay, M. (2017). Preliminary phytochemical screening of crude extracts from the leaves, stems, and roots of *Tulbaghia violacea*. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(10), 1300-1308. doi : 10.25258/phyto.v9i10.10453
- Mezghani-Jarraya, R., Hammami, H., Ayadi, A., & Damak, M. (2009). Molluscicidal activity of *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin leaf extracts and the principal alkaloids isolated from them against *Galba truncatula*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104, 1035-1038. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762009000700017>
- Monem, R., Mirsharifi, S. M., & Mirtaheri, S. M. (2012). Evaluation allelopathic effects of barley shoot aqueous extract on germination, seedling growth, cell membrane permeability and malondialdehyde content of corn weeds. *Advances in Environmental Biology*, 2490-2496. <https://link.gale.com/apps/doc/A335973881/AONE?u=anon~8aa8f0d1&sid=googleScholar&xid=76a21652>
- Mseddi, K., Alghamdi, A., & Ibrahim, N. (2018). Allelopathic potential of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad to control ryegrass weed in barley crop. *Allelopathy Journal*, 45(2), 197-212. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2018-45-2-1187>
- Muller, C. H. (1965). Inhibitory terpenes volatilized from *Salvia* shrubs. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 38-45. <https://doi.org/10.2307/2483311>
- Nasrine, S., El-Darier, S.M & EL-TAHER, H.M. (2013). Allelopathic effect of *Euphorbia guyoniana* aqueous extract and their potential uses as natural herbicides. *Sains Malaysiana*, 42(10), 1501-1504.
- Naz, R., & Bano, A. (2013). Effects of *Calotropis procera* and *Citrullus colosynthis* on germination and seedling growth of maize. *Allelopathy Journal*, 31(1), 105.
- Olofsson, M. (2001). Rice—a step toward use of allelopathy. *Agronomy Journal*, 93(1), 3-8. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.9313>

- Otmani, R., Khene, B., Kemassi, A., Araba, F., Benaceur, F., & Houyou, Z. (2022). Phytochemical Screening, Allelopathic and Bioherbicidal Potentialities of *Euphorbia Guyoniana* Boiss. and Reut. Leaf Extract. *Al-Qadisayah Journal for Agriculture Sciences*, 12(2), 26-34. DOI: 10.33794/qjas.2022.134311.1053
- Qasem, J. R. (2002). Allelopathic effects of selected medicinal plants on *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium murale*. *Allelopathy Journal*, 10(2), 105-122.
- Saadaoui, E., Martín Gómez, J. J., Ghazel, N., Romdhane, C. B., Massoudi, N., & Cervantes, E. (2015). Allelopathic effects of aqueous extracts of *Ricinus communis* L. on the germination of six cultivated species. <http://dx.doi.org/10.9734/IJPSS/2015/16483>
- Salah, H. B., Jarraya, R., Martin, M. T., Veitch, N. C., Grayer, R. J., Simmonds, M. S., & Damak, M. (2002). Flavonol triglycosides from the leaves of *Hammada scoparia* (P OMEL) I LJIN. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 50(9), 1268-1270. <https://doi.org/10.1248/cpb.50.1268>
- Salhi, N. (2011). *Allelochemicals from some medicinal and aromatic plants and their potential use as bioherbicides* (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).
- Sarić-Krsmanović, M., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, L., Šantrić, L., Potočnik, I., & Đurović-Pejčev, R. (2019). Bioherbicidal effects of five essential oils on germination and early seedling growth of velvet leaf (*Abutilon theophrasti* Medik.). *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 54(4), 247-251. <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1550309>
- Sathiyamoorthy, P., Lugasi-Evgi, H., Schlesinger, P., Kedar, I., Gopas, J., Pollack, Y., & Golan-Goldhirsh, A. (1999). Screening for cytotoxic and antimalarial activities in desert plants of the Negev and Bedouin market plant products. *Pharmaceutical Biology*, 37(3), 188-195. <https://doi.org/10.1076/phbi.37.3.188.6298>
- Sathiyamoorthy, P., Lugasi-Evgi, H., Van-Damme, P., Abu-Rabia, A., Gopas, J., & Golan-Goldhirsh, A. (1997). Larvicidal activity in desert plants of the Negev and Bedouin market plant products. *International Journal of Pharmacognosy*, 35(4), 265-273. <https://doi.org/10.1076/phbi.35.4.265.13314>
- Scavo, A., Restuccia, A., Pandino, G., Onofri, A., & Mauromicale, G. (2018). Allelopathic effects of *Cynara cardunculus* L. leaf aqueous extracts on seed germination of some Mediterranean weed species. *Italian Journal of Agronomy*, 13(2), 119-125. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.1021>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Weih, M., Didon, U. M. E., Rönnerberg-Wästljung, A. C., & Björkman, C. (2008). Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops. *Agricultural Systems*, 97(3), 99-107. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.02.009>
- Zeghada, F. Z. (2009). *Activité allélopathique et analyse phytochimique* (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- Zerriouh, M. (2015). Université Abou Bekr Belkaid.
- Ziyyat, A., Ramdani, N., Bouanani, N. E. H., Vanderpas, J., Hasani, B., Boutayeb, A., ... & Legssyer, A. (2014). Epidemiology of hypertension and its relationship with type 2 diabetes and obesity in eastern Morocco. *Springerplus*, 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-644>

*Publications nationales*

Auteurs-Titre de l'article	Catégorie de la revue	Position de l'auteur	Titre de la revue ou nom du journal	Volume-numero	Année Adresse URL
Reguia OTMANI, Bachir KHENE, Abdellah KEMASSI. <b>Biological activity of aqueous extract of <i>Datura stramonium</i> L. (Solanaceae) collected in the Algerian sahara.</b>	-	1 <sup>ere</sup>	<i>International Journal of Human Settlements</i>	Vol. 5 Nr. 2 pp.332-348	2021 <a href="https://www.aneau.org/ijhs/index.php/proceedings/vol-5-si-no-2-2021.html">https://www.aneau.org/ijhs/index.php/proceedings/vol-5-si-no-2-2021.html</a>
KHENE Bachir, ARABA Fatna, OTMANI Reguia. <b>GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS DANS LES OASIS DE LA REGION DE GHARDAÏA (SAHARA SEPTENTRIONAL D'ALGERIE)</b>	B	3 <sup>eme</sup>	Revue des Bio Ressources	Vol 10 N°2 pp.92-100	Décembre 2020 <a href="https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/27415">https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/27415</a>

# BIOLOGICAL ACTIVITY OF AQUEOUS EXTRACT OF *DATURA STRAMONIUM* L. (SOLANACEAE) COLLECTED IN THE ALGERIAN SAHARA.

**Reguia OTMANI**

Phd student, Faculty of Natural and Life Sciences and Earth Sciences, Department of Agronomic Sciences, Research laboratory " Mathematics and Applied Sciences ", University of Ghardaia. Algeria.  
[othmani-regaia@hotmail.com](mailto:othmani-regaia@hotmail.com)

**Bachir KHENE**

PhD, Faculty of Natural and Life Sciences and Earth Sciences, Department of Agronomic Sciences, Research laboratory " Mathematics and Applied Sciences ", University of Ghardaia. Algeria.  
[khene@univ-ghardaia.dz](mailto:khene@univ-ghardaia.dz)

**Adellah KEMASSI**

Professor, Faculty of Natural and Life Sciences, Department of Agronomic Sciences, Research laboratory "Protection of ecosystems in arid and semi-arid zones ECOSYS", University of KASDI Merbah-Ouargla BP 511 Ouargla. Algeria. [akemassi@yahoo.fr](mailto:akemassi@yahoo.fr)

## Abstract:

This study focuses on the allelopathic effects of aqueous extract obtained under reflux conditions, of *Datura stramonium* L. (*Solanaceae*) collected from the north-eastern region of Algerian Sahara. Phytochemical screening of extracts shows a remarkable richness of active principle; including flavonoids, saponosides, glycosids, tannins, coumarin, steroids, sterols and triterpenes. The allelopathic potentials tested on the germination of the seeds of three weeds *Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz., *Ammi visnaga* L. and a cultivated species *Triticum durum*, shows that the inhibitory effect of the extract is highly significant. It is manifested in the growth of the upper and lower plantlets of the three weed species. Pure and diluted aqueous extracts at 50%, 40%, 30%, 20% and 10% have an exceptional inhibitory capacity of the order of 100% on weeds. While partial inhibition occurs with 5% and 1% doses with inhibition rates of 97.77 to 11.11%. Germination of *T. durum* seeds were completely inhibited. Grains of *T.durum* have a total inhibition for the batches treated by the pure extract, It is less for the concentrations at fairly low dosage. Estimates of EC50% efficacy concentrations are recorded as 0.00068mg/ml; 0.00062mg/ml; 0.00274mg/ml; 0.01560mg/ml for *B.rubens*, *P.minor*; *A.visnaga* and *T.durum* successively. Weed seeds are more sensitive to the action of *D.Stramonium* root extract compared to durum wheat seeds in addition to growth abnormalities are observed in treated lots.

**Key words:** *Datura stramonium*, allelopathy, aqueous extract, biological activity, Sahara.

## Introduction:

Depuis l'antiquité, l'homme a observé que certaines espèces végétales gênaient le développement d'autres espèces voisines. Ce mécanisme appelé allélopathie est défini comme la stimulation ou l'inhibition de la croissance des plantes, en raison de l'effet chimique de certains composés libérés dans l'environnement par les plantes voisines (BHOWMIK, 2003).

En 1937, MOLISH propose le terme « allélopathie » pour décrire ce type de relations interspécifiques faisant appel à des médiateurs chimiques. En 1984, RICE pose les fondements de l'allélopathie « moderne » et la définit comme un effet positif ou négatif, direct ou indirect, d'un végétal - microorganisme inclus- sur un autre, par le biais des composés chimiques libérés dans l'environnement. L'allélopathie est un mécanisme ou forme d'interaction des plantes exercée à travers des phytotoxines (inhibiteurs chimiques) produites par une plante aidant à intervenir dans la croissance et le développement d'une autre et influence sur son environnement (MANEA, 2002; ZENG *et al.* 2010; WESTON, 1996).

L'utilisation de l'allélopathie est considérée comme une voie prometteuse dans la lutte biologique, entre autre pour la recherche des bio-herbicides qui peuvent constituer une solution alternative aux substances chimiques de synthèse.

L'espèce *Datura stramonium* L. est une plante herbacée de la famille des Solanaceae, de 30 à 40 cm de haut à feuilles grandes, entières, longuement pétiolées, lancéolées, un petit peu bosselées en bordure, de couleur vert pâle et des fleurs solitaires à grande corolle blanc jaunâtre (ROBLOT *et al.* 1994). Elle se trouve en pieds solitaires sur les sols argilo limoneux à proximité des oasis. (CHEHMA, 2006 ; QUEZEL-SANTA, 1963). Le *Datura stramonium* a des usages toxiques et médicinaux (DEVI *et al.* 2011).

Dans cette optique l'objectif de cette étude est de tester le pouvoir allélopathique d'extraits aqueux racinaires de *D. stramonium* sur trois espèces adventices *Bromus rubens* L., *Phalaris minor* Retz. , *Ammi visnaga* L. et une céréale cultivée *Triticum durum* L.

## Problématique :

L'utilisation intensive des herbicides de synthèse pour le contrôle des adventices provoque des effets destructeurs sur l'environnement et la santé humaine. Elle constitue une préoccupation pour les scientifiques, particulièrement après l'apparition de certaines formes de résistance chez des espèces adventices (GASQUEZ *et al.* 1982 ; MAILLOT *et al.* 2017).

## Matériel et méthodes :

Le travail porte sur l'évaluation des activités biologiques allopathiques et l'effet herbicide ainsi que l'analyse phytochimique (criblage) de l'extrait aqueux de l'espèce

spontanée *D. stramonium* (Solanaceae) du Sahara septentrional algérien, dans un objectif global de valorisation des potentialités de la flore locale.

### **Matériels végétal :**

Le matériel végétal, constitué de la partie racinaire de l'espèce *D. Stramonium*, collectée durant la période avril-mai 2020 au stade de pleine végétation. Les racines lavées à l'eau distillée et séchées à l'air libre sont broyées en poudre, mise dans des bocaux en verre et conservée dans l'obscurité et à la température ambiante du laboratoire jusqu'à utilisation.

### **Espèces tests :**

Le potentiel allélopathique des extraits aqueux racinaires de *D. stramonium*, a été testé sur des graines de quatre espèces : trois adventices d'espèces messicoles communes dans les champs des céréales (*Bromus rubens*, *Phalaris minor*, *Ammi visnaga*), et une céréale cultivée (*Triticum durum*).

### **Préparation des extraits aqueux :**

La préparation des extraits aqueux est réalisée selon la méthode d'extraction par reflux en milieu hydro alcoolique. Un échantillon de 25g de broyat est mis dans un ballon contenant un mélange de l'eau et le méthanol, aux proportions de 1/3 d'eau distillée et 2/3de méthanol. Au bout de six heures d'ébullition la suspension est filtrée et le filtrat est évaporé sous pression réduite afin d'éliminer le méthanol.

### **Criblage phytochimique :**

Le criblage est fait par une analyse phytochimique qualitative à partir des tests de coloration et/ou de précipitation (HARBONE, 1976). Les résultats sont classés en réaction:

- très positive +++ : présence confirmée ;
- positive ++ : présence modérée ;
- plus au moins positive + : trace ;
- négative - : absence.

### **Test des alcaloïdes :**

L'ajout de quelques gouttes de réactif de Mayer à 2ml d'extrait végétal entraine la formation d'un précipité blanc-jaune indiquant la présence d'alcaloïdes (Debray, 1970).

### **Test des flavonoïdes :**

Trois millilitres d'extrait de plante ont été traités avec 1 ml de solution de NaOH à 10%. La formation d'une couleur jaune intense était une indication de la présence de flavonoïdes (MADIKE et al. 2017).

### **Test des Saponosides :**

La détection des saponosides est réalisée en ajoutant un peu d'eau distillé à un millilitre de l'extrait végétal, puis la solution est fortement agitée. Après 15 min de repos. La teneur en saponosides est évaluée comme suit:

- Pas de mousse : test négatif.
- Mousse moins de 1cm : test faiblement positif.
- Mousse de 1-2 cm : test positif.
- Mousse de 2 cm : test très positif (TREASE et EVANS, 1987).

