

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

Département de Biotechnologie et Agro-écologie

THESE DE DOCTORAT

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytopharmacie et protection des végétaux

Etude de quelques plantes invasives des milieux forestiers de
quelques localités septentrionales d'Algérie

Par

M^{lle} TAMINDJOUTE Hayette

Devant le jury :

MOUAS	Y.	Maitre de conférences A.	U. Blida 1	Présidente
BENRIMA	A.	Professeur	U. Ghardaïa	Directrice de thèse
DJEMAI	I.	Maitre de conférences A.	U. Blida 1	Examinatrice
OUTTAR	F.	Maitre de conférences A.	E.S.A.S (Adrar)	Examinatrice

Blida, 2023

Étude de quelques plantes invasives des milieux forestiers de quelques localités septentrionales d'Algérie

Résumé

Robinia pseudoacacia L. est une espèce envahissante majeure dans le monde est utilisé dans La production forestière, cette espèce est capable de s'adapter dans de nouveaux habitats et de nouvelles conditions environnementales.

Notre travail a été mené dans le parc national de chrea (secteur de Chrea), situé sur le massif de l'Atlas tellien (Blidéen), à 50 Km au sud-ouest de la capitale Alger. Ce milieu environnement se localise à une altitude comprise entre 500 et 1550 m.

Notre étude vise à évaluer la tolérance aux stress hydrique et salin du *Robinia pseudoacacia* ainsi que l'effet de ses extrais sur trois souches phytopathogènes afin de réguler la propagation de cette espèce au niveau du parc national de Chrèa.

Notre travail est divisé en trois parties, La première étudie la réponse des graines âgées de 10 jours soumises à des solutions de chlorure de potassium (KCl) et de polyéthylène glycol 6000 (PEG6000), La deuxième partie s'intéresse à l'évaluation du comportement de jeunes plantules âgées de 3 mois face aux contraintes hydriques et salines en relation avec les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques et la dernière partie se focalise sur l'effet des différents extraits (éthanolique, méthanolique, acétonique et aqueux) du Robinier sur trois souches phytopathogènes (*Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger* et *Penicillium* sp)

Nos résultats de la germination in vitro ont montré que les graines de *Robinia pseudoacacia* ne peuvent germer jusqu'à une concentration de 300 mM et 400 mM de KCL avec un taux d'inhibition de 100% et plus la concentration du [PEG6000] est élevée, plus le taux de germination diminue significativement. L'application de solutions saline de KCl aux plantules du *R. pseudoacacia* induit une diminution de la surface foliaire, de la longueur des plantules. Une accumulation importante de la proline et des sucres solubles est enregistrée. Les plantules stressées par les doses inférieures à 400 mM, maintiennent une teneur relative en eau stable par rapport aux plantules témoins. Le premier symptôme provoqué par le stress hydrique est l'inhibition rapide de la croissance aérienne. Les résultats de l'effet antifongique des

extraits des feuilles de *Robinia pseudoacacia* L. ont montré une meilleure activité vis-à-vis les souches fongiques testées avec des pourcentages d'inhibition très significatifs pour la souche *Fusarium oxysporum* par rapport à *Aspergillus niger* et *Penicillium sp.*

L'étude des contraintes hydrique et saline sur la germination et la croissance, ainsi que les paramètres biochimiques (sucres totaux et proline) de nous a permis d'évaluer l'effet dépressif que joue la salinité sur les plantes.

Mots clés : *Robinia pseudoacacia* L., Activité antifongique, Chlorure de potassium (KCl), germination ; polyéthylène glycol (PEG); parc national de Chrèa ; paramètres physiologiques et biochimiques.

Study of some invasive plants in forest environments in some northern localities in Algeria

Abstract

Robinia pseudoacacia L. is a major invasive species worldwide used in forestry production, this species is able to adapt in new habitats and new environmental conditions.

Our work was carried out in the Chrea national park (Chrea sector), located on the Tell Atlas massif (Blideen), 50 km southwest of the capital Algiers. This environment is located at an altitude between 500 and 1550 m.

Our study aims to evaluate the tolerance to water and salt stress of *Robinia pseudoacacia* as well as the effect of its extracts on three phytopathogenic strains in order to regulate the propagation of this species in the Chrea national park.

Our work is divided into three parts, The first studies the response of 10-day-old seeds subjected to solutions of potassium chloride (KCl) and polyethylene glycol 6000 (PEG6000), The second part focuses on the evaluation of behavior of young seedlings aged 3 months in the face of water and saline constraints in relation to morphological, physiological and biochemical parameters and the last part focuses on the effect of different Robinia extracts (ethanolic, methanolic, acetic and aqueous) on three phytopathogenic strains (*Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger* and *Penicillium* sp).

Our results showed that the seeds of *Robinia pseudoacacia* cannot germinate up to a concentration of 300 mM and 400 mM of KCl with an inhibition rate of 100% and the higher the concentration of [PEG6000], the higher the rate of germination decreases significantly. The application of KCl saline solutions to *R. pseudoacacia* seedlings induces a reduction in leaf area and seedling length. A significant accumulation of proline and soluble sugars is recorded. Seedlings stressed by doses below 400 mM maintain a stable relative water content compared to control seedlings. The first symptom caused by water stress is the rapid inhibition of aerial growth. The results of the antifungal effect of extracts from the leaves of *Robinia pseudoacacia* L. showed better activity against the fungal strains tested with very significant inhibition percentages for the *Fusarium oxysporum* strain compared to *Aspergillus niger* and *Penicillium* sp.

The study of water and saline constraints on germination and growth, as well as biochemical parameters (total sugars and proline) allowed us to evaluate the depressive effect that salinity plays on plants.

Keywords: *Robinia pseudoacacia* L.; Antifungal activity; potassium chloride (KCl); germination; polyethylene glycol (PEG); Chrea national park; physiological and biochemical parameters.

دراسة بعض النباتات الغازية في اوساط غابية ببعض المناطق الشمالية في الجزائر

ملخص

يعتبر *Robinia pseudoacacia* L من الأنواع النباتية التي تغزو مناطق كثيرة في جميع أنحاء العالم و المستخدمة في إنتاج الغابات، وهذا النوع قادر على التكيف في الموائل الجديدة والظروف البيئية الجديدة.

تم تنفيذ هذا العمل في الحظيرة الوطنية للشريعة (قطاع الشريعة)، التي تقع في الاطلس التلي البلدي ، على بعد 50 كيلومترا جنوب غرب العاصمة الجزائر. وتقع هذه البيئة على ارتفاع يتراوح بين 500 و 1550 م.

تهدف دراستنا إلى تقييم تحمل نبات *Robinia pseudoacacia* للإجهاد المائي والملحي وكذلك تأثير مستخلصاته على ثلاث سلالات مسببة للأمراض النباتية من أجل تنظيم تكاثر هذا النوع في الحظيرة الوطنية للشريعة.

ينقسم عملنا إلى ثلاثة أجزاء، الأول يدرس استجابة البذور بعمر 10 أيام المعرضة لمحلول كلوريد البوتاسيوم (KCl) والبولي إيثيلين جلايكول 6000 (PEG6000)، ويركز الجزء الثاني على تقييم سلوك الشتلات الصغيرة بعمر 10 أيام. 3 أشهر في مواجهة معوقات المياه والملوحة فيما يتعلق بالمعايير المورفولوجية والفسولوجية والكيميائية الحيوية ويركز الجزء الأخير على تأثير مستخلصات الروبينيا (الايثانول، الميثانول، الاسيتون و المائي) المختلفة على ثلاث سلالات مسببة للأمراض النباتية (*Fusarium oxysporum*، *Aspergillus niger* و *Penicillium sp*)

أظهرت نتائجنا أن بذور *Robinia pseudoacacia* لا يمكن أن تنبت حتى تركيز 300 ملم و 400 ملم من KCl مع معدل تثبيط 100%. وكلما زاد تركيز [PEG6000]، انخفض معدل الإنبات بشكل ملحوظ. تطبيق المحاليل الملحية يوكل لشتلات *R. pseudoacacia* يؤدي إلى انخفاض في مساحة الورقة وطول الشتلات. تم تسجيل تراكم كبير للبرولين والسكريات القابلة للذوبان. تحافظ الشتلات المجهددة بجرعات أقل من 400 ملم على محتوى مائي نسبي ثابت مقارنة بالشتلات الضابطة. الأعراض الأولى الناجمة عن الإجهاد المائي هي التثبيط السريع للنمو الجوي. أظهرت نتائج التأثير المضاد للفطريات لمستخلصات أوراق نبات *Robinia pseudoacacia* L. فعالية أفضل ضد السلالات الفطرية المختبرة بنسب تثبيط معنوية جداً لسلالة *Fusarium oxysporum* مقارنة بالفطر *Aspergillus niger* و *Penicillium sp*.

أتاحت لنا دراسة قيود المياه والملوحة على الإنبات والنمو، بالإضافة إلى العوامل البيوكيميائية (السكريات الكلية والبرولين) تقييم التأثير المثبط الذي تلعبه الملوحة على النباتات.

الكلمات الرئيسية: *Robinia pseudoacacia*، الإنبات، البولي إيثيلين جلايكول (PEG)، كلوريد البوتاسيوم

(KCl)، الحظيرة الوطنية للشريعة، المعلمات الفسولوجية والكيميائية الحيوية، نشاط مضاد للفطريات

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force, le courage et la patience pour accomplir ce modeste travail et d'arriver au terme de cette thèse

*Je tiens à témoigner toute ma gratitude et tout mon respect à ma promotrice le professeur **GUENDOUZ-BENRIMA A**, pour m'avoir toujours soutenu, épaulé et guidé tout au long de ces années pour ses encouragements, sa patience et son immense générosité. Je suis fière d'avoir partagé cette belle aventure à vos côtés, votre profonde gentillesse et votre joie de vivre sont sans égales.*

*Mes vifs remerciements s'adressent à **Docteur HAMADI f.** ma collègue et sœur pour son aide et sa présence durant toute la période de la réalisation de ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer toute ma gratitude à **Mr .AROUN Mohamed El-Foudhil** qui était un grand enseignant de l'université de Blida 1 et une légende *Rahmato allah allaeihi*.*

*Mes vifs remerciements s'adressent à **Mme MOUAS Y.** pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.*

*Je tiens aussi à remercier les examinatrices **Mme DJEMAI I. ET Mme OUATTAR F.** d'avoir accepté d'examiner mon travail.*

Un grand merci pour toutes les personnes ayant contribuées de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Je tiens à dédier ce travail

*A la source de ma force, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore,
puisse Dieu le tout puissant, te préserver et t'accorder la santé*

A mon père qu'Allah l'accepte dans son paradis (رحمه الله)

A ma sœur Amel et ma nièce Ines et mes braves frères

A mes belles sœur Karima et Wassila

A mes chers Pipo et Kiko

A ma tante docteur Fatiha El eudjama brakbi

A mon oncle Djelloul El eudjama (رحمه الله)

*A ma meilleure amie que j'ai perdue trop tôt Manel Bouhadja (الله
رحمها)*

A mes copines Yasmine Bouzou et ma petite sœur Moufida

A mes collègues et amies Nihal, Nadhera , khouloud et Housseem

A mes cousines dhoha et mezora (fatima zahra)

*Aux personnes qui m'ont toujours aidée et encouragée, qui étaient
toujours à mes côtés ; mes amis et ma famille.*

Liste des figures

Figure 1 : Risque d'invasion d'espèces exotiques dans le monde	5
Figure 2: Adventices, colonisatrices et invasives : concepts similaires sous différents points de vue [50].....	8
Figure 3 : Stades d'une invasion biologique et facteurs d'influence	9
Figure 4 : Les phases et les barrières liées à l'invasion des plantes exotiques envahissantes [68]	12
Figure 5 : les différents organes du Robinier (<i>Robinia pseudoacacia</i>).....	17
Figure 6 : Caractéristiques édapho-climatiques du robinier [92]	19
Figure 7: Principales cibles cellulaires de la réponse des plantes au stress salin	24
Figure 8 : Situation géographique et limites du Parc National de Chréa	27
Figure 9 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la zone d'étude (Chréa)	29
Figure 10 : Position de la station de Chréa dans le Climagramme d'Emberger	30
Figure 11 : jeune arbre de <i>Robinia pseudoacacia</i>	32
Figure 12 : Protocole de la germination du Robinier (<i>Robinia pseudoacacia</i>).....	33
Figure 13 : comptage des graines avant la germination	34
Figure 14 : germination des graines du robinier (<i>R. pseudoacacia</i>).....	34
Figure 15 : mesures des différents organes après la germination	35
Figure 16 : transplantation des graines dans des pots.....	38
Figure 17 : plantule du <i>Robinia pseudoacacia</i> L. (âgées de 3 mois).....	39
Figure 18 : Dosage des sucres solubles totaux et de la proline	41
Figure 19 Protocole de préparation des extraits bruts	43
Figure 20 : Cinétique de germination des graines soumises aux solutions de kcl.....	46
Figure 21 : Effet des solutions de KCL sur le taux de germination.....	47
Figure 22 : Effet des solutions de KCL sur le taux d'inhibition	48
Figure 23 : Effet des solutions de KCL sur la vigueur des jeunes plantules	49
Figure 24 : Effet des solutions de KCl sur la moyenne journalière de germination....	50
Figure 25 : Effet des solutions de KCl sur le temps moyen de germination	51
Figure 26 : Cinétique de germination des graines soumises aux solutions de PEG..	54
Figure 27 : Effet des solutions de PEG sur le taux de germination.	55
Figure 28 : Effet des solutions de PEG sur taux d'inhibition	56
Figure 29 : Effet des solutions de PEG sur la vigueur des jeunes plantules	57

Figure 30 : Effet des solutions de PEG sur la moyenne journalière de germination (MDG)	58
Figure 31 : Effet des solutions de PEG sur le temps moyen de germination.....	59
Figure 32 : Variations de la surface foliaire des plantules de <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	61
Figure 33 : Variation des Longueurs de la tige en fonction des traitements	62
Figure 34 : Variations de la teneur en eau des plantules <i>Robinia pseudoacacia</i> L. ..	63
Figure 35 : Variations Teneur en sucres solubles des plantules <i>R. pseudoacacia</i> L.	63
Figure 36 : Variations de la teneur en proline des plantules <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	64
Figure 37 : Effet du stress hydrique sur la surface foliaire des plantules de <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	67
Figure 38 : Effet du stress hydrique sur la longueur de la racicule.....	68
Figure 39 : Variations de la teneur en eau des plantules <i>Robinia pseudoacacia</i> L. ..	69
Figure 40 : Variations Teneur en sucres solubles des plantules <i>R. pseudoacacia</i> L.	70
Figure 41 : Effet du stress hydrique sur la teneur en proline des plantules <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	71
Figure 42 : Aspect macroscopique des souches fongiques avant et après traitement.	74

Liste des tableaux

Tableau 1 : Quelques espèces invasives (micro et macro-organisme)	7
Tableau 2 : Quelques espèces invasives (aquatiques et terrestres)	10
Tableau 3 : Liste des xénophytes considérées comme invasives ou invasives potentielles en Algérie et/ou en Tunisie	13
Tableau 4 : Caractéristiques botaniques et biologiques du Robinier (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	16
Tableau 5 : moyenne des température et précipitations au niveau du PNC (2000- 2014).....	29
Tableau 6 : Etude comparée des différents extraits des feuilles de <i>Robinia pseudoacacia</i> L. vis-à-vis les souches fongiques	73

Liste d'abréviation :

Abréviation	Signification
EEE	Espèce exotique envahissante
ANOVA	Analyse de la variance
mM	Millimole
PEG	Polyéthylène glycol
KCl	chlorure de potassium
MDG	Mean Daily Germination
IV	Indice de vigueur
ITS	Indice de tolérance au stress
G%	Le taux de germination
TMG	Le temps moyen de germination
NS	Non significative
Eac	extrait acétonique
Eme	extrait méthanolique
Eeth	extrait éthanolique
Eaq	extrait aqueux
PF	poids frais
PS	PS : poids sec
R	Le rendement d'extraction

Table des matières

Résumé

Abstract

ملخص

Remerciment

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Les plantes exotiques invasives	5
1.1. L'invasion biologique	6
1.2. Plantes invasives, adventices ou colonisatrices	7
1.3. Processus d'invasion biologique	9
1.4. Les impacts environnementaux des invasions biologiques	11
1.4.1. Les impacts génétiques	11
1.4.2. Les impacts sur les populations	11
1.4.3. Les impacts sur les communautés biotiques	12
1.4.4. Les impacts sur le fonctionnement des écosystèmes	12
2. Le robinier (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	15

2.1. Représentation géographique du Robinier	15
2.2. Systématique et description	15
2.2.1. Systématique	15
2.2.2. Description	15
2.3. Bio-écologie	17
2.3.1. Biologie	17
2.3.2. Ecologie	18
2.4. Dynamique des populations	19
3. Le stress abiotique	20
3.1. Type du stress	20
3.1.1. Stress biotique	20
3.1.2. Stress abiotique	20
3.1.2.1. Stress salin	21
3.1.2.2. Stress hydrique	21
3.2. Effet de la salinité	22
3.2.1. Effet sur la germination	22
3.2.2. Effet sur la croissance et le développement de la plante	23
3.3. Mécanismes de résistance à la salinité	23
3.4. Compartimentation vacuolaire	23
4. Activité antifongique	24
4.1. Les souches phytopathogènes	25
4.1.1. <i>Aspergillus niger</i>	25
4.1.2. <i>Fusarium oxysporum</i>	25

4.1.3. <i>Penicilium expansum</i>	25
Chapitre 2: Matériel et Méthodes	27
1. Présentation des régions D'étude	27
1.1. Station de Chréa	27
1.2. Climat de la zone d'étude	28
1.2.1. Les précipitations	28
1.2.2. Les températures	28
1.2.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls	29
1.2.4. Climagramme d'Emberger	30
1.3. Caractéristiques édaphiques	31
1.3.1. Aspect pédologique	31
2. Matériel et méthodes	31
2.1. Présentation du matériel végétal	31
2.2. Germination des graines	32
2.2.1. Application des traitements salin et hydrique	33
2.2.1.1. Etude de la contrainte saline	35
2.2.1.2. Etude de la contrainte hydrique	36
2.2.1.3. Paramètres mesurés	36
• Taux de germination	36
• Cinétique de germination	36
• Indice de tolérance au stress	37
• Indice de vigueur	37
• Le temps moyen de germination	37
• Moyenne journalière de germination	38
2.3. Stade croissance	38

2.3.1. Stress salin	38
2.3.2. Stress hydrique	39
2.3.3. Paramètres mesurés	40
2.3.3.1. Surface foliaire	40
2.3.3.2. Longueur	40
2.3.3.3. Teneur relative en eau	40
2.3.3.4. Teneur en sucres solubles totaux	40
2.3.3.5. Teneur en proline	41
2.4. Activité antifongique	42
2.4.1. Matériel végétal	42
2.4.1.1. Les souches fongiques	42
2.4.2. Méthodologie	43
2.4.2.1. Extraction des composés phénoliques	43
2.4.2.2. Evaluation de l'activité antifongique	44
2.4.2.3. Ensemencement	44
2.4.2.4. Les étapes de l'évaluation de l'activité antifongique	44
2.5. Analyses statistiques	45
Chapitre III: Résultats et Discussion	46
Résultats	46
1. Effet des différentes doses du stress salin et hydrique sur la germination	46
1.1. Effet du stress salin	46
1.1. Cinétique de germination des graines	46
1.2. Taux de germination	47

1.3. Taux d'inhibition	48
1.4. Indice de vigueur	49
1.5. La moyenne de germination	50
1.6. Temps moyen de germination	51
Discussion	52
1.2. Effet du stress hydrique	54
2.1. Cinétique de germination des graines	54
2.2. Taux de germination	55
2.3. Taux d'inhibition	56
2.4. Indice de vigueur	57
2.5. La moyenne de germination	58
2.6. Temps moyen de germination	59
Discussion	60
2. Effet du stress salin et hydrique sur les plantules	61
2.1. Effet du stress salin	61
2.1.1. Variations de la surface foliaire	61
2.1.2. Variations des Longueurs de la tige	62
2.1.3. Variations de la teneur en eau	62
2.1.4. Variation de la teneur en sucres totaux solubles	63
2.1.5. Variations de la teneur en Proline	64
Discussion	65
2.2. Stress hydrique	67
2.2.1. Variations de la surface foliaire	67

2.2.2. Variations des Longueurs de la tige	68
2.2.3. Variations de la teneur en eau	68
2.2.4. Variations de la teneur en sucre totaux	69
2.2.5. Variations de la teneur en Proline	70
Discussion	71
3. Activité antifongique	73
3.1. Résultat	73
3.2. Discussion	74
Conclusion	76
Référence bibliographique	78

Introduction générale

Introduction

A l'échelle mondiale, les espèces exotiques envahissantes (EEE) font parties des cinq problématiques qui ont le plus d'impact sur la biodiversité, l'environnement, les services éco-systémiques associés, l'économie et la société tel que : les changements d'usage des terres et de la mer, l'exploitation directe de certains organismes, le changement climatique et la pollution. L'association de ces différentes menaces peut avoir un impact beaucoup plus conséquent [1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6].

La montée en puissance des cas d'invasions biologiques est probablement la conséquence des changements climatiques. Diverses expérimentations montrent en effet que sous des taux élevés de CO₂, les xénophytes tirent mieux parti de la disponibilité en eau et ont une meilleure productivité que les plantes indigènes. Les études récentes sur les EEE ont été abordés dans différents milieux (terrestre et marin) rapportent qu'il y a plus de 13000 plantes vasculaires et 1900 EEE marines dans le monde. 12000 animaux et plantes exotiques en Europe dont 15% sont invasifs) ; 3500 espèces invasives en Afrique. L'augmentation de la fertilisation azotée devrait aussi favoriser ces espèces invasives, au détriment des espèces indigènes [7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12].

En Europe, la création de jardins botaniques et les voyages des colonies européennes, le développement de la sylviculture, de l'horticulture ou encore de l'élevage et surtout l'apparition des transports internationaux ont également participé à l'apparition de nouvelles espèces par la mise en contact d'espèces appartenant à des surfaces biogéographiques de plus en plus éloignées et ont permis à ce phénomène de prendre de l'ampleur. La plupart des espèces introduites ont des difficultés à persister, mais certaines d'entre elles sont capables de développer de grandes populations grâce à un comportement plus dynamique. Ces espèces sont appelées espèces envahissantes ou espèces exotiques envahissantes (EEE) [13].

La principale menace causée par la présence de telles espèces est d'ordre écologique associée à la destruction des habitats, l'introduction d'espèces animales ou végétales hors de leur aire de répartition spontanée serait la deuxième cause de perte de biodiversité dans le Monde [14]. Les espèces invasives menaceraient « 30 % des oiseaux, 15 % des plantes, 11 % des amphibiens et 8 % des mammifères inscrits dans les catégories d'espèces menacées de la Liste rouge. » (COMITE

FRANÇAIS DE L'UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE)(CFUICN). Elles agiraient d'une part au niveau des processus écologiques et d'autre part au niveau de la composition en espèces de l'écosystème par la diminution ou l'extinction d'espèces autochtones [15 ; 16]. Il y a également un impact économique fort, ces espèces peuvent avoir des conséquences directes sur l'économie d'un pays par la diminution des activités agricoles et forestières, en modifiant les systèmes de production ou par une perte importante des récoltes par l'arrivée de nouveaux ravageurs des cultures. Il existe également un impact important sur les activités de loisirs comme la pêche et la chasse. Ainsi, en Europe, la plupart des dépenses générées par les espèces invasives proviennent de frais de gestion, y compris l'éradication, le contrôle et la surveillance et les programmes de sensibilisation [11 ; 17].

Dans certains pays méditerranéens comme l'Italie, l'Espagne certains chercheurs ont pu mettre en œuvre les listes des espèces envahissantes on peut citer :(Celesti-Grapow et al., 2009a), (Capdevilla Argüelles et al., 2006) [18 ; 19] . En revanche pour l'Algérie peu d'études ont été réalisées mise à part ceux de Le Floc'h et al. (1990), Véla et al. (2013) et Meddour & El Mokni (2016) qui ont établi une liste de xérophytes considérées comme invasives ou invasives potentielles dans environ 20 % est fortement implanté et représente une menace pour la flore autochtone [20 ; 21 ; 22]. Parmi eux on retrouve Le robinier faux-acacia *Robinia pseudoacacia* L. arbre originaire d'Amérique du Nord à croissance rapide et une capacité à restaurer les sols dégradés qui fait de lui une plante très intéressante à exploiter [23].

Toutefois, il s'agit d'une espèce considérée comme plante invasive [24], figurant parmi les 100 organismes les plus envahissants au Monde (« 100 of the worst ») de la base de données européenne, c'est l'espèce végétale la plus problématique de la région méditerranéenne. [25]

Espèce de grande souplesse écologique, le robinier s'est acclimaté dans pratiquement toute l'Europe, à condition toutefois que l'altitude ne soit pas trop élevée car c'est avant tout une espèce des plaines et des collines. Bien que la présence sur ses racines de nodules hébergeant une bactérie du genre *Rhizobium* soit connue depuis longtemps, la capacité fixatrice de cette espèce n'a pratiquement jamais été évaluée. [26 ; 27 ; 28]

La salinité constitue un grand défi pour l'agriculture mondiale, elle touche actuellement 20% des terres cultivées et 33 % des terres irriguées, avec des prévisions estimant que la salinisation pourrait toucher 50% des terres arables à l'horizon en 2050 [30].

Les plantes ont développé des stratégies pour surmonter le stress salin, faisant appel à des mécanismes anatomiques, morphologiques et métaboliques afin d'adapter leur physiologie et leur métabolisme au stress osmotique [31]. Sous les conditions de stress salin, les plantes ajustent leur potentiel osmotique pour maintenir une bonne hydratation de leur cellules [32], des molécules osmotiquement actives comme les protéines et les sucres ainsi que la proline [32 ; 33], sont accumulées proportionnellement aux conditions osmotiques externes selon des limites propres à chaque espèce [34].

Des études récentes impliquent de nouvelles stratégies et méthodes modernes de biotechnologie sur l'exploration de produits naturels demeure très intéressante face à la grande diversité des composés organiques identifiés dans certains extraits de plantes [35]. Ces composés organiques peuvent être utilisés comme fongicides pour le contrôle des agents phytopathogène [36]. Actuellement, les fongicides de synthèse utilisés dans différents domaines suscitent de nombreuses inquiétudes au niveau de la santé humaine, de l'environnement, de l'apparition de nouvelles souches résistante et de la présence des résidus dans les produits pharmaceutiques et agricoles [37]. En conséquent, la méthode alternative la plus efficace est la lutte biologique [38].

Dans ce contexte, nous avons jugé utile de partager notre travail de la manière suivante: la détermination des seuils de tolérance des graines du *R. pseudoacacia* L. aux contraintes hydriques et salines et l'évaluation des effets de la salinité et du manque d'eau sur les réponses morphologiques, physiologiques et biochimiques de plantules âgées de 3 mois, dans le but de mieux comprendre les effets du stress hydrique et salin sur le robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) que ce travail a été mené et organisé en trois chapitre :

Bien qu'il existe beaucoup de travaux scientifiques sur les effets de la salinité sur les plantes en général et sur les légumineuses en particulier, les réactions métaboliques de ces dernières face à cette contrainte demeurent mal connues [30; 34]. A cet effet, notre étude vient contribuer à l'enrichissement des travaux menés sur cette espèce invasive encore méconnus par l'étude des mécanismes de tolérance aux contraintes hydrique et saline à travers l'évaluation des réponses biochimiques et phytochimiques.

Le premier chapitre traite une synthèse bibliographique sur les plantes envahissantes et le Robinier (*Robinia pseudoacacia*) dans le monde et en Algérie.

Dans le deuxième chapitre, la caractérisation de la région d'étude, la présentation des méthodologies utilisées : sur terrain, le matériel végétal a été récolté au niveau du parc national de chrèa son territoire est reparti successivement sur les hauteurs des monts de Hammam Meloune à l'est, les crêtes de Chrèa au centre et Djebel Tamesguida à l'ouest. Il chevauche respectivement sur la wilaya de Blida et la wilaya de Médéa). Les stress salin et hydrique ont été engendré par des solutions de chlorure de potassium (KCl) et de polyéthylène glycol (PEG 6000) au stade germination, et stade plantules âgées de 3 mois. Notre expérimentation s'est déroulée au niveau du laboratoire de physiologie et le laboratoire de recherche en biotechnologie des productions végétales au sein du département de biotechnologie et agroécologie de l'université Blida 1 (La germination, le stress salin, le stress hydrique, le dosage et l'activité antifongique) et des analyses statistiques ont été abordées.

Le troisième chapitre traitera dans une première partie les résultats de l'effet du stress salin sur la germination des graines du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) récoltées dans la région de Chrèa (Blida), sur les paramètres physico-chimiques ainsi que l'effet du stress hydrique sur la croissance du robinier (stade plantule), et l'effet des extraits de la plante sur trois souches phytopathogènes et dans une deuxième partie une discussion des résultats obtenus. Ce chapitre est suivi d'une conclusion et des perspectives.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Les plantes exotiques invasives :

Introduction

Les invasions biologiques causées par les plantes exotiques (ou xénophytes) à caractère envahissant (espèces invasives) représentent une menace importante pour le maintien de la biodiversité mondiale. Aucun pays n'est réellement à l'abri de ce problème à cause de la multiplication des échanges commerciaux et des difficultés rencontrées pour la mise en place de systèmes de contrôle efficaces du matériel végétal transitant via les multiples moyens de transport la filière horticole est une voie majeure d'introduction d'espèces exotiques et invasives qui altèrent la structure des communautés et la dynamique des populations des écosystèmes et contribuent à la raréfaction voire à l'extinction locale des végétaux indigènes [12 ;14 ;39] (Fig.1).