### **Test des tanins :**

Dans un tube à essai, 2ml de l'extrait sont ajoutés au trichlorure de fer ( $FeCl_3$ ) à 1%. La présence de tanins est révélée par une coloration bleu-noir ou bleu verdâtre (TREASE et EVANS, 1987).

### **Test des Stéroïdes:**

Dans des tubes à essai, on introduit 5 ml de chloroforme et 5 ml de  $H_2SO_4$  puis 500  $\mu l$  de l'extrait. La présence de stéroïdes est révélée par changement de couleur:

- du violet au bleu
- du violet au vert.
- Anneau de bleu/vert (Lerato *et al.* 2017).

### **Test des stérols et triterpènes :**

Un millilitre d'acide sulfurique ajouté à quelques millilitres d'extrait. En inclinant le tube à essai de  $45^\circ$ , l'apparition d'un anneau rouge à l'interface des deux liquides, indique la présence de stérols insaturés, alors que l'apparition d'un anneau rouge ou violet indique celle des triterpènes. Les deux anneaux peuvent être observés simultanément (BOTOSOIA, 2010).

### **Test des Glycosides :**

Deux ml de chloroforme sont ajoutés à 1 ml d'extrait, une coloration brun-rougeâtre après l'ajout de  $H_2SO_4$  indique la présence des glycosides cardiaques (YAM *et al.* 2009)

### **Test de Coumarine:**

ajoutés 2 ml d'extraits de plantes à 3 ml de NaOH à 10%. La formation d'une couleur jaune indique la présence de coumarines (LERATO *et al.* 2017).

### **Composés réducteurs:**

Un millilitre d'extrait végétal est traité avec 2 ml de la liqueur de Fehling (1ml de solution A + 1ml de solution B), puis chauffer au bain marie ( $70^\circ$ , 2 min). Leur présence est révélée par la formation d'un précipité rouge brique (TREASE et EVANS, 1987).

### Test de germination :

Pour tester l'effet allélopathique de l'extrait végétal, trois lots de 15 graines de chaque espèce test sont constitués : le premier traité à l'extrait racinaire de *D. stramonium*, le deuxième à l'eau distillée (témoin négatif) et le troisième à l'herbicide (témoin positif). Chaque traitement est répété trois fois. Huit concentrations d'extrait de *D. stramonium* sont préparées (100%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, 5% et 1%).

Chaque lot de graines est déposé sur un papier filtre dans une boîte de Pétri où sont ajoutés 3 ml d'extrait racinaire à la concentration donnée (test), ou d'eau distillée (témoin négatif) ou d'herbicide (herbicide non sélectif : glyphosate (témoin positif)).

L'essai est suivi durant 10 jours, en notant chaque jour le nombre des graines germées et toute sorte d'anomalie de croissance.

### Traitement des résultats :

Dans notre étude, on va axer sur quatre paramètres qui sont les suivants :

- Taux d'inhibition (T.I);
- Evaluation de l'effet allélopathique;
- la cinétique de germination ;
- la concentration d'efficacité (C.E).

Dans ce qui suit, des définitions brèves de ces paramètres sont données.

#### **Taux d'inhibition (T.I):**

D'après CÔME (1970), ce paramètre explique la capacité d'une substance ou préparation à inhiber la germination des graines.

$$T.I = \frac{(\text{Nombre des graines semis} - \text{Nombre des graines germées})}{\text{Nombre des graines semis}} \cdot 100\%$$

#### **Evaluation de l'effet allélopathique:**

Selon RSAISSI et *al.* (2013), l'évaluation de l'effet allélopathique de différents traitements sur les graines d'orge (*Hordeum vulgare* L.) est jugée selon l'échelle de la commission des essais Biologiques de la Société Française de Phytologie et de Phytopharmacie, évalué en pourcentage d'inhibition de la germination des graines comme suit:

- 95 à 100% = très bon effet
- 80 à 95% = bon effet
- 60 à 80% = effet moyen
- 40 à 60% = effet faible
- moins de 40% = effet sans intérêt pratique.

### **Cinétique de germination:**

La cinétique de germination correspond aux variations dans le temps du taux de germination des graines de la plante test. Elle représente graphiquement le pourcentage de germination en fonction du temps.

### **Concentration d'efficacité (C.E.):**

La concentration d'efficacité à 50% (C.E<sub>50%</sub>) est la quantité d'une matière pouvant induire un pourcentage de succès de 50% de la population traitée. C'est celle qui provoque une mort de la moitié (50%) de l'échantillon. Egalement une C.E<sub>90%</sub> engendre un taux de succès de 90%. La C.E<sub>50%</sub> et la C.E<sub>90%</sub> sont estimées selon la méthode des Probits.

### **Résultats et discussion:**

#### **Criblage phytochimique :**

Les tests de criblage phytochimique des extraits aqueux racinaires de la plante *Datura stramonium* montrent la présence des molécules bioactives. L'extrait est riche en métabolites secondaires dont les flavonoïdes, saponosides, glycosides, tannins, stéroïdes, stérols, tri terpènes, coumarine, anthocyanes et les composés réducteurs. On note l'absence des alcaloïdes et de cyanidine (tableau 1).

<i>Plante</i>	<i>Groupes chimiques</i>											
	<i>Alcaloïdes</i>	<i>Flavonoïdes</i>	<i>Saponosides</i>	<i>Tannins</i>	<i>Stéroïdes</i>	<i>Stérols</i>	<i>Triterpènes</i>	<i>Glycosides</i>	<i>Coumarines</i>	<i>Cyanidine</i>	<i>Anthocyanes</i>	<i>Composés réducteurs</i>
<i>Datura stramonium</i>	-	+++	+	++	++	+++	+++	++	++	-	++	+++

**Tableau 1.** Le criblage phytochimique de la plante spontanée *Datura stramonium*.

SHOBHA et al. (2014) confirment la présence de glucides, tanins, glycosides, stéroïdiens, phénols et de saponines et absence des alcaloïdes dans l'extrait foliaire de *Datura stramonium*.

GUPTA et al. (2013) SHAGAL et al. (2012) montrent la présence de certains groupes phytochimiques dont les alcaloïdes, les saponines, les flavonoïdes, les tanins, les terpénoïdes, les acides aminés, stéroïdes, phénols et glycosides.

BOTNARUI (2012) et BOUZIDI et al. (2011) rapportent que la plante *Datura stramonium* synthétise une série d'alcaloïdes tropaniques tels que l'atropine, le hioscyamine et la scopolamine.

Pour ce qui est des alcaloïdes plus précisément, KHAN *et al.* (2008) rapportent que *Datura stramonium* contient 64 alcaloïdes tropaniques. Trois nouveaux alcaloïdes tropaniques, le 3-phénylacétoxy-6, le 7-époxytropine et le 7-hydroxyapopropine, ont été identifiés. Les alcaloïdes scopolamine, 3- (hydroxyacétoxy) tropane, 3-hydroxy-6- (2-méthylbutyryloxy) tropane, 3a-tigloyloxy-6-hydroxytropine, 3,7-dihydroxy-6-tigloyloxytropine, 3-tigloyloxy-6-propionyloxytropine, 3-phénylacétoxy-6,7-époxytropine, 3-phénylacétoxy-6-hydroxytropine, aponorscopolamine, 3a, 6a-ditigloyloxytropine et 7-hydroxyhyoscyamine sont signalés pour la première fois pour cette espèce.

Alors que MAIBAM *et al.* (2011) et EL BAZAOUI *et al.* (2011) déclarent que *Datura stramonium* contient 67 alcaloïdes, dont neuf sont nouveaux: 3,7-dihydroxy-6-propionyloxytropine, 6,7-déhydro-3-tigloyloxytropine, 3-tigloyloxy-6,7-3-suifoxy-6-isobutyryloxy-7-hydroxytropine, 3-tropyloxy-6- (2'-méthylbutyryloxy) tropane, 6,7-déhydroparatropine, 3-isobutyryloxytropine et 3 $\beta$ -tropyloxy-6 $\beta$ -isovaléryloxy-tropyloxytropine.

### Taux d'inhibition :

Au vu des résultats obtenus et résumés dans la figure 1 qui représente les variations des taux d'inhibition de la germination en fonction de la concentration des extraits aqueux de la *Datura stramonium*. On constate que l'extrait racinaire pure ou dilué à 50%, 40%, 30%, 20%, 10% engendre une inhibition total de la germination des graines de *Bromus rubens*, alors qu'il est de 97,77% pour la concentration 5% et 11,11% pour la concentration la plus faible 1%. Nous avons observé pour les graines de *phalaris minor* et *Ammi visnaga* traitées par l'extrait racinaire l'absence de germination des graines pour les concentrations 100%, 50%, 40%, 30% et 20%. Pour les dilutions allant de 10% à 1%, le taux d'inhibition enregistré oscille entre 97,77% et 33,33%. Par contre pour les graines de *Triticum durum* traité par l'extrait pure, un pourcentage d'inhibition de 100%. Alors que pour les autres concentrations, les taux d'inhibitions signalées varient entre 88,88% et 8,88%.

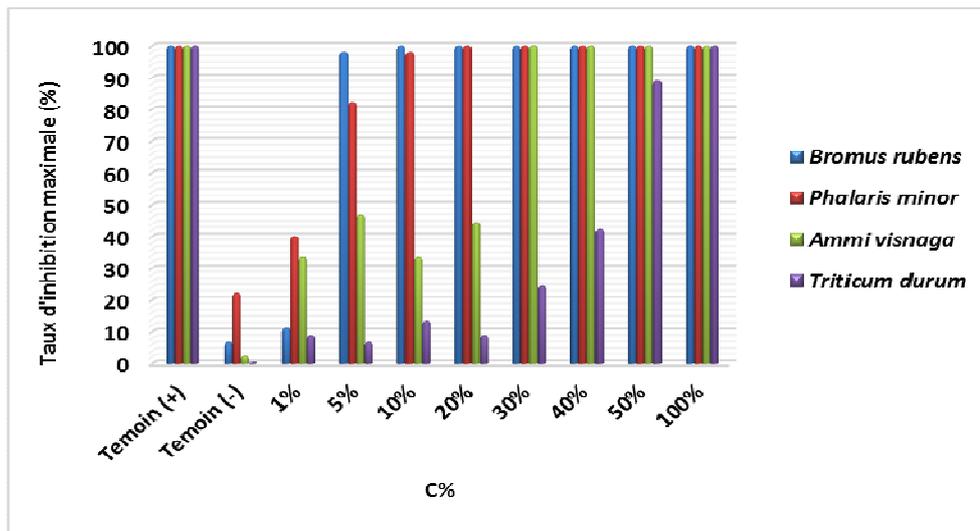
A travers notre étude et d'après les résultats obtenus, il est observé que l'effet allélopathique de l'extrait racinaire de *Datura stramonium* sur la germination des graines et le développement des plantules est varié en fonction de la concentration des extraits. Cette action est probablement liée à la composition des extraits en molécules bioactives inhibitrices de la germination des plantes testées. Ce qui confirme par Friedman 1995 déclare que le phénomène d'allelopathie ne se manifeste, que si la quantité des composés à effets allélochimiques atteint le seuil critique d'action qui varie en fonction de l'organisme cible. A partir de ce seuil critique, l'inhibition évolue en fonction de la dose. Parry (1982) a signalé que les substances allélochimiques sont synthétisées par certaines plantes qui exercent des effets toxiques sur d'autres plantes avoisinantes. KRUSE *et al.* (2000) qui ont montré que lorsque des plantes sensibles sont exposées à des substances allélochimiques, la germination, la croissance et le développement peuvent être affectés. Le plus fréquent la germination des

graines est retardée, ou s'arrête au stade de gonflement de la graine, effets sur l'allongement des coléoptiles et sur développement de la radicule.

Les composés allélopathiques (les allélochimiques) sont des métabolites secondaires appartenant à différentes classes des composés chimiques. L'étude phytochimique a permis de déduire la présence des métabolites secondaires dans l'extrait racinaire de *Datura stramonium* qui favorisent leurs propriétés végétales, ces résultats indiquent que l'activité allélopathique de ces extraits pourrait être due à la présence des produits phytochimiques tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, Saponosides, glycosides, Tannins, Stéroïdes, Stérols, phenols triterpènes, coumarine, Anthocyanes, les terpénoïdes, les acides aminés. Selon Friedman (1995), les métabolites secondaires sont généralement des inhibiteurs. Ces métabolites secondaires, seul ou en combinaison pourrait être responsable de l'activité Allélopathique, et qui inhibe la croissance et le développement des racines et des tiges des plantes associées (An *et al.* 1996).

Les recherches de Stef *et al.* (2018) ont révélé que les extraits aqueux de plantes de *Datura stramonium* appliqués à des concentrations de 10 %, 40 % et 60 % présentaient un effet allélopatique inhibant les plants de soja. La plus grande réduction de la hauteur de la plante dans les variantes est enregistrée lors de l'application des extraits de feuilles, en deuxième lieu, des extraits de tiges, et les extraits des racines ont eu une influence limitée sur la croissance du soja contenant la plus faible quantité de substances allopathiques. Les résultats de Belaidi (2014) montrent que l'inhibition est totale sur les graines des deux espèces végétales tests (*Dactyloctenium aegyptium L et Hordeum vulgare L.*) traitées à l'aide des extraits foliaires purs de *Datura stramonium L.* et de *Nerium oleander L* 100% ou dilué à 50%.

Plusieurs études qui confirment la toxicité et l'effet allelopathique de la plante *Datura stramonium*. PACANOSKI *et al.* (2014) ont montré que les lixiviats aqueux de la racine et de la tige de *Datura stramonium* n'ont pas eu d'effet significatif sur la germination et la longueur des tiges de maïs, mais que la longueur des racines a été considérablement réduite. Le *Datura stramonium* affiche également son action inhibitrice sur la croissance et la survie de diverses espèces de graminées et de légumineuses (ELISANTE et NDAKIDEMI, 2014). L'étude menée par ELISANTE *et al.* (2013) a conclu que les graines aqueuses et l'extrait de feuilles de *D. stramonium* ont des effets allélopathiques sur la teneur en chlorophylle des feuilles, la longueur des racines et des pousses, le poids frais et sec des graminées (*Cenchrus ciliaris L.*) et des légumineuses (*Notonia wightii Am*).



**Fig1.** Taux d'inhibition enregistré pour l'extrait aqueux racinaire de *Datura stramonium* sur la germination des graines de *B. rubens*, *P. minor*, *A. visnaga* et *T. durum*

### Cinétique de germination:

Selon la figure 2, la cinétique de la germination des graines de *Bromus rubens* des lots témoin négatif et traités par l'extrait racinaire 1% nous constatons une germination à partir de troisième jour, et ne manifeste aucune germination pour les autres concentrations.

Chez *Phalaris minor* les graines irriguées à l'extrait racinaire (5% et 1%) et par eau distillé (témoin négatif) ont une germination le quatrième jour, alors que pour la dose 10% la germination retardé trois jours par rapport au témoin négatif (figure 3).

Comme noté la germination des graines d'*Ammi visnaga* dans les lots témoin et traité par l'extrait racinaire qui commence au troisième jour pour les concentration 5% et 1%, et à partir du quatrième jour pour la concentration 10% , et septième jour pour les dose 20% et 30%, Pour les autre concentrations, il y a l'absence de germination (figure 4).

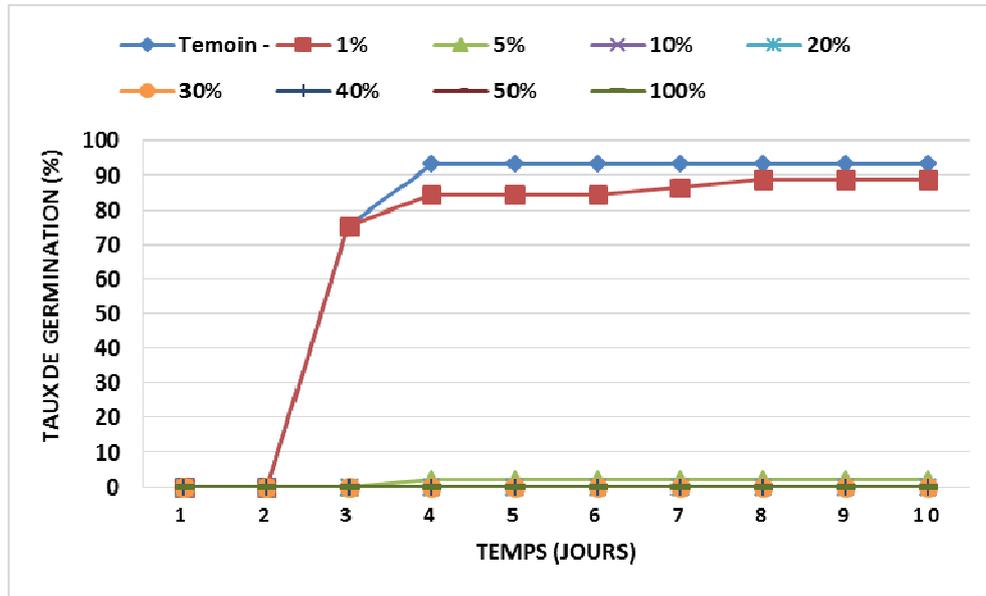
Le suivi journalier des graines de *Triticum durum* pendant dix jours, montre que la germination des graines dans les lots témoin négatif commence a partir de deuxième jour, alors que la germination des graines irriguées par l'extrait racinaire, commence au troisième jour pour les concentration 20%, 10%, 5%, et 1%, a partir de quatrième jour pour 30% et septième jour pour 50% et 40%. Mais aux fortes concentrations 100% (extrait pur) on n'a aucune germination (figure 5).

Ben Ali (2016) d'après les résultats de suivi quotidien de taux de germination des graines de *Polygonum monspeliensis*, la germination du témoin commence dans le 2ème jour, et après le 4ème jour le taux se stabilise. Pour les graines traitées à l'extrait d'*Asphodelus tenuifolius*, la germination commence le 2ème jour et augmente jusqu'à se stabiliser le 6ème jour. Les

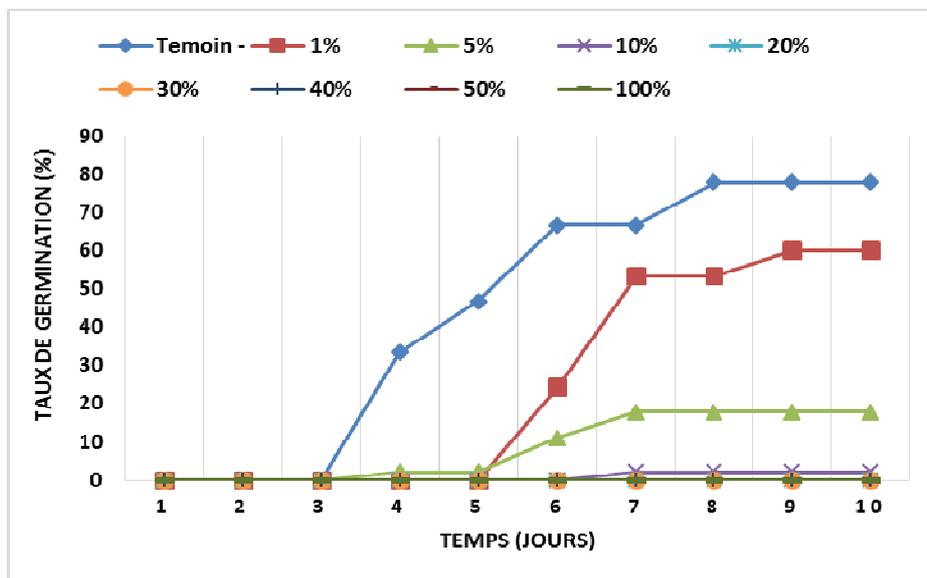
graines irriguées aux extraits d'*Artemisia herba alba* et *Cotula cinerea* ne manifestent aucune germination. Selon BELAIDI (2014), il est constaté pour le traitement à l'extrait de *Nerium oleander L* dilué à 25%, la germination a commencée dès le 7<sup>ème</sup> jour chez le *Dactyloctenium aegyptium L.* et qu'après le 6<sup>ème</sup> jour pour *Hordeum vulgare L.* Pour les autres traitements aux extraits 50% et 100%, aucune germination n'est observée.

Les processus physiologique qui se déroulent pendant cette phase sont très complexes. La germination des graines est un processus biochimique et physiologique, dont après le contact de la graine avec le stimulus exogène (eau), une enzyme amylase est synthétisée et sécrétée afin de dégrader l'amidon (albumine) en vue de fournir à l'embryon l'énergie nécessaire à la germination. Une fois sécrétée, la croissance embryonnaire s'amorce et intervient par la suite par un autre processus physiologique où les acteurs sont les hormones de croissance végétale (REGNAULT-ROGER *et al.* 2008. LESUFFLEUR, 2007).

Plusieurs hypothèses peuvent être posées dont la capacité de certaines molécules qui se trouvent dans les extraits à inhiber ou retarder la germination des graines et la croissance des plantules par rapport au témoin négatif. Certains métabolites secondaires végétaux influencent la germination ou la croissance des plantes par des mécanismes multiples (EINHELLIG *et al.* 1985). De ce fait, la capacité d'inhiber la germination des graines, est un processus complexe, l'action de l'enzyme amylase ou bien d'occuper leurs sites membranaires, ou bien à l'action mimétique ou antagoniste de ces molécules vis-à-vis des hormones de croissance ou à l'inhibition de leurs actions tissulaires (FEENY, 1976). La synthèse des protéines et des acides nucléiques peut aussi être affectée par plusieurs composés phénoliques qui ralentissent l'incorporation des acides aminés (CAMERON Et JULIAN, 1980).



**Fig2.** L'effet d'extrait aqueux racinaire de *Datura stramonium* sur la cinétique de germination des graines de *Bromus rubens* L.



**Fig3.** L'effet d'extrait aqueux racinaire de *Datura stramonium* sur la cinétique de germination des graines de *Phalaris minor* L.

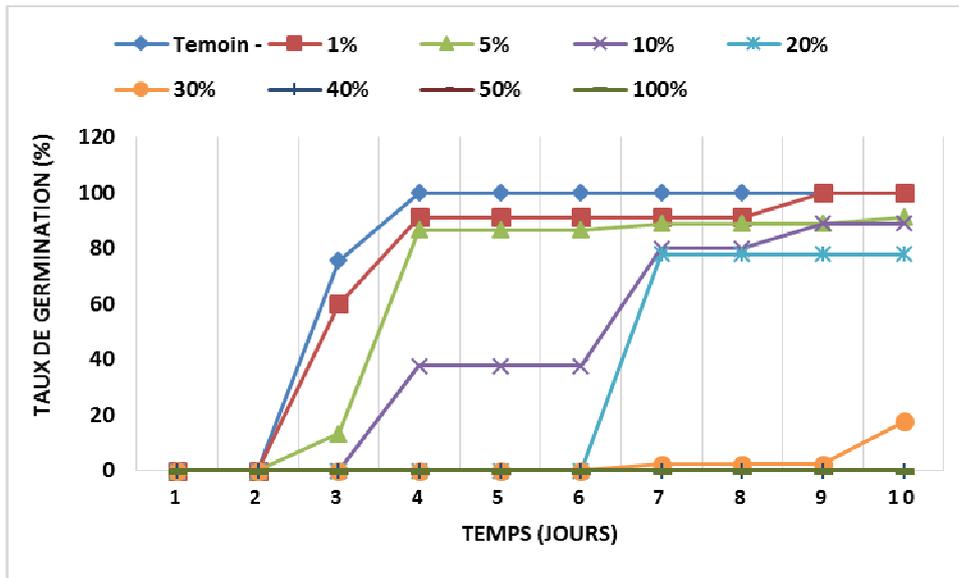


Fig4. L'effet d'extrait aqueux racinaire de *Datura stramonium* sur la cinétique de germination des graines d'*Ammi visnaga* Retz.

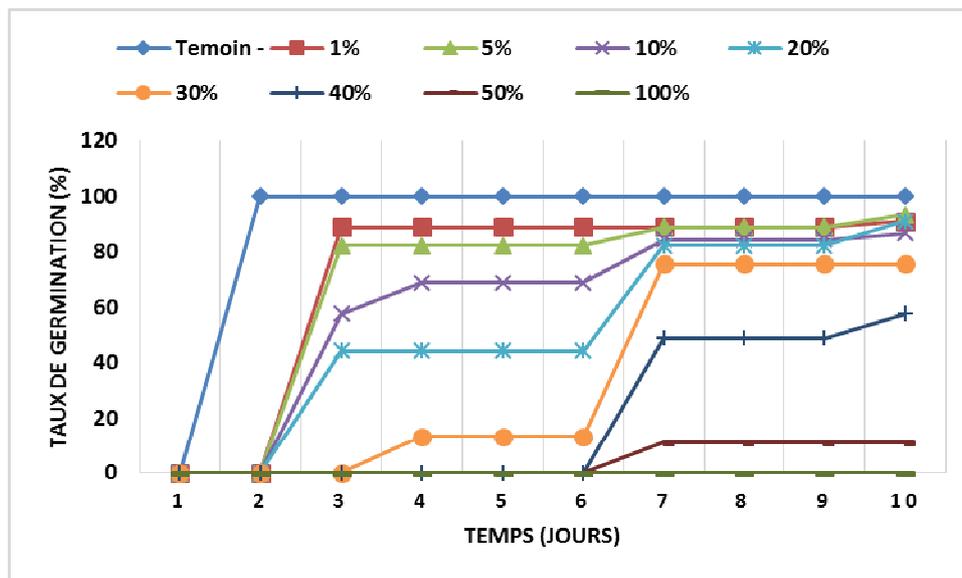


Fig5. L'effet d'extrait aqueux racinaire de *Datura stramonium* sur la cinétique de germination des graines de *Triticum durum* L.

#### Concentration d'efficacité CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub> :

Les concentrations d'efficacité (CE<sub>50%</sub> et CE<sub>90%</sub>) résumées dans le tableau 2 montrent que les graines traitées des trois espèces d'adventices et celles du blé dur sont sensibles à l'action de l'extrait racinaire de *D. stramonium*. Afin d'estimer les concentrations d'efficacité

50% et 90%, nous avons utilisé la méthode des Probit (tableau 3, figure 6). Plusieurs auteurs ont utilisé cette méthode pour l'évaluation quantitative de la toxicité de leurs extraits végétaux dont DJEUGAP *et al.* (2011) ; KEMASSI *et al.* (2014) et (2015).

Les graines d'adventices sont plus sensibles à l'action de l'extrait racinaire comparativement aux graines de blé dur. Dans l'ordre de sensibilité décroissante on trouve *Phalaris minor*, suivi par *Bromus rubens*, *Ammi visnaga* et enfin *Triticum durum*.

Les concentrations qui engendrent une inhibition de 50% et 90% des graines de *Bromus rubens* sont de 0,00068981 mg/ml, 0,00398325 mg/ml successivement.

Les CE<sub>50%</sub>, CE<sub>90%</sub> notées pour les graines de *Phalaris minor* sont respectivement de l'ordre de 0,00062533 mg/ml et 0,00418519 mg/ml, alors qu'elles sont de 0,00274779 mg/ml et 0,01294677 mg/ml pour les graines d'*Ammi visnaga* et de 0,01560506 mg/ml et 0,10326558 mg/ml pour celles de *Triticum durum*.