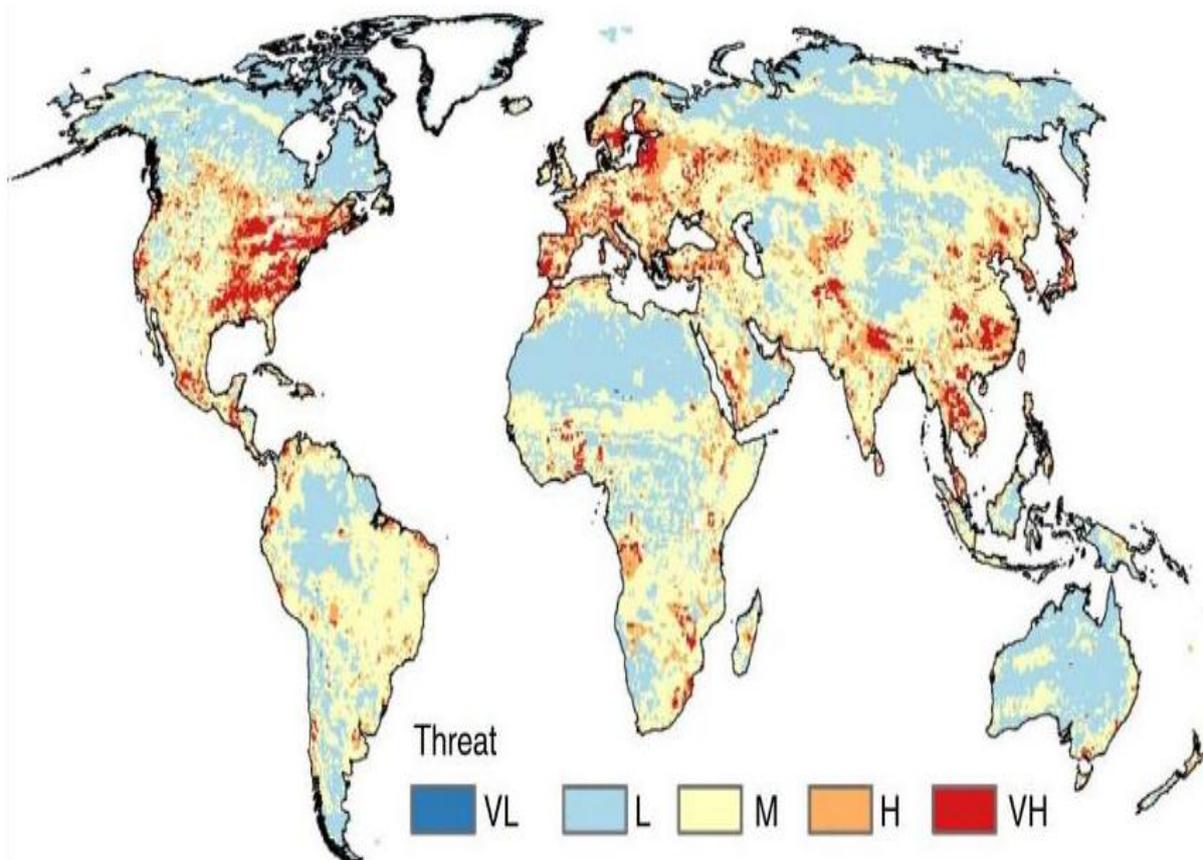


Figure 1 : Risque d'invasion d'espèces exotiques dans le monde [40]
VL : très bas, L : bas, M : moyen, H : grand, VH : très grand

Dans le langage courant, le mot « invasion » possède une connotation plutôt négative : il n'est pas neutre d'employer ce terme au lieu de dissémination. On sous-entend ainsi qu'une espèce envahissante (invasive) est nuisible. Mais au sens le plus large, une invasion correspond seulement à l'élargissement de l'aire géographique de répartition d'une espèce animale ou végétale (Tab. 1 et 2). Elle peut être spontanée, sub-spontanée par mise en contact de milieux jusqu'alors étranger, ou bien fortuite, accidentelle ou volontaire [41].

1.1. L'invasion biologique

De toute évidence, il existe plusieurs définitions sur le sens d'invasion biologique " [42], et chacune d'elle ne décrit pas avec précision le même processus. D'après certains auteurs, l'invasion biologique est un phénomène biogéographique qui ne concerne donc pas les espèces natives ou indigènes et qui conduit à une répartition d'une espèce qui constitue une ou des populations pérennes (sans intervention humaine), hors de son aire de répartition naturelle [43 ; 44]. Williamson (1996) a signalé que, « l'invasion biologique se présente quand un organisme, se trouve dans un lieu situé en dehors de son aire de répartition initiale » [45]. D'autres auteurs ne partagent pas le même avis [46 ; 47], selon ces auteurs, c'est l'avantage compétitif acquis par une espèce suite à la disparition d'obstacles naturels à son expansion qui rentre en compte, donc une invasion biologique est un phénomène écologique et non un phénomène biogéographique [47] ,il est théoriquement possible d'avoir des espèces exotiques ou non natives invasives et non-invasives et des espèces autochtones ou natives invasives et non-invasives.

Tableau 1 : Quelques espèces invasives (micro et macro-organisme)[48]

	organisme	Nom commun	Nom scientifique
Invasion biologique	micro-organisme	Paludisme aviaire	<i>Plasmodium relictum</i>
		Virus "bunchy top" du bananier	<i>banana bunchy top virus</i>
		Virus de la peste bovine	<i>Rinderpest virus</i>
	Champignons macromycetes	Chancre du châtaignier	<i>Cryphonectria parasitica</i>
		Chytridomycose	<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>
		Maladie de l'encre	<i>Phytophthora cinnamomi</i>
		Maladie hollandaise de l'orme	<i>Ophiostoma ulmi sensu lato</i>
		Peste de l'écrevisse	<i>Aphanomyces astaci</i>

1.2. Plantes invasives, adventices ou colonisatrices

Apparemment, il y a peu de consensus sur la signification du mot « invasive » qui désigne les espèces exotiques envahissantes. La définition à laquelle on fait souvent référence est celle retenue par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) selon laquelle une espèce invasive est une espèce exotique qui cause des dommages écologiques et socio-économiques [49]. Des problèmes similaires se posent avec d'autres termes, comme adventices ou " mauvaises herbes

". Les adventices ont généralement été définis comme des " plantes nuisibles " ou des plantes dont on ne veut pas. Certains auteurs ont défini une " plante envahissante non indigène " qui envahit seulement les habitats naturels ou légèrement perturbés comme une adventice, et celle qui perturbe les zones naturelles agricoles ou gérées comme une " plante nuisible. Il apparaît clairement ici que les deux critères de base de la définition sont le statut d'exotique de ces espèces, et leur impact dans le milieu qu'elles colonisent. De même, les termes invasive et colonisatrice ont souvent été utilisés de manière contradictoire. Les distinctions entre ces trois termes : invasive, adventice et colonisatrice, sont assez subtiles et résultent de points de vue différents [50]. Il y a un chevauchement important entre ces termes. Une plante peut être considérée seulement comme l'une d'entre elles, ou elle peut être incluse dans toutes ces catégories (Fig.2).

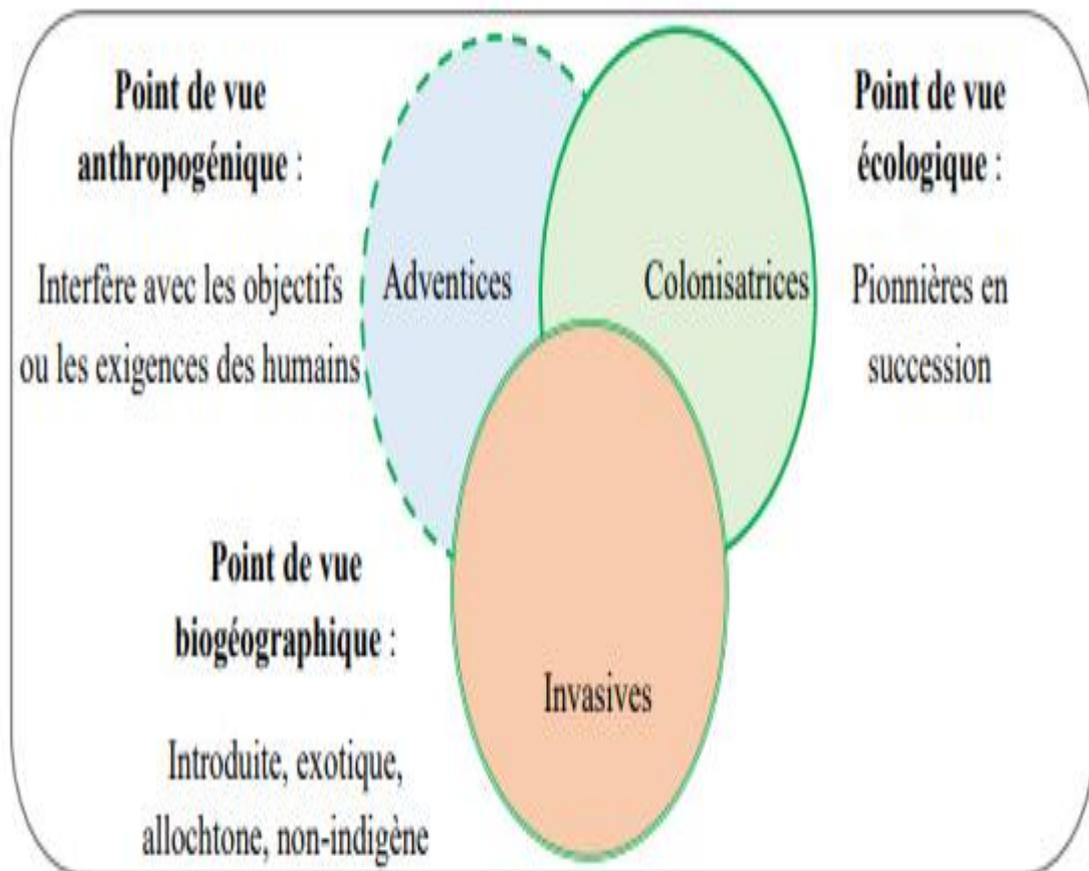


Figure 2: Adventices, colonisatrices et invasives : concepts similaires sous différents points de vue [50]

1.3. Processus d'invasion biologique

Dans le but de donner un cadre théorique commun applicable à tous les cas d'invasion, plusieurs travaux ont essayé de synthétiser la diversité des concepts autour de l'invasion [51 ; 52 ; 53 ; 54 ; 55 ; 56]. Les différentes étapes qui sont définies pour étudier le déroulement d'une invasion biologique sont : l'introduction d'une population dans son nouvel écosystème et l'établissement de celle-ci suivi de sa prolifération (ou expansion) peut aboutir à de sévères conséquences écologiques, économiques et sociales [57] (Fig.3).

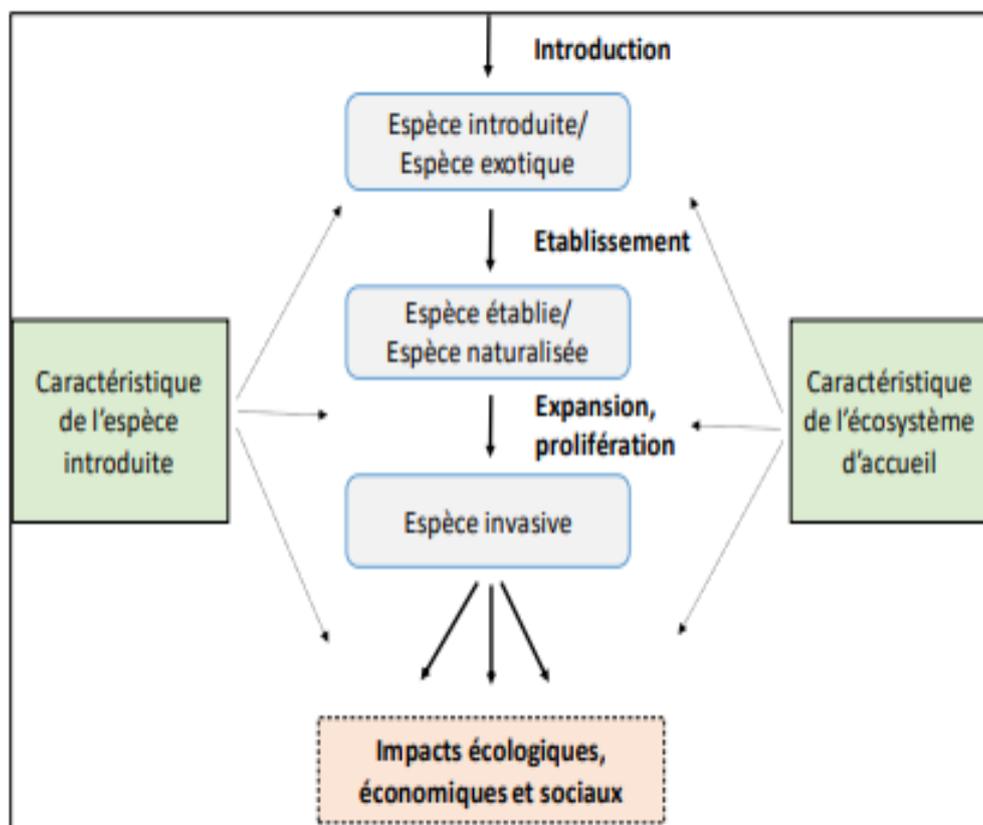


Figure 3 : Stades d'une invasion biologique et facteurs d'influence [57].

Tableau 2 : Quelques espèces invasives (aquatiques et terrestres) [58]

Invasion biologique	Aquatiques/terrestres	Nom commun	Nom scientifique
Végétale	Plantes aquatiques	Caulerpe à feuille d'if	<i>Caulerpa taxifolia</i>
		Jacinthe d'eau	<i>Eichhornia crassipes</i>
		Spartine d'Angleterre	<i>Spartina anglica</i>
		Wakamé	<i>Undaria pinnatifida</i>
	Plantes terrestres	Acacia mimosa noir	<i>Acacia mearnsii</i>
		Ajonc d'Europe	<i>Ulex europaeus</i>
		<i>Ardisia elliptica</i>	<i>Ardisia elliptica</i>
		Cecropia pelté	<i>Cecropia peltata</i>
		Euphorbe ésule	<i>Euphorbia esula</i>
		Faux poivrier du Brésil	<i>Schinus terebinthifolius</i>
		Goyavier de Chine	<i>Psidium cattleianum</i>
		Herbe à cré cré	<i>Clidemia hirta</i>
		Herbe à femme	<i>Sphagneticola trilobata</i>
		Herbe du Laos	<i>Chromolaena odorata</i>
		Impérata cylindrique	<i>Imperata cylindrica</i>
		Lantanier	<i>Lantana camara</i>
		Leucène	<i>Leucaena leucocephala</i>
		Liane papillon	<i>Hiptage benghalensis</i>
		Liane-à fond-suel	<i>Mikania micrantha</i>

	Lis gingembre	<i>Hedychium gardnerianum</i>
	Miconia	<i>Miconia calvescens</i>
	<i>Mimosa pigra</i>	<i>Mimosa pigra</i>
	Myrique	<i>Morella faya</i>
	Niaouli	<i>Melaleuca quinquenervia</i>
	Opuntia dressée	<i>Opuntia stricta</i>
	Pin maritime	<i>Pinus pinaster</i>
	<i>Prosopis glandulosa</i>	<i>Prosopis glandulosa</i>
	Puéraire	<i>Pueraria montana</i>
	Quinquina rouge	<i>Cinchona pubescens</i>
	Renouée du Japon	<i>Fallopia japonica</i>
	Ronce elliptique	<i>Rubus ellipticus</i>

1.4. Les impacts environnementaux des invasions biologiques

La communauté scientifique a pris conscience de l'impact écologique et socio-environnementaux associés aux invasions des plantes exotiques qui sont de plus en plus reconnus dans le monde et devraient augmenter considérablement en raison des changements climatiques ou de l'utilisation des terres [59, 60, 61, 62, 63]. L'examen de ces impacts a connu beaucoup d'évolution au cours de ces dernières décennies, passant par de simples rapports anecdotiques au développement des méthodes d'analyse quantitatives [63 ; 64; 65 ; 66 ; 67]. Ces impacts s'exercent à différents niveaux :

1.4.1. Les impacts génétiques : par des phénomènes d'hybridation avec les espèces indigènes par la réduction du succès reproducteur de l'espèce indigène suite à son introgression avec une espèce exotique.

1.4.2. Les impacts sur les populations : par la réduction de l'abondance et de la croissance des populations indigènes suite à des phénomènes de prédation la compétition interspécifique et la transmission d'agents pathogènes.

1.4.3. Les impacts sur les communautés biotiques : Les invasions biologiques sont susceptibles d'engendrer la perte d'espèces endémiques et vont de pair avec une diminution de la biodiversité à l'échelle du globe (homogénéisation globale). Les mêmes espèces tendent à devenir dominantes dans différents écosystèmes un peu partout à travers le monde.

1.4.4. Les impacts sur le fonctionnement des écosystèmes : qui se traduit souvent par une augmentation de la productivité primaire modifiant le flux des nutriments dans l'écosystème et une modification des cycles biogéochimiques (Fig.4).

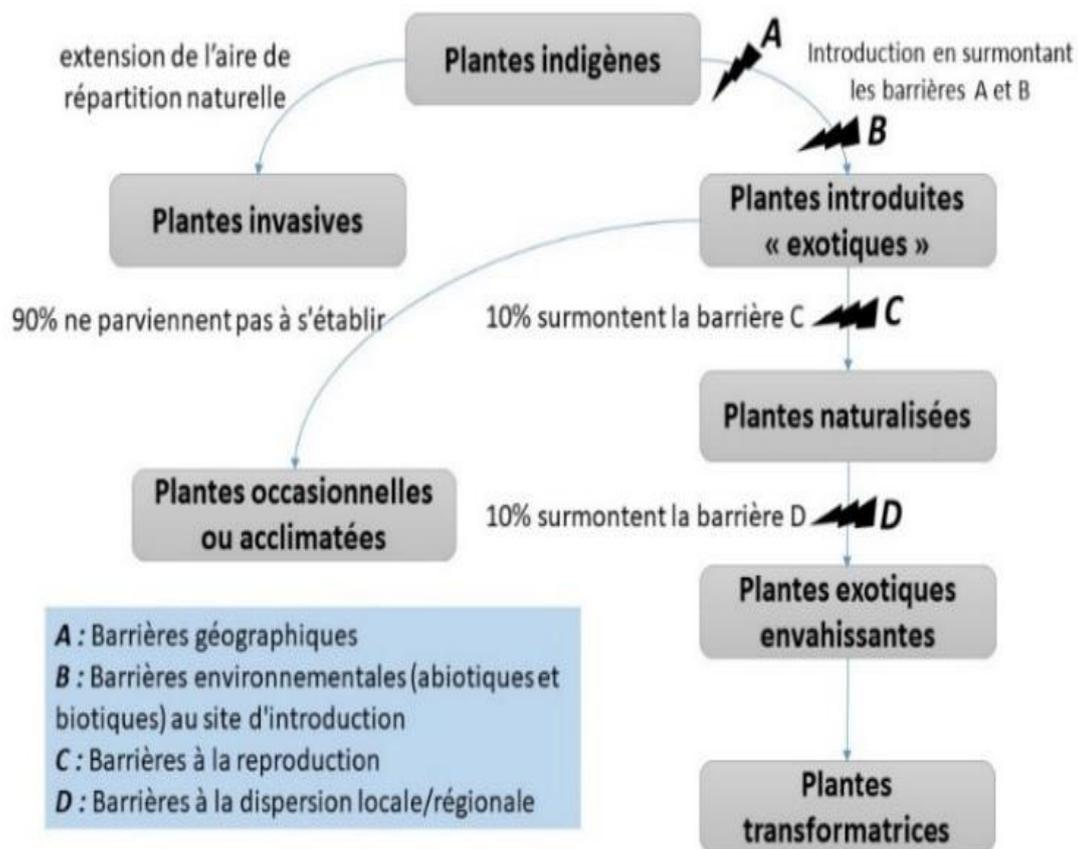


Figure 4 : Les phases et les barrières liées à l'invasion des plantes exotiques envahissantes [68]

Tableau 3 : Liste des xénophytes considérées comme invasives ou invasives potentielles en Algérie et/ou en Tunisie [22].

Taxons	Familles	Références
<i>Arctothecacalendula</i> (L).Levyns	Asteraceae	-
<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.*	Malvaceae	-
<i>Acacia saligna</i> (Labill.) H. L. Wendl.	Fabaceae	[69 in 70]
<i>Acacia melanoxyton</i> R. Br.	Fabaceae	[69 in 70]
<i>Ailanthusaltissima</i> (Mill.) Swingle*	Simaroubaceae	[69 in 70 ; 71; 72; 73 ;74 ;75]
<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	[71]
<i>Ambrosiaartemisiifolia</i> L.*	Asteraceae	[72 ; 73]
<i>Artemisiaverlotiorum</i> Lamotte*	Asteraceae	-
<i>Aster squamatus</i> (Spreng.) Hieron*	Asteraceae	[71 ; 75]
<i>Atriplexinflata</i> F. Muell.	Chenopodiaceae	[71]
<i>Atriplexsemibaccata</i> R. Br.**	Chenopodiaceae	[71]
<i>Carpobrotusacinaciformis</i> (L.) Bolus	Aizoaceae	[72]
<i>Carpobrotusedulis</i> (L.) N.E. Br.	Aizoaceae	[69 in 70 ; 72 ; 73 ; 75]
<i>Cotulacoronopifolia</i> L.*	Asteraceae	-
<i>Elaeagnusangustifolia</i> L.	Elaeagnaceae	[69 in 70]
<i>Erigeronbonariensis</i> L.*	Asteraceae	[69 in 70 ; 71; 75]
<i>Erigeroncanadensis</i> L.*	Asteraceae	[69 in 70; 71]

<i>Erigeronsumatrensis</i> Retz. *	Asteraceae	-
<i>Eupatoriumadenophorum</i> Spreng. *	Asteraceae	[69 in 70]
<i>Heliotropiumcurassavicum</i> L. *	Boraginaceae	[71]
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	[74]
<i>Lippiacanescens</i> Kunth*	Verbenaceae	[72]
<i>Nicotiana glauca</i> Graham*	Solanaceae	[69 in 70 ; 71 ; 75]
<i>Nothoscordumgracile</i> (Dryand.) Stearn	Amaryllidaceae	[74]
<i>Oenotherabiennis</i> L. *	Onagraceae	[71]
<i>Opuntiaficus-indica</i> (L.) Mill. *	Cactaceae	[72 ; 73 ; 75]
<i>Opuntiastricta</i> (Haw.) Haw.	Cactaceae	[73 ; 75]
<i>Oxalispes-caprae</i> L. *	Oxalidaceae	[71 ; 73 ; 74 ; 75]
<i>Paspalumspalodes</i> Michx. *	Poaceae	[73]
<i>Phytolacca americana</i> L. *	Phytolaccaceae	[70]
<i>Ricinuscommunis</i> L. *	Euphorbiaceae	[69 in 70 ; 71 ; 74]
<i>Robiniapseudoacacia</i> L. *	Fabaceae	[69 in 70 ; 68 ; 69]
<i>Rubiainctorum</i> L. **	Rubiaceae	[71 ; 72 ; 73]
<i>Seneciomikanioides</i> Otto ex Walp. *	Asteraceae	[69 in 70]
<i>Xanthiumitalicum</i> Moretti*	Asteraceae	-
<i>Xanthiumspinosum</i> L. *	Asteraceae	[69 in 70 ; 71 ; 75]

2. Le robinier (*Robinia pseudoacacia* L. 1753):

2.1. Représentation géographique du Robinier :

Originnaire de l'est de l'Amérique du Nord, le robinier faux-acacia est considéré comme une espèce très envahissante, il a été introduit avec succès dans de nombreux pays en Europe (France, Allemagne, Italie du Nord, Pologne, Pays-Bas, Suisse, Hongrie, Grèce, Chypre), Asie (Turquie), Afrique (Algérie, Tunisie et le Maroc) et l'Australie. Il pousse jusqu'au 63° degré de latitude Nord ; ailleurs, il grimpe entre 600 et 700 m d'altitude. Avec 3,2 millions d'hectares de plantations forestières dans le monde. Après le succès de cette introduction, l'espèce est abondamment utilisée dans les reboisements en zone méditerranéenne pour la qualité de son bois, le robinier s'est facilement naturalisé. Il peut former des peuplements denses qui concurrencent la végétation indigène. Il se trouve au troisième rang des feuillus cultivés (derrière le peuplier et l'eucalyptus) [76].

2.2. Systématique et Description :

2.2.1. Systématique [77]

Robinia pseudoacacia, le Robinier faux-acacia, Robinier ou Carouge, est une espèce de plantes de la famille des Fabacées (légumineuses) [77].

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	Robinia
Espèce	<i>Robinia pseudo acacia</i> L.1753

2.2.2. Description

Sur le tableau (4), nous avons énuméré les principales caractéristiques morphologiques du Robinier [78 ; 79].

Tableau 4 : Caractéristiques botaniques et biologiques du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) [80; 81 ; 82; 83; 84; 85]

Organe	Description
Arbre	<p>Durée de vie : 300 ans</p> <p>Croissance : Rapide surtout les 1ères années (13 m à 20 ans).</p> <p>Hauteur maximale arbre : atteint 20 à 30 m.</p>
Rameaux	Non florifères épineux car les stipules des feuilles se transforment en aiguillons robustes qui persistent plusieurs années. Rameaux fertiles inermes
Epines	Les stipules des feuilles portées par les rameaux non florifères sont transformées en épines aigues persistent plusieurs années après la chute des feuilles.
Feuille	<p>Forme : Les feuilles caduques sont imparipennées</p> <p>Nombre : de 9 à 19 de folioles ovales</p> <p>Feuilles alternes: grandes (25 cm) composées de 9 à 21 folioles ovales, molles, vert glauque au dessous</p> <p>Les folioles: elles sont rondes à l'extrémité.</p>
Fructification	Tous les ans
Fruits	<p>Les fruits sont des gousses aplaties, elles restent fixées a l'arbre (tout l'hiver)</p> <p>Taille : de 7 à 12 cm de long</p> <p>Les graines: conservent longtemps leur faculté germinative</p> <p>forme des graines : dures, aplaties, brillantes brunes ou noirâtres en forme de haricot ou de rein</p>
Fleurs	<p>Couleur : blanches pures</p> <p>Forme : grappes longues et denses pendantes de fleurs hermaphrodites papillonancées parfumées et mellifères de 10 a 25 cm de long, Calice court, à 5 petites dents inégales</p> <p>Odeur : parfum suave</p>
Floraison	De Mai à Juin
Ecorce	L'écorce des vieux arbres profondément crevassée dans le sens longitudinal et de couleur gris-brun
Racine	Réseau des racines étendu (jusqu'à 15 m d'expansion latérale sur les terrains secs) duquel émergent des drageons épineux à distance du tronc.

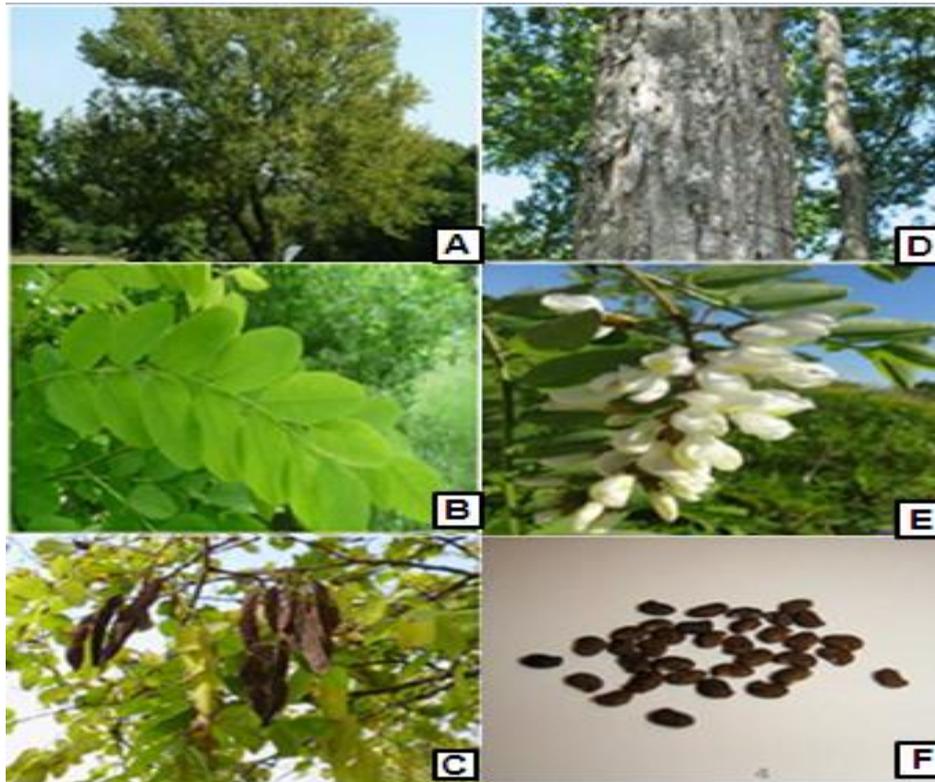


Figure 5 : les différents organes du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) [85]

A : arbre ; B : les feuilles ; C : les gousses ; D : le tronc ;
E : les fleurs ; F : les graines

2.3. Bio-écologie :

2.3.1. Biologie :

Le potentiel d'expansion du robinier faux-acacia est élevé grâce à l'efficacité de ses divers modes de reproduction (sexuée et végétative) Ce premier type de reproduction est peu efficace en dehors de son aire de répartition d'origine et à l'absence des ravageurs et des maladies qui contrôlent sa propagation dans son aire de répartition d'origine. Grâce au deuxième type de reproduction, cette espèce est ainsi capable de coloniser des formations fermées :

- Arbre pionnier et à croissance très rapide (2 m par an) mais a durée de vie relativement courte (graines produites jusqu'à 60 ans). Dès l'âge de 6 ans les plants peuvent produire des graines viables

- Gousses qui restent fixées à l'arbre bien après la chute des feuilles diminuant les risques que les graines ne pourrissent au sol pendant une période humide) [86].
- Graines abondantes, dispersées par le vent sur de longues distances (jusqu'à 100 m de la plante mère) et viables de nombreuses années (10 ans). Une quantité suffisante de lumière est cependant indispensable pour qu'elles germent
- Réseau des racines étendu (jusqu'à 15 m d'expansion latérale sur les terrains secs) duquel émergent des drageons épineux à distance du tronc.
- Plus le terrain est mauvais et plus les drageons sont nombreux, formant des fourrés très denses et épineux dont les arbres sont reliés par un système racinaire commun [87].

Sa croissance sur des sols pauvres en éléments nutritifs permet d'améliorer la fertilité en fixant l'azote atmosphérique grâce à ses racines à nodosités nées d'une symbiose avec des bactéries, en réaction au recépage de jeunes plants ou à l'abattage d'un arbre, croissance de nombreux rejets de souche et de drageons [88].

2.3.2. Ecologie

L'écologie et l'impact du robinier faux-acacia ont fait l'objet de plusieurs études depuis une dizaine d'années. Encore moins d'études existent sur la dynamique des populations du robinier faux-acacia. D'autre part, les chercheurs se sont beaucoup intéressés aux conséquences de la présence du robinier faux-acacia mais peu aux conditions favorables à cette installation.

C'est une essence pionnière, qui ne supporte pas l'ombre et s'implante donc préférentiellement dans des sites ouverts et/ou perturbés [89]. Elle est plastique et peut se développer dans de très larges conditions de sols. Aux Etats-Unis, elle se développe dans les zones où les précipitations varient entre 1 000 et 1 500 mm par an, et les températures moyennes entre -7°C à +32°C. Elle ne sera pas présente au dessus de 1 100 m d'altitude (CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie, 2013 (brochure technique)). Selon Cierjack et *al.*, (2013)[90], en Europe, elle est présente principalement là où les températures sont les plus chaudes pendant sa période de croissance. Elle tolère très mal la présence de sel, les sols hydromorphes et/ou

compactés (notamment ceux avec beaucoup d'argiles). Elle supporte les sols acides à neutres (4,5 à 7) et a peu d'exigences en termes de chimie du sol. Elle tolère le calcaire [91]. Selon le même l'auteur, Il lutte naturellement contre les champignons et les insectes. Les conditions dans lesquelles elle est capable de se développer pour fournir un bois de qualité sont beaucoup plus restreintes : sols légers, bien drainés, riches en éléments minéraux. Elle est de plus sensible aux gelées précoces (Fig.6).

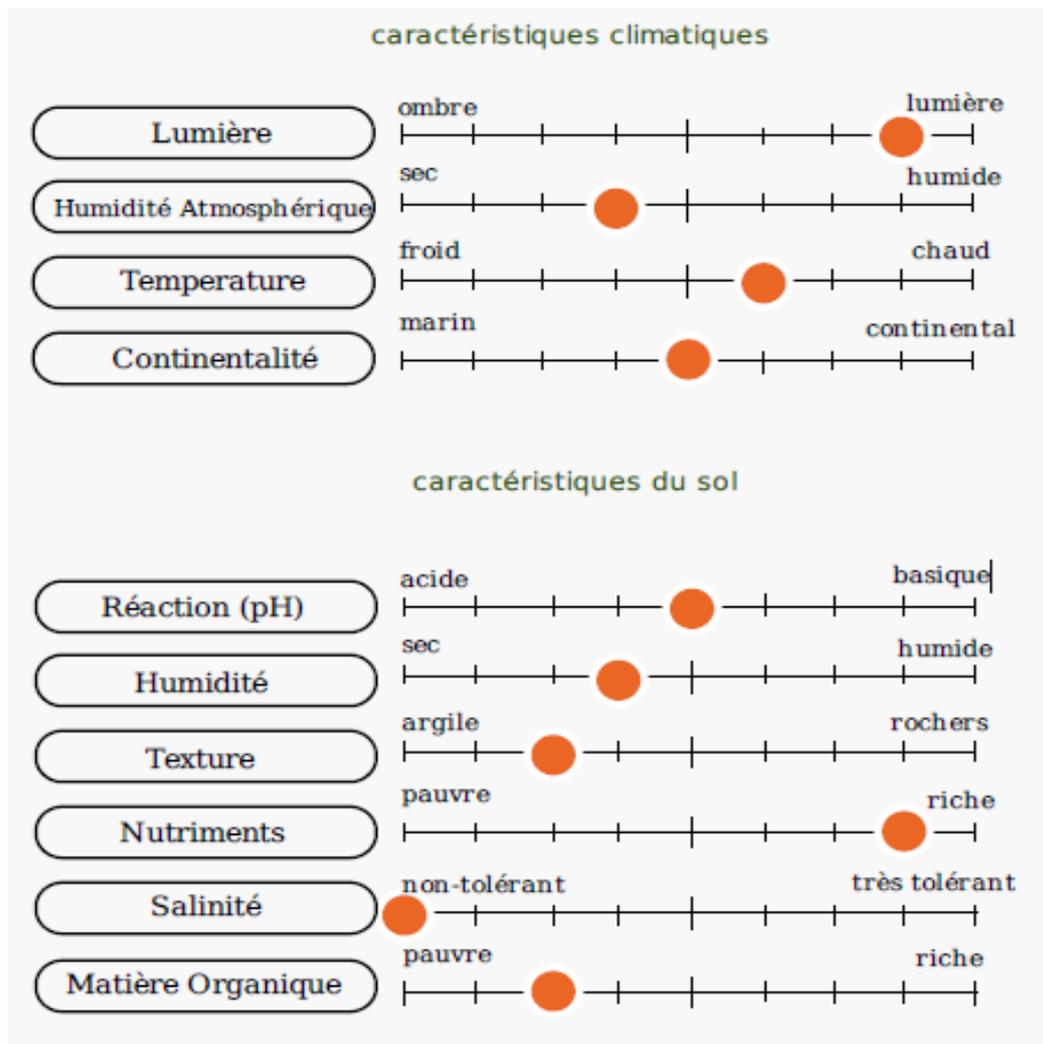


Figure 6 : Caractéristiques édapho-climatiques du robinier [92]

2.4. Dynamique des populations

La dynamique des populations s'intéresse à la structure des populations et des facteurs déterminants cette structure [93]. Le robinier devient très compétitif sur les sols secs ou semi-secs et pauvres en nutriments, souvent les habitats considérés comme espaces à protéger car ils sont riches en espèces rares dont aucune espèce

ligneuse n'est capable de le concurrencer dans ce type de milieu mais après le vieillissement des peuplements, le robinier se trouve remplacé petit à petit par d'autres arbres, plus tolérants et compétitifs à l'ombre [90, 94]. En effet, le robinier connaît un taux de mortalité plus important et ses capacités de régénération sont faibles après son installation. Plus il y aura de perturbations, moins ce phénomène sera encouragé et plus cette essence sera favorisée [95].

3. Le stress abiotique :

Le terme stress désigne un facteur de l'environnement, perturbant le fonctionnement habituel de la plante ou un dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, du type de contrainte, son intensité et sa durée provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement [96 ; 97 ; 98].

3.1. Type du stress

On distingue deux grandes catégories de stress :

3.1.1. Stress biotique

Le stress biotique est dû à une agression par un autre organisme (insectes, animal, Etc.) et divers agents pathogènes tel que les champignons, les bactéries, les nématodes [99].

3.1.2. Stress abiotique

Les stress abiotiques sont causés généralement par la sécheresse, la salinité, les hautes ou les basses températures, la lumière, l'excès ou le déficit en aliments et les métaux lourds induisent des changements physiologiques et des changements dans les processus cellulaires et moléculaires ils peuvent également affecter le fonctionnement de la plante en perturbant les flux ioniques ou en altérant les parois ou les membranes cellulaires [100 ; 101 ; 102 ; 103].

3.1.2.1. Stress salin :

Le stress salin est l'excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement, aux ions (Na^+ et Cl^-). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu « physiologiquement sec ». La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées [104 ; 105].

L'effet de la salinité se traduit par une régression du nombre moyen de pousses par bourgeon et une réduction significative de la Longueur des feuilles, et aussi Les teneurs en chlorophylle à, chlorophylle b et en Chlorophylle a+b ont été significativement réduites par l'effet de la salinité [106].

On distingue deux formes de salinité La salinité primaire résulte de l'accumulation des sels dans le sol à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et océans et La salinité secondaire est d'origine anthropique, résultant des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels [107].

3.1.2.2. Le stress hydrique :

La concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement ; c'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions Na^+ via les charges négatives de l'argile une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau.

Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence. Le stress osmotique est une circonstance défavorable, qui est susceptible de perturber le fonctionnement

physiologique normal de la plante, en affectant la croissance immédiatement causée par le sel à l'extérieur des racines [108 ; 109] in [110].

3.2. Effet de la salinité

3.2.1. Sur la germination

La germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique. On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée. Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée.

L'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la radicule ou le développement des semis. Le stress salin peut affecter la germination de deux façons. Il peut : d'une part réduire la germination en limitant l'absorption de l'eau par les graines soit en affectant la mobilisation des réserves stockées ou en affectant l'organisation et la synthèse structurale des protéines dans des embryons de germination. Ces paramètres pourraient être affectés par les composants ioniques et osmotiques du stress salin, bien que l'importance de chaque composant puisse différer selon les espèces et même les cultivars. Les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination. Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination. D'une façon générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété.

D'autre part augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans les graines à des doses qui deviennent toxiques (La forte absorption de Na^+ par rapport à K^+ , conduit à une toxicité embryonnaire et un retard dans les processus métaboliques). Selon les espèces, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique [111 ; 112 ; 113 ; 114 ; 115 ; 116 ; 117].

3.2.2. Effet sur la croissance et le développement de la plante

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif. La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire et cette expansion s'arrête si la concentration de sel augmente. Le stress résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines, et une faible ramification [118 ; 119 ; 120]. La salinité affecte toute la plante mais elle freine davantage la croissance des parties aériennes que celle des racines [104].

3.3. Mécanismes de résistance à la salinité

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin. Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin. Celles-ci diffèrent selon la catégorie de la plante. Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na⁺ s'accumule dans les racines, puis est exclu des feuilles, ces plantes sont dites «excluser». A l'inverse, les plantes tolérantes au NaCl, sont dites «incluser» car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na⁺ que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de [121 ; 122].

3.4. Compartimentation vacuolaire

La stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na⁺ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme est la compartimentation. La plante utilise la compartimentation, en effet, pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule ; le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux [123].

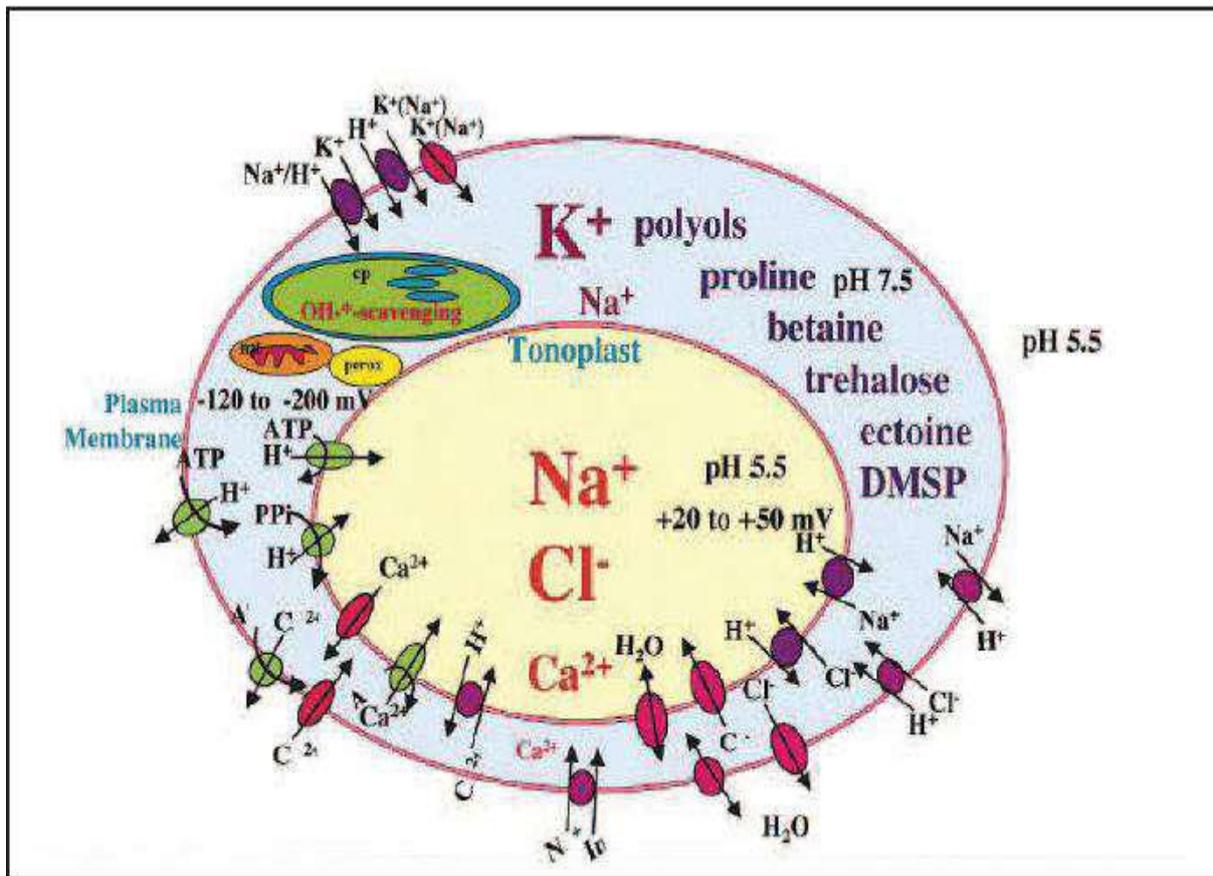


Figure 7: Principales cibles cellulaires de la réponse des plantes au stress salin [124]

4. Activité Antifongique :

Sur terre, il existerait autour de 1,5 millions d'espèces fongiques, dont seulement environ 5% auraient été identifiés jusqu' alors, parmi eux 10% sont phytopathogènes [125 ; 126].

Au cours des deux dernières décennies, l'Homme s'est trouvé relativement désarmé devant les maladies causées par les champignons. Une forte progression de ces maladies, qui touchent un éventail d'hôtes très large a été constatée. Ces maladies sont causées par un nombre étonnamment élevé d'espèces fongiques [127]. Elles provoquent des dégâts importants sur l'homme ainsi que sur des espèces végétales [128].

Actuellement, l'influence des infections fongiques, tant superficielles que profondes et leurs fréquences ont augmenté de façon considérable [129]. Le traitement des

mycoses superficielles est basé principalement sur des molécules antifongiques présentes sur le marché [130].

La recherche de nouvelles substances à activité biologique ainsi que le recours au traitement par les plantes face à la résistance microbienne, sont devenus une des plus grandes préoccupations scientifiques [131]. De ce fait, plusieurs travaux ont été réalisés pour l'évaluation des secrets des plantes médicinales [132 ; 133 ; 134 ;130] dont leurs extraits sont dotés d'une activité antimicrobienne qui dépend principalement de leur composition chimique et aussi de la nature des solvants d'extraction [135].

4.1. Les souches phytopathogènes

4.1.1. *Aspergillus niger*

Aspergillus niger C'est une des espèces les plus communes du genre *Aspergillus* qui apparaît sous forme d'un champignon filamenteux (ou moisissure) qui se développe par un système de filaments ou hyphes présent dans les moisissures de couleur noire sur les fruits et légumes. *Aspergillus* se retrouve dans le sol, les céréales, les aliments et le compost en décomposition [136].

4.1.2. *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum agent causal de la maladie de Bayoud, appartenant au phylum des Déutéromycètes (champignons imparfaits). L'infection des palmiers se fait généralement à partir des pointes racinaires le premier point infecté c'est les pointes racines, le champignon pénètre dans les tissus vasculaires des racines, puis envahit tout le tronc. Lorsque le champignon atteint le bourgeon terminal l'arbre meurt. Durant sa progression dans le xylème, le champignon colonise le parenchyme cortical en lui donnant une couleur rouge brune caractéristique des arbres malades [137 ; 138].

4.1.3. *Penicillium expansum*

Il présente une texture veloutée et granuleuse avec une couleur bleu-vert dans les zones conidiennes et une marge externe blanche. C'est un champignon ubiquitaire retrouvé dans l'environnement naturel, principalement dans l'air et le sol. Il

est capable d'infecter une grande variété de fruits, plus particulièrement les fruits à pépins (pomaceae) (poires, coings). Les pommes restent le principal hôte pour le développement de ce champignon ; il constitue l'agent principal de la maladie de pourriture bleue retrouvées dans ces fruits [139 ; 140].

Chapitre II : Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Présentation de la région D'étude

1.1. Station de Chréa

Le parc National de Chréa occupe une superficie de 26587 ha et se localise sur le massif de l'Atlas tellien (Blidéen), à 50 Km au sud-ouest de la capitale Alger. Ce milieu environnement se localise à une altitude comprise entre 500 et 1550 m. Il est circonscrit entre : les latitudes Nord $36^{\circ} 19'$ / $36^{\circ} 30'$ et les longitudes Est $2^{\circ} 38'$ / $3^{\circ} 02'$. Le parc National de Chréa se présente comme une barrière rocheuse dont les limites sont constituées par les lisières des forêts ou de lignes de crêtes et par une multitude d'oued dont les principaux sont Oued Chiffa, Oued Kébir, Oued Moussaoud et Oued Méktâa [141 ; 142] (Fig.8).

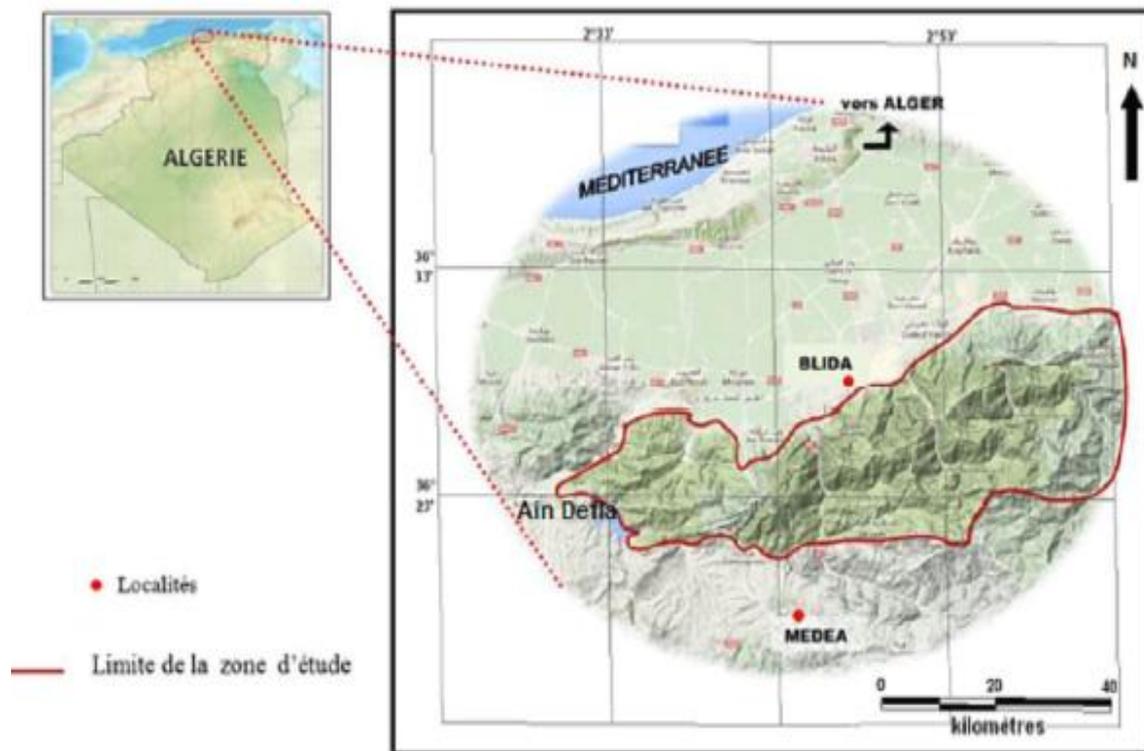


Figure 8 : Situation géographique et limites du Parc National de Chréa [143]

1.2. Climat de la zone d'étude

Le climat du parc est généralement de type méditerranéen humide, à hiver pluvieux doux et étés chauds et secs où l'ambiance montagnarde domine bien la vie et les paysages. C'est un climat conditionné par l'altitude, l'exposition des versants et l'orientation des reliefs (nordest, sud-est, sud-ouest), captant toutes les influences maritimes chargées d'humidité. De par sa situation biogéographique, le parc national de Chréa est par ailleurs un lieu où Co-évoluent deux ambiances climatiques engendrant, l'une sous l'influence maritime et l'autre sous l'influence présaharienne, une distribution végétative très diversifiée, répartie dans l'espace du parc selon une zonation altitudinale [144].

1.2.1. Les précipitations

Les précipitations sont considérées comme un paramètre climatologique très important car elles permettent de déterminer les mois humides, et les mois secs où l'eau pourrait constituer alors un facteur limitant [145]. L'évolution des précipitations mensuelles moyennes de la station de Chréa de la période entre 2000 et 2014, révèle une irrégularité des précipitations tout au long de l'année, cela est bien indiqué par des précipitations avoisinant les 115 mm pour le mois de novembre comme maximum, alors que le minimum des précipitations est enregistré en été, au cours du mois de juillet, avec seulement 4.1 mm.

1.2.2. Les températures

D'après Halimi [146], le facteur thermique dans la zone méditerranéenne est moins important que le facteur eau. Cependant ce paramètre climatique agit directement sur la répartition géographique des espèces. Il convient de noter que très souvent, ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui jouent un rôle décisif.

Les moyennes mensuelles de température (tableau 5) entre 2000-2014 varient de 4.96 °C à 9.24 °C pendant la période hivernale, tandis que celles de la période estivale varient entre 20.94 °C et 24.65 °C [147 in 148].

Tableau 5 : moyenne des température et précipitations au niveau du PNC (2000-2014) [147 in 148]

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Moyenne P (mm)	101,6	90,5	74,0	76,4	65,4	10,9	4,1	6,8	40,4	51,4	115,0	109,5
Moyenne T (°C)	4,96	5,21	8,32	10,85	15,04	20,94	24,65	24,28	19,41	15,66	9,24	5,82

1.2.3. Diagramme ombrothermique de Gausсен et Bagnouls [149]

Le diagramme ombrothermique de la station d'étude (Fig.9) met en évidence l'existence de deux périodes, sèche qui dure presque 03 mois et demi, elle débute de la dernière décade du mois de mai jusqu'au mois d'octobre, tandis que la période humide s'étale de la deuxième quinzaine d'octobre jusqu'à la deuxième décade du mois de mai de l'année suivante.

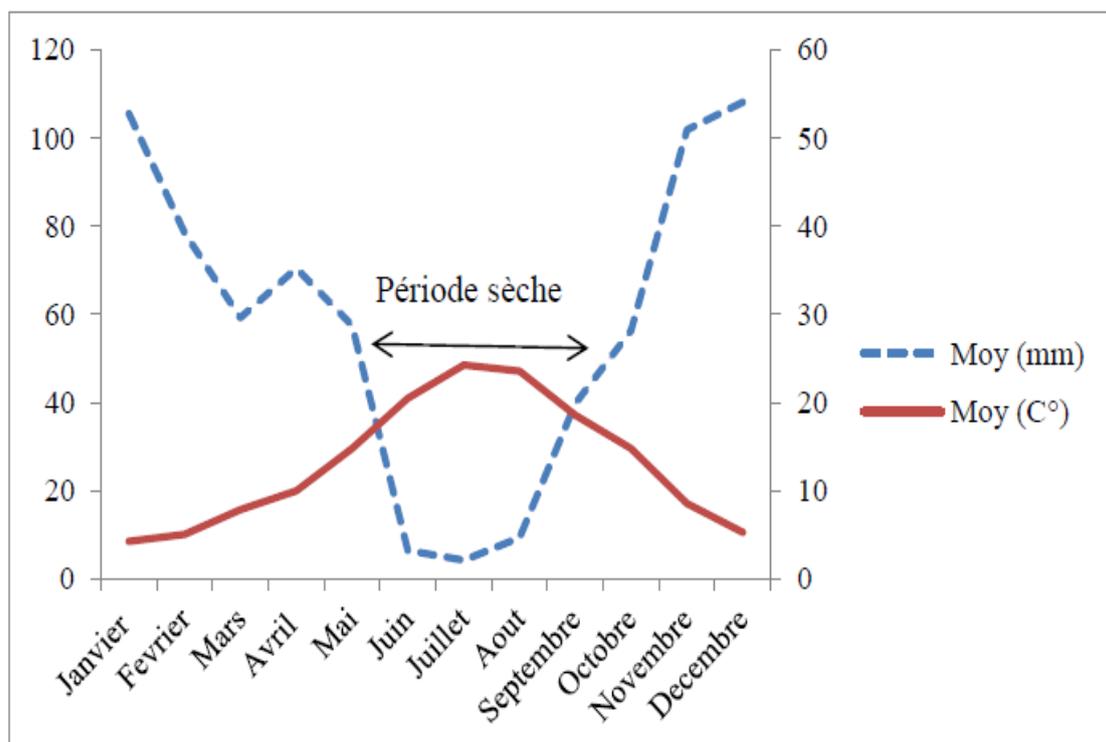


Figure 9 : Diagramme ombrothermique de Gausсен de la zone d'étude (Chr a)

1.2.4. Climagramme d'Emberger :

Le calcul du quotient Q2 est déterminé grâce à la formule suivante :

$$Q2 = 3,43 \times P / (M - m)$$

Où : Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud

m: Moyenne des températures minima du mois le plus froid
En reportant les valeurs de Q2 et de m sur le climat gramme d'Emberger .

Pour la station de Chréa, la valeur de quotient pluviométrique calculé est de 91.6. Cette valeur reportée sur le climagramme d'Emberger détermine que la région appartient à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais (Fig.10).

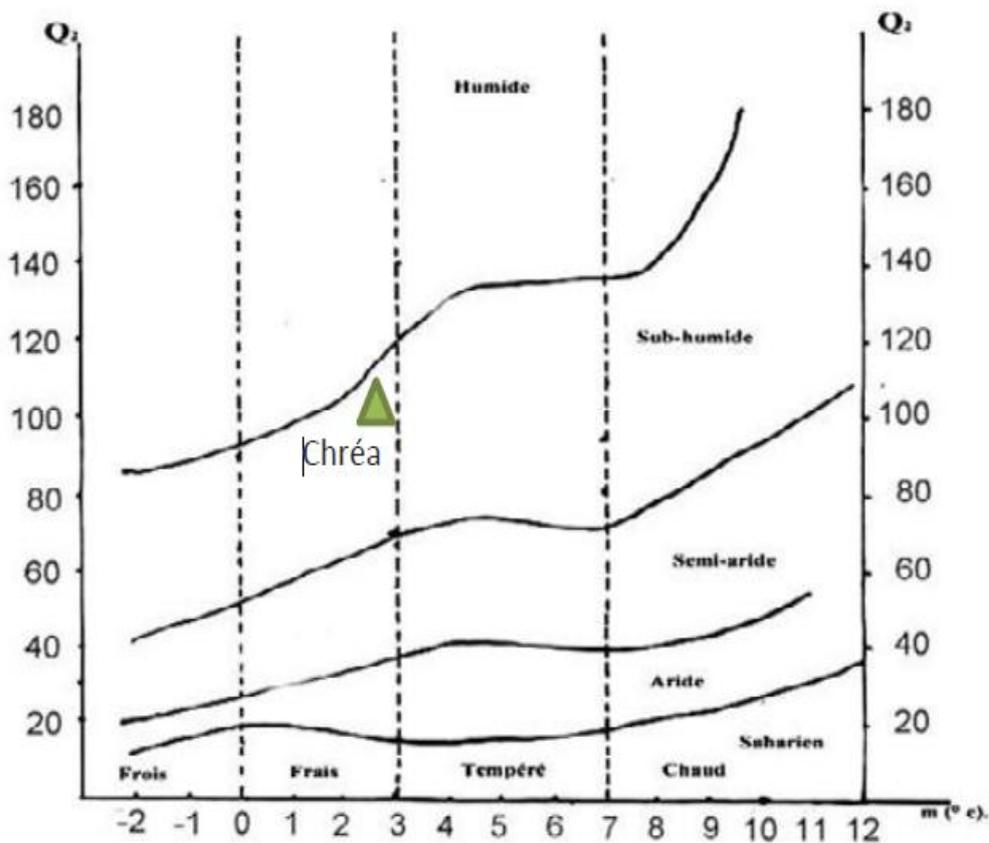


Figure 10 : Position de la station de Chréa dans le Climagramme d'Emberger

1.3. Caractéristiques édaphiques

1.3.1. Aspect pédologique :

Les sols de la région d'étude résultent d'un mélange propre de matières minérale et matière organique. Ils sont constitués de schistes marneux avec une faible proportion d'argiles et de limons. Sur les versants à forte pente, les sols sont dominés par les cailloux et les graviers. Dans les poches de ravins, ils sont très pauvres en calcaire, en chlore et en phosphore [150]. Ces sols sont peu épais et présentent en général deux horizons : l'horizon A0 : de structure lamelleuse, de couleur brun très sombre ne dépassant pas 10 cm, caractérisé par une grande quantité de matière organique mal composée avec un rapport de C/N élevé (25 à 30). Cet horizon est nettement plus mince en versant sud.