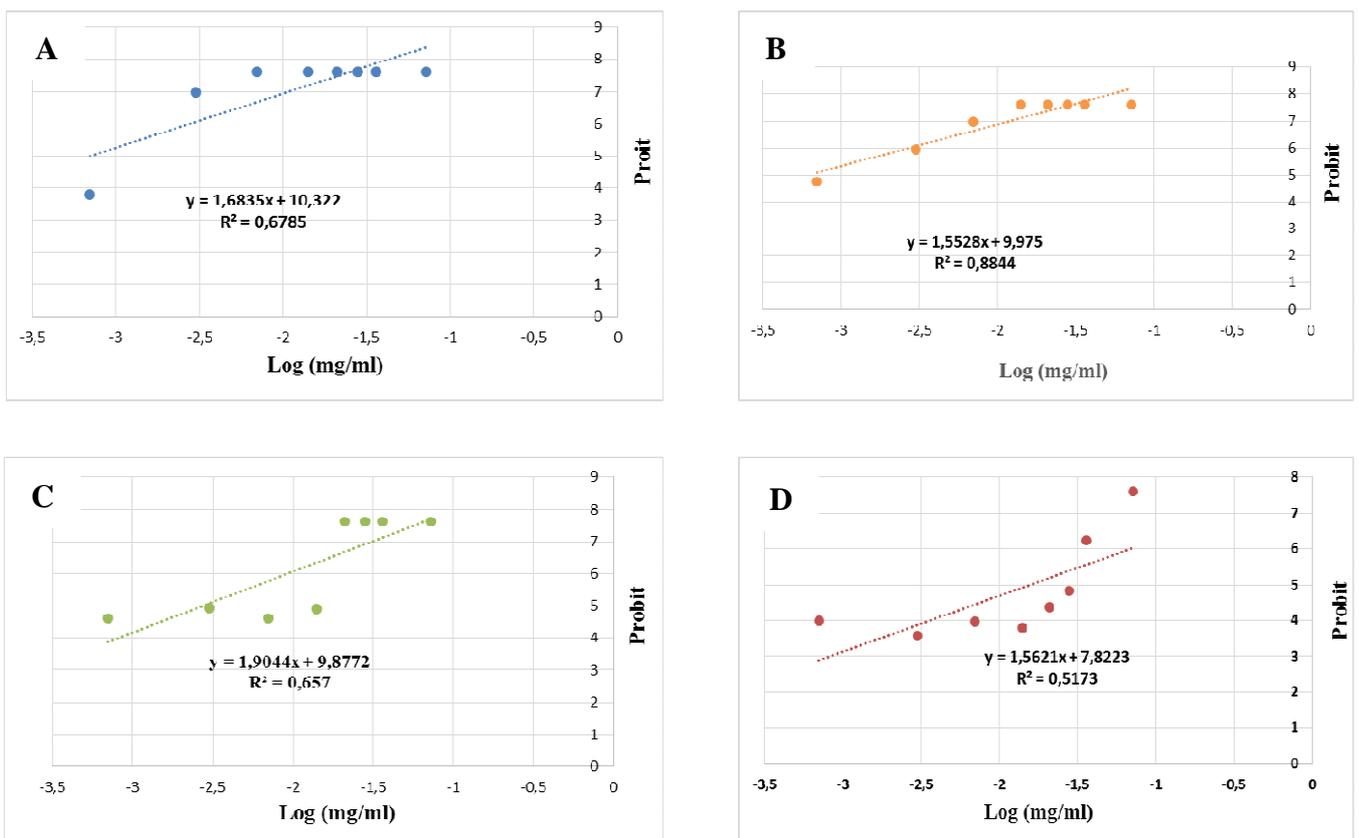
L'évaluation des CE50% montre que les graines de *Dactyloctenium aegyptium* sont plus sensibles à l'effet inhibiteur de la germination des deux extraits comparativement aux graines de *Hordeum vulgare*. La CE50 la plus faible est enregistrée pour l'extrait de *Nerium oleander*, jugé plus efficace que l'extrait de *Datura stramonium* (BELAIDI, 2014).

Extrait végétal	Partie utilisée	Plante test	CE <sub>50%</sub> (mg/ml)	CE <sub>90%</sub> (mg/ml)
<b>Datura stramonium</b>	Les racines	<i>Bromus rubens</i>	0,00068981	0,00398325
		<i>Phalaris minor</i>	0,00062533	0,00418519
		<i>Ammi visnaga</i>	0,00274779	0,01294677
		<i>Triticum durum</i>	0,01560506	0,10326558

**Tableau 2.** Valeurs des CE50% et des CE90% de l'extrait aqueux racinaire de *Datura stramonium* sur les graines de quatre espèces végétales traitées

Concentrations			Taux d'inhibition maximal sur							
			<i>Bromus rubens</i>		<i>Phalaris minor</i>		<i>Ammi visnaga</i>		<i>Triticum durum</i>	
%	(mg/ml)	Log (mg/ml)	%	Probits	%	Probits	%	Probits	%	Probits
1	0,0007	-3,15490196	11,11	3,810	40	4,74	33,33	4,605	8,88	3,990
5	0,003	-2,52287875	97,77	6,97	82,22	5,93	46,66	4,929	6,66	3,571
10	0,007	-2,15490196	100	7,614	97,77	6,979	33,33	4,605	13,33	3,972
20	0,014	-1,85387196	100	7,614	100	7,614	44,44	4,897	8,88	3,790
30	0,021	-1,67778071	100	7,614	100	7,614	100	7,614	24,44	4,372
40	0,028	-1,55284197	100	7,614	100	7,614	100	7,614	42,22	4,823
50	0,036	-1,4436975	100	7,614	100	7,614	100	7,614	88,88	6,227
100	0,072	-1,1426675	100	7,614	100	7,614	100	7,614	100	7,614

**Tableau 3.** Taux d'inhibition et Probits correspondants en fonction de la concentration de l'extrait racinaire aqueux de *Datura stramonium*.



**Fig6.** Droites de régression des concentrations d'extrait racinaire aqueux de *D. stramonium* testées sur les quatre espèces :

**A:** *Bromus rubens* ; **B:** *Phalaris minor* ; **C:** *Ammi visnaga* ; **D:** *Triticum durum*

## Conclusion

La présente étude porte sur l'évaluation de pouvoir herbicide des extraits aqueux racinaire de *Datura stramonium* récoltée au Sahara Est-Algérien vis-à-vis de quatre espèces tests dont trois messicoles. Quatre paramètres ont été étudiés : le taux d'inhibition, la cinétique de germination, la concentration d'efficacité et l'évaluation de l'effet allélopathique.

Les résultats de criblage phytochimique montrent que l'extrait racinaire brut de *Datura stramonium* est riche en métabolites secondaires notamment en flavonoïdes, saponosides, glycosides, tannins, stéroïdes, stérols, triterpènes, coumarine, anthocyanes et les composés réducteurs.

L'étude du pouvoir herbicide de l'extrait aqueux racinaire de *D. stramonium* montre qu'il présente un fort pouvoir inhibiteur de la germination des graines et sur la croissance des plantules des espèces traitées. Les taux d'inhibition de la germination des graines des adventices sont élevés même à des concentrations faibles. D'après les résultats obtenus, il a été constaté en premier lieu que les graines des adventices très sensibles à l'effets de l'extrait végétale. Alors que le blé dur est plus résistant à l'effet inhibiteur de la germination.

À la lumière de ces résultats, on conclure que les extraits aqueux racinaire de *Datura stramonium* possède une activité allélopathique très importante dans le domaine de la lutte biologique.

Notre présent travail pourrait offrir des perspectives intéressantes pour :

- Caractériser quantitativement des molécules bioactives de l'extraits végétale étudié;
- Rechercher d'autres activités biologiques de l'extrait aqueux, notamment des activités antifongique, antibactérienne, etc ;
- Tester la bio activité d'extraits issus des autres parties de cette espèce (feuilles, tige, fleurs et graines, etc).

## Référence :

- Amit Kumar Gupta., Nilesh Kumar Ahirwar., Nishant Shinde., Manoj Choudhary., Yogendra Singh Rajput., Avineesh Singh.** (2013), *Phytochemical Screening and Antimicrobial Assessment of Leaves of Adhatoda vasica, Azadirachta indica and Datura stramonium*, UK Journal of Pharmaceutical and Biosciences,
- An M., Pratley J., Haig T.** (1996), *Allelopathy: from concept to reality*, Environmental and analytical laboratories and Farrer centre for conservation farming, Charles Sturt University, Wagga Wagga.
- BELAIDI A.,** (2014), *Évaluation du potentiel biocide des extraits foliaires aqueux de (Datura stramonium L. et Nerium oleander L.)*, Thèse master Biotechnologie végétale, Université Ouargla, 78p.
- BEN ALI N.,** (2016), *Etude de la phytotoxicité des extraits aqueux de quelques plantes médicinales sur l'efficiences de la germination des céréales et de quelques adventices associées*. Thèse master Biotechnologie végétale, Université Ouargla, 66p.
- BEN KHETTOU H.** (2010), *Contribution à l'étude de l'aptitude à la germination des graines d'Agrania spinosa L. (SAPOTACEAE) dans la région d'Ouargla*. Université Kasdi merah, Ouargla.

- Bhowmik P.C., Inderjit J.** (2003), *Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management*, Crop Protection, 22, 661-671.
- BOTOSOA A.** (2010), *Purification et caractérisation chimique et biologique partielles des principes actifs des feuilles de Petchia madagascariensis (Apocynaceae)*, Faculté des sciences Tana (Madagascar) en biochimie appliquées aux sciences médicales. Université d'ANTANANARIVO. 58pages.
- Bouzidi A., Nadia M., Nabila K.** (2011), *Toxicity studies of alkaloids of seeds of Datura stramonium and synthesis alkaloids in male rats*, Journal of Medicinal Plants Research. 5(15): 3421-3431.
- Butnariu M.** (2012), *An analysis of Sorghum halepense's behavior in presence of tropane alkaloids from Datura stramonium extracts*, Chemistry Central Journal, 6:1-7.
- Cameron H.J., Julian G.R.** (1980), *Inhibition of protein synthesis in lettuce (Lactuca sativa L.) by allelopathic compounds*, Journal of Chemical Ecology, 6(6): 989-995.
- Chehema A.**, (2006), *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien*, Laboratoire de protections des écosystèmes en zones arides et semi arides, Université de Ouargla, pp128.
- COME D.**, 1970, *Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétale)*, MASSON et CIE (Paris).
- DEBRAY M. M.** (1970), *Contribution a l'inventaire des Plantes Médicinales Du Massif du TSARATANANA*, Journal RAKOTOZAFY. Laboratoire de Botanique du Centre O.R.S.T.O.M. de Tananarive, ORSTOM, no 37. pp.5-6.
- Devi M.R., Bawari M., Paul S.B., Sharma G.D.** (2011), *Neurotoxic and Medicinal Properties of Datura stramonium L.*, Assam University Journal of Science & Technology, 7(1):139-144.
- Einhellig, F.A.** (1985), *Effects of allelopathic chemicals on crop productivity*. In: *Bioregulators for pest control*, Ed. P.A. Heldin, ACS Symp. Ser. 276, Amer. Chem. Soc., Wash-ington, DC, pp. 109-130.
- El Bazaoui A., Bellimam M. A., Soulaymani A.** (2011). *Nine new tropane alkaloids from Datura stramonium L. identified by GC/MS*, Journal of Fitoterapia, 82: 193–197
- Elisante F., Ndakidemi P.A.** (2014), *Allelopathic effect of Datura stramonium on the survival of grass and legume species in the conservation areas*, American Journal of Research, Communication 2: 27–43.
- Elisante F., Tarimo M., Ndakidemi P.A.** (2013), *Allelopathic effect of seed and leaf aqueous extracts of Datura stramonium on leaf chlorophyll content, shoot and root elongation of Cenchrus ciliaris and Neonotonia wightii*, American Journal of Plant Sciences, 4 (12): 2332–2339.
- Feeny P.** (1976), *Plant appetency and chemical defense*. Ed. Plenum Press, New York.
- FRIEDMAN.J.** (1995), *Allelopathy, Autotoxicity, and germination*. In *Seed development and germination*, CRC Press, Florida.
- HARBORNE J.B.** 1977, *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press, New York, London, 246p.
- Jacques Gasquez, Gilbert Barralis, Nicole Aigle.** 1982, *Distribution et extension de la résistance chloroplastique aux triazines chez les adventices annuelles en France*, Agronomie, EDP Sciences, , 2 (2): pp.119-124. fahal-00884361.
- KEMASSI A.** (2014), *Toxicité comparée des extraits d'Euphorbia guyoniana (Stapf.) (Euphorbiaceae), Cleome arabica L. (Capparidaceae) et de Capparisspinosa L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de Schistocercagregaria (Forskål, 1775) (Orthoptera- Cyrtacanthacridinae)*. Université Kasdi merbah, Ouargla, 243p.
- KEMASSI A., BOUKHARI K., CHERIF R., GHADA K., BENDAKEN N., BOUZIANE N., BOUAL Z., BOURAS N., OULD ELHADJ-KHELIL A., OULD ELHADJ M.D.** (2015). *Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'Euphorbiaguyoniana (Boiss. &Reut.) (Euphorbiaceae)*, Revue El-Wahat, ISSN : 1112 -7163, Vol.8 n°1: 44 – 61.
- Khan S.W., Khatoon S.** (2008), *Ethnobotanical studies on some useful herbs of Haramosh and Bugrote valleys in Gilgit, Northern areas of Pakistan*. Pak J Bot, 40(1):43-58.
- KRUSE M., STRANDBERG M., STRANDBERG B.** (2000). *Ecological Effects of Allelopathic Plants: a Review*, NERI Technical Report No. 315, National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark, 66 p.

- Lerato Nellvecia Madike et al.** (2017), *Preliminary Phytochemical Screening of Crude Extracts from the Leaves, Stems, and Roots of Tulbaghia violacea*, International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research., 9(10): 1300-1308.
- Lesuffleur F.** (2007), Rhizodéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le tréfle blanc (*Trifolium repense* L.).
- Maibam R.D., Meenakshi B., Paul S.B., Sharma G.D.** (2011). *Neurotoxic and medicinal properties of Datura stramonium L.*, Assam University Journal of Science & Technology : Biological and Environmental Sciences, 7(1): 139-144.
- Manea D.** (2002), *Agrotehnică și herbologie*, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 71-91.
- Pacanowski Z., Velkosa V., Tyr S., Veres T.** (2014). *Allelopathic potential of Jimsonweed on the early growth of maize (Zea mays L.) and sunflower (Helianthus annuus L.)*. Journal of Central European Agriculture, 15 (3): 198–208.
- PARRY, G.** (1982), *Le cotonnier et ses produits*. Maisonneuve et Larose, Paris, 88p.
- QUEZEL P. et SANTA C.** (1962-1963), *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, C.N.R.S, Paris, 2 vol, 1170p.
- Regnault-Roger C., Philogene B.Jr., Vincent Ch.** (2008), *Bio-pesticides d'origine végétale*. Ed. TEC & DOC, Paris.
- Rice.** (1984), *Allelopathy*, 2nd ed, Orlando (Florida): Academic Press, Inc., 424 p.
- ROBLOT P., ROBLOT F., FAUCHÈRE J.L., DEVILLEGER A., MARÉCHAUD R., BREUX JP., GROLLIER G., BECQ-GIRAUDON B.** (1994), Retrospective study of 108 cases of botulism in Poitiers, France, J Med Microbiol, 40: p379.
- RSAISSI N., BOUHACHE M., BENCHARKI B.** (2013), *Potentiel allélopathique du figuier de barbarie « Opuntia ficus-indica (L.) Mill » sur la germination et la croissance du jujubier « Zizyphus lotus (L.) Desf. »*, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 3: 205-214.
- Shagal M.H., Modibbo U.U., Liman A.B.** (2012), *Pharmacological justification for the ethnomedical use of Datura Stramonium stem-bark extract in treatment of diseases caused by some pathogenic bacteria*. International Research of Pharmacy and Pharmacology, 2(1):016-019.
- Shobha G., Soumya C., Shashidhara KS., Vinutha Moses.** (2014), *PHYTOCHEMICAL PROFILE, ANTIBACTERIAL AND ANTIDIABETIC EFFECTS OF CRUDE AQUEOUS LEAF EXTRACT OF DATURA STRAMONIUM*, Pharmacophore, Vol. 5 (2), 273-278, ISSN 2229-5402.
- Ștef Ramona<sup>1</sup>., Iamandei Maria., Cărăbeș A.1., Grozea Ioana<sup>1</sup>., Vîrteiu Ana Maria<sup>1</sup>., Manea D.** (2018), *Allelopathic influence of Datura stramonium extracts on the germination and growing of soy plants*, JOURNAL of Horticulture, Forestry and Biotechnology, Volume 22(2):30- 33.
- T. Maillot, G. Jones, S. Vilette, J.N. Paoli, C. Gée, N. Colbach.** 2017, Impact sur le long terme d'une pulvérisation localisée sur la flore adventice, Gestion des adventices dans un contexte de changement, Séminaire CoSAC 31 jan – 1 fév 2017.
- Trease E., Evans W.** (1987), *Pharmacognosy Billiaire*. Editions Tindall London 13, pp61-62.  
Vol. 1(1): 42-47.
- Weston L.A.** (1996), *Utilization of allelopathy for weed management in agrosystems*, Agronomy Journal 88, p860-866.
- Yam M.F., Ang L.F, Ameer O.Z., Salman I.M., Aziz H.A., Asmawi M.Z.** (2009), *Anti-inflammatory and analgesic effects of Elephantopus tomentosus ethanolic extract*. Journal of acupuncture and meridian studies, 2(4):280-287, doi: 10.1016/S2005-2901(09)60069-8.
- Zeng R.S., Luo S.M., Shi Y.H., Tu C.Y.** (2010), *Physiological and biomechanical mechanism of allelopathy of secalonic acid on higher plants*, Agron J, 93:72-79.

## GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS DANS LES OASIS DE LA REGION DE GHARDAÏA (SAHARA SEPTENTRIONAL D'ALGERIE)

KHENE B., ARABA F. et OTMANI R.

Laboratoire des mathématiques et sciences appliqués (LMSA). Université de Ghardaïa, Algérie. Laboratoire des bio ressources; Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie  
Laboratoire des mathématiques et sciences appliqués (LMSA). Université de Ghardaïa, Algérie

**Résumé :** Sous les conditions d'aridité, la gestion rationnelle de la fertilité des sols et des ressources hydriques est cruciale pour la durabilité agroécologique des systèmes oasiens naturellement fragiles. Leur vulnérabilité est amplifiée par d'autres aspects (cultures diverses combinées, salinisation des sols, évapotranspiration excessive et divers parasites). L'objectif de cette étude est d'établir, à travers une enquête sur un échantillon de 58 exploitations, une analyse des pratiques des agriculteurs oasiens en matière de gestion de la fertilité de leurs sols. Une diversité de pratiques est mise en œuvre par les agriculteurs, aussi bien conservatrices que non conservatrices de la fertilité du sol, en relation avec les ressources disponibles, les stratégies déployées et les marges d'amélioration. Une tendance positive est relevée chez les Oasiens pour valoriser la biomasse animale et végétale produite dans leurs exploitations et en même temps réduire leur dépendance aux engrais minéraux dont les prix sont devenus exorbitants et non adaptés aux caractéristiques physico-chimiques et biologiques de leurs sols.

**Mots-clés:** fertilité des sols, système oasien, amendements, Algérie, pratiques paysannes.

### SOIL FERTILITY MANAGEMENT IN THE OASIS OF GHARDAÏA REGION (NORTHERN SAHARA OF ALGERIA).

**Abstract:**

In arid conditions, the rational management of soil fertility and water resources is crucial for the agro-ecological sustainability of fragile oasian systems. Their vulnerability is amplified by other aspects (various crops combined, salinization of soils, excessive evapotranspiration, and diverse parasites). The objective of this study is to establish, through an investigation on a sample of 58 farms, an analysis of the oasian farmer's practices of their soils fertility management (organic amendments, crops rotation, and mineral in puts). A diversity of practices is carried out by farmers, both conservative and non-conservative of soil fertility on the relationship with available resources, strategies deployed and room for improvement. Positive trend is observed among oasian farmers to valorize animal and vegetable biomass produced on their farms and in the same time reduce their dependence on mineral fertilizers which prices have become exorbitant and not adapted to the physicochemical and biological characteristics of their soils.

**Keywords:** Soil fertility, Oasian system, amendments, Algeria, farmers practices.

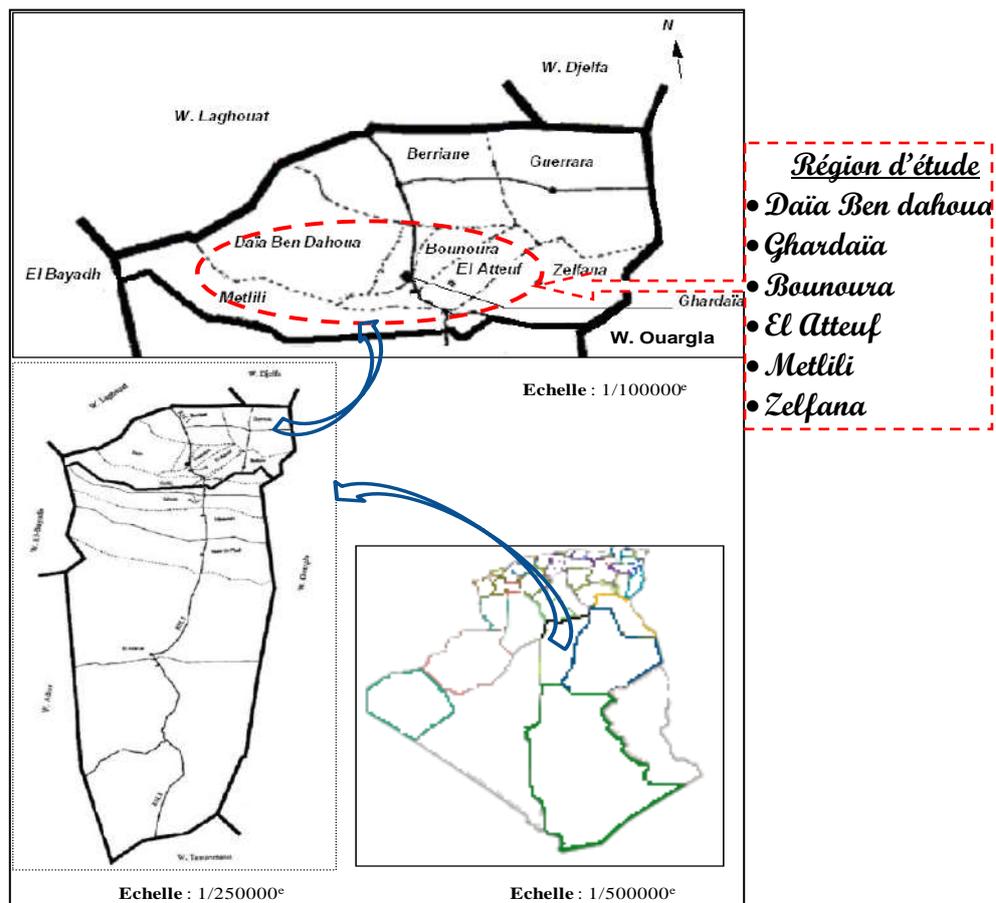
## INTRODUCTION

Les oasis sahariennes, connues pour leur climat aride, ont subi de profondes mutations économiques et techniques suite aux programmes de développement agricole et rural lors de ces dernières années [1]. Les sols sahariens ont généralement des textures et des structures peu favorables, un faible statut chimique et une activité biologique limitée. [2] L'espace agricole limité nécessite une agriculture intensive dont la fertilisation et l'irrigation sont essentielles. À cet égard, la fertilisation rationnelle de ces sols est un moyen d'obtenir une productivité optimale des cultures [3]. L'intensification des

cultures impose donc de raisonner les apports d'engrais organiques et minéraux pour améliorer les rendements, préserver la santé humaine et réduire la pollution des eaux et des sols.

## I. MATERIEL ET METHODE

Dans le cadre d'un travail de diagnostic portant sur l'état des pratiques culturales, une enquête sur la gestion de la fertilité des sols a été menée dans les exploitations oasiennes à travers six communes de la région de Ghardaïa au nord du Sahara algérien (**Figure 1**). L'échantillon est composé 58 exploitations couvrant 436 ha, 53% d'entre elles ont moins de 3 ha, 29% entre 3 et 5 ha, tandis que 18% ont n'en plus.



**Figure 1** : Localisation de la région d'étude Ghardaïa [4]

## II. RESULTATS ET DISCUSSION

Le traitement des données collectées dans les 58 fiches d'enquête, a été réalisé à l'aide du programme Excel 2007.

### 2.1 Amendement organique

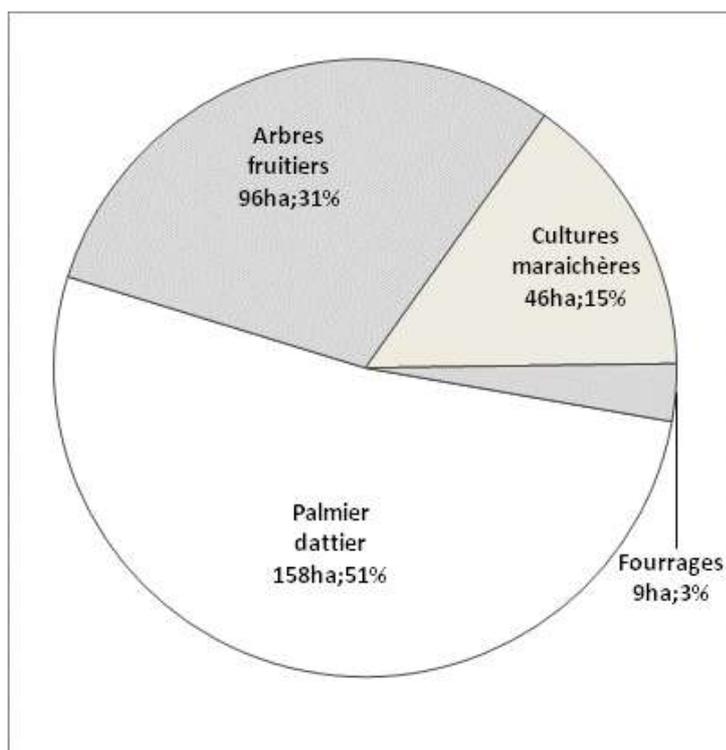
Les ressources organiques jouent un rôle dominant dans la gestion de la fertilité des sols ... par leurs apports, à court terme, de nutriments aux plantes et leur contribution à plus long terme à la formation de matière organique du sol [5]. L'importance de l'amendement organique découle de son influence sur les caractéristiques du sol tant physiques (stockage de l'eau, stabilité structurale, porosité), chimiques (augmentation de la capacité d'échange ionique) que biologiques (densité et diversité de la faune du sol).

Les résultats montrent que tous les exploitants enquêtés recourent aux

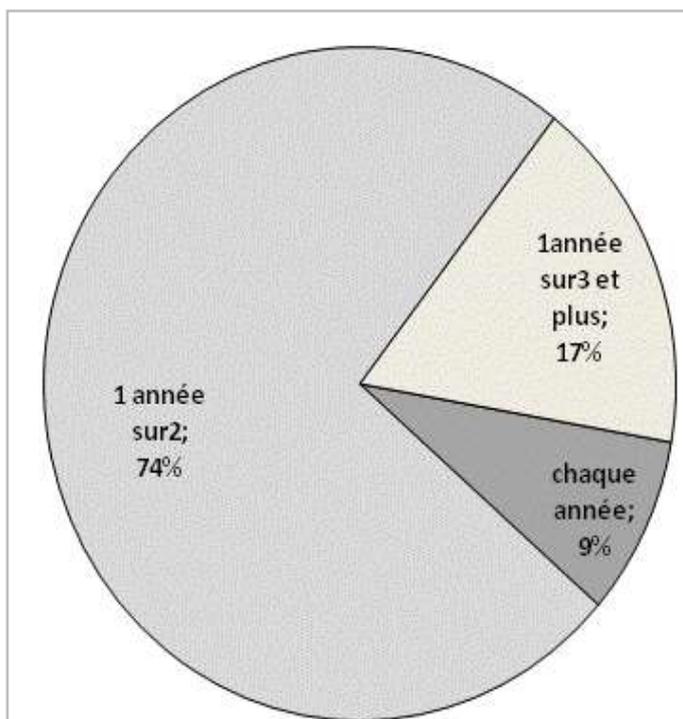
amendements organiques des sols mais seulement 58% (683 ha) des surfaces cultivées en bénéficient. Les cultures sont traitées différemment avec le palmier-dattier en tête (52 % des espaces traités) ( Figure 2Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

En dépit de l'intérêt certain de la régularité des apports annuels pour le maintien de la productivité des sols, seuls 9% des agriculteurs le font régulièrement (Figure 3), en raison de la disponibilité insuffisante de la matière organique et son coût relativement élevé.

La flore microbienne décompose la matière organique d'autant plus vite que le sol est humide et la température élevée; ce qui explique la rapidité de consommation du fumier dans les sols sous climat saharien et la faiblesse de son arrière-action d'une année sur l'autre [6].