L'horizon A1 : de couleur brun forestière, présente une bonne activité biologique, son épaisseur varie de 5 à 40 cm, il est caractérisé par un rapport C/N (environ de 10). L'analyse granulométrique montre que ces sols sont souvent de texture sablo limoneuse. Du point de vue chimique ces sols sont toujours décalcifiés même si la roche est calcaire. En forêt le pH est voisin de neutralité (environ 7). Par contre, les pentes fortes et sommets dénudés ont un sol maigre ou les affleurements de schistes prédominants formés par un horizon unique de quelques centimètres d'épaisseur reposant directement sur la roche mère [151 ; 152].

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation du matériel végétal

Les graines de *R. pseudoacacia* L. ont été récoltées au mois de décembre 2020 dans la région de chrèa située au sud de la wilaya de Blida, sur les hauteurs de la ville de Blida, à environ 18 km au sud-est de Blida et à environ 64 km au sud-ouest d'Alger et à environ 26 km au nord-est de Médéa.



Figure 11 : jeune arbre de *Robinia pseudoacacia* L. (Originale, 2022)

2.2. Germination des graines

Les graines de *R. pseudo acacia* L. ont subi une étape de désinfection qui consiste à les tremper dans l'eau de javel pendant 30 secondes et rincées à l'eau distillée abondamment. Elles ont ensuite subi une scarification mécanique et une imbibition dans l'eau distillée (4h-5h) dans un béccher. Les graines au nombre de 10 sont mises à germer dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre tapissé de papier filtre et placées dans une étuve à une température de 25°C (Fig.12).

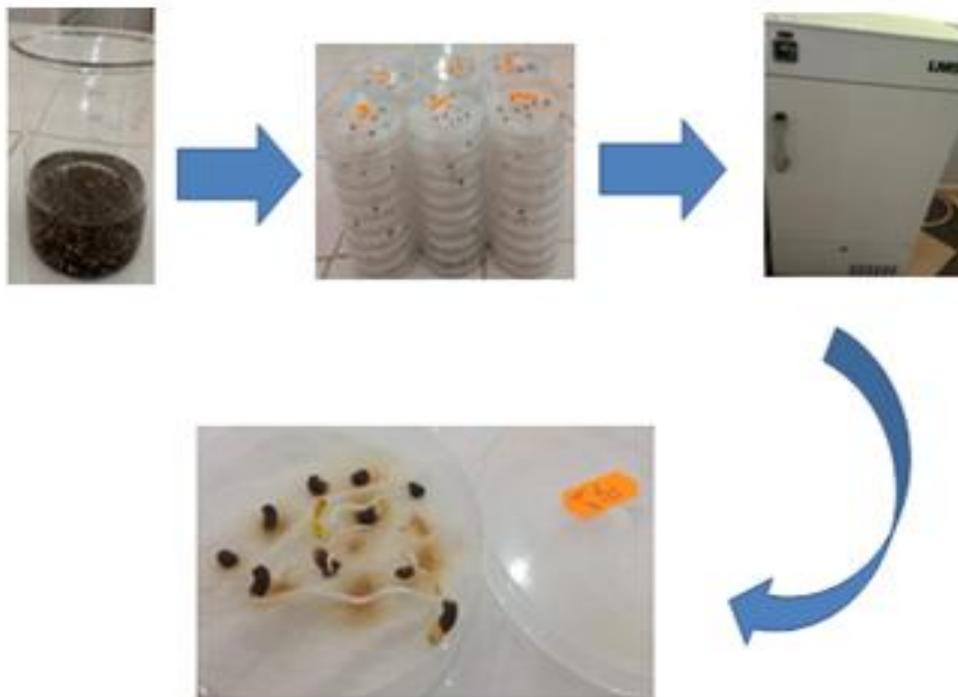


Figure 12 : Protocole de la germination du Robinier (*Robinia pseudoacacia*)

2.2.1. Application des traitements salin et hydrique

Deux expérimentations ont été réalisées pour étudier la réponse de *R. pseudoacacia* L. aux stress abiotiques (salin et hydrique) durant les premiers stades de développement de la plantule.

Les contraintes saline et hydrique ont été induites durant 10 jours et les graines témoins ont été arrosées avec de l'eau distillée stérile. La germination démarre lorsqu'une radicule de 2 mm émerge du tégument de la graine. Le dispositif expérimental adopté est un bloc aléatoire complet à randomisation totale, avec un total de 600 graines (10 répétitions de 10 graines par boîte) (Fig.13,14 et 15).



Figure 13 : comptage des graines avant la germination



Figure 14 : germination des graines du robinier (*R. pseudoacacia*)

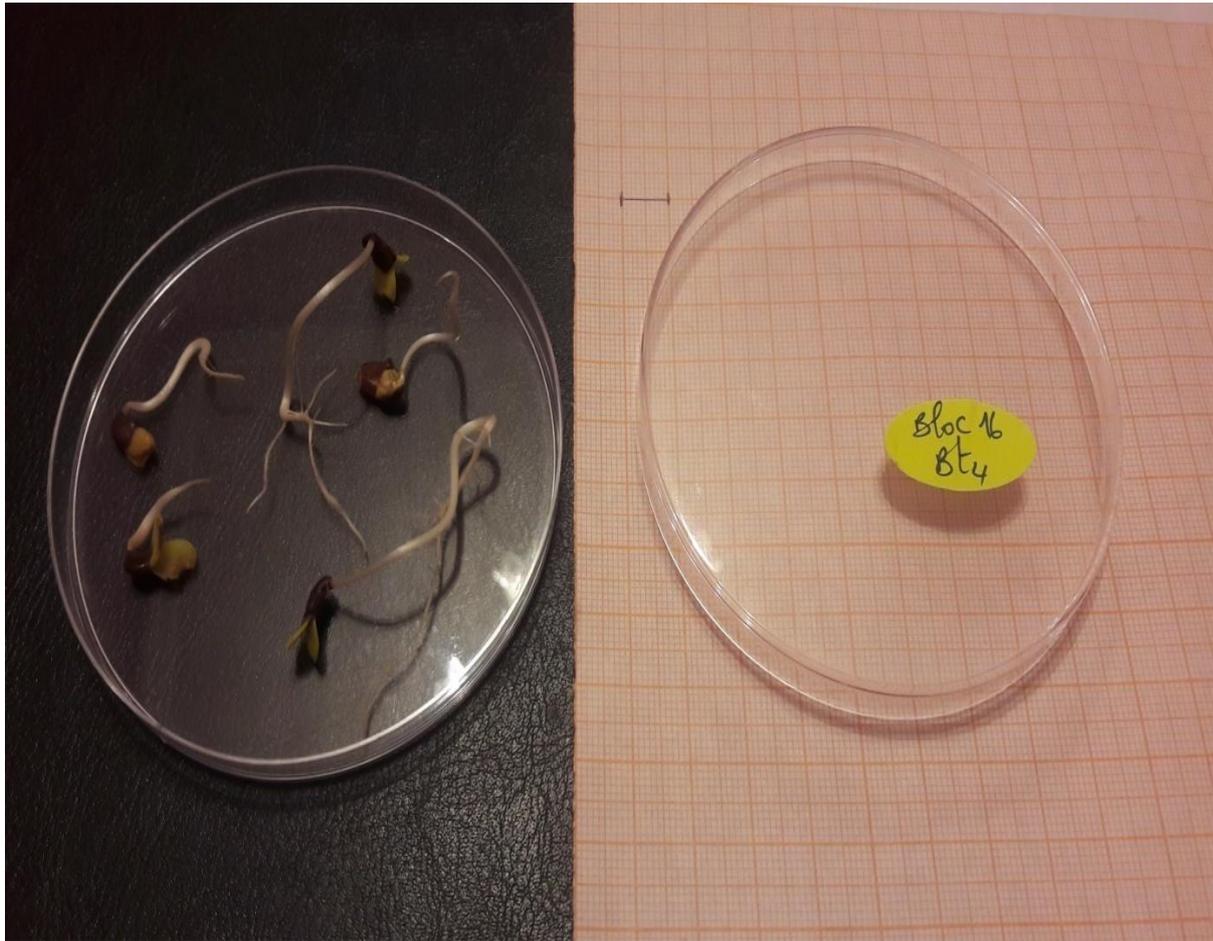


Figure 15 : mesures des différents organes après la germination

2.2.1.1. Etude de la contrainte saline

Afin d'étudier la contrainte saline, pour cela un ajout de 10 ml de solution de chlorure de potassium à différentes concentrations a été testées: 50,100, 200, 300, 400 mM.

- Témoin : eau
- Traitement 1 : eau + 50 mmoles de KCL soit 3,72 g/l
- Traitement 2 : eau + 100 mmoles de KCL soit 7.45 g/l
- Traitement 3: eau + 200 mmoles de KCL soit 14.91 g/l
- Traitement 4: eau + 300 mmoles de KCL soit 22.36 g/l
- Traitement 5 : eau + 400 mmoles de KCL soi 29.82 g/l

2.2.1.2. Etude de la contrainte hydrique

La contrainte hydrique a été induite de la même manière que la contrainte saline par l'ajout de 10 ml de solutions de polyéthylène glycol 6000 (PEG6000) à différentes concentrations :

- Témoin
- Traitement 1 : 10 PEG
- Traitement 2 :20 PEG
- Traitement 3 :30 PEG
- Traitement 4 :40 PEG

2.2.1.3. Paramètres mesurés

Au bout de 10 jours d'expérimentation, les paramètres suivants ont été mesurés :

- **Taux de germination**

Le taux de germination (G%) représente le taux de graines germées à la fin de l'expérimentation, il est calculé selon la formule suivante [153].

$$G(\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

G : Pourcentage de germination.

n : Nombre de graines germées à la fin de l'essai.

N : Nombre de graines mises à germer initialement,

- **Cinétique de germination**

La cinétique de germination est illustrée par une courbe présentant l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction du temps. Le comptage des graines germées a été effectué tous les deux jours jusqu'au 10^{ème} jour de l'expérience [154].

- **Indice de tolérance au stress**

L'Indice de tolérance au stress (ITS%) est déterminé en relation avec le pourcentage de germination des graines, ce paramètre est calculé selon la formule décrite par [155].

$$ITS (G\%) = \frac{G\% \text{ graines stressées}}{G\% \text{ graines témoins}} \times 100$$

ITS : Indice de tolérance au stress,

G : Pourcentage de germination.

- **Indice de vigueur**

L'Indice de vigueur (IV) est calculé en relation avec le pourcentage de germination et la longueur de la radicule selon la formule décrite par Das et *al.*(2017) [156]

$$IV = G (\%) \times L(\text{cm})$$

IV : Indice de vigueur,

G : Pourcentage de germination,

L : Longueur de la radicule.

- **Le temps moyen de germination** : (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) [157].

$$TMG = T1 + (0.5 - G1 / G2 - G1) \times (T2 - T1).$$

Avec : **G1** = pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par G

G2 = pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur supérieure.

- **Moyenne journalière de germination (MDG= Mean Daily Germination)** : selon Osborne et Mercer (1993)[158], MDG est le Pourcentage de germination final/nombre de jours à la germination finale.

2.3. Stade croissance

Après la germination de nouvelles graines à l'étuve à 25°C, un repiquage des jeunes germes en place définitive dans des pots remplis de terreau avec un arrosage tous les deux jours. Après trois mois de repiquage, les contraintes saline et hydrique ont été induites par l'ajout d'une solution qui contient de la chlorure de potassium par l'utilisation des concentrations suivantes :

2.3.1. Stress salin :

- Témoin : eau
- Traitement 1 : eau + 100 mmoles de KCL soit 7.45 g/l
- Traitement 2 : eau + 200 mmoles de KCL soit 14.91 g/l
- Traitement 3 : eau + 300 mmoles de KCL soit 22.36 g/l
- Traitement 4 : eau + 400 mmoles de KCL soit 29.82 g/l

Les plantules sont arrosées un jour sur deux avec les solutions salines déjà préparées pendant 15 jours (Fig.16).



Figure 16 : transplantation des graines dans des pots

2.3.2. Stress hydrique :

Un premier lot considéré comme témoin et arrosé régulièrement avec de l'eau du robinet. Un deuxième lot avec arrêt d'arrosage pendant 3 semaines (Fig.17).



Figure 17: plantule du *Robinia pseudoacacia* L. (âgées de 3 mois)
A : plantules non stressées ; B : plantules stressées (originale, 2022)

2.3.3. Paramètres mesurés

2.3.3.1. Surface foliaire : Par l'utilisation du logiciel Digimizer

2.3.3.2. Longueur : la longueur de la plante entière (en cm) est mesurée à l'aide d'une règle graduée.

2.3.3.3. Teneur relative en eau : La teneur en eau des plantules a été déterminée par le calcul du poids frais (PF) de chaque échantillon, Après les avoir trempées dans l'eau distillée pendant 24 heures, le poids a turgescence (PT) a été déterminé. Enfin les échantillons ont été mis à sécher dans l'étuve à 70°C pendant 48 heures afin de déterminer le poids sec (PS). La teneur relative en eau a été calculée selon la formule suivante :

$$\text{TRE (\%)} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS}) \times 100$$

2.3.3.4 Teneur en sucres solubles totaux : Le dosage des sucres solubles totaux a été mesuré selon le protocole de DuBois, et *al.*, (1956) [159]. L'extraction se fait par le mélange de 100 mg de matière fraîche et de 2 ml d'éthanol 80%, l'ensemble est mis à incuber sous obscurité pendant 48h. A l'issus de cette étape, les tubes à essai sont placés dans un bain-Marie à 70° C jusqu'à évaporation totale de l'alcool. Après refroidissement, le volume de chaque tube à essai est complété à 20 ml par l'eau distillée. Un prélèvement de 1 ml de cette solution est mélangé avec 1 ml de phénol 5%. L'ajout de 5 ml d'acide sulfurique concentré permet l'apparition d'une solution jaune orangée à la surface. Les tubes sont passés au vortex, laissés incuber pendant 10 minutes puis placés au bain-Marie à 30° C pendant 10 à 20 minutes. La lecture de l'absorbance se fait à l'aide d'un spectrophotomètre (UVmini-1240) à une densité optique de 490 nm. La formule utilisée pour le calcul des concentrations est la suivante :

$$\text{Sucres solubles } (\mu\text{g/g MF}) = \text{D.O } 490 \times 1,657. \text{ D.O : Densité optique}$$

2.3.3.5. Teneur en proline : La méthode utilisée est celle de Dreier et *al.*, (1974) [160] in Monneveux et Nemmar (1986)[161] simplifiée et mise en point. Le dosage de la proline est réalisé à partir de 100 mg de matière végétale fraîche broyée dans 2 ml de méthanol à 40%. Le mélange est chauffé au bain marie à 85°C pendant une heure en prenant soin de recouvrir les tubes avec du papier aluminium ou des bouchons portant un joint pour éviter la volatilisation de l'alcool. Après refroidissement. 1 ml de l'extrait est prélevé auquel sont ajoutés 1ml d'acide acétique glaciale puis 1 ml de réactif de Ninhydrine (1%). Les tubes sont alors homogénéisés et placé dans un bain marie à 95°C pendant 30mn. Après virage au rouge de la solution, les tubes contenant le milieu réactionnel ont été refroidis avant d'ajouter 5ml de toluène. Après passage au vortex, deux phases se développent : La phase supérieur coloré, organique, contenant le proline est prélevé. La phase inférieure aqueuse, sans Proline, est éliminée. Du sulfate de sodium (Na_2SO_4) a été ajouté à l'aide d'une spatule à la phase supérieur afin d'éliminer l'eau qu'elle contient. Les densités optiques des échantillons sont ensuite lues au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 520nm. Les valeurs obtenues sont converties en concentration en proline à l'aide d'une courbe étalon préalablement établie à partir d'une série de

solutions de concentration en proline déterminées, préparées à partir d'une solution mère de 1000mg/ml. (Fig.18).

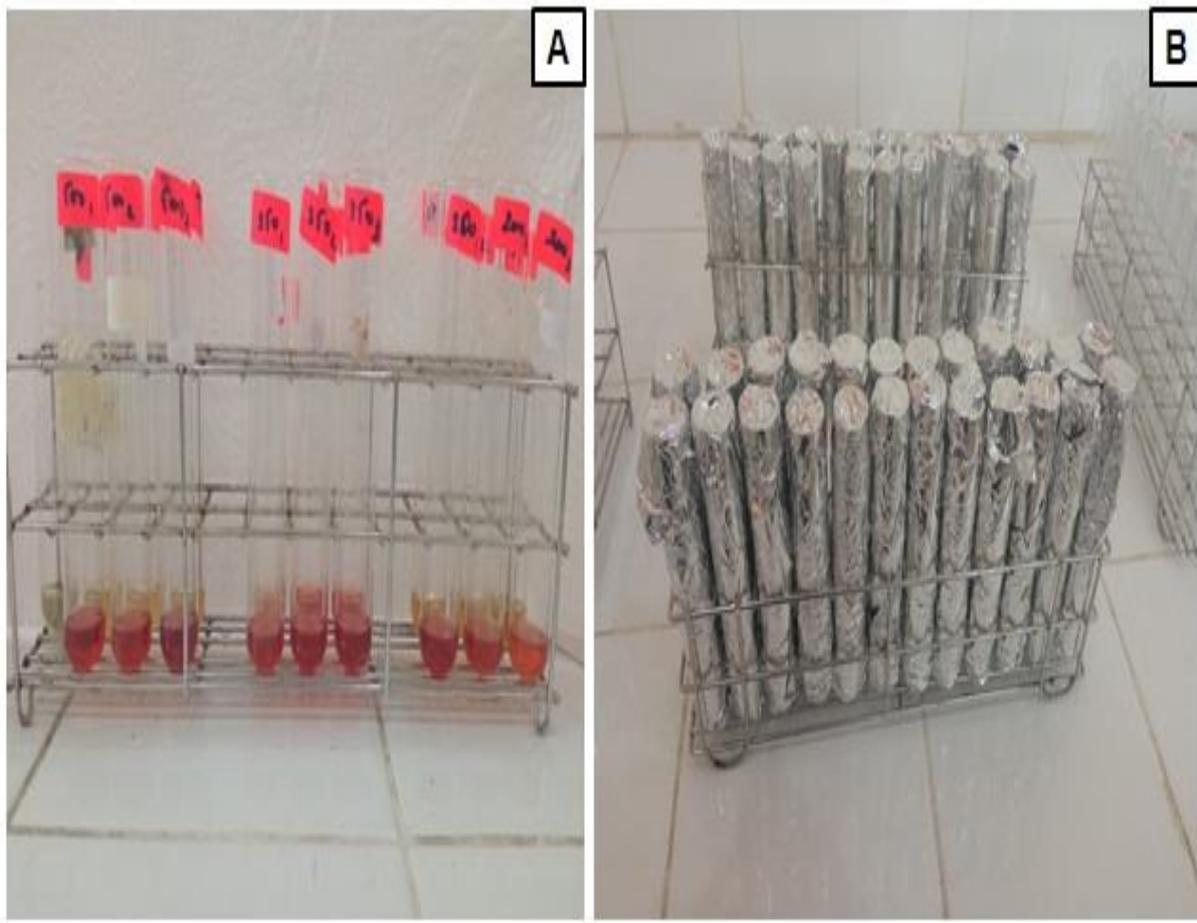


Figure 18 : Dosage des sucres solubles totaux et de la proline

A : préparation des mélanges B : conservation dans l'obscurité

2.4. Activité antifongique :

2.4.1. Matériel végétal

Les feuilles fraîches de *Robinia pseudoacacia* L. ont été récoltées puis ont été débarrassées de tous les éléments étrangers (les tiges et les cônes). Après rinçage à l'eau de robinet ensuite par l'eau distillée, elles ont été placées dans un endroit frais à l'abri de la lumière afin de les sécher. Les quantités destinées à l'extraction des composés phénoliques ont été broyées en poudre fine.

2.4.1.1. Souches fongiques

L'activité antifongique a été réalisée sur trois souches fongiques : (*Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*).

2.4.2. Méthodologie

2.4.2.1. Extraction des composés phénoliques

Cinquante (50g) de matériel végétal séchées et broyées de manière fine ont été macéré dans 500 ml du solvant (Eau distillée, Méthanol (80%), Acétone (80%), Ethanol (80%). Ils subissent une agitation mécanique pendant 24 heure en utilisant un agitateur à hélice à une température ambiante et à l'obscurité (la fiole ou le béccher de macération ont été enveloppée par du papier Aluminium), afin d'éviter la dégradation des polyphénols. Les solutions ont été ensuite filtrées sur un papier Wattman N°2 pour séparer le filtrat du marc. Finalement, les filtrats sont évaporés à sec sous pression réduite dans un évaporateur rotatif. Les résidus secs pesés sont repris par 5 ml DMSO pour l'évaluation de l'activité [162] (Fig.19).

Le rendement d'extraction a été calculé selon la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Masse d'extrait obtenue}}{\text{Masse du matériel végétal}} \times 100$$

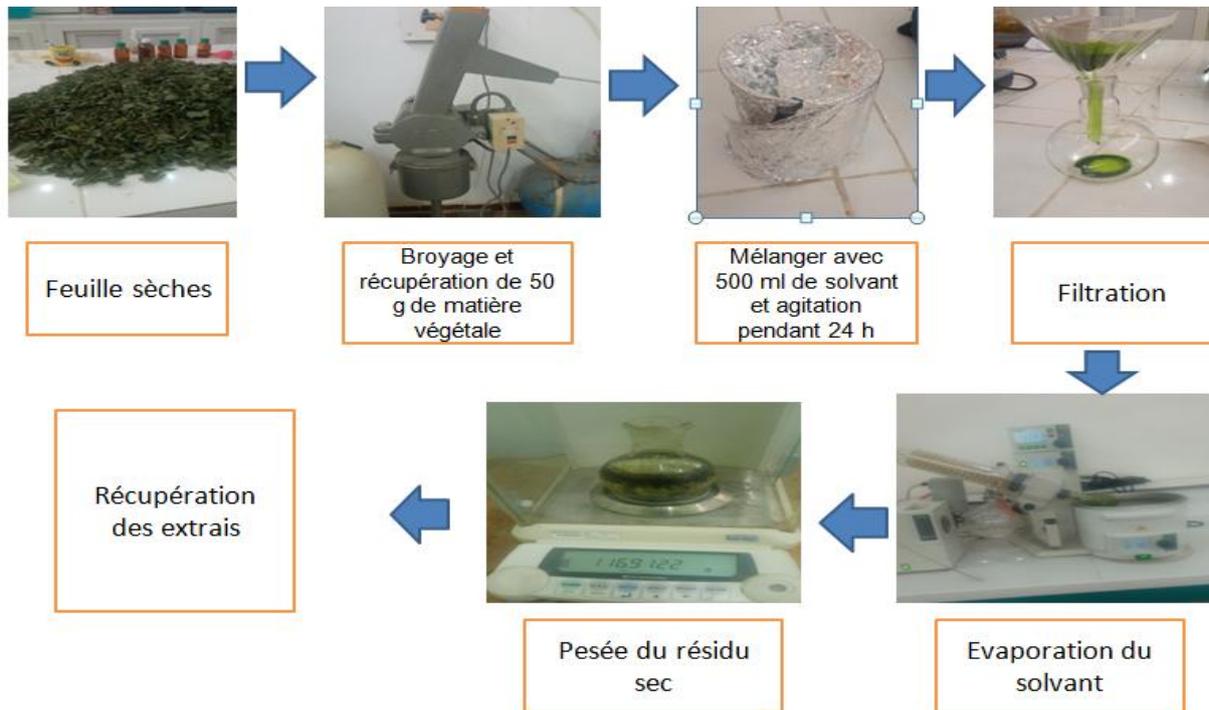


Figure 19: Protocole de préparation des extraits bruts

2.4.2.2. Evaluation de l'activité antifongique

Pour l'étude de l'activité antifongique il faut effectuer une identification visuelle (caractères macroscopiques), donc on observe principalement : comme la couleur des colonies, la présence ou l'absence de pigments diffusibles et la texture.

2.4.2.3. Ensemencement

Tout d'abord, 1ml d'extrait est introduit dans une boîte de Pétri vide puis on ajoute 18 ml de gélose Sabouraud plus chlorophénicol à chaud (donc à l'état liquide), l'ensemble est homogénéisé, la gélose se durcit en refroidissant. L'ensemencement se fait par dépôt de fragments de 1 cm² de diamètre, prélevés à partir de la périphérie d'un tapis mycélien et provenant d'une culture de 7 j dans le milieu Saboraud. L'incubation se fait à l'obscurité pendant 7 j à 25 °C. Chaque essai est répété deux fois.

2.4.2.4. Les étapes de l'évaluation de l'activité antifongique

Pour cette méthode, la technique consiste à mesurer les diamètres des différentes colonies de champignons après le temps d'incubation requis puis résoudre l'équation

$$I'(\%) = 100 \times (dC - dE) / dC$$

I'(%)= Taux d'inhibition exprimé en pourcentage

dC= Diamètre de colonies dans les boîtes (témoins positifs)

dE= Diamètre de colonies dans les boîtes contenant l'extrait de plante

L'extrait de plante est dit :

- Très actif lorsqu'il possède une inhibition comprise entre 75% et 100% ; la souche fongique est dite très sensible
- Actif lorsqu'il possède une inhibition comprise entre 50% et 75% ; la souche fongique est dite sensible
- Moyennement actif lorsqu'il possède une inhibition comprise entre 25% et 50% ; la souche fongique est dite limitée
- Peu ou pas actif lorsqu'il possède une inhibition comprise entre 0% et 25% ; la souche fongique est dite peu sensible ou résistante

2.5. Analyses statistiques :

L'ensemble des mesures ont été réalisées en 5 répétitions. Les analyses de la variance ont été réalisées sur des moyennes homogènes. Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel logiciel SPSS [V.20].

Chapitre III : Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

Résultats :

1. Effet des différentes doses du stress salin et hydrique sur la germination

1.1. Effet du stress salin :

1.1.1. Cinétique de germination des graines

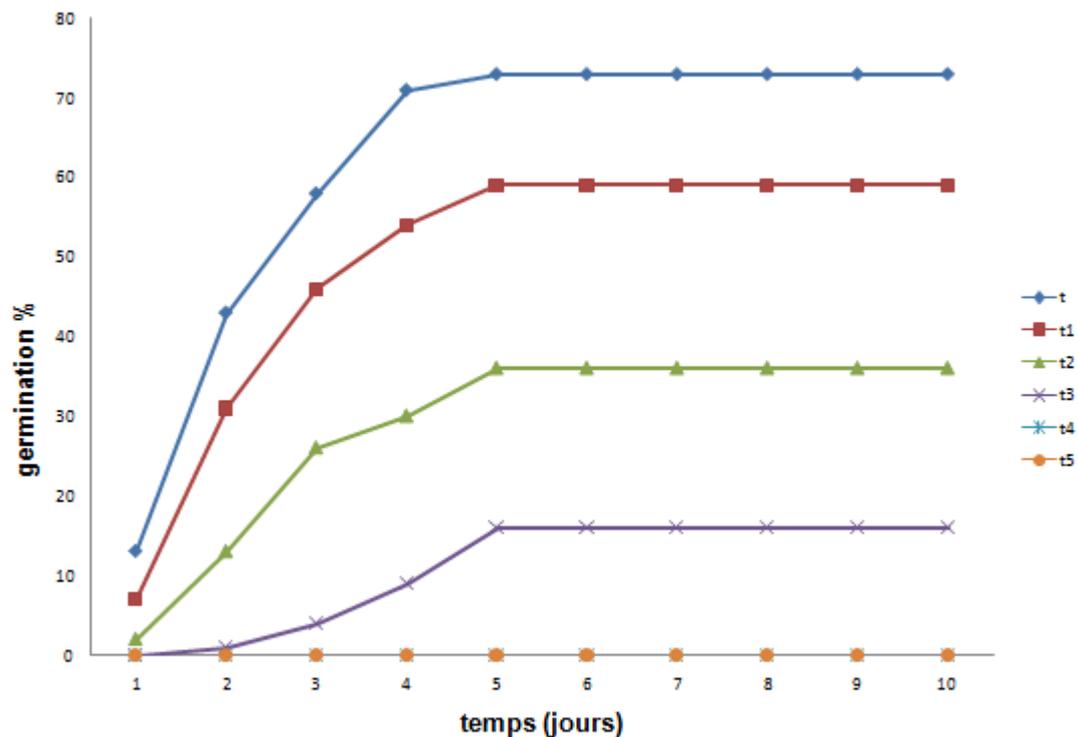


Figure 20 : Cinétique de germination des graines soumises aux solutions de kcl

t : Témoin ; t1 :50 mM ; t2 : 100 mM ; t3: 200 mM ; t4: 300 mM; t5: 400 mM

La germination des graines soumises au stress 50, 100, 200 mM. au bout de 3 jours, plus de la moitié des graines ont germées on distingue deux phases, dont une exponentielle allant de 0 à 5 jours marquée par une augmentation importante du taux de germination et une phase constante allant de 5 à 10 jours où la germination se maintient jusqu'à la fin de l'essai. Aux mêmes pourcentages la germination des graines soumises au stress 300 mM et 400 mM de KCl présente une inhibition totale avec 0 graine germée (Fig.20).