**Figure 2 :** Parts des cultures recevant les apports organiques



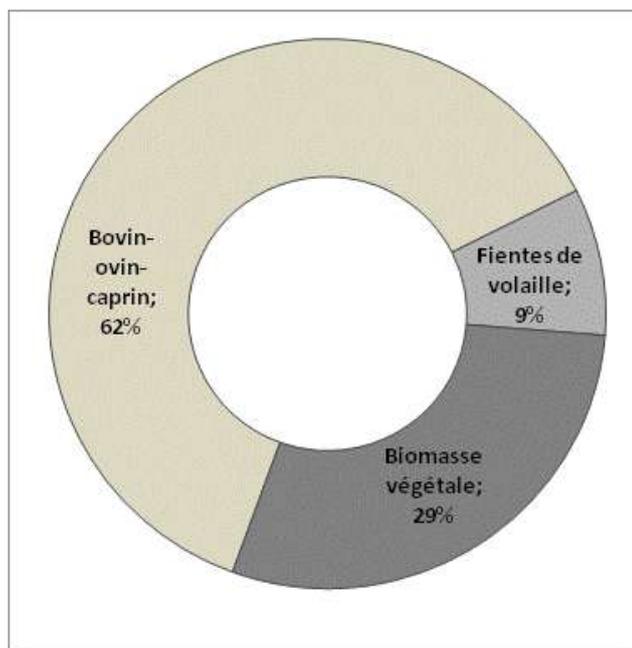
**Figure 3 :** Fréquence des apports organiques au sol

Bien que n'affectant que partiellement les surfaces cultivées, la pratique montre que l'apport organique est considéré par les agriculteurs le principal facteur du maintien du potentiel nutritionnel des sols. En effet, la plante, en culture irriguée, répond favorablement au fumier organique dont la décomposition en éléments minéraux, biodisponibles, est relativement accélérée dans les conditions oasiennes de chaleur et d'humidité, au détriment d'un quelconque effet notable sur les caractéristiques physiques du sol. Certaines légumineuses (luzerne, haricot, arachide), bénéfiques pour la fertilité des sols par son enrichissement en azote atmosphérique, sont cultivées dans 68%

des exploitations et dont la sole peut être élargie.

### 2.1.1 Types de matière organique utilisée

Différents types de matière organique ; on relève que celles du bétail (bovin, ovin, caprin) sont les plus utilisées chez 62% des exploitations dont seulement 39% en produisent in situ. La biomasse végétale utilisée est constituée principalement des résidus de récoltes, des mauvaises herbes et des produits de la taille de palmiers dattiers et d'arbres fruitiers (palmes, pédicelles, branches et autres feuillages) (Figure 4).



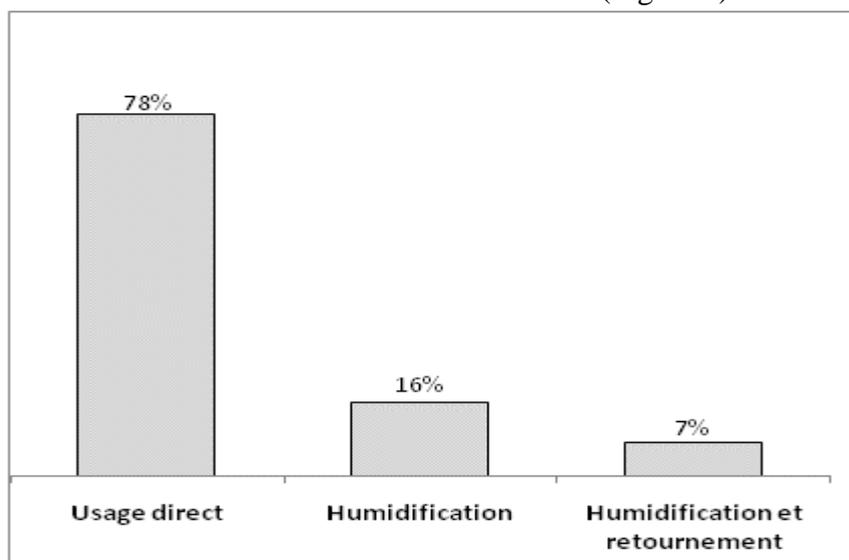
**Figure 4 :** Types de matière organique utilisée

### 2.1.2 Processus de préparation

La matière organique est utilisée sans aucune préparation dans 77% des cas. L'économie en charges de main d'œuvre en est la principale raison. Cette pratique favorise l'infestation des cultures par les mauvaises herbes et les parasites. Outre cela, l'incorporation de la matière organique fraîche, peut engendrer selon [7] des effets indésirables: dégagement de

gaz nocifs, pollution des eaux et des sols (nitrates, phosphates, éléments métalliques). Le reste des agriculteurs procèdent à une préparation sommaire : la matière organique est soit entassée dans des fosses soit empilée sur le sol, pendant 2 à 3 mois, plus longtemps en hiver.

La préparation des compostes consiste en l'hydratation intermittente des tas de la matière fraîche dans 16% des cas, accompagnée de retournements de ces tas dans 7% (Figure 5).



**Figure 5 :** Processus de préparation de la matière organique avant incorporation.

### 2.1.3 Procédés d'incorporation

Le faible enfouissement du fumier organique dans le sol est une pratique courante sur palmiers dattiers et arbres fruitiers tandis que l'épandage à la volée, sur le lit de semence, l'est pour les cultures herbacées. Parfois ces apports sont fractionnés selon leur disponibilité échelonnée.

En conclusion, il est admis que la matière organique (brute ou décomposée) reste la meilleure forme d'amendement des sols sahariens dont la capacité d'absorption est généralement faible [8]. La matière organique est très recherchée localement, situation aggravée par le peu d'intérêt qu'accorde la majorité des agriculteurs à la pratique du compostage. A cet égard, [9] relève, que de nombreux agriculteurs, particulièrement dans les pays en voie de développement, ne tirent pas profit des possibilités offertes par le recyclage de la matière organique, à cause de contraintes diverses dont entre autre la méconnaissance technique et le besoin de main-d'œuvre.

### 2.1.4 Doses appliquées

Les quantités de matière organique épandues ne dépendent pas de sa nature, ni des cultures envisagées mais principalement de sa disponibilité. Cependant, les apports sont augmentés deux à trois fois pour les plantations productives de palmiers et d'arbres fruitiers.

#### i. Pour les palmiers dattiers

Les amendements organiques sont effectués en priorité pour le palmier dattier, plus particulièrement chez les exploitations dont la production dattière est de qualité, destinée à la commercialisation. Les apports sont

systematiques lors de la plantation des rejets, et sont réguliers pour les palmiers productifs dans 81% des exploitations, principalement au printemps dans 62 % des cas, lors du binage et la restauration des cuvettes d'irrigation.

Pour ce qui est doses moyennes appliquées, on relève qu'elles sont plutôt conditionnées par la disponibilité du fumier et son prix d'achat plus que les considérations techniques (type de matière organique, l'état nutritionnel des plantes, l'âge et le rendement des plantes, l'état chimique du sol...). On relève que :

- sur les 77 ha des jeunes plantations de moins de 10 ans, 69 % reçoivent moins de 20 kg/pied et moins de 30 kg pour les autres.

- sur les 274 ha de palmiers productifs, 83% (227 ha) reçoivent moins de 30 kg/pied et seuls 17% en reçoivent près de 60 kg.

Comparée aux recommandations techniques qui stipule 20 kg/ palmier/an les trois premières années et 100 kg au-delà de 10 ans [10], ces doses administrées sont insuffisantes pour les jeunes dattiers et largement déficientes pour plantation productive.

#### ii. Pour les arbres fruitiers

Sur les 55 exploitations pratiquant l'arboriculture fruitière, 82% effectuent des apports organiques sur 280 ha soit 89% de la superficie arboricole de l'échantillon, principalement durant le repos hivernal. Les arbres en pleine production sont priorisés dans 73% des cas.

Les quantités de matières organiques apportées sont les suivantes :

- seulement 19% des 98 ha des jeunes

plantations (moins de 5 ans d'âge), reçoivent en moyenne 10 kg par arbre, et moins de 5 kg pour le reste.

- près de 56% des 217 ha de plantations productives reçoivent autour de 15 kg /arbre et moins de 10 kg pour le reste.

Compte tenu de la minéralisation accélérée de la matière organique et de l'insuffisance des apports minéraux et organiques, pour compenser les exportations des cultures et le lessivage des formes solubles, les symptômes de déficience sont fréquents.

### iii. Pour les cultures herbacées

Les apports organiques sont réguliers dans la majorité (73 %) des 43 exploitations disposant de cultures maraîchères et fourragères, néanmoins ces apports concernent 88 ha soit 76% de ces cultures dont 55 % reçoivent moins de 5 tonnes/ha alors que le reste reçoit jusqu'à 15 tonnes/ha. La moyenne recommandée est de 20 tonnes/ha [10].

## 2.2 Fertilisation minérale

Les apports minéraux sont effectués dans 12 exploitations (21%) du panel dont seul 33% le font régulièrement chaque année alors que la majorité n'en utilise qu'en cas de symptômes généralisés de troubles nutritionnels sur les cultures. Ces apports couvrent 281 hectares soit 24% seulement des superficies cultivées, vient en tête le maraîchage/fourrages (201 ha) et arbres fruitiers/ palmiers (80 ha). Le faible recours aux engrais minéraux est imputé à leurs prix de plus en plus élevés ces dernières années.

L'urée en poudre est plus utilisée dans

49% des exploitations recourant à la fertilisation minérale, suivie par les ternaires NPK et les binaires phospho-potassiques dans respectivement 33 et 18% des fermes. Un cas de fertigation via le réseau goutte à goutte a été rencontré sur des arbres fruitiers.

Quant aux apports d'azote appliqués on relève que :

- sur palmiers productifs, 83 % des 19 ha fertilisés reçoivent moins de 5 kg/pied, alors que le reste reçoit plus et pas d'apport azoté pour les jeunes dattiers,  
- sur arbres fruitiers : 78% soit 47,6 ha de la sole arboricole fertilisée reçoivent moins de 1 kg.

Le fractionnement des apports azotés est un impératif agronomique en particulier sur des sols constamment irrigués, à faible capacité de rétention en eau et d'échange ionique. Seulement 44% procèdent au fractionnement de ces apports dont 37 % le fait en deux fois et 7 % en trois surtout pour cultures maraîchères.

Le raisonnement des doses d'engrais minéraux, les agriculteurs ne tiennent pas compte de la culture envisagée ni du précédent cultural, ni de l'état chimique du sol. Seuls 25% raisonnent en fonction du type d'engrais en mettant plus d'engrais de fond que d'engrais de couverture.

La capacité du sol à procurer des rendements optimaux est fonction des opérations culturales à même d'améliorer ses caractéristiques physicochimiques et biologiques favorables à l'expression du potentiel productif de l'espèce cultivée. À cet égard, nous avons constaté des situations défavorables à la fertilité des sols : hydromorphie temporaire ou permanente, salinité de l'eau, recours limité à la rotation des cultures, l'éventail restreint des familles botaniques

exploitées, irrigation insuffisante ou excessive.

Interrogés sur les facteurs limitant globalement leurs activités, les agriculteurs ont évoqué par ordre le risque climatique (28%), l'insuffisance de l'appui technique (21%), les moyens financiers limités (18%), les problèmes de l'insuffisance et de qualité de l'eau (10%), les charges des intrants (semences, pesticides, engrais) et de main-d'œuvre (14%).

En ce qui concerne l'évolution ces dernières années de la pratique "fertilisation minérale" dans chez les agriculteurs, il apparaît qu'il y a eu introduction ou augmentation des surfaces fertilisées dans 18%, diminution ou abandon dans 52%.

Outre la hausse des prix mentionnée par les agriculteurs, l'une des raisons de la diminution de l'utilisation des engrais, en particulier des engrais azotés, est, semble-t-il, l'absence ces dernières années du traditionnel l'ammonitrate a effet immédiat et visible sur les cultures, au profit de l'urée et de l'UAN (composé Urée–Ammonium–Nitrate titrant 28 à 32% d'azote) auxquelles une majorité d'agriculteurs ont tardé à s'y habituer.

## Conclusion

Le diagnostic des pratiques de la gestion de la fertilité des sols dans les exploitations oasiennes de la région de Ghardaïa a permis de faire le constat suivant :

- Les données sur les pratiques des agriculteurs relative à la fertilisation des sols sont insuffisantes, fragmentées et non actualisées.

- Une majorité des agriculteurs ne dispose pas des connaissances requises en matière de fertilisation rationnelle de leurs cultures (exigences des cultures, types d'engrais, doses et périodes d'application). Ces éléments ne sont pas pris en compte ni en fonction des caractéristiques du sol, ni de la culture envisagée, ni du précédent cultural. Le volet de la fertilisation doit être plus développé dans les programmes de vulgarisation. Des mesures sont nécessaires pour encourager les agriculteurs à : effectuer les analyses de sol, préparer leurs propres compostes, consolider la place des légumineuses facilement commercialisables dans la région (fèves, haricots, arachides, luzerne,...).

- Malgré leur importance, les déchets domestiques, généralement disponibles localement mais largement dispersés, sont paradoxalement moins collectés (valorisés) et plus recherchés par les agriculteurs. Situation accentuée par le peu d'intérêt accordé à la valorisation des résidus organiques par le compostage.

- La pratique du compostage doit être étendue à grande échelle dans les exploitations, en particulier l'incorporation de matériaux broyés de débris provenant en grandes quantités de la taille des palmiers et des arbres fruitiers (palme, pédicelles, branchage, feuillage...) et des mauvaises herbes, mélangés au fumier. Les activités d'élevage peuvent être développées davantage au vu de l'importance de la biomasse végétale résiduelle disponible.

- L'irrigation excessive au niveau de nombreuses exploitations entraîne des pertes importantes d'engrais par lessivage, réduisant leurs effets attendus.

Aussi la maîtrise de la pratique de la fertilisation pour améliorer la productivité des sols, de l'eau et des autres intrants mobilisés, rend nécessaire l'élaboration de référentiels techniques résultant de l'expérimentation locale et les vulgariser auprès des producteurs.

Comme il est nécessaire de soutenir la création de petites unités de compostage des déchets ménagers, de promouvoir la réutilisation des eaux usées traitées estimées à cent mille mètres cubes [11] et les boues des quatre stations d'épuration implantées dans la région.