1.1.2. Taux de germination :

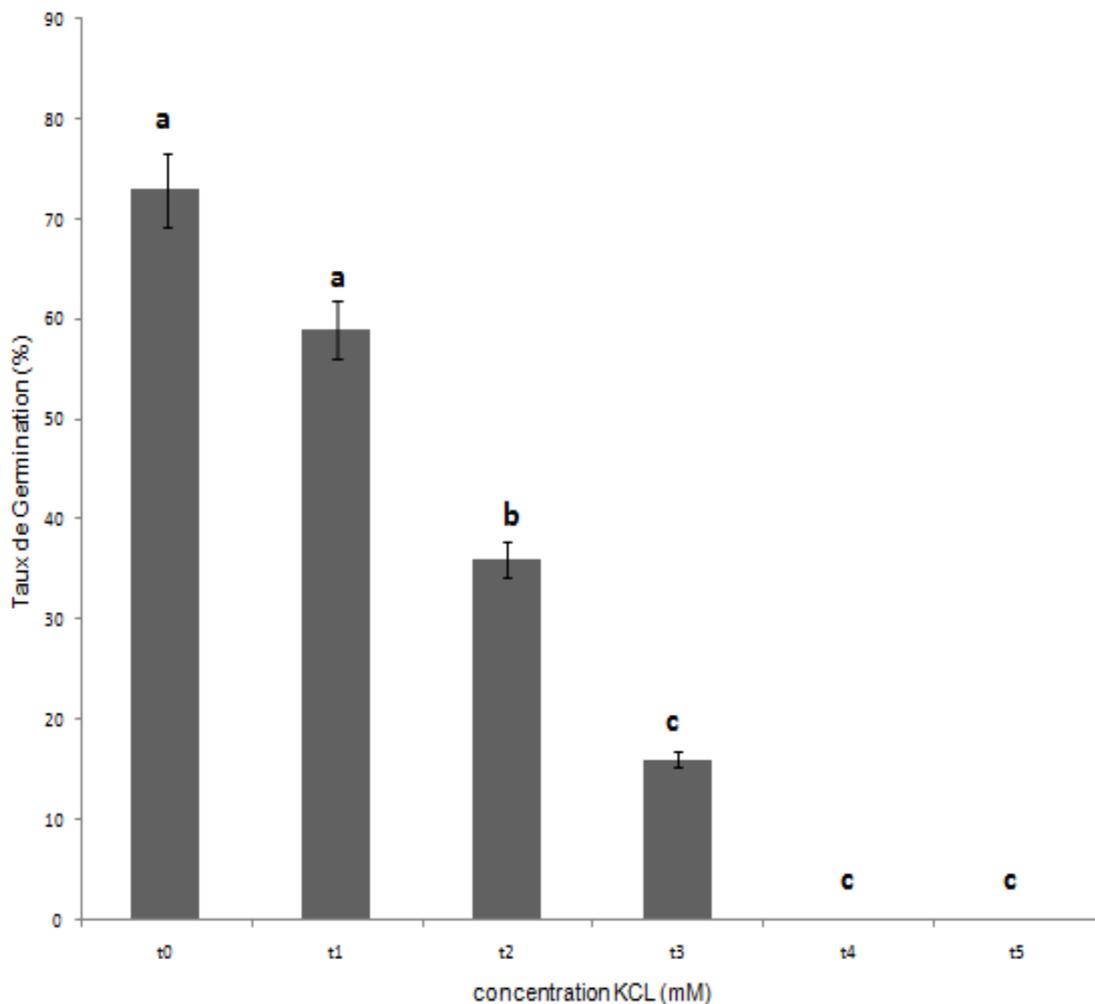


Figure 21 : Effet des solutions de KCL sur le taux de germination.

t : Témoin ; t1 :50 mM ; t2 : 100 mM ; t3: 200 mM ; t4: 300 mM; t5: 400 mM

Les graines *Robinia pseudoacacia* L. arrosées avec de l'eau distillée présentent une germination maximale de 73%. Lorsqu'elles sont soumises à des concentrations croissantes de chlorure de potassium (KCl), les résultats de l'analyse de la variance indiquent une différence significative entre les moyennes des traitements testés ($P=0,00$; $F=49,59$; $P < 0.05$) (Fig.21).

Face à la contrainte saline, le nombre de graines germées diminue avec l'augmentation des concentrations en KCl 50mM ,100mM ,200mM enregistrant des valeurs de 59% ,36%,16 % respectivement .Le taux de germination est égale à zéro pour les concentrations 300 mM et 400mM.

1.1.3. Taux d'inhibition :

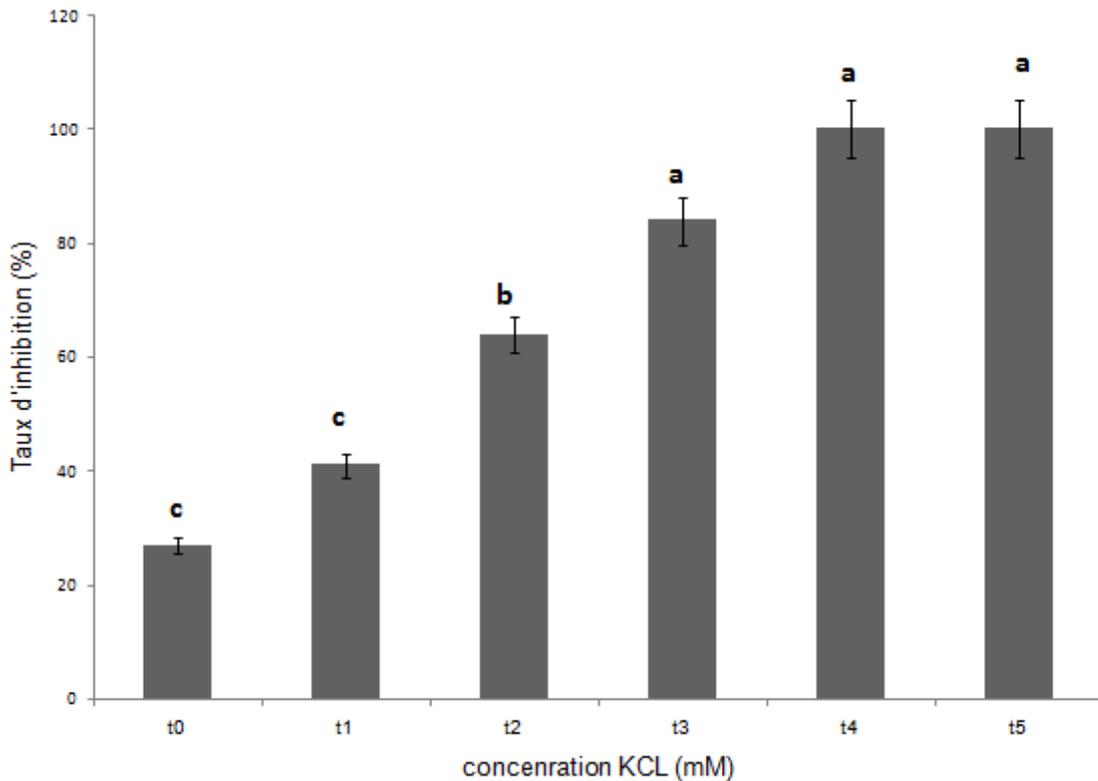


Figure 22 : Effet des solutions de KCL sur le taux d'inhibition .

t : Témoin ; t1 :50 mM ; t2 : 100 mM ; t3: 200 mM ; t4: 300 mM; t5: 400 mM

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre le pourcentage d'inhibition des graines ($P=0,00$; $F=49,59$; $P < 0.05$) (Fig.22).

Face à la contrainte saline, une meilleure tolérance est enregistrée chez les graines de la concentration 50 mM avec un pourcentage de 41 %. A des concentrations plus élevée de KCL 100 mM, 200 mM, 300mM et 400 mM les graines tolèrent moins bien les conditions salines et présentent un Indice d'inhibition de 64, 84, 100 et 100%, respectivement.

1.1.4. Indice de vigueur :

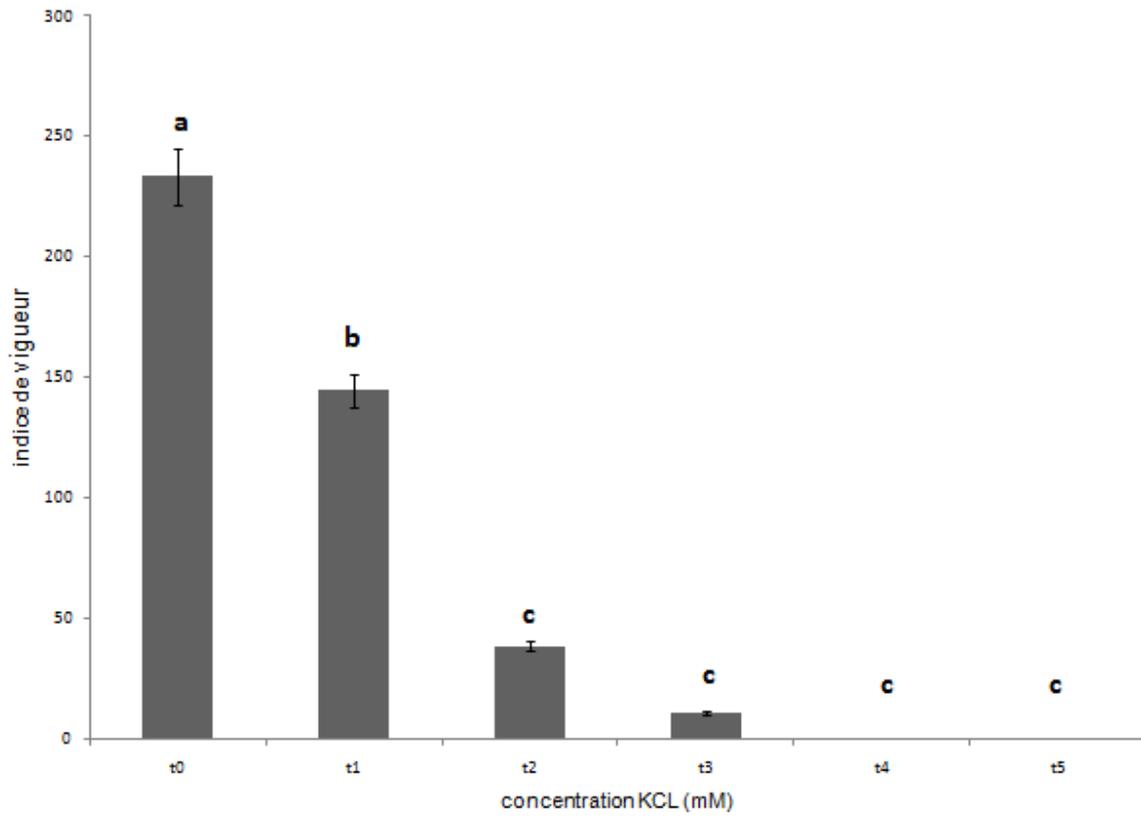


Figure 23 : Effet des solutions de KCL sur la vigueur des jeunes plantules

t : Témoin ; t1 :50 mM ; t2 : 100 mM ; t3: 200 mM ; t4: 300 mM; t5: 400 mM

La vigueur des jeunes plantules a été évaluée à la fin de l'expérience. Les jeunes plantules du traitement 1 présentent une vigueur conséquente de 144,26 par rapport aux concentrations en KCL de 100, 200, 300, 400 mM induisent une diminution très importante de l'Indice de vigueur avec des valeurs respectives de (38,25) (10,65),(0)et(0) comparativement aux plantules témoins enregistrant une vigueur plus importante de 233,37. L'analyse de la variance a montré une différence significative ($P=0,00$; $F=30,16$; $P < 0.05$) (Fig.23).

1.1.5. La moyenne de germination :

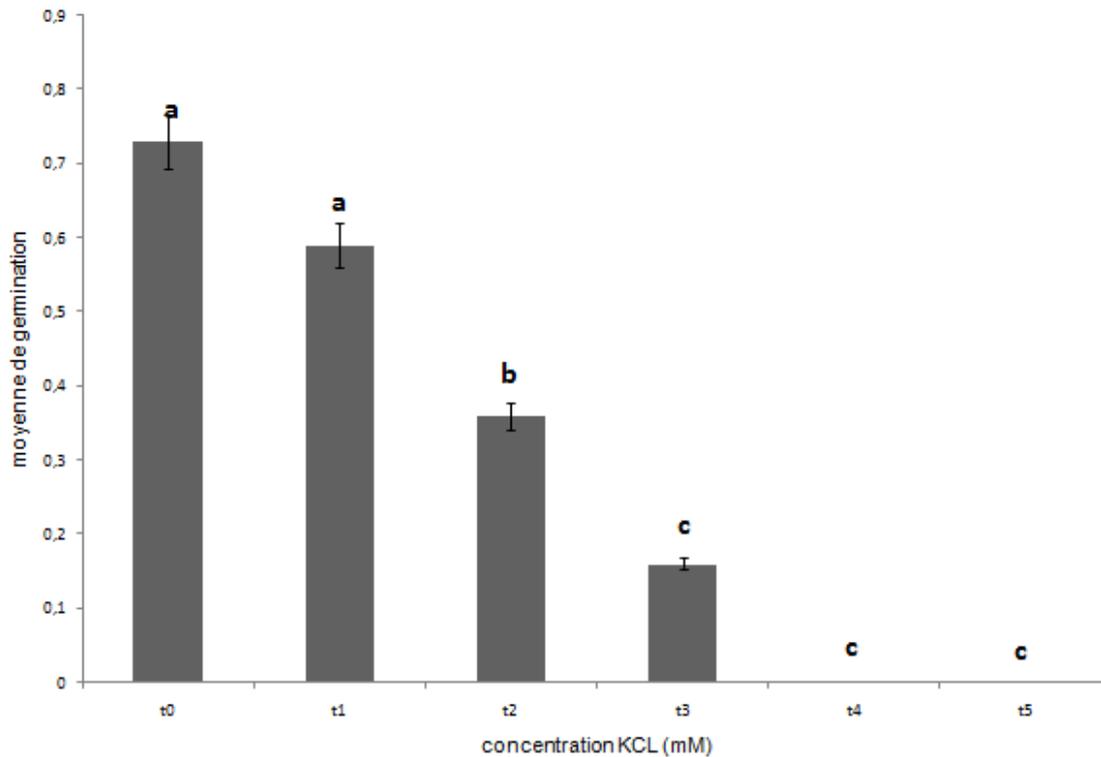


Figure 24 : Effet des solutions de KCl sur la moyenne journalière de germination

t : Témoin ; t1 : 50 mM ; t2 : 100 mM ; t3: 200 mM ; t4: 300 mM; t5: 400 mM

La figure (24) présente l'effet des différentes concentrations de KCl sur la moyenne journalière de la germination des graines de *Robinia pseudoacacia* L. plus la concentration augmente plus la MDG diminue, la MDG est égale à zéro pour les concentrations 300 mM et 400mM.

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent une différence significative entre les moyennes des traitements testés ($P=0,00$; $F=45,59$; $P < 0.05$).

1.1.6. Temps moyen de germination :

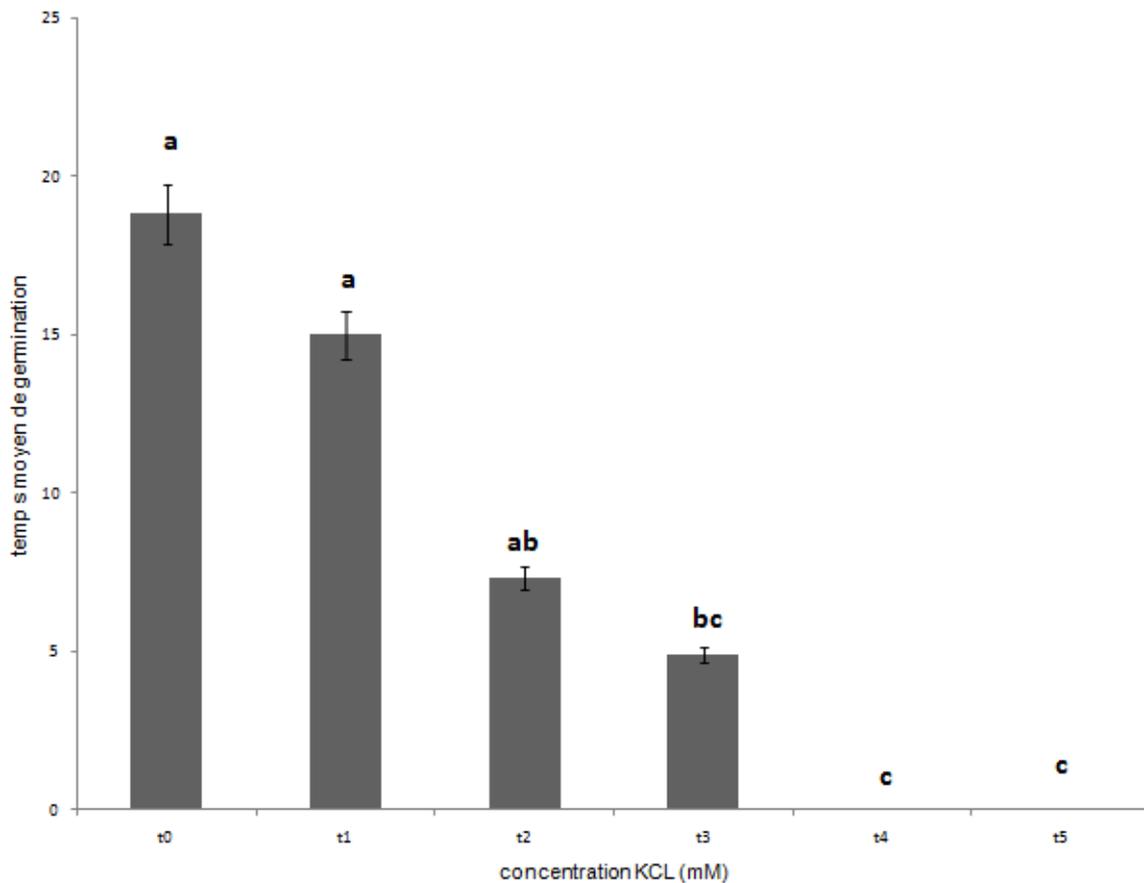


Figure 25 : Effet des solutions de KCl sur le temps moyen de germination

t : Témoin ; t1 :50 mM ; t2 : 100 mM ; t3: 200 mM ; t4: 300 mM; t5: 400 mM

Les résultats correspondent aux valeurs de TMG soumises à différentes concentrations en KCl. Le temps moyen de germination journalière diminuent significativement avec l'augmentation de la concentration jusqu'à atteindre son niveau le plus bas pour les concentrations 300 et 400 mM (Fig.25).

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre le pourcentage d'inhibition des graines ($P=0,00$; $F=20,16$; $P < 0.05$).

Discussion :

Les résultats de notre étude indiquent que la réponse des graines du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) à la contrainte saline varie en fonction des concentrations. La tolérance à la salinité du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) a été étudiée à travers leur capacité de développement en présence de KCl, les graines stressées avec différentes doses (50mM ; 100 mM ; 200 mM ; 300 mM ; 400 mM) présentent une différence très significative de longueur radiculaire avec les témoins. En effet, l'augmentation des concentrations du KCl provoque une diminution très significative de la vigueur et du taux de germination avec l'augmentation des teneurs en sels. Les graines ne peuvent germer jusqu'à une concentration de 300 mM et 400 mM avec un taux d'inhibition de 100%. Ces travaux corroborent parfaitement avec ceux de Bouda et Haddioui [163] qui ont noté une inhibition totale de la germination des graines de deux provenances (Maroc et Etats Unis) soumises au stress à 20g/l de NaCl soit l'équivalent de 340 mM. L'augmentation du stress salin entraîne une réduction non seulement des taux de germination mais aussi du temps moyen de germination [164].

La salinité élevée cause une inhibition de la germination, Cette inhibition peut être osmotique et/ou toxique. Dans la mesure où elle est d'origine osmotique, on devrait s'attendre à une reprise de la germination après levée de cette contrainte. Par contre, si des phénomènes de toxicité ionique interviennent, on peut prévoir l'absence de cette reprise de germination, ceci peut s'expliquer par le mécanisme de toxicité du Na⁺ qui n'est pas présent dans certaines espèces [165]. Aussi, les travaux de Prado et *al.*, (2000)[166] , et ceux de Ben Miled et *al.*, (1986)[167], rapportent que la salinité inhibe la germination des graines de deux façons : la prévention de germination sans perte de viabilité supérieure par rapport à la salinité et de retarder la germination des graines à des salinités qui causent les stress des graines, mais n'empêchent pas la germination.

La physiologie des graines de nombreuses espèces forestières telles que les légumineuses est sous l'emprise tégumentaire dont les effets peuvent être avantageux ou néfastes pour la vie des semences. Les téguments protègent les graines des contraintes environnementales hostiles notamment les fortes températures liées à la sécheresse, les dommages physiques, l'action des animaux

et les empêchent de germer dans les conditions défavorables Par ailleurs, ils limitent le pourrissement de l'embryon et les cotylédons dont la principale cause serait l'engorgement des graines. Les téguments exercent aussi dans certains cas, une influence inhibitrice en imposant une contrainte à l'émergence de la radicule [168] [169].

Le retard de la germination ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière des graines avec l'augmentation de la concentration saline est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne [170].

1.2. Effet du stress hydrique

1.2.1. Cinétique de germination des graines

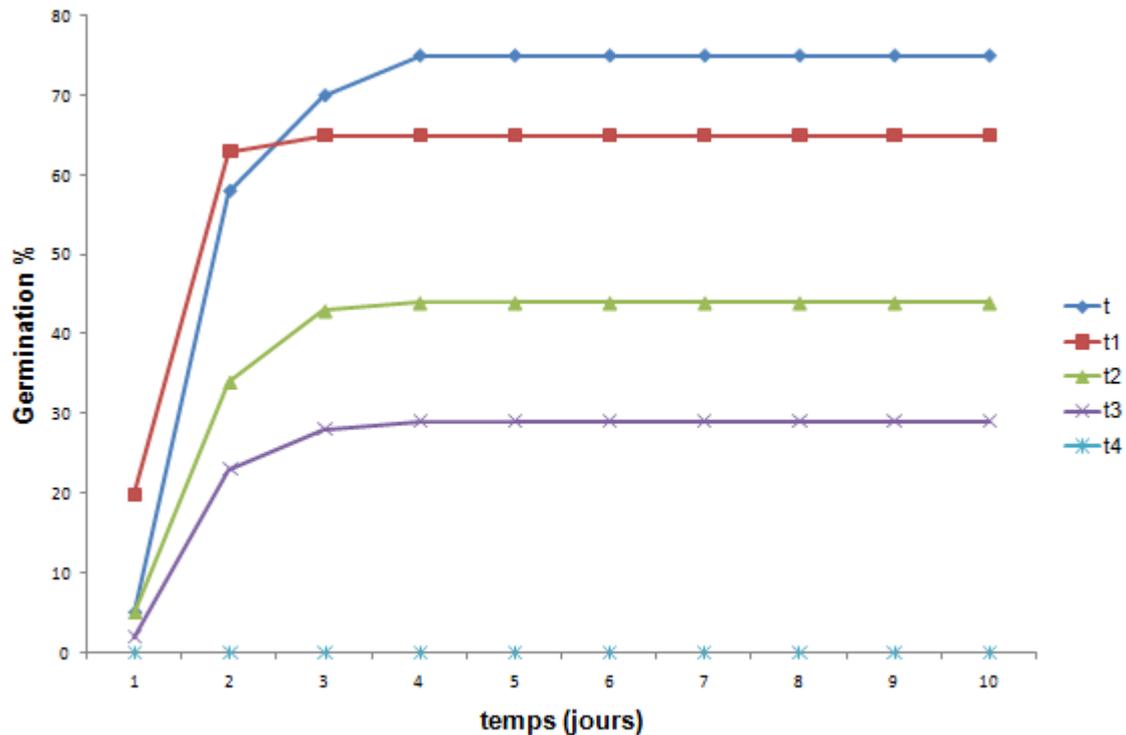


Figure 26 : Cinétique de germination des graines soumises aux solutions de PEG

t : Témoin ; t1 : 10 g/l ; t2 : 20g/l ; t3: 30g/l ; t4: 40g/l

Les cinétiques de germination des graines *Robinia pseudoacacia* L. (Fig.26) présentent une différence considérable d'un stress à un autre. Sous contrainte hydrique 10, 20, 30 PEG. Au bout de 4 jours, la germination a atteint son pourcentage maximal avec deux phases, dont une exponentielle allant de 0 à 4 jours marquée par une augmentation importante du taux de germination et une phase constante allant de 4 à 10 jours où la germination se maintient jusqu'à la fin de l'essai. Aux mêmes pourcentages, la germination des graines soumises au 40 PEG présente une inhibition totale avec 0 graine germée.

1.2.2. Taux de germination

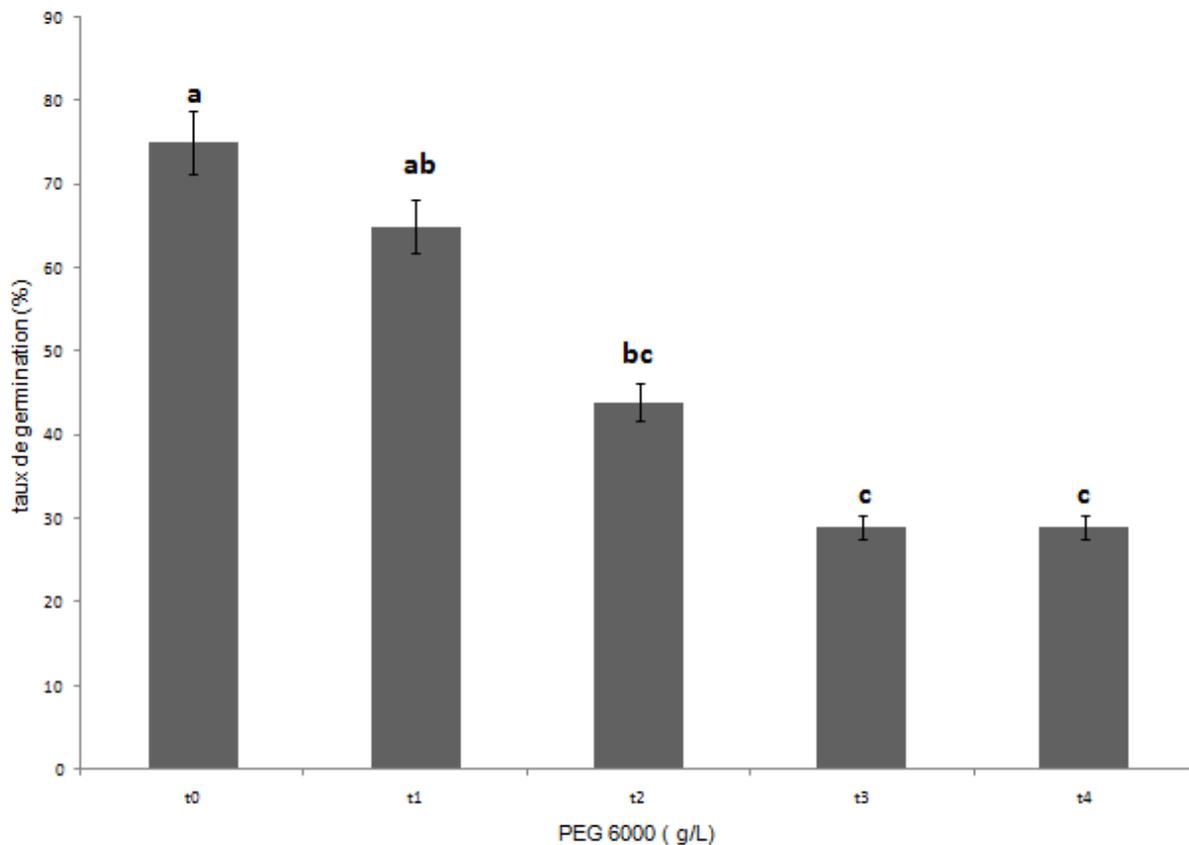


Figure 27 : Effet des solutions de PEG sur le taux de germination.

t : Témoin ; t1 :10 g/l ; t2 : 20g/l ; t3: 30g/l ; t4: 40g/l

L'étude de l'effet du stress hydrique sur la germination *Robinia pseudoacacia* L. a montré un meilleur taux de germination pour les graines témoin avec un pourcentage de 75% contrairement aux graines soumise aux concentrations en PEG on observe une diminution du taux de germination avec l'augmentation des concentrations de 65, 44 % pour le traitement 1 et 2 avec une similitude pour les traitement 3 et 4 avec un pourcentage de 29 %, les résultats de l'analyse de la variance indiquent une différence significative entre les moyennes des traitements testés ($P=0,00$; $F=14,82$; $P < 0.05$)(Fig.27).