### Référence bibliographiques

- [1] **KHENE B.** : *Dynamique des systèmes de production phoénicoles et promotion de la filière 'dattes' : perspectives de développement - Cas de la région de Ghardaïa*. Ouargla (Algérie), thèse de doctorat ; UKMO, 2013, 228p
- [2] **TOUTAIN G.** : *Eléments d'agronomie saharienne*. Maroc : INRAM, 1977
- [3] **KHENE B, SENOUSI A, ABABSA SMATI F.** : L'agro système oasien : particularités et stratégie d'évolution, cas de la vallée du M'zab (Algérie). *Sécheresse* ; 2012 ; (23) : 78-85.
- [4] **DPAT**, Annuaire statistique : Direction de la planification et de l'aménagement du territoire. Wilaya de Ghardaïa. (Algérie). 2008. 132 p
- [5] **PALM, C.A., GACHENGO C.N., DELVE R.J., CARDISH R.J., GILLER K.**: Organic inputs for soil fertility management in tropical agro ecosystems. *J. Agric. Ecosyst. Environ.* ; 2001 ; 71 (1) : 255-267
- [6] **TOUTAIN G.** : Conservation des sols en palmeraies sahariennes et bordurières au Sahara. *Options méditerranéennes* ; 1995 ; CIHEAM (25) : 65-69
- [7] **LECLERC B.** : *Guide des matières organiques*. Tome 1. Paris (France) : ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), 2001, 238 p
- [8] **DUBOST D.** : *Ecologie, aménagement et développement agricole des Oasis algériennes*. Biskra (Algérie) : Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA), 2002, 483 p
- [9] **MISRA R.V., ROY R.N., HIRAOKA H.** : *Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole*. Rome (Italie): FAO, 2005, 50 p
- [10] **ITDAS**. *Recueil technique des cultures*. Biskra (Algérie) : Institut technique de développement de l'agriculture saharienne (ITDAS), 2007.
- [11] **APS** : Ghardaïa: une étude de faisabilité de l'utilisation des eaux épurées pour l'irrigation agricole. [En ligne] Algérie Presse Service (APS), 2018. Disponible sur « <http://www.aps.dz/regions/72678-ghardaia-une-etude-de-faisabilite-de-l-utilisation-des-eaux-epurees-pour-l-irrigation-agricole> » (consulté le 05/05/2020)

*Communications internationales*

Auteurs-Titre de Communications	Position de l'auteur	Titre de la manifestation	Date et Lieu
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, Kemassi abdellah, ARABA Fatna. une Communication affichée Intitulée : <b>Evaluation du l'activité biologique de la plante spontanée <i>Atriplex halimus</i> récoltée au Sahara Septentrional Est Algérien</b></p>	<b>1<sup>ere</sup></b>	The 1 <sup>st</sup> International Webinar of Animal Biodiversity, Protection and Environment " WIBAPE2022	<b>26-27 Mai 2022-</b> National Higher School of Agronomy- Algiers-Algeria ENSA
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, KEMASSI Abdellah, ARABA Fatna. une Communication affichée Intitulée : <b>La valorisation des potentialités allélopathique de la flore du Sahara algérien</b></p>	<b>1<sup>ere</sup></b>	International Seminar on Biodiversity, Valorization and Conservation of Urban and Forest Ecosystems: (In support of sustainable development)	<b>28-29 Avril 2021-</b> Mohamed Boudiaf-M'sila
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, KEMASSI Abdellah une Communication affichée Intitulée : <b>Evaluation Du Potentiel Allélopathiques De <i>Zygophyllum album</i> Et Leurs Utilisations Comme Herbicide Naturel</b></p>	<b>1<sup>ere</sup></b>	Séminaire international sur les sciences naturelles et de la vie	<b>19- 20 Février 2021-</b> Oran, Algerie
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, KEMASSI Abdellah une Communication affichée Intitulée : <b>Activités Biologiques Des Extraits Aqueux De <i>Datura stramonium</i> (Solanaceae) récoltés aux Sahara algérien</b></p>	<b>1<sup>ere</sup></b>	Séminaire international sur les sciences naturelles et de la vie	<b>19-20 Février 2021-</b> Oran, Algérie
<p>KHENE Bachir, ARABA Fatna, OTMANI Reguia une Communication orale Intitulée : <b>Soil fertility management in the oasesin ghardaia region (Northern Sahara of Algeria)</b></p>	<b>3<sup>eme</sup></b>	International workshop on dynamic oasisen space and its envirennement	<b>3-4 mars 2020</b> Université KASDI Merbah- Ouargla
<p>KHENE Bachir, ARABA Fatna, OTMANI Reguia. <b>Système de production phoenicicole et filière dattes dans la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Algérien) : état et perspectives</b></p>	<b>3<sup>eme</sup></b>	Approche intégrée pour une gestion durable de la pheniciculture en milieu oasisen	<b>1 au 3 novembre 2019</b> Université Mohammed premier Oujda- Maroc

National Higher School of Agronomy  
Department of Agricultural and Forest Zoology  
Laboratory of plants Protection in agricultural and natural  
environment against crop pests

## Certificate of participation

Is awarded to

Otmani Reguia, Khene Bachir,  
Kemassi Abdellah & Araba Fatma



For the **Poster** entitled :

**T4AF37 : Evaluation du L'activité biologique de la plante spontanées  
*Atriplex halimus* récolté au Sahara Septentrional Est algérien**

Within the **1st International Webinar of Animal Biodiversity,  
Protection and Environment**

" **WIBAPE2022** "

that has been held online from **26 to 27 May 2022**  
on **National Higher School of Agronomy**  
**Algiers, Algeria**

Webinar President

**Dr. Hassiba Berraï**



*We are so happy to have seen you in our webinar*

<https://wibpeensa2022.wixsite.com/wibpe2022>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mohamed Boudiaf de M'sila  
Faculté des Sciences



Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
Laboratoire de la biodiversité et techniques biotechnologiques de la valorisation  
des ressources végétales (BTB-VRV)

**International Seminar on Biodiversity, Valorization and  
Conservation of Urban and Forest Ecosystems:  
(In support of sustainable development)**

28.29-.04.2021

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

Le comité scientifique du Séminaire atteste que :

Melle/Mme/Mr : **OTMANI Reguia**

A présenté une **Communication affichée**

Intitulée : **La valorisation des potentialités alléopathique de la flore du Sahara algérien**

Co-auteurs : KHENE B., KEMASSI A., ARABA F.

Le Président du Séminaire  
**Dr. Rabah BOUNAR**

Univ. M. B. M'Sila  
Faculté des Sciences / SNV  
28.29-.04.2021

Le Doyen de la Faculté des Sciences  
**Pr. Ettayib BENSACI**



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
International Journal of Human Settlements  
<https://www.aneau.org/ijhs/>  
ISSN : 2588-1779



# ATTESTATION

Cette attestation est délivrée à :

**OTMANI Reguia**, Laboratoire de Mathématique et sciences appliquées, Université de Ghardaïa B.P 455 Ghardaïa 47000 Algérie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des sciences de la Terre. Département des sciences agronomiques, Université de Ghardaïa.

**KHENE Bachir**, Laboratoire de Mathématique et sciences appliquées, Université de Ghardaïa B.P 455 Ghardaïa 47000 Algérie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des sciences de la Terre. Département des sciences agronomiques, Université de Ghardaïa.

**KEMASSI Abdellah**, Laboratoire de Mathématique et sciences appliquées, Université de Ghardaïa B.P 455 Ghardaïa 47000 Algérie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département des sciences agronomiques, Université de Kasdi Merbah-Ouargla. Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zone Aride et Semi-Aride, Université de Kasdi Merbah-Ouargla, B.P 511, Ouargla 30000, Algérie.

Pour leur participation au **SÉMINAIRE INTERNATIONAL SUR LES SCIENCES NATURELLES ET DE LA VIE** en ligne (webinaire), organisé par **International Journal of Human Settlements** le 19 et 20 Février 2021, avec un poster intitulé:

**Evaluation Du Potentiel Allélopathiques De Zygodophyllum album Et Leurs Utilisations Comme Herbicide Naturel**

Oran, Algerie  
20/02/2021



L'éditeur

Dr. HAMMA Walid



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
International Journal of Human Settlements  
<https://www.aneau.org/ijhs/>  
ISSN : 2588-1779



# ATTESTATION

Cette attestation est délivrée à :

**OTMANI Reguia**, Laboratoire de Mathématique et sciences appliquées, Université de Ghardaïa B.P 455 Ghardaïa 47000 Algérie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des sciences de la Terre. Département des sciences agronomiques, Université de Ghardaïa.

**KHENE Bachir**, Laboratoire de Mathématique et sciences appliquées, Université de Ghardaïa B.P 455 Ghardaïa 47000 Algérie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des sciences de la Terre. Département des sciences agronomiques, Université de Ghardaïa.

**KEMASSI Abdellah**, Laboratoire de Mathématique et sciences appliquées, Université de Ghardaïa B.P 455 Ghardaïa 47000 Algérie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département des sciences agronomiques, Université de Kasdi Merbah-Ouargla. Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zone Aride et Semi-Aride, Université de Kasdi Merbah-Ouargla, B.P 511, Ouargla 30000, Algérie.

Pour leur participation au **SÉMINAIRE INTERNATIONAL SUR LES SCIENCES NATURELLES ET DE LA VIE** en ligne (webinaire), organisé par **International Journal of Human Settlements** le 19 et 20 Février 2021, avec un **poster** intitulé:

**Activités Biologiques Des Extraits Aqueux De Datura stramonium (Solanaceae) récoltés aux Sahara algérien.**

Oran, Algerie

20/02/2021



L'éditeur

Dr. HAMMA Walid

# ARES

ACADÉMIE  
DE RECHERCHE ET  
D'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR



## ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le comité d'organisation du colloque International « Approche intégrée pour une gestion durable de la phoeniciculture en milieu oasien », qui a eu lieu à Figuig du 01 au 03 Novembre 2019, atteste que :

N : **Bachir KHENE**

a participé à ce colloque par une conférence intitulée « Système de production phoenicicole et filière dattes dans la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Algérien) : Etat et perspective. »

Coauteur : **ARABA Fatma, OTMANI Reguia**

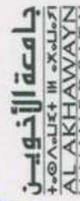
Cette attestation est délivrée à l'intéressé(e), à sa demande, pour servir et valoir ce que de droit.

Pour le comité d'organisation

M. EI JAZIRI

**ARES - UMP**  
Colloque International  
FIGUIG 01 au 03 Novembre 2019  
**COMITE D'ORGANISATION**

A. HAKKOU





DEOE - 2020 -  
Ouargla, 3<sup>rd</sup>-4<sup>th</sup> march 2020



## CERTIFICATE OF ATTENDANCE

Awarded to

**KHENE Bachir**

for participating in the

**International Workshop on Dynamic Oasian Space and its Environment**  
3<sup>rd</sup>-4<sup>th</sup> march 2020

by Oral Communication entitled

**Soil Fertility Management in the Oases in Ghardaia Region**  
(Northern Sahara of Algeria).

Co-authors : ARABA F. and OTMANI R.

Dean of the Faculty  
of Natural and Life Sciences

Chairman Scientific Committee  
for DEOE 2020

Director of  
SAS Laboratory

مديرة كلية علوم الطبيعة والحياة

د. ب. سامية

Pr. Abdelkader ADAMOU

\* DEOE: 2020\*

Président du Comité Scientifique

مدير المختبر  
ب. يحيى سعاد

## Communications nationales

Auteurs-Titre de Communications	Position de l'auteur	Titre de la manifestation	Date et Lieu
<p><b>OTMANI Reguia<sup>1</sup></b>, KHENE Bachir<sup>1</sup>, KEMASSI Abdellah<sup>2</sup>, ARABA Fatna<sup>1</sup>            une Communication affichée Intitulée :  <b>Etude phytochimique et évaluation des propriétés biologiques d'une plante spontanée au Sahara Algérienne : <i>Haloxylon scoparium</i> Pomel</b></p>	1 <sup>ere</sup>	Le 3ème Séminaire National sur les Plantes Spontanées ( <i>Biodiversité, Préservation, Valorisation et Innovation</i> )	<b>29 Novembre 2023</b> Université Ghardaïa
<p><b>OTMANI Reguia<sup>1</sup></b>, KHENE Bachir<sup>1</sup>, KEMASSI Abdellah<sup>2</sup>, ARABA Fatna<sup>1</sup>            une Communication affichée Intitulée :  <b>Biopesticides: a key to Food security and sustainable agriculture</b></p>	1 <sup>ere</sup>	1 <sup>st</sup> national seminar on: FOODSECURITYINALGERIA: CHALLENGES&PROSPECTS	<b>15-16 Novembre 2023</b> Université Ammar thelidji -Laghouat
<p><b>OTMANI Reguia<sup>1,2</sup></b>, KHENE Bachir<sup>1,2</sup>, KEMASSI Abdellah<sup>3</sup>, ARABA Fatna<sup>1,2</sup>.            une Communication affichée Intitulée :  <b>Evaluation <i>in vitro</i> de l'activité bioherbicide de l'extrait aqueux d'<i>Euphorbia guyoniana</i> Bois. et Reut. sur quelques adventices.</b></p>	1 <sup>ere</sup>	Journée scientifique : Impact des Pesticides sur la santé humaine (IPSH)	<b>13 Décembre 2022</b> Université Ghardaïa
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, Kemassi abdellah, ARABA Fatna, HEROUINI Amal.            une Communication affichée Intitulée :  <b>La lutte biologique contre les mauvaises herbes en palmeraie algérienne</b></p>	1 <sup>ere</sup>	Journée scientifique : Lutte intégrée en palmeraie	<b>1 juin 2022</b> Université Ghardaïa
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, Kemassi abdellah, ARABA Fatna, HEROUINI Amal            une Communication affichée Intitulée :  <b>Evaluation du pouvoir biohericide et allelopathique de la plante <i>Peganum harmala</i> (Zygophyllaceae) récolté au Sahara Septentrional Est Algérien</b></p>	1 <sup>ere</sup>	1 <sup>er</sup> Séminaire National sur Biodiversité, Biotechnologie et Développement Durable (BB & DD 2022)	<b>16 avril 2022</b> Université Ghardaïa
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, Kemassi abdellah, ARABA Fatna, HEROUINI Amal.            une Communication affichée Intitulée :  <b>Étude de l'effet bioherbicide de l'extrait aqueux de <i>Helianthemum lippi</i> sur certains adventices des céréales</b></p>	1 <sup>ere</sup>	Séminaire National sur les Pesticides : Législation, Environnement et Santé (SNP)	<b>24 et 25 Novembre 2021</b> Université M'hamed Bougara de Boumerdes.

<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, KEMASSI Abdellah, BOUMAAZA soumia, ARABA Fatna, HEROUINI Amal. une Communication orale Intitulée : <b>Etude du pouvoir herbicide de l'extrait aqueux de <i>Punica granatum</i> sur la germination de quelque mauvaises herbes des céréales</b></p>	1 <sup>ere</sup>	The first national seminar on plant production and protection (SNPPV1)	<p><b>19-20 Juin 2021</b> Université Ammar thelidji -Laghouat</p>
<p><b>OTMANI Reguia</b>, KHENE Bachir, KEMASSI Abdellah, ARABA Fatna. une Communication orale Intitulée : <b>Effet allelopathique des extraits aqueux de quelque plantes de la famille 'zygophylaceae' du sahara septentrional</b></p>	1 <sup>ere</sup>	Séminaire National sur la Biodiversité Végétale et Animale, Environnement et Santé	<p><b>20 Mai 2021</b> le Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila</p>
<p><b>OTMANI Reguia</b>, BOUTEMDJET Ahmed. une Communication affichée Intitulée : <b>Etude de la qualité biologique des sols des dayas dans la région de Laghouat et son impact sur la Flore</b></p>	1 <sup>ere</sup>	Séminaire nationale sur les plantes spontanées (SNPS)	<p><b>15 Novembre 2017</b> Université Ghardaïa</p>
<p>ARABA Fatna, KHENE Bachir, OTMANI Reguia, HEROUINI Amel. une Communication affichée Intitulée : <b>contribution a l'évaluation des propriétés antifongique des extraits d'une espèce spontanée du Sahara Algérien : <i>Pergularia tomentosa</i> L.</b></p>	3 <sup>eme</sup>	Le 3ème Séminaire National sur les Plantes Spontanées ( <i>Biodiversité, Préservation, Valorisation et Innovation</i> )	<p><b>29 Novembre 2023</b> Université Ghardaïa</p>
<p>ARABA Fatna, KHENE Bachir, OTMANI Reguia. une Communication affichée Intitulée : <b>activité antifongique de l'extrait méthanolique de <i>Peganum harmala</i> sur l'agent de Bayoud du palmier dattier (<i>Fusarium oxysporum</i> f sp <i>albidinis</i>)</b></p>	3 <sup>eme</sup>	The first national seminar on plant production and protection (SNPPV1)	<p><b>19-20 Juin 2021</b> Université Ammar thelidji -Laghouat</p>
<p>HEROUINI Amel, BEHADID Hadjira, CHIKHI Faradj, AITODIA Ahmed, ROUARI Linda, HAMEL Iméne, OTMANI Reguia, KEMASSI Adallah une Communication affichée Intitulée : <b>Evaluation du pouvoir insecticide des huiles des graines de deux espèces végétales récoltées dans la région de Ghardaïa</b></p>	8 <sup>eme</sup>	Le 3ème Séminaire National sur les Plantes Spontanées ( <i>Biodiversité, Préservation, Valorisation et Innovation</i> )	<p><b>29 Novembre 2023</b> Université Ghardaïa</p>



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DE GHARDAÏA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE  
SEMINAIRE NATIONAL SUR LES PLANTES SPONTANÉES  
LE 29 NOVEMBRE 2023



## ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le président du Séminaire National sur les Plantes Spontanées (SNPS 2023) atteste que **OTMANI Reguia** a présenté une communication affichée intitulée :

**Etude phytochimique et évaluation des propriétés biologiques d'une plante spontanée au Sahara Algérienne :**  
**Haloxylon scoparium Pomel**

Co-auteur(s): **OTMANI Reguia, KHENE Bachir, KEMASSI Abdellah, ARABA Fatma.**

**Directeur de Laboratoire**

**Doyen de la Faculté**

مدير مختبر البحث بالتنمية  
عميد كلية علوم الطب والصيدلة  
والحياة وعلوم الأرض  
كريمات محمد  
عليه يوسف

**Président de Séminaire**

بن خراطة الطاطي





PUPULAR AND DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA  
 MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH  
 AMAR TELDJI UNIVERSITY-LAGHOUAT UATL



# CERTIFICATE OF PARTICIPATION

**THIS CERTIFICATE IS ATTRIBUTED TO**

*Reguia OTMANI*

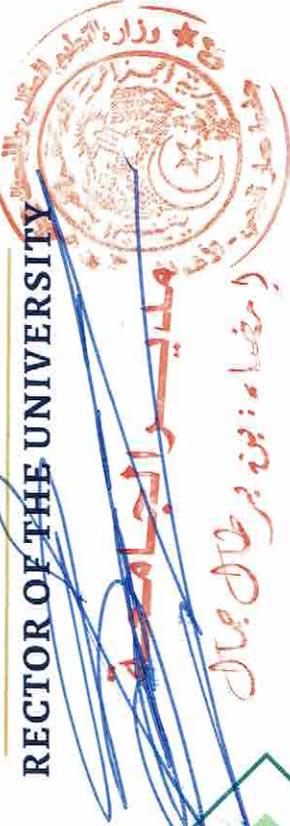
**For her participation with a poster entitled**

**Biopesticides: a key to food security and sustainable agriculture**

**Co-authors:** Bachir KHENE, Abdellah KEMASSI, Fatna ARABA

In the 1st national seminar on Food Security In Algeria: Challenges and Prospects (FSACP-23), organized in the 15th and 16th November 2023 By the Department of Agronomic Sciences and the Laboratory of Biologic and Agronomic Sciences LSBA, in collaboration with the Faculty of Science, Amar Telidji University -Laghouat

**RECTOR OF THE UNIVERSITY**



**PRESIDENT OF THE SEMINAR**



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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre  
Département de Biologie

Journée scientifique sur :

**Impact des pesticides sur la santé humaine (IPSH 2022)**

## ATTESTATION DE PARTICIPATION

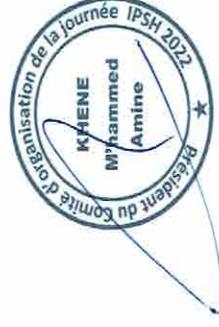
Le comité d'organisation de la journée scientifique sur : Impact des pesticides sur la santé humaine (IPSH 2022) tenue à l'Université de Ghardaïa le 13 Décembre 2022, atteste que: **Mme. OTMANI Reguia** a participé à cette manifestation scientifique par une communication affichée intitulée: **Evaluation *in vitro* de l'activité biologique de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. et Ruet. sur la germination et la croissance de quelques adventices.**

Co-auteur (s): **KHENE Bachir** et **ARABA Fatna.**

Le Doyen de la Faculté SNV-ST

عميد كلية علوم الطبيعة  
والحياة وعلوم الأرض  
كريمان محمد

Président de la journée IPSH 2022





Université de Ghardaïa  
Faculté des sciences de la vie et  
sciences de la terre

# ATTESTATION DE PARTICIPATION

Cette attestation est délivré à:

M<sup>me</sup>. OTMANI Reguia

Pour sa participation à:

**La Journée scientifique sur la lutte intégrée en palmeraie**

**GHARDAIA le 01 juin 2022**

En qualité de :communicante

Par la communication affichée: **La Lutte Biologique Contre Les Mauvaises  
Herbes En Palmeraies Algériennes**

Doyen SNV





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

Organisé par l' Université de Ghardaia  
Faculté des Sciences de la Nature et, de la Vie et Sciences de la Terre  
Département de Biologie

1<sup>er</sup> Séminaire National sur

**Biodiversité, Biotechnologie et Développement Durable (BB & DD 2022)**

**16 avril 2022**

# Attestation de participation

Le comité d'organisation du séminaire national « **Biodiversité, Biotechnologie et Développement Durable (BB & DD 2022)** » tenu à l'Université de Ghardaia le **16 Avril 2022** via webinaire, atteste par la présente que : **Mme Reguia Otmani** a participé à cette manifestation par une communication **Affichée**, intitulée : «**Evaluation du pouvoir biohericide et allelopathique de la plante *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) récolté au Sahara Septentrional Est Algérien**».

Co-auteur (s): **Bachir Khene, Abdellah Kemassi, Fatna Araba, Amel Herouini.**

Le Doyen de la Faculté

La présidente du séminaire





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université M'hamed Bougara – Boumerdes.



**Le Laboratoire de Bio-Informatique, Microbiologie Appliquée et Biomolécules.**  
**Séminaire National sur les Pesticides: Législation, Environnement et Santé (SNP).**  
**24 – 25 Novembre 2021.**



**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

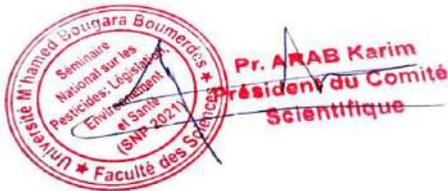
Le comité Scientifique du Séminaire National sur les Pesticides : Législation, environnement et santé (SNP 2021) atteste que Mr /Mme **OTMANI Reguia** a participé avec une communication poster intitulée : «**Étude de l'effet bioherbicide de l'extrait aqueux de *Helianthemum lippi* sur certains adventices des céréales**» le 24 et 25 Novembre 2021 à l'université M'hamed Bougara de Boumerdes, Algérie.

Co auteurs : KHENE Bachir-KEMASSI Abdellah- ARABA Fatma - HEROUINI Amel

Le Président du Comité Scientifique

La Présidente du Comité d'organisation

La Présidente du séminaire



Dr. **BENHAByles-BOUTTABA Narimen**  
Présidente du Comité d'Organisation





# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
University of Laghouat



## Certificate of Participation

SNPPV\_166/2021

This is to certify that

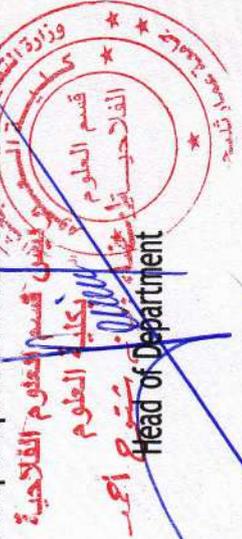
**M. OTMANI Reguia**

Has participated in the First Online National Seminar on Plant Production and Protection (June 19-20, 2021) in the University of Laghouat With an oral a presentation entitled « Etude du pouvoir herbicide de l'extrait aqueux de Punica granatum sur la germination de quelques mauvaises herbes des céréales »

Co-authors : Khene Bachir, Kemassi Abdeltah, BOUNAAZA Soumia, Araba Fatna, Herouini Amel

President of the seminar

10.10.2021  
MALLEM Hamda  
Président du séminaire (SNPPV1)  
Faculté des Sciences  
Université Ahrar Teldji - Laghouat



Head of Department



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila  
Institut des Sciences et Technologies, Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
Laboratoire des Sciences et Matériaux  
La Cellule du Qualité d'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



A l'occasion de la Journée Internationale de la Biodiversité  
le Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila a l'honneur d'organiser un  
Séminaire National sur la Biodiversité Végétale et Animale, Environnement et Santé

### ATTESTATION DE PARTICIPATION

La présidente du Séminaire National sur la Biodiversité Végétale et Animale, Environnement et Santé

Atteste que: Melle/Mme/Mr: **OTMANI Reguia**

A présenté une communication orale

Intitulée: Effet allelopathique des extraits aqueux de quelque plantes de la famille 'zygophylaceae' du sahara septentrional

Co-auteurs: KHENE Bachir, KEMASSI Abdellah , ARABA Fatna

Responsable de la Cellule



La présidente du Séminaire

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila  
Institut des Sciences et Technologie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
Présidente du Séminaire  
**Dr. BOUSMID Ahlem**

CUMila, LE 20 Mai 2021



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DE GHARDAÏA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE  
SEMINAIRE NATIONAL SUR LES PLANTES SPONTANÉES  
LE 15 NOVEMBRE 2017



## ATTESTATION DE PARTICIPATION

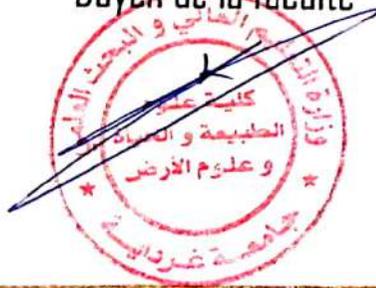
Le président du comité d'organisation du Séminaire National sur les Plantes Spontanées (SNPS 2017) atteste que

Mme/Mlle/M. **DTMANI R.** a présenté une communication affichée Intitulée :

**Etude de la qualité biologique des sols des Dayas dans la région de Laghouat et son impact sur la flore.**

Co-auteur(s) : **BOUTMEDJET A.**

Doyen de la faculté



عميد كلية  
علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض  
بشير خن

Président du comité d'organisation

الأستاذ : بن خراقة صالح  
رئيس لجنة تنظيم المؤتمر  
SNPS 2017



# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
University of Laghouat  
Faculty of Sciences



## Certificate of Participation

SNPPV\_157/2021

This is to certify that

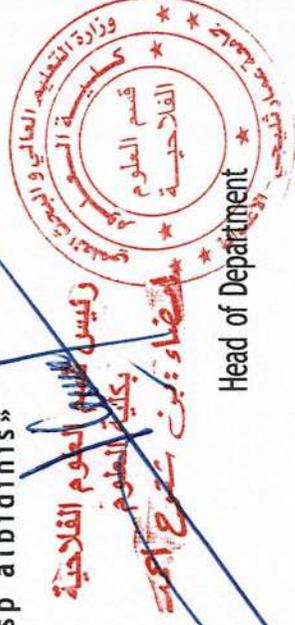
**M. ARABA Fatna**

Has participated in the First Online National Seminar on Plant Production and Protection (June 19-20, 2021) in the University of Laghouat With a poster presentation entitled  
«Activité antifongique de l'extrait méthanolique de Peganum harmala sur l'agent de Bayoud du palmier dattier (Fusarium oxysporum f sp albidinis)»

Co-authors : KHENE Bachir , OTMANI Reguia

President of the seminar

Université Amar Telidji -Laghouat  
Faculté des Sciences  
Président du séminaire (SNPPV1)  
Dr . MALLEM Hamida



Head of Department



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DE GHARDAIA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE  
SEMINAIRE NATIONAL SUR LES PLANTES SPONTANÉES  
LE 29 NOVEMBRE 2023



### ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le président du Séminaire National sur les Plantes Spontanées (SNPS 2023) atteste que **HERQUINI Amel** a présenté une communication affichée intitulée:

**Évaluation du pouvoir insecticide des huiles de graines de deux espèces végétales récoltées dans la région de Gharidaia**

**Co-auteur(s):** BENHADID hadjira, CHIKHI Faredj, CHERIF Rehia, AITODIA Ahmed, RAOUARI Linda, HAMEL Imène, OTHMANI Reghaia, KEMASSI Abdallah

**Directeur de Laboratoire**

مدير مختبر البحث التثمين  
الحفاظة على الأنظمة البيئية الجافة  
عليود يوسف



**Doyen de la Faculté**

عميد كلية علوم الطبيعة  
والحياة وعلوم الأرض  
كريمات محمد



**Président de Séminaire**