1.2.3. Taux d'inhibition :

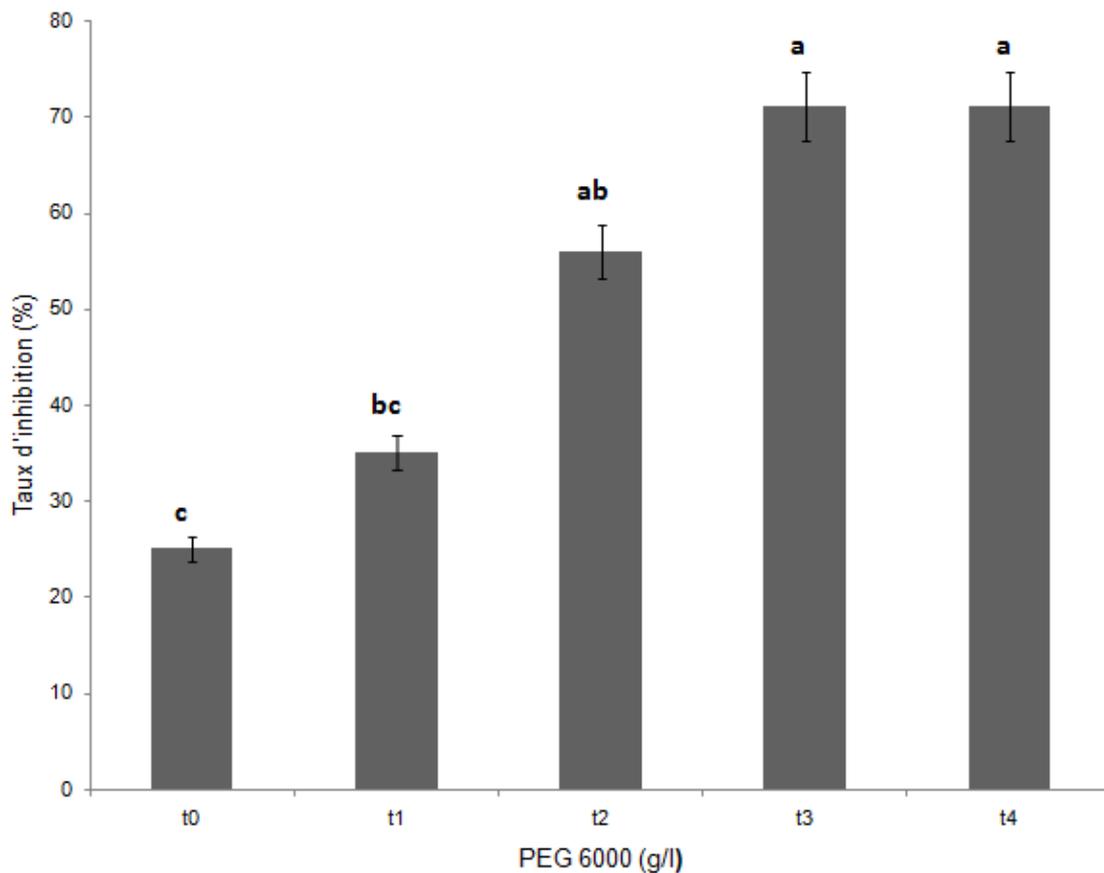


Figure 28 : Effet des solutions de PEG sur taux d'inhibition .

t : Témoin ; t1 :10 g/l ; t2 : 20g/l ; t3: 30g/l ; t4: 40g/l

L'étude de l'effet du stress hydrique sur la germination du *Robinia pseudoacacia* L. a montré une forte inhibition des graines *Robinia pseudoacacia* L. au contrainte hydrique à des concentrations élevée 20,30,40 g/l avec des pourcentage de 56 %71% 71% contrairement aux traitement 1 avec un pourcentage d'inhibition assez faible 35 % (Fig.28).

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre le pourcentage d'inhibition des graines ($P=0,00$; $F=14,82$; $P < 0.05$).

1.2.4. Indice de vigueur

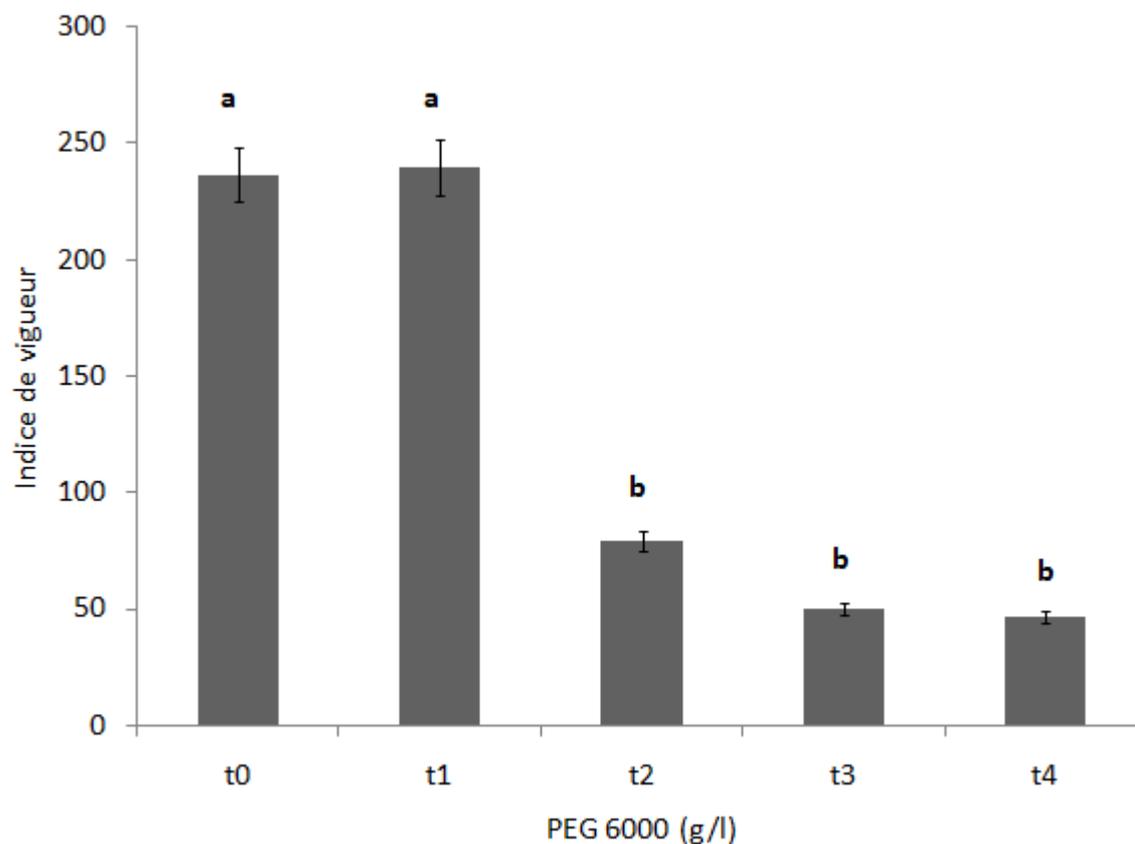


Figure 29 : Effet des solutions de PEG sur la vigueur des jeunes plantules

t : Témoin ; t1 :10 g/l ; t2 : 20g/l ; t3: 30g/l ; t4: 40g/l

Il a été observé lors de nos essais des contraintes hydriques que les jeunes plantules présentent une meilleure vigueur lorsqu'elles sont soumises à des solutions de PEG 10, les jeunes plantules présentent une vigueur plus importante avec un Indice égal à 240,08 comparée au témoin avec une valeur de 236,81. Sous un stress hydrique avec des concentrations plus élevées de PEG de 30, 40 présentent des Indices de vigueur presque similaire de (50, 04) (46, 73) respectivement (Fig.29).

1.2.5. La moyenne de germination :

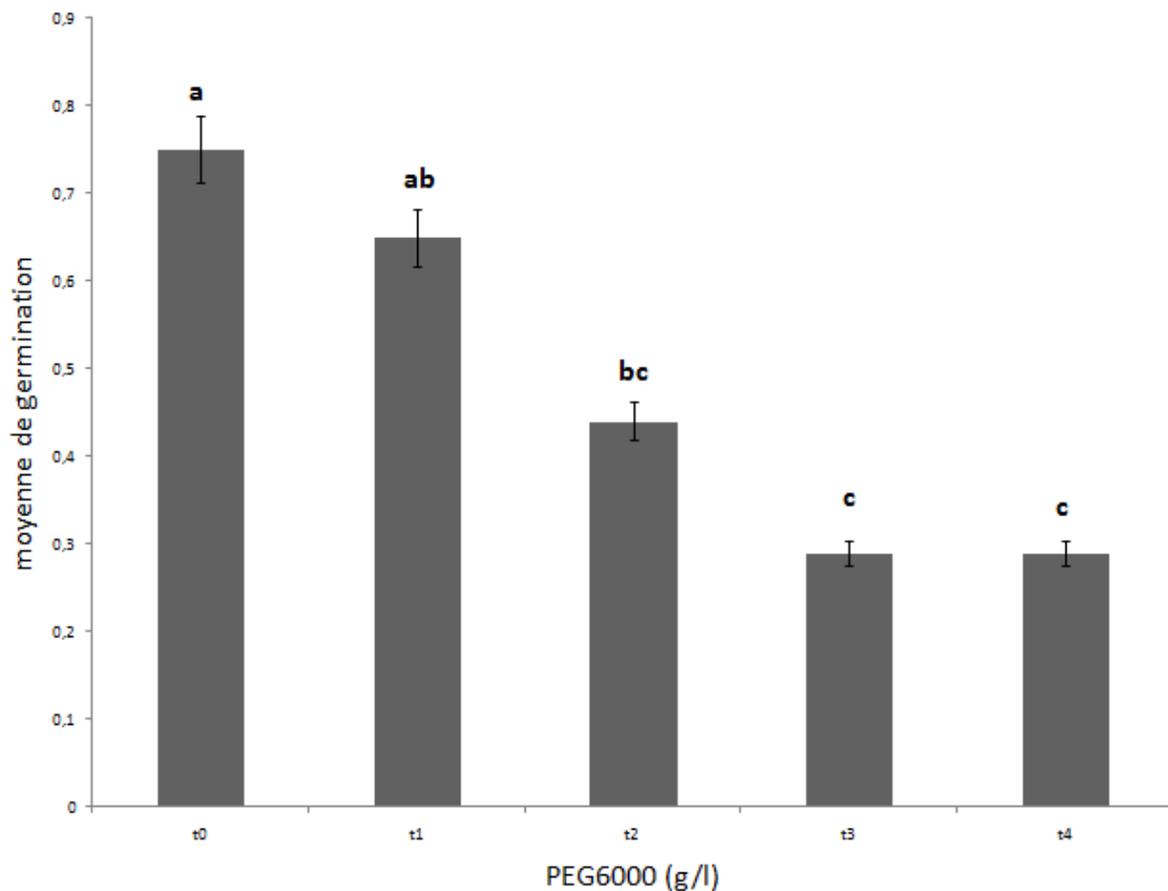


Figure 30 : Effet des solutions de PEG sur la moyenne journalière de germination (MDG)

t : Témoin ; t1 :10 g/l ; t2 : 20g/l ; t3: 30g/l ; t4: 40g/l

La figure (30) présente l'effet des différentes concentrations de PEG sur la moyenne journalière de germination des graines de *Robinia pseudoacacia* L. plus la concentration augmente plus la MDG diminue, en remarque une similitude pour la moyenne des concentrations 30 et 40 PEG.

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent une différence significative entre les moyennes des traitements testés ($P=0,00$; $F=14,82$; $P < 0.05$).

1.2.6. Temps moyen de germination :

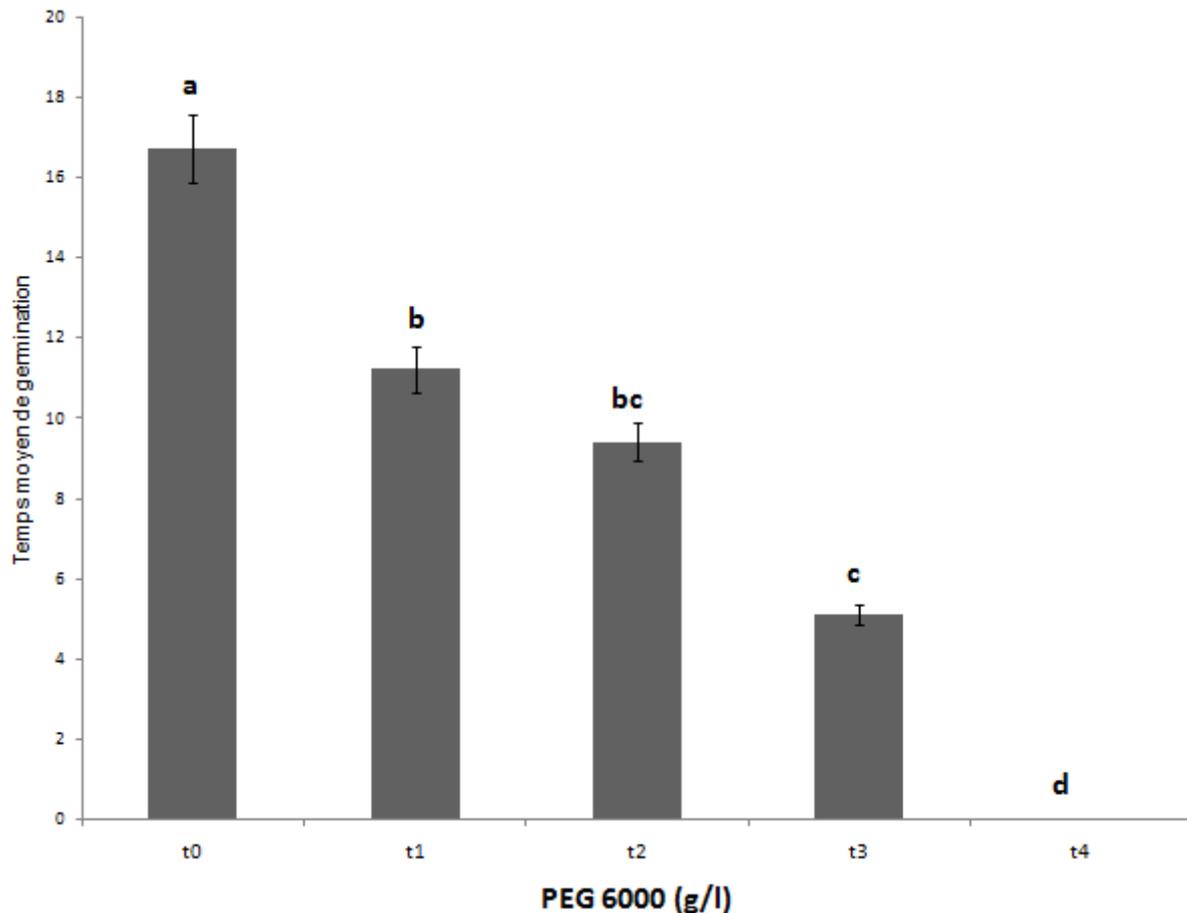


Figure 31 : Effet des solutions de PEG sur le temps moyen de germination

t : Témoin ; t1 :10 g/l ; t2 : 20g/l ; t3: 30g/l ; t4: 40g/l

Les résultats correspondent aux valeurs tmg soumises à différentes concentrations en PEG. Le temps moyen de germination journalière diminue significativement avec l'augmentation de la concentration jusqu'à atteindre son niveau le plus bas pour les concentrations 40 PEG (Fig.31).

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent une différence significative entre les moyennes des traitements testés ($P=0,00$; $F=28,02$; $P < 0.05$).

Discussion

Les résultats de notre étude indiquent que la réponse des graines du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) à la contrainte hydrique varie en fonction des concentrations. Plus la concentration du [PEG6000] est élevée, plus le taux de germination diminue significativement et un rallongement du temps moyen de germination. Ce délai d'attente peut être expliqué par des difficultés d'hydratation des graines qui se trouvent incapable d'absorber les quantités d'eau nécessaire au démarrage des processus de germination [171 ; 172].

Le stress hydrique a souvent un impact important sur le taux germination avec des pressions osmotique très élevées. Donc on enregistre une corrélation négative entre le stress hydrique et le taux de germination [173].

La réduction du taux de germination pourrait être due à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine. Il pourrait s'agir également d'un déficit d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines [174].

La vigueur est un critère important qui renseigne sur la qualité des graines et qui évalue le potentiel pour une émergence rapide et uniforme des plantes [175]. Il a été observé lors de nos essais que les jeunes plantules présentent une meilleure vigueur lorsqu'elles sont soumises à la contrainte hydrique t1 comparativement aux témoins et plus la concentration augmente la vigueur diminue

2. Effet du stress salin et hydrique sur les plantules

2.1. Effet du stress salin

2.1.1. Variations de la surface foliaire

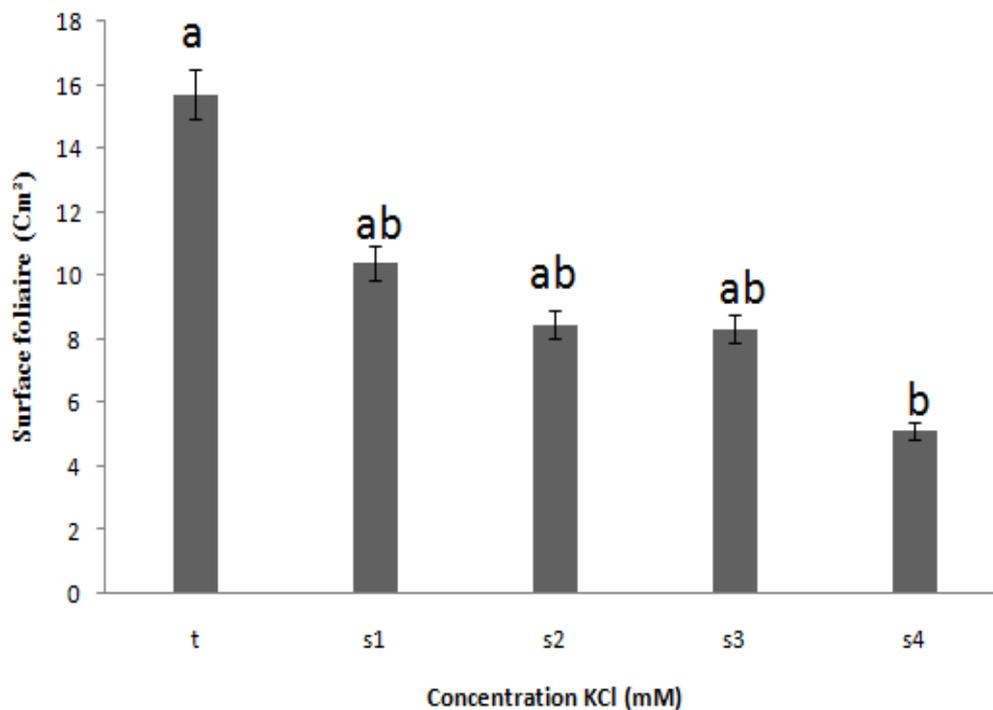


Figure 32 : Variations de la surface foliaire des plantules de *Robinia pseudoacacia* L.

t : Témoin ; s1 : 100 mM ; s2 : 200 mM ; s3 : 300 mM ; s4 : 400 mM

La figure (32) montre que chez les plantules *Robinia pseudoacacia* L. plus la contrainte saline devient sévère, plus la surface foliaire diminue. Par ailleurs, la valeur maximale est observée chez les plantules témoins nous notons une surface foliaire de 15,719 cm². Chez les plantules traitées par t1 la valeur de la surface foliaire diminue progressivement pour atteindre 10,403cm². Ces valeurs continuent à chuter où nous enregistrons 8,338 et 5,137cm² pour les traitements t3 et t4 respectivement. Ces résultats sont confirmés par l'analyse statistique la nova qui montre qu'il y'a une différence significative entre les moyennes de la surface foliaire (P=0.007 ; F=5,325 ; P<0,05).

2.1.2. Variations des Longueurs de la tige :

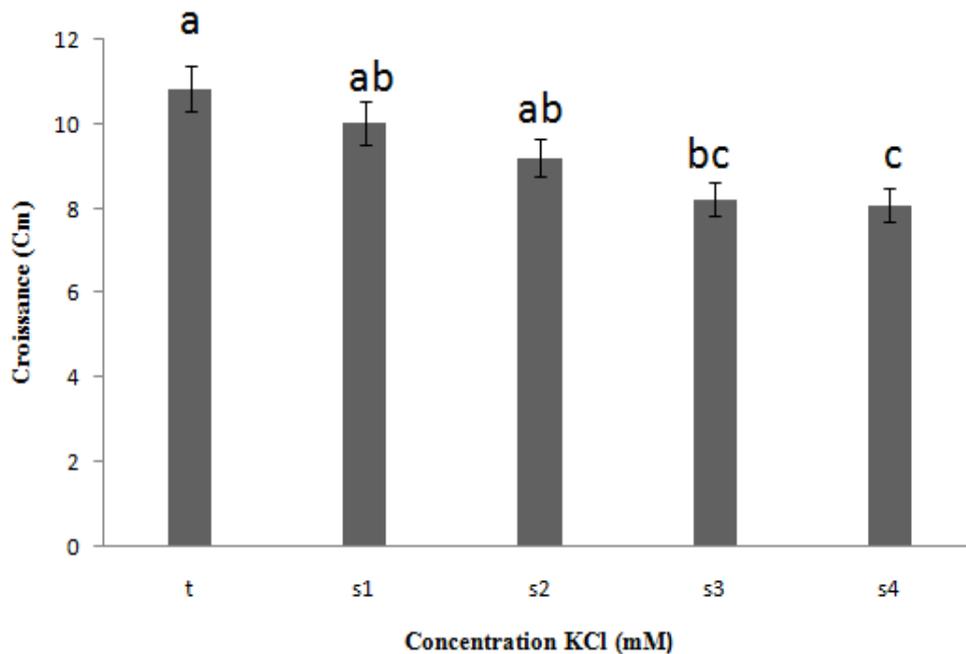


Figure 33 : Variation des Longueurs de la tige en fonction des traitements

t : Témoin ; s1 : 100 mM ; s2 : 200 mM ; s3 : 300 mM ; s4 : 400 mM

La longueur de la tige est fortement atteinte par la présence du sel aux différentes concentrations utilisées. Nous avons noté une valeur de 10,85 cm chez le témoin, qui diminue avec l'augmentation de la concentration en KCl pour atteindre un minimum de 8,1 cm à la concentration 400 mM. Ces résultats sont confirmés par l'analyse statistique qui montre une différence très significative entre les moyennes de la longueur des tiges pour les différents traitements ($P=0,00014$; $F=12,009$; $P < 0.005$) (Fig.33).

2.1.3. Variations de la teneur en eau

Les résultats obtenus dans la figure 34, montrent que la forte concentration (s4: 400 Mm) conduit à une réduction de la teneur en eau d'une manière très significative par comparaison aux autres traitements ($p=0.0078$; $F=79,73$; $p < 0.01$).

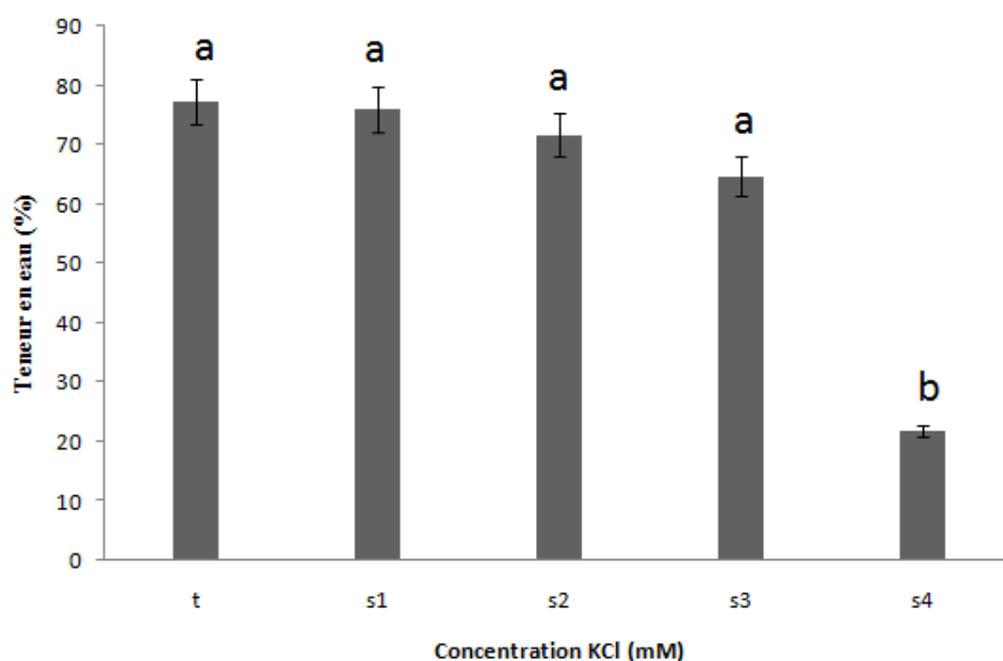


Figure 34 : Variations de la teneur en eau des plantules *Robinia pseudoacacia* L.

t : Temoin ; s1 :100 mM ; s2 : 200 mM ; s3: 300 mM ; s4: 400 mM

2.1.4. Variation de la teneur en sucres totaux solubles

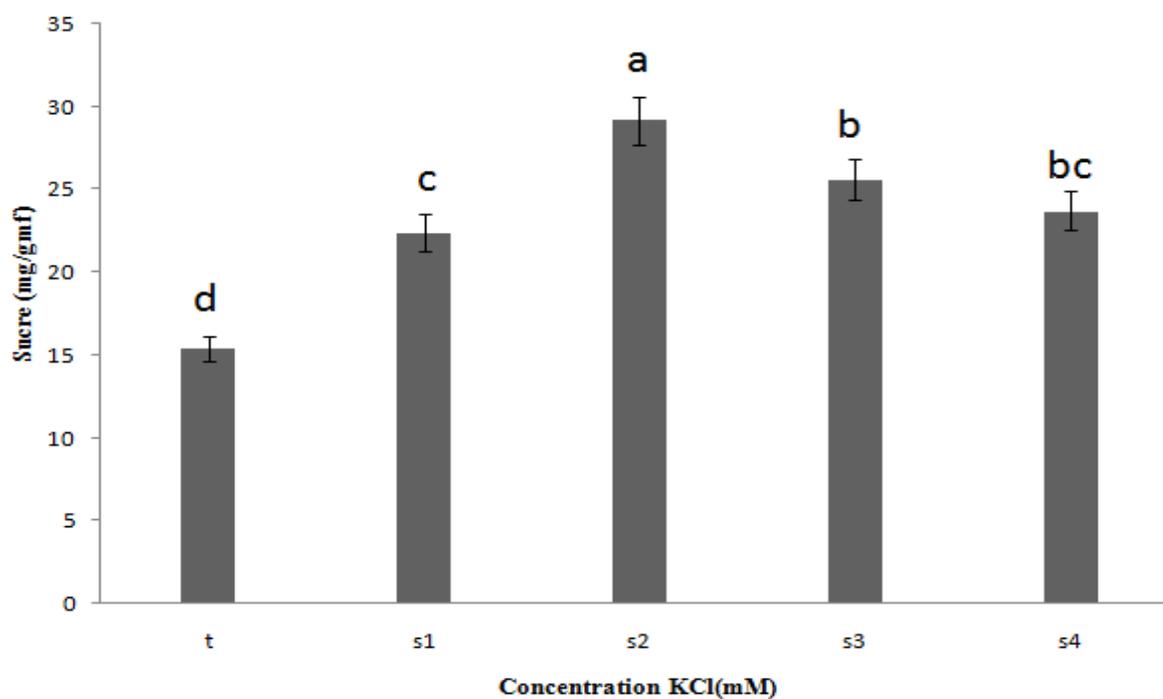


Figure 35 : Variations Teneur en sucres solubles des plantules *R. pseudoacacia* L.

t : Temoin ; s1 :100 mM ; s2 : 200 mM ; s3: 300 mM ; s4: 400 mM

Les résultats obtenus dans la figure (35), montrent qu'il y a une hausse des taux en sucres solubles en présence de stress salin (s1, s2, s3, s4) par rapport au témoin avec un pic remarquable pour la concentration s2 (200 mM). Les analyses statistiques révèlent une différence très hautement significative des traitements testés sur la teneur en sucres solubles ($P=1,689 \times 10^{-10}$; $F=113,307$; $P < 0.001$).

2.1.5. Variations de la teneur en Proline

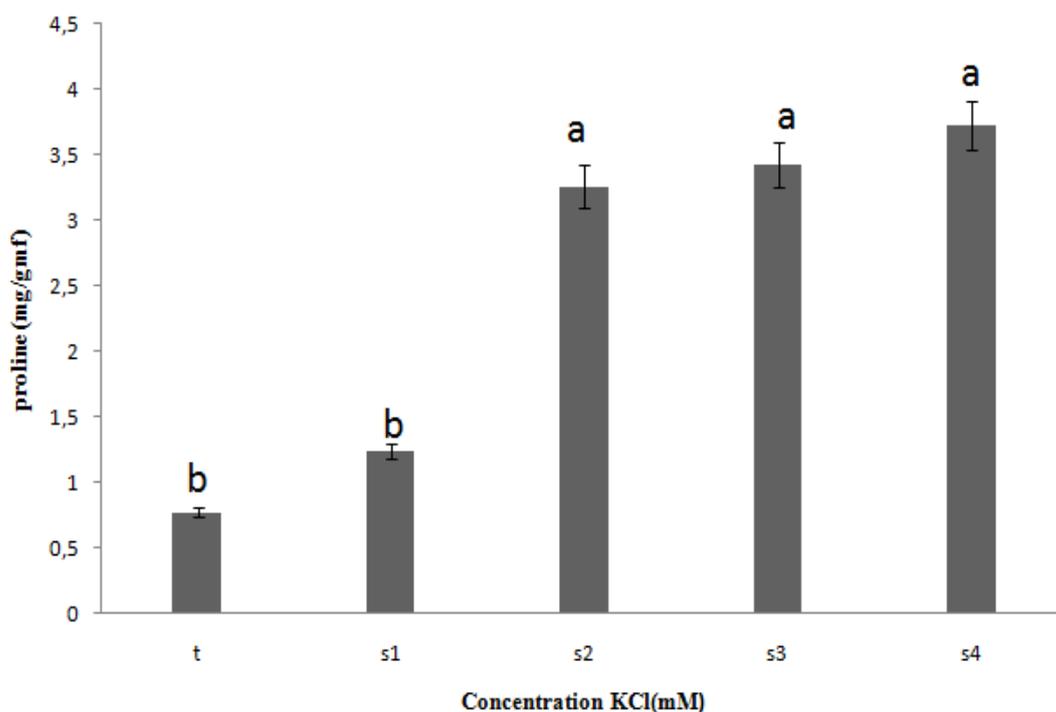


Figure 36 : Variations de la teneur en proline des plantules *Robinia pseudoacacia* L.

t : Témoin ; s1 : 100 mM ; s2 : 200 mM ; s3 : 300 mM ; s4 : 400 mM

À partir des résultats obtenus dans la figure (36), on note que la teneur en proline a augmenté significativement avec l'augmentation de la concentration en sel de 0 jusqu'à 400 mM avec des valeurs allant de (0,778 mg/gmf) chez les plantules témoins et de (1,239 mg/gmf jusqu'à 3,729 mg/gmf) chez les plantules stressées qui produisent des quantités de proline beaucoup plus importantes. L'analyse montre l'existence d'une différence très hautement significative des traitements testés sur la teneur en proline ($P=8,619 \times 10^{-7}$; $F=27,884$; $P < 0.001$).

Discussion

Dans la présente étude, les résultats indiquent que la réponse des plantules du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) à la contrainte saline varie en fonction des concentrations. La tolérance à la salinité du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) a été étudiée à travers leur capacité de développement en présence de KCl, les plantules stressées avec différentes doses (100 mM ; 200 mM ; 300 mM ; 400 mM) présentent une différence très significative de longueur, de surface foliaire et de teneur en eau avec les plantules témoins. En effet, l'augmentation des concentrations du KCl (100 mM et 200 mM, 300 mM et 400 mM) provoque une diminution très significative de la hauteur moyenne des tiges et la surface foliaire. Les plantules du robinier ont commencé à flétrir après 10 jours et certaines plantes sont mortes après 15 jours sous stress salin. De plus, le traitement au sel a significativement inhibé la croissance des plantes ce qui confirme les résultats de [176]. Plusieurs auteurs avaient montré que les plantes soumises aux stress abiotiques (salin et hydrique) ont tendance à réduire la surface foliaire La teneur relative en eau diminue significativement chez les plantules stressées par 400 mM de KCl ce qui confirme les résultats de Kaddour (2008) [177] qui montrent que les différentes concentrations en sel ont provoqué une diminution de la teneur relative en eau. De nombreux travaux rapportent que la proline s'accumule dans la plante lorsqu'elle se trouve en conditions défavorables [178] .La teneur en proline est considérée comme une analyse rapide et efficace pour détecter la tolérance des plantes à la salinité [179]. Le sel inhibe tous les paramètres de croissance des plantes, ceci s'explique par le fait que l'augmentation de la salinité entraîne une diminution de l'hydratation des tissus et une réduction de l'expansion cellulaire, par conséquent une diminution de nombre de feuilles et de la biomasse des plantes [180]. Les différences d'accumulation des solutés (Acides aminés libres, la proline et les sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes [181]. Il a été rapporté qu'en ce qui concerne les sucres solubles, des corrélations significatives et négatives ont été établies, en conditions salines, entre la production de la biomasse sèche aérienne et les teneurs des feuilles en sucres solubles totaux de certaines espèces comme le tournesol [182].

La réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En fait, ce retard de développement

permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages seront irréversibles. La croissance est inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce/ variété [183]. En outre, les résultats obtenus montrent que l'accumulation des sucres solubles et la proline dans les parties aériennes du Robinier augmentent en fonction de l'intensité du stress salin, les taux les plus élevés obtenus sont au traitement 400 mM pour la proline et 200 mM pour les sucres solubles par rapport au témoin. Ceci explique que, le métabolisme de la plante est perturbé par le stress salin, notamment celui des acides aminés libres dont la proline constitue un marqueur de la résistance des plantes aux contraintes abiotiques. Nos résultats concordent avec plusieurs travaux des composés organiques tels que les sucres solubles et certains amino-acides comme la proline [184].

2.2. Effet du stress hydrique :

2.2.1. Variations de la surface foliaire

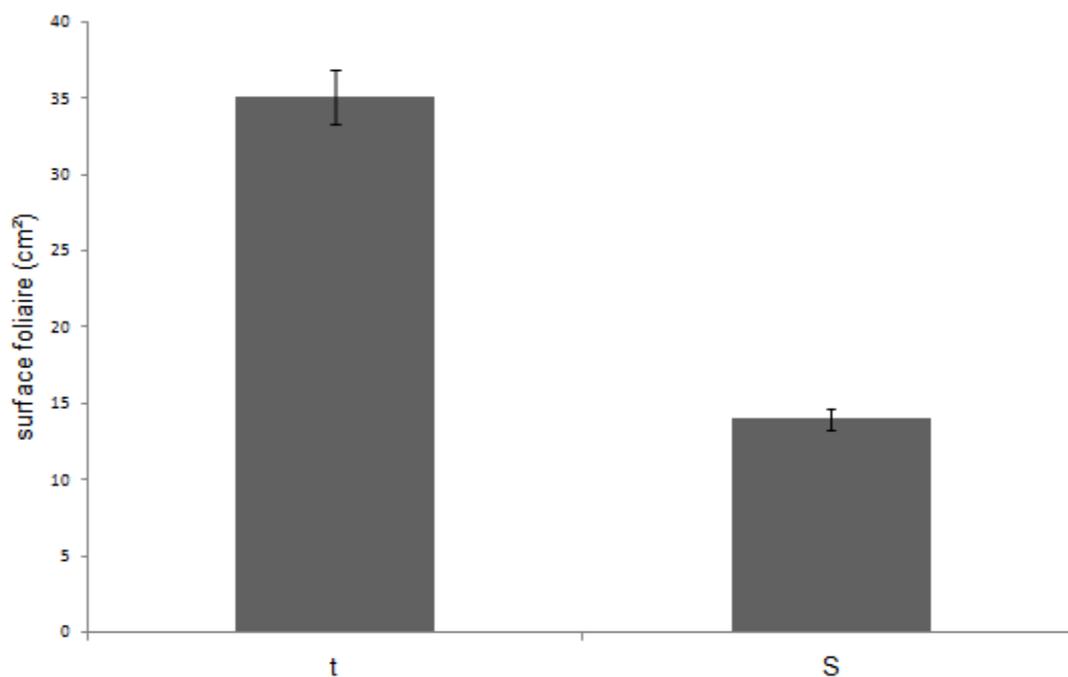


Figure 37 : Effet du stress hydrique sur la surface foliaire des plantules de *Robinia pseudoacacia* L.

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions

t : Témoin ; s: plantules stressée avec un Arrêt d'arrosage

La figure (37) montre que chez les plantules *Robinia pseudoacacia* L. la surface foliaire des plantules conduites en condition de témoin ont une surface de 35.03cm², supérieure à celles des plantules soumise a un stress hydrique enregistrant ainsi des valeurs nettement inférieures avec 13,98 cm². Ces résultats sont confirmés par l'analyse statistique la nova qui montre qu'il y'a une différence significative entre les moyennes de la surface foliaire (P=0.00 ; F=2,59 ; P<0,05).

2.2.2. Variations des Longueurs de la tige

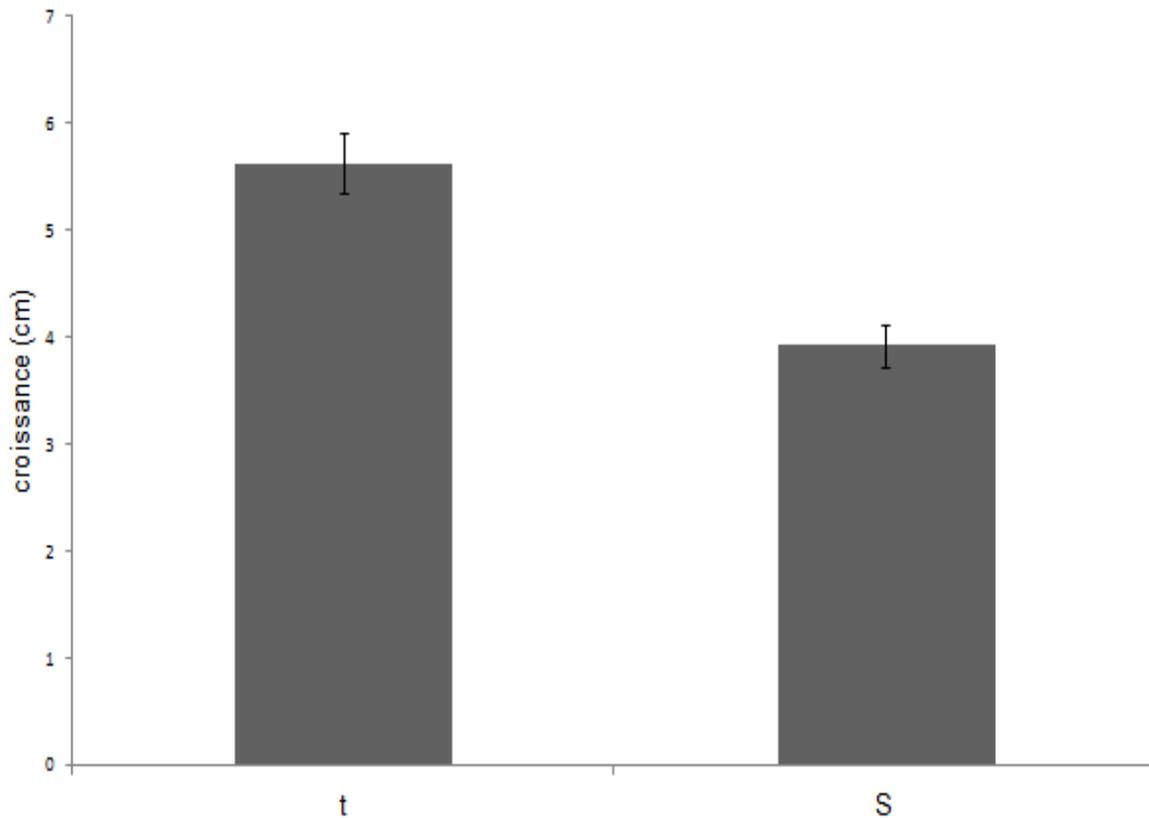


Figure 38 : Effet du stress hydrique sur la longueur de la racine

t : Témoin ; s: plantules stressée avec un Arrêt d'arrosage

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions

Les plantules soumises à un stress hydrique présentent une longueur racinaire moyenne de 3,925 cm comparée aux plantules témoins qui présentent une longueur moyenne nettement plus conséquente de 5,625 cm. L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les moyennes de la longueur des tiges ($P=0,00$; $F=1,08$; $P < 0.05$) (Fig.38).

2.2.3. Variations de la teneur en eau

Les valeurs de la teneurs en eau des jeunes plantules soumises au contrainte hydrique présentent une légère diminution de la teneur en eau par rapport au témoin le témoin, les moyennes de la teneurs varient entre 73,07 et 69,72%.

L'analyse ne montre aucune différence significative entre les moyennes de la teneur relative en eau ($P=0,55$; $F=2,98$; $0.05 < P$) (Fig.39).

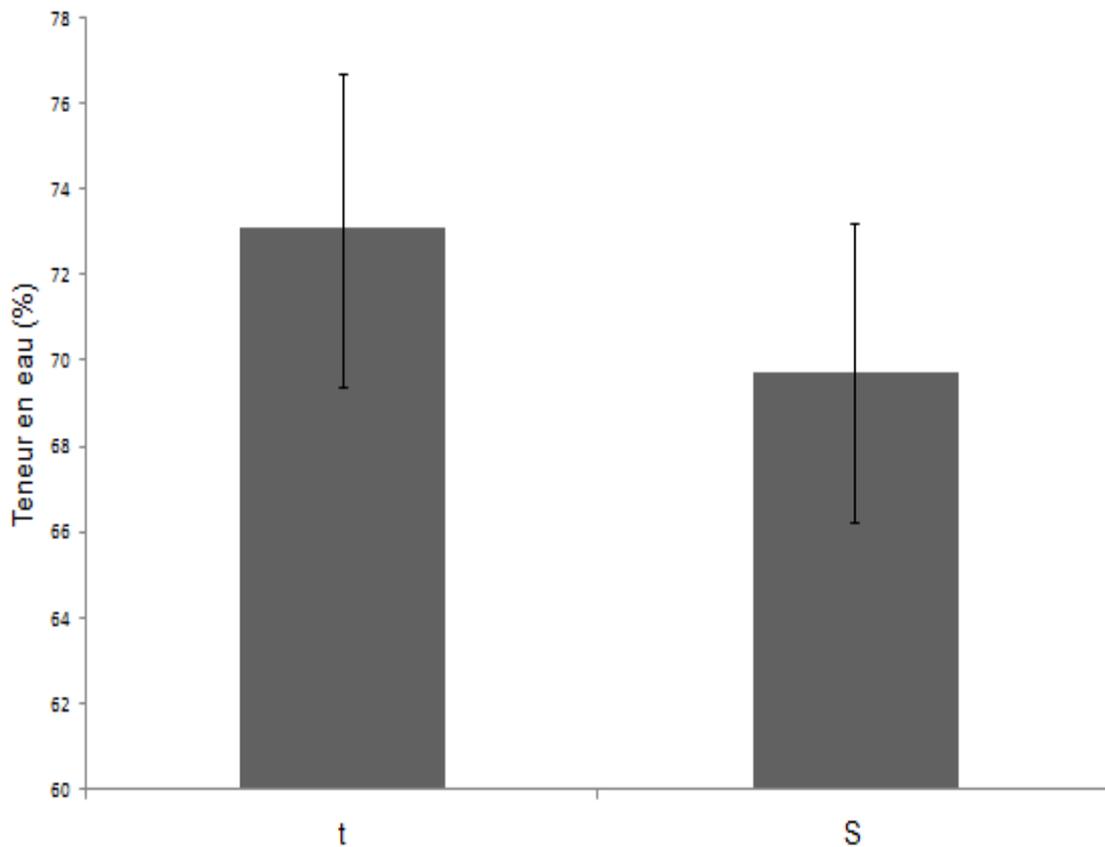


Figure 39 : Variations de la teneur en eau des plantules *Robinia pseudoacacia* L.

t : Témoin ; s: plantules stressée avec un Arrêt d'arrosage

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions

2.2.4. Variations de la teneur en sucre totaux

Les résultats obtenus dans la figure (40), montrent qu'il y a une hausse des taux en sucres solubles avoisinant en moyenne 18,32 (mg/gmf) en présence de stress par rapport à la moyenne des plantules témoins 1,86 (mg/gmf). Les analyses statistiques révèlent une différence significative sur la teneur en sucres solubles ($P=0.00$; $F=5,05$; $P < 0.05$).

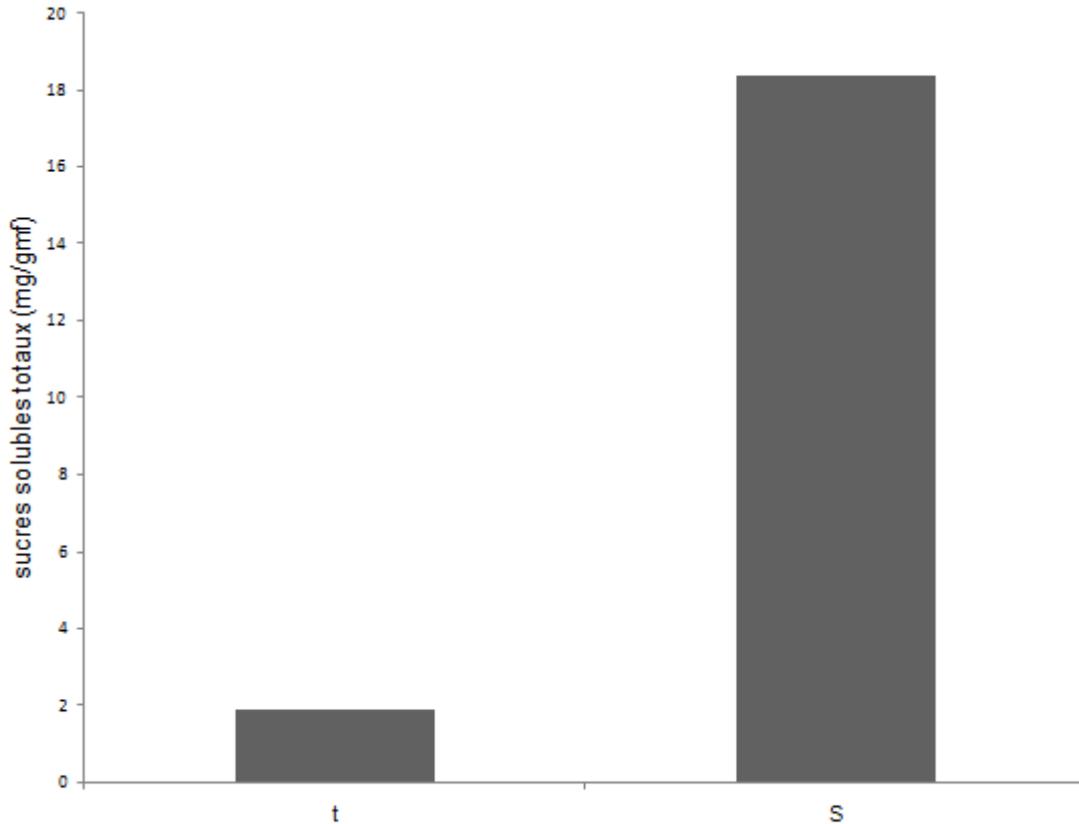


Figure 40 : Variations Teneur en sucres solubles des plantules *R. pseudoacacia* L.

t : Témoin ; s: plantules stressée avec un Arrêt d'arrosage

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions

2.2.5. Variations de la teneur en Proline

Les plantules soumises à la contrainte hydrique ont montré une augmentation élevée de la teneur en proline qui atteint une moyenne de (2,83 mg/gmf) comparé aux plantules témoins où nous enregistrons une quantité très faible de (0,58 mg/gmf) L'analyse montre l'existence d'une différence significative sur la teneur en proline ($P=0.00$; $F=5,29$; $P < 0.05$)(Fig.41).

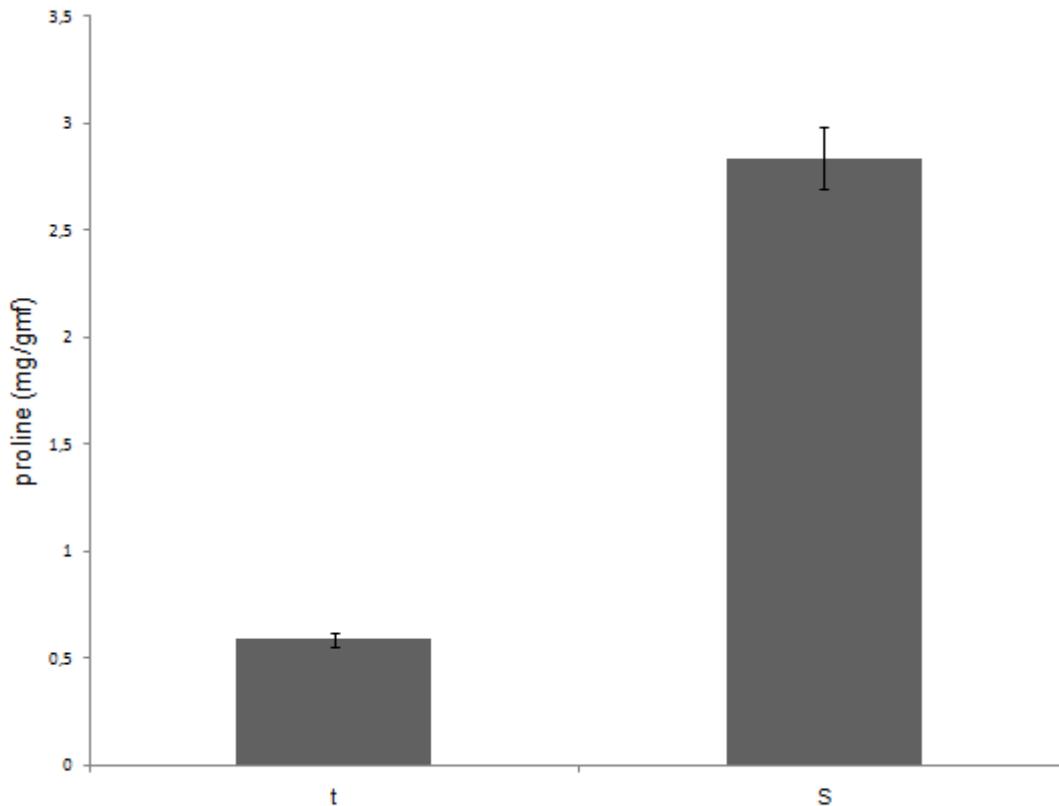


Figure 41 : Effet du stress hydrique sur la teneur en proline des plantules *Robinia pseudoacacia* L.

t : Témoin ; s: plantules stressée avec un Arrêt d'arrosage

Chaque valeur représente la moyenne de 4 répétitions

Discussion

Le stress hydrique est un facteur de réduction de la tige des plantes. Le premier symptôme provoqué par le stress hydrique est l'inhibition rapide de la croissance aérienne et racinaire. En effet, Nos résultats ont montré que le stress hydrique imposé ; a un effet négatif et significatif sur la surface foliaires et longueur de tiges des plantes.

Le stress hydrique par la réduction de la surface foliaire est à l'origine de la réduction de la capacité photosynthétique des plantes. Les pertes d'eau par transpiration, aussi minime soient-elles, peuvent provoquer la turgescence des cellules des différents organes. En effet, cette diminution reste relativement faible durant la première semaine d'arrêt d'arrosage. Les plantes ont pu restaurer une partie de l'eau perdue par évapotranspiration grâce à une forte absorption racinaire,

ce qui entraîne une diminution progressive de la quantité d'eau du sol chez les plantes stressées durant cette période. Levitt (1980) [185] constate que la capacité de maintenir un potentiel hydrique élevé a été considérée comme un mécanisme qui permet à la plante d'esquiver la déshydratation. La croissance est le premier indicateur de l'état nutritionnel des plantes. C'est un indicateur de la disponibilité des éléments nutritifs et leur utilisation par la plante. Une déficience quelconque en éléments nutritifs peut diminuer le développement de la plante [186] [187].

Face à ce stress hydrique, les plantes stressées ont tendance à réagir par l'augmentation de quantités de sucres solubles et de la teneur en proline. C'est ainsi que [188] affirme que la plupart des plantes augmentent, sous l'effet de la sécheresse, leur concentration en solutés (ions inorganiques, acides aminés sucres solubles, acides organiques, azote soluble)

En réponse au déficit hydrique les sucres solubles totaux, ont connu une augmentation significative chez les plantes stressés. Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et, ainsi, l'adaptation des plantes au stress [189] [190]

3. Activité antifongique :

3.1. Résultat

l'évaluation de l'activité antifongique des différents extraits des feuilles de *Robiniapseudoacacia* L. a été testé sur trois souches fongiques dont *Fusariumoxysporum* , *Aspergillus niger* et *Penicillium sp.*, les résultats sont reportés dans le tableau (06).

Tableau 6 : Etude comparée des différents extraits des feuilles de *Robinia pseudoacacia* L. vis-à-vis les souches fongiques

	<i>Penicillium sp.</i>	<i>F.oxysporum</i>	<i>Aspergillus niger</i>
Eac	57,025	81,115 a	34,375
Eme	67,055	79,405 ab	40,625
Eeth	57,025	73,525 b	15,625
Eaq	58,82	77,645 ab	53,125
F	3,698	6,973	1,087
P	0,119 ^{NS}	0,046*	0,45 ^{NS}

NS : Non significative, * : significative à 5%.

Eac :extrait acétonique ;**Eme** :extrait méthanolique ;**Eeth** :extrait éthanolique ;**Eaq** :extrait aqueux .

D'après les résultats représentés dans le tableau (06) , on remarque que le meilleur effet antifongique des extraits des feuilles de *Robiniapseudoacacia* a été enregistré contre la souche fongique *Fusariumoxysporum* et la différence était significative ($p=0,046$) ces résultats sont par la suite suivis par un test post hoc de tukey qui a montré que l'extrait acétonique a marqué le plus grand pourcentage d'inhibition (81,11%) groupe (a) suivi par l'extrait méthanolique et extrait aqueux avec un pourcentage d'inhibition presque similaire (79,40% , 77,64%) groupe (ab) et le

dernier groupe (b) a été enregistré par extrait éthanolique avec un pourcentage d'inhibition (73,52%) vis-à-vis la souche fongique *Fusarium oxysporum*.

3.2. Discussion

nos résultats sont confirmés par Azzaz et *al.*, (2019)[191] qui démontre que les terpènes entraînent la mort de la souche fongique après une augmentation de la perméabilité de la membrane. Il s'ensuit une rupture du plasma et provoque une fuite du contenu plasmique.

L'activité antifongique des extraits des feuilles *R. pseudoacacia* vis-à-vis les souches fongiques *Aspergillus niger* et *Penicillium* sp. N'était pas significative. Cependant, une observation macroscopique après une incubation de 7 jours à 27°C nous a permis de révéler que l'aspect microscopique de ces deux souches fongiques a changé après avoir utilisé les extraits des feuilles de *R. pseudoacacia* (Fig. 42).

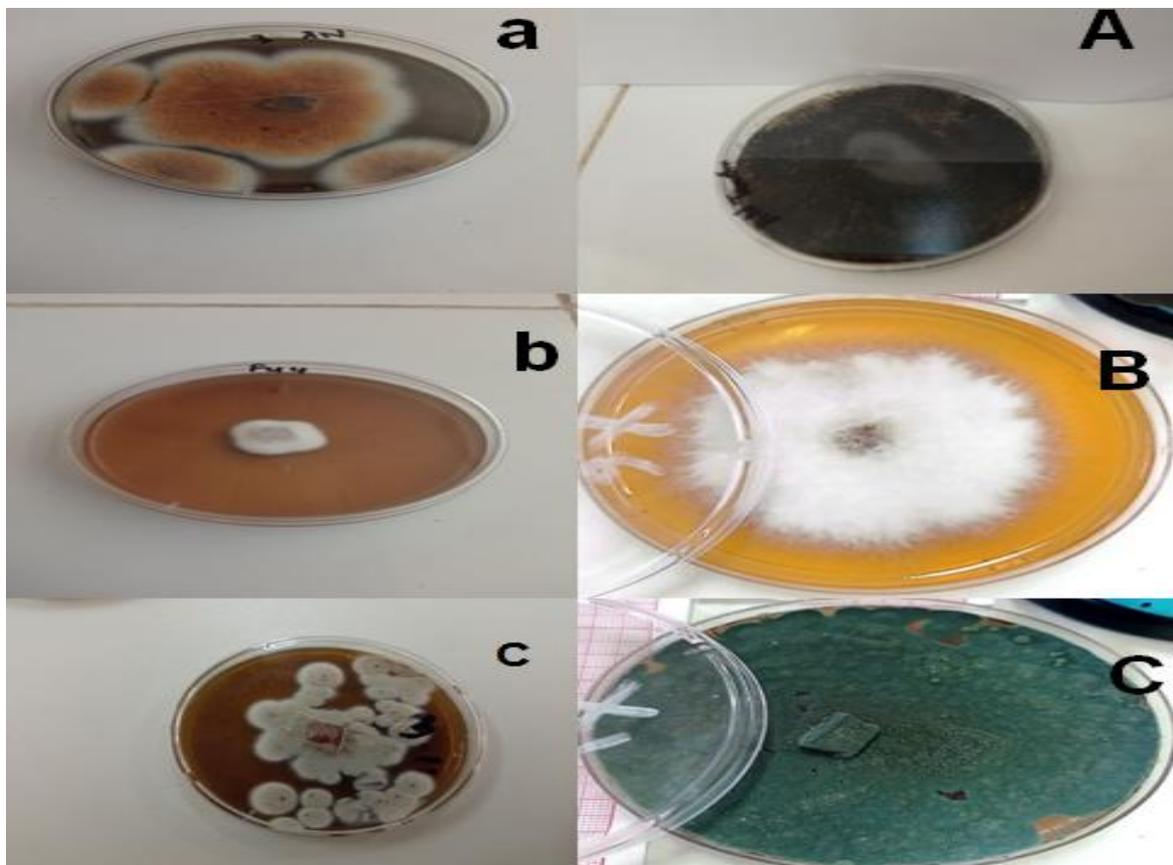


Figure 42 : Aspect macroscopique des souches fongiques avant et après traitement.

A: *Aspergillus niger* témoin, **a:** *Aspergillus niger* avec traitement
B : *Fusarium oxysporum* témoin, **b:** *Fusarium oxysporum* avec traitement
C : *Penicillium* sp. témoin, **c :** *Penicillium* sp. avec traitement

Nos résultats se conforment avec ceux de Ait ialeff (2022)[192] qui montre que la croissance mycélienne et la production des spores a été réduite après l'utilisation des extraits aqueux et l'huile essentielle de *Cupressus sempervirens* après une observation macroscopique et microscopique.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Notre travail de recherche a permis de mettre en évidence les mécanismes de tolérance aux contraintes hydriques et salines mis en jeu par le Robinier (*Robinia pseudoacacia* L.) aux premiers stades de développement de la plante et à un stade plus avancé où les plantules sont âgées de 3 mois.

La première partie du travail étudie la réponse des graines âgées de 10 jours soumises à des solutions de chlorure de potassium et de polyéthylène glycol 6000. La tolérance à la salinité du Robinier (*Robinia pseudoacacia*) a été étudiée à travers leur capacité de développement en présence de KCl, les graines stressées avec différentes doses (50mM;100 mM; 200 mM; 300 mM; 400 mM) présentent une différence très significative de longueur radiculaire avec le témoin .En effet, l'augmentation des concentrations du KCl provoque une diminution très significative de la vigueur et du taux de germination avec l'augmentation des teneurs en sels. Les graines ne peuvent germer jusqu'à une concentration de 300 mM et 400 mM avec un taux d'inhibition de 100 % et plus la concentration du [PEG6000] est élevée, plus le taux de germination diminue significativement et un rallongement du temps moyen de germination. Ce délai d'attente peut être expliqué par des difficultés d'hydratation des graines qui se trouvent incapable d'absorber les quantités d'eau nécessaire au démarrage des processus de germination. Il a été observé lors de nos essais que les jeunes plantules présentent une meilleure vigueur lorsqu'elles sont soumises à la contrainte hydrique t1 comparativement aux témoins et plus la concentration augmente la vigueur diminue.

Dans la deuxième partie de notre travail nous avons soumis des plantules âgées 3 de mois aux solutions de KCL (100, 200 ,300 et 400 mM) et de PEG6000 (10, 20, 30 et 40 g/l). L'étude de l'effet de la salinité sur la croissance, ainsi que les paramètres biochimiques (sucres totaux et proline) nous a permis d'évaluer l'effet dépressif que joue la salinité sur les plantes, l'effet du stress salin a été très remarquable sur toutes les variables analysées. L'application d'un stress salin sévère à partir de 100 mM induit chez cette espèce une réduction de la longueur de la tige et sur la surface foliaire, et des augmentations des teneurs en sucres solubles et en proline, proportionnellement aux concentrations appliquées. Les plantules stressées par les doses inférieures à 400 mM, maintiennent une teneur relative en eau stable par

rapport aux plantules témoins, ce qui semble être un comportement de résistance à la salinité. Le stress hydrique est un facteur de réduction de la tige des plantes. Le premier symptôme provoqué par le stress hydrique est l'inhibition rapide de la croissance aérienne. En effet, Nos résultats ont montré que le stress hydrique imposé ; a affecté négativement et significativement la surface foliaires et la longueur de tiges des plantes.

Dans la dernière partie, les résultats de l'effet antifongique des extraits des feuilles de *Robinia pseudoacacia* L. ont montré une meilleure activité vis-à-vis les souches fongiques testées avec des pourcentages d'inhibition très significatifs pour la souche *Fusarium oxysporum* par rapport à *Aspergillus niger* et *Penicillium* sp. Ce pendant une observation macroscopique après une incubation de 7 jours à 27°C nous a permis de révéler que l'aspect microscopique de ces deux souches fongiques à changer après avoir utilisé les extraits des feuilles de *R. pseudoacaciaces*.

Il serait intéressant d'étudier d'autres mécanismes de tolérance et de stratégies adaptatives des plantules face aux stress hydrique et salin

- Déterminer d'autres métabolites, et d'étudier la toxicité de la plante et des extraits.
- Etudier d'autres activités biologiques antimicrobienne, antioxydante insecticide. Egalement de valoriser d'autres parties de plantes.

Le robinier, *Robinia pseudoacacia* L., fait partie de la famille des légumineuses fixatrices d'azote, sa croissance rapide dans sols pauvres en minéraux, présente un avantage certain pour lutter contre la désertification des zones menacée.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- [1] Muller S., (2004)- Robinia pseudoacacia L. Criquet noir. In : Muller S (eds) Plantes envahissantes en France. Muséum national d'Histoire naturelle, Patrimoines naturels, Paris, vol 62, pp 92–93.
- [2] Hemery G., Simblet S., (2014). La Nouvelle Sylva. Un discours sur les arbres forestiers et vergers pour le XXI^e siècle. Groupe Bloomsbury, Londres, p 390.
- [3] IPBES, 2019- Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3831673>
- [4] Bartlett, L.J., Newbold, T., Purves, D.W., Tittensor, D.P., Harfoot, M.B.J., 2016. Synergistic impacts of habitat loss and fragmentation on model ecosystems. Proc. R. Soc. B. 283, 20161027. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1027>
- [5] Mantyka-pringle, C.S., Martin, T.G., Rhodes, J.R., 2012. Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. Glob Change Biol 18, 1239–1252. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02593.x>
- [6] Walther, G.-R., Roques, A., Hulme, P.E., Sykes, M.T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. Trends in Ecology & Evolution 24, 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.008>
- [7] Van Kleunen, M. et al. 2015- Global exchange and accumulation of non-native plants.
- [8] Pagad, S., Hayes, K., Katsanevakis, S., Costello, M.J., 2015a- World Register of Introduced Marine Species (WRIMS). (Accessed at) <http://www.marinespecies.org/introduced>
- [9] Zeneots A et al, 2017- Uncertainties and validation of alien species catalogues: The Meiterranean as an example. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 191,171-187

- [10] Pyšek, P., 2015. Pyšek.P. et al, 2015- Naturalized alien flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion. *Preslia*, 89, 203-274.
- [11] Vilà, M., Basnou, C., Pyšek, P., Josefsson, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Nentwig, W., Olenin, S., Roques, A., Roy, D., Hulme, P.E., 2010- How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Front.Ecol. Environ.* 8, 135–144.
- [12] F. Medail., 2008- De nouvelles espèces vont-elles envahir le milieu méditerranéen ? Résumé. *Forêt Méditerranéenne*, XXIX (2), pp.159-160.
<https://hal.science/hal-03565211>
- [13] WEBER E.F.1997- The alien flora of Europe : a taxonomic and biogeographic review. *Journal of Vegetation Science*, Vol. 8, n°4, pp. 565–572.
- [14] REICHARD S. H., WHITE P., 2001- Horticulture as a pathway of invasive plant introductions in the United States. *BioScience*, vol. 51, n°2, pp. 103–113.
- [15] Blackburn TM, Bellard C, Ricciardi A (2019)- Alien versus native species as drivers of recent extinctions. *Front Ecol Environ* 17:203–207.
<https://doi.org/10.1002/fee.2020>
- [16] Sanchez-Carnero N, Rodriguez-Perez D, Counago E, et al (2012) - Using vertical Sidescan Sonar as a tool for seagrass cartography. *Estuar Coast Shelf Sci* 115:334–344.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.09.015>
- [17] Vanderhoeven S., Piqueray J., Halford M., Nulens G., Vincke J., Mahy G. (2011). Perception and understanding of invasive alien species issues by nature conservation and horticulture professionals in Belgium. *Environmental Management* 47:425-442.
- [18] Celesti-Grapow et al., 2009a. *Plant invasion in Italy – an overview*. Roma: Palombi & Partners srl.

- [19] Capdevilla Argüelles L., Iglesias Garcia A., Orueta J.F. & Zilleti B., 2006. *Especies exóticas invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo*. Madrid: Naturaleza y Parques Nacionales, série Técnica.
- [20] Le Floch E., Le Houerou H.N. & Mathez J., 1990. History and patterns of plant invasion in Northern Africa. *In*: Di Castri F., Hansen A.J. & Debussche M., eds. *Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 105-133.
- [21] Véla E., Rebbas K., Meddour R. & de Belair G., 2013. Note sur quelques xénophytes nouveaux pour l'Algérie (et la Tunisie). *In* : Dobignard A. & Chatelain C., eds. *Addenda – Notes. Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*. Genève : Conservatoire et Jardin Botaniques, 372-376.
- [22] Meddour R. & El Mokni R., 2016. État de l'art sur les plantes envahissantes ou à caractère invasif introduites *basin*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 335-352.
- [23] CANO B., 2013, Le Robinier en Picardie, essence d'avenir ou peste végétale ?, *Forêt entreprise*, n°209, p13-17.
- [24] MULLER S., 2004, « Les plantes invasives en France », *Museum nationale d'histoire naturelle*, 168p.
- [25] Brunel S., (2003).l'afrique.l'afrique un continent en reserve de developement .Bréal édition,paris,p235.
- [26] CARPENTER P., HENSLEY D.L., 1979. Utilizing N-fixing woody plant species for distressed soils and the effect of lime on survival. *Bot. Gaz.*, 140, 76-81.
- [27] JEPKEMA J.D., WIN SHIP L.J., 1980. Energy requirement for nitrogen fixation in actinorhizal and legumes root nodules. *Science*, 209, 279-280.
- [28] MOIROUD A., CAPELLANO A., BARITSCH H., 1981. Fixation d'azote par les espèces ligneuses symbiotiques. 1 - Ultrastructure des nodules, mycorhizes à vésicules et à arbuscules et activité réductrice de C₂H₂ de jeunes plants de *Robinia pseudo-acacia* L. cultivés au laboratoire. *Can. J. Bot.*, 59, 481-490.

- [29] Benbrahim, K. F., Ismaili, M., Benbrahim, S. F., & Tribak, A. (2004). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation : impact du phénomène au Maroc. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 307-320.
- [30] Manchanda, G., & Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(5), 595-618.
- [31] Yücel, N. C., & Heybet, E. (2016). Salicylic acid and calcium treatments improves wheat vigor, lipids and phenolics under high salinity. *Acta Chimica Slovenica*, 63(4), 738-746.
- [32] Coudurier, B., Georget, M., Guyomard, H., Huyghe, C., & Peyraud, J. L. (2013). Vers des agricultures à hautes performances.
- [33] Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant physiology*, 131(3), 872-877.
- [34] Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, 51(1), 463-499.
- [35] Amézqueta S, González-peñas E, Murillo-arbizu M, López DE, Cerain A. 2009. Ochratoxin A decontamination: A review. *Food Control*, 20: 326-333.
- [36] Goufo P, Fontem DA, Ngnokam D. 2010. Evaluation of plant extracts for tomato late blight control in Cameroon. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 38: 171-176.
- [37] Ozbay N. 2004. Fusarium crown and root tomato and control methods. *Plant Pathol. J.*, 3: 9-18.
- [38] Punja Z, Raymond Y. 2003. Biological control of damping-off and root rot caused by *Pythium aphanidermatum* on greenhouse cucumber. *Can. J. Plant Pathol.*, 25: 411-417.
- [39] Dehnen-Schmutz K., Touza A., Perrings C. & Williamson M., 2007. The horticultural trade and ornamental plant invasions in Britain. *Conserv. Biol.*, 21, 224-231.

- [40] Early, Regan, Bethany A. Bradley, Jeffrey S. Dukes, Joshua J. Lawler, Julian D. Olden, Dana M. Blumenthal, Patrick Gonzalez, 2016- « Global Threats from Invasive Alien Species in the Twenty-First Century and National Response Capacities ». *Nature Communications* 7, n° 1 (23 août 2016): 12485. <https://doi.org/10.1038/ncomms12485>
- [41] Marsal P., 2002- les invasions biologiques. Le courrier de l'environnement n°46, juin (2002). INRA. Paris. France, 6p.
- [42] Falk-Petersen J., Bøhn T., Sandlund O.T., 2006. On the Numerous Concepts in Invasion Biology. *Biol. Invasions*, 8 (6): 1409-1424, doi: 10.1007/s10530-005-0710-6.
- [43] Barbault R., Atramentowicz M., 2010. Les invasions biologiques, une question de natures et de sociétés. Éditions Quae,
- [44] Pascal M., Vigne J.-D., Tresset A., 2009. L'homme, maître d'œuvre des invasions biologiques. *Doss. Pour Sci.* (65): 8-13
- [45] Williamson M., 1996. *Biological Invasions*. CHAPMAN & HALL, London, 244 p.
- [46] Valéry L., 2006. Approche systémique de l'impact d'une espèce invasive: le cas d'une espèce indigène dans un milieu en voie d'eutrophisation. Thèse de doctorat en Écologie, Paris, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, France, 276 p.
- [47] Valéry L., Fritz H., Lefeuvre J.-C., Simberloff D., 2009. Invasive species can also be native.... *Trends Ecol. Evol.*, 24 (11): 585-585, doi: 10.1016/j.tree.2009.07.003.
- [48] Lowe S., Browne M., Boudjelas S., et De Poorter M., 2007- *100 Espèces Exotiques Envahissantes parmi les plus néfastes au monde. Une sélection de la Global Invasive Species Database*. Publié par le Groupe de spécialistes des espèces envahissantes (Invasive Species Specialist Group – ISSG) un groupe de spécialistes de la Commission de la Sauvegarde des Espèces (CSE) de l'Union Mondiale pour la Nature (UICN) 12pp.
- [49] IUCN. (2000). *Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species*. Gland Switzerland: IUCN.
- [50] Booth B.D., Murphy S.D., Swanton C.J., 2010. *Invasive plant ecology in natural and agricultural systems*. Ed. 2. CABI, UK, 214 p.

- [51] Williamson M., Fitter A., 1996. The varying success of invaders. *Ecology*, 77 (6): : e012281661–1666
- [52] Richardson D.M., Pyšek P., Rejmanek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J., 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Divers. Distrib.*, 6 (2): : e0284993–107.
- [53] Kolar C.S., Lodge D.M., 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends Ecol. Evol.*, 16 (4): : e02250199–204.
- [54] Colautti R.I., MacIsaac H.J., 2004. A neutral terminology to define ‘invasive’ species. *Divers. Distrib.*, 10 (2): : e00802135–141
- [55] Catford J.A., Jansson R., Nilsson C., 2009. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. *Divers. Distrib.*, 15 (1): : e0046122-40, doi: 10.1111/j.1472-4642.2008.00521.x
- [56] Blackburn T.M., Pyšek P., Bacher S., Carlton J.T., Duncan R.P., Jarošík V., Wilson J.R.U., Richardson D.M., 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol. Evol.*, 26 (7): 333-339, doi: 10.1016/j.tree.2011.03.023
- [57] Goudard A., 2007. *Fonctionnement des écosystèmes et invasions biologiques: importance de la biodiversité et des interactions interspécifiques*. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 216 p.
- [58] Sakhraoui N., Metallaoui S., Chefrour A., et Hadeff A., 2019- La flore exotique potentiellement envahissante d’Algérie : première description des espèces cultivées en pépinières et dans les jardins *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2019 23(2), 63-73
- [59] Dukes J.S., Mooney H.A., 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends Ecol. Evol.*, 14 (4): 135-139
- [60] Hellmann J.J., Byers J.E., Bierwagen B.G., Dukes J.S., 2008. Five Potential Consequences of Climate Change for Invasive Species. *Conserv. Biol.*, 22 (3): 534-543, doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00951.x
- [61] Vicente J.R., Vaz A.S., Queiroz A.I., Buchadas A.R., Guisan A., Kueffer C., Marchante E., Marchante H., Cabral J.A., Nesper M., Broennimann O., Godoy O., Alves P., CastroDíez P., Henriques R., Honrado J.P., 2019. Alien Plant Species:

Environmental Risks in Agricultural and Agro-Forest Landscapes Under Climate Change. In: Climate Change Resilient Agriculture and Agroforestry: Ecosystem Services and Sustainability, Climate Change Management (Eds. Castro P., Azul A.M., Leal Filho W., Azeiteiro U.M.). SPRINGER INTERNATIONAL PUBLISHING, Cham, (Coll. Climate Change Management), 215-234.

[62] Elton C., 1958- The ecology of invasions by animals and plants. *London: Methuen and Company.*

[63] Parker, I. M., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P. M., and Goldwasser, L., 1999- Impact : toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological invasions*, 1(1), 3-19.

[64] Nentwig, W. (Ed.), 2007- *Biological invasions* (Vol. 193). Springer Science & Business Media.

[65] wallon ; 2006- (Extrait de l'Etat de l'environnement ", <http://environnement.wallonie.be/eew/default.aspx>)

[66] Kumschik S. et al, 2015 - Ecological impacts of alien species: quantification, Scope, caveats and recommendations. *BioScience*, 65(1), 55-63

[67] Hulme, P. E., 2007. Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses. *Biodiversity under threat*, 25, 56-80.

[68] Ben Ghabrit S., Bouhache M., Birouk A. et Bon M-C., 2018- Quand les plantes exotiques envahissantes menacent l'agriculture et les écosystèmes. Onzième Congrès de l'Association Marocaine de Protection des plantes. 26-27 Mars 2018, Rabat, Maroc.

[69] Daehler C-C., 1998- la répartition taxonomique des plantes angiospermes envahissantes : Connaissances écologiques et comparaison avec les mauvaises herbes agricoles. *Conservation biologique*. Vol.84 (2):167-180.

[70] Vilà M., Meggaro Y. et Weber E., 1999- Preliminary analysis of naturalized flora of northern Africa. *Orsis*.14: 19-20.

[71] Guillerm, JL, Le Floch, E., Maillet, J., Boulet, C., 1990 - Les mauvaises herbes envahissantes dans le bassin méditerranéen occidental. Dans : di Castri, F., Hansen,

AJ, Debussche, M. (éd.) Invasions biologiques en Europe et dans le bassin méditerranéen. Monographiae Biologicae, Vol(65). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1876-4_5.

[72] Brunel S., 2003- Plantes envahissantes de la région méditerranéenne. Agence méditerranéenne de l'environnement. Agence régionale pour l'environnement Provence-Alpes-Cote d'Azur. 48p.

[73] Lowe S., Browne M., Boudjelas S., et De Poorter M., 2007- 100 espèces exotiques envahissantes parmi les plus néfastes au monde . *Une sélection de la Global Invasive Species Database*. Publié par le groupe de spécialiste des espèces envahissantes (Invasive Species Specialist Group- ISSG) un groupe de spécialiste de la commission de la sauvegarde des Espèces (CSE) de l'Union Mondiale pour la nature (UICN) 12 pp. Première édition (en anglais), en tant qu' encart dans Aliens du 12 Décembre 2000. Version traduite et mise à jour : Juin 2007.

[74] Zeddani A. , 2008- Les espèces envahissantes en Algérie. [Accessed 2020 Feb.15]. www.bionet.net/algeria.htm.

[75] Hulme P.E., Bacher S., Kenis M., Klots S., Kuhn I., Minchin D., Nentwig W., Olenin S., **Pavov V.**, Pergl J., Pysek P., Roques A., Sol D., Solars W. and Vilà M., 2008-Grasping at the routes of biological invasions: a framework for Integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology*: Vol (45) : 403-414.
doi:10.1111/j-1365-2664.2007.01442.x.

[76] BORING L.R., SWANK W.T, 1984, The role of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in forest succession, *Journal of ecology*, n°72, p749-766.

[77] Boff B., 2006 - Une énigme à Bagatelle : le *Robinia pseudoacacia* var. *forestieri-bagatelle*, *robinier*, *robinia*, *pseudoacacia*, *forestieri*, *forestier* , p. 57-59 - Association des Parcs Botaniques de France, Bulletin de l'Association des Parcs Botaniques de France, N°41 - Saisie : Frédéric TOURNAY - Art. n°28526.

[78] Brosse J., 2000- Larousse des Arbres et des Arbustes. Paris, France, Larousse, 351 p.

[79] MOIROUD A. CAPELLANO, 1982. Le robinier, *Robinia pseudoacacia* L., une espèce fixatrice d'azote intéressante ?. *ann.sci.forest.*,39 (4).407 -414.

- [80] Pokorny J., 1987 - *Arbres* - (ISBN 2-7000-1818-4) - Editions Grund ; p.118
- [81] Hillairet J., 1985- *Dictionnaire historique des rues de Paris*, éditions de Minuit, (ISBN 2707310549), p. 452.
- [82] Blamey M., Grey-Wilson C.,-*La flore de France et d'Europe occidentale*, (ISBN 2-908975-05-X)
- [83] Serge M., 2004- *Les plantes invasives en France*. Publications du MNHN, Paris, (ISBN 2-85653-570-4).
- [84] Reille M.,-IMAGES DE QUELQUES ARBRES ET ARBUSTES COMMUNS EN LOZÈRE et ailleurs, Connaissance et reconnaissances.
- [85] GENOUX N., PRIYMENKO N., 2023- Le robinier faux-acacia : plante toxique institue français du cheval et de l'équitation
- [86] BURYLO M., REY F., MATHYS N., DUTOIT T., 2012, Plant root traits affecting the resistance of soils to concentrated flow erosion, *Earth surface processes and landforms*, n°37, p1463-1470.
- [87] CANO B., 2013, Le Robinier en Picardie, essence d'avenir ou peste végétale ?, *Forêt entreprise*, n°209, p13-17.
- [88] RADTKE A., AMBRAß S., ZERBE S., TONON G., FONTANA V., AMMER C., 2013, Traditional coppice forest management drives the invasion of *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* into deciduous forests, *Forest Ecology and Management*, n°291, p308-317.
- [89] LEE C.-S., CHO H.-J., YI H., 2004, Stand dynamics of introduced black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantation under different disturbance regimes in Korea, *Forest Ecology and Management*, n°189, p281-293.
- [90] CIERJACKS A., KOWARIK I., JOSHI J., HEMPEL S., RISTOW M., VON DER LIPPE M., WEBER E., 2013, Biological Flora of the British Isles : *Robinia pseudoacacia*, *Journal of Ecology*, n°101, p1623-1640.

- [91] FOURBISSEUR A., DEVILLET S., JOUREZ B., HEBERT J., 2003, Le robinier faux-acacia en Wallonie : utopie ou réalité ? Premiers résultats, Forêt Wallonne, n°67, p12-25.
- [92] Julve, Ph., 2021 - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 27 avril 2021.
<https://www.telabotanica.org/projets/phytosociologie>
- [93] Office québécois de la langue française (2), Démécologie, consulté sur http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?ld_Fiche=17076612, le 15/08/2014.
- [94] BORING L.R., SWANK W.T, 1984, The role of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in forest succession, *Journal of ecology*, n°72, p749-766.
- [95] MOTTA R., NOLA P., BERRETTI R., 2009, The rise and fall of the black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the “Siro Negri” Forest Reserve (Lombardy, Italy): lessons learned and future uncertainties, *Annals of Forest Science*, vol. 66, n° 4, 10p.
- [96] HOPIKNS W.G., 2003 - physiologie végétale-traduction de la 2ème édition américaine par Serge .R. Ed. de Book, p.66-81.
- [97] DUTUIT P., POURRAT Y., DUTUIT J.M., 1994- La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sécheresse*, Vol. 5, N°. 1: 23-31.
- [98] JONES H.G., FLOWERS T.J., JONES M.B., 1989- *Plants under stress*. Cambridge, Cambridge University Press.
- [99] Sharma, A., Devi, A., Garg, C., Kumari, A., Mann, A., Kumar, A., “Behavior of Halophytes and Their Tolerance Mechanism Under Different Abiotic Stresses” In *Ecophysiology, Abiotic Stress Responses and Utilization of Halophytes*, Springer, Singapore, (2019), 25-38
- [100] GIRAUD E., LOIS H.M. HO, CLIFTON R., CARROLL A., ESTAVILLO G., TAN Y.F., HOWELL K.A., IVANOVA A., POgSony B.J., MILLAR A.H. AND WHELAN J., 2008 - The Absence of ALTERNATIVE OXIDASE1A in *Arabidopsis* Results in Acust Sensitivity to Combined Light and Drought Stress. *Plant physiol.* 147 :595-610.
- [101] LANGRIDGE P., PALTRIDGE N., FINCHER G., 2006- Functional genomics of abiotic stress tolerance in cereals. *Brief Funct Genomic Proteomic.* 4(4):343-54.

- [102] WANG W; VINOCCUR B; ALTMAN A., 2003 - Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
- [103] ZHU J.K., 2001 - Plant salt tolerance. *Trends in plant Sci.* 6: 66-71.
- [104] Bassou S., 2019- Effet du stress salin sur la germination de l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L) :4.7P.
- [105] Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F., 1995- Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*.4 (4):263-273.
- [106] Belfakih M., Ibriz M., Zouahri A., 2013 Effet de la salinité sur les paramètres morphophysologiques de deux variétés de bananier (*Musa acuminata* L). *Journal of Applied Biosciences*, 70,5652-5662.
- [107] Munns R., James R. A., Lauchli A. 2006- Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 27: 1025-1043.
- [108] Munns R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* 167:645-63
- [109] Munns R. et Tester M., 2008- Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Physiol Plant MolBiol* 59:651–681.
- [110] CHINNUSAMY V., SCHUMAKER K et ZHU J. K., 2004- Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *J of Experimental Botany.* 55: 225-236.
- [111] Belkhodja M et Bidai Y., 2004 Réponse des graines d'*Atriplexhalimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse* n°4, vol 15, pp 331-334.
- [112] Bouda S et Haddioui A., 2011 Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue « Nature Technologie »*. N° 05: 72 –79.
- [113] Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H et Boukroute A., 2006 Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jujuba

(*Simmondsiachinensis* [link] *schneider*). Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc, 24p.

[114] Ben Amor N., Ben Hamed K., Debez A., Grignon C et Abdelly C., 2005- Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmummaritimum* to salinity. *Plant Sci.* 168, 889–899.

[115] Dodd G.L et Donovan L.A., 1999- Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. *Am. J. Bot.* 86, 1146-1153.

[116] Debez A., Chaibi W., et Bouzid S., 2001 Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplexhalimus* L. *Agriculture*. Vol. 10, n°2, pp. 8-135.

[117] Adel J. et Bader J., 2002- Studies of some traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticumaestivum* L.). *Proceeding of the International Symposium on optimum resources utilization in salt-affected Ecosystems in arid and semi-arid regions*, Cairo, Egypt, p.102.

[118] Chartzoulakis K., Klapaki.,G .(2000).Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages.*Sci.Hortic.*86 :247-260.

[119] Wang.,Y . Nil., (2000).Changes in chlorophyll . ribulose carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J.Hortic .Sci. Biotechnol.* 75 : 623-627.

[120] LEVIGNERON A, LOPEZ F, VARISUYT G, BERTHOMIEN P et CASSE-DELBAR T., 1995. Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*.(4): 263-273.

[121] Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brachenbury W.J., Lambert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F.Gosti F., Simonneau T., Essah P.A. Tester M., Very A.A., Sentenac H., Casse F., 2003: Functional analysis of *athkt* in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *EMBO Journal*, Vol. 22: 2004- 2014.

- [122] Haouala F., Ferjani H. et Ben El Hadj S., 2007 – Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺,K⁺ et Ca⁺⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11 (3), 235-244.
- [123] JABNOUNE M., 2008- Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse Doct. CNRS/INRA/Sup. Agro. Univ. / Montp II.289P.
- [124] HASEGAWA P M., BRESSAN R A., ZHU J K., BOHNERT H J., 2000 – Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Plant Mol. Biol.* Vol. 54: 463- 499.
- [125] Hawksworth, D.L., 2001- The magnitude of fungal diversity : the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research.*Vol.(105). N 12.Pp : 1422-1432.
- [126] Kubicek C.P., Starr T.L. and Glass N.L., 2014- Plant Cell Wall–Degrading Enzymes and Their Secretion in Plant-Pathogenic Fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2014. 52:427–51.
- [127] BITAR D., LORTHOLARY O., DROMER F., COIGNARD B. & CHE D., 2013. Mycoses invasives et France Metropolitaine, PMSI, incidence, létalité et tendances 2001– 2010. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 109-114.
- [128] DORRANCE A.E., BERRY S.A., BOWEN P. & LIPPS P.E., 2004. Characterization of *Pythium* spp. From three Ohio fields for pathogenicity on corn and soybean and metalaxyl sensitivity. *Plant Health Progress.* www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2004/pythium.
- [129] El Hasani, N., 2013. Les mycoses : étude d'une série répertoriée au service de parasitologiemycologie médicale de l'hôpital ibn Sina de Rabat sur une période de 5 ans (2007-2011). Thèse de doctorat en pharmacie. Université Mohamed V Faculté de Médecine et de Pharmacie-Rabat, 199p.
- [130] Hajji H., Tallal I, Maafa I, Bentata F, El Alaoui Faris F.E., Abdennebi E.L. et EL Aissami A. 2016- Evaluation in vitro de l'activité antifongique de quatre plantes médicinales marocaines sur cinq champignons phytopathogènes. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, N° 10: 57-65.

- [131] Nyah Njike G., Watcho P., Nguelefack T.B. & Kamanyi A., 2007. Hypoglycaemic activity of the leaves of *Bersamaengleriana* in rats. *Afr J Trad.* 2(3): 215-221
- [132] Bouzita N., Kachouri F., Ben Halima M. & Chaabouni M., 2008- Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. *Journal de la société chimique de Tunisie.* 10: 119-125
- [133] El Karni H., Oubouhssine M., El Aissami A. & El Alaoui Faris F. E., 2012- Etude de l'impact de *Mesenbryanthemum nodiflorum* sur des microorganismes pathogènes. *Proceeding du congrès international« Journées internationales des substances naturelles et développement durable» ; Faculté des Sciences Rabat –Agdal (Maroc); les 22 –23 Juin p175.*
- [134] Aouadhi C., Ghazghazi H., Hasnaoui B. et Maaroufi A., 2013- Comparaison de l'activité antifongique d'extraits méthanoliques de trois plantes collectées du nord-ouest de la Tunisie. *Microbiol. Hyg. Alim* 25 (73) : 9-14.
- [135] Dohou N., Yamni K., Badoc A. & Douira, A., 2004- Activité antifongique d'extraits de *Thymelaea lythroides* sur trois champignons pathogènes du riz. *Bull. Soc. Pharm,* 143: 31-38.
- [136] Samson R.A. et Varga J., 2007- *Aspergillus* systematics in the genomic era. *Studies in Mycology.* 59: 71-73.
- [137] Louvet J., 1977- Observations sur la localisation des chlamydospores de *Fusarium oxysporum* dans les tissus des plantes parasitées. *Travaux Dédiés à G. Viennot Bourgin*, pp. 193-197. INRA, Paris, France.
- [138] Lepoivre P., 2003- *Phytopathologie: bases moléculaires de biologie des pathosystèmes et fondement des stratégies de lutte.* De Boeck & Presses Agronomiques de Gembloux (Eds.), Brussels, Belgium, 149-167.
- [139] Baert, K., Devlieghere, F., Flyps, H., Oosterlinck, M., Ahmed, M., Rajković, A., Verlinden, B., Nicolai, B., Debevere, J., Meulenaer, B.D., 2007- Influence of storage

conditions of apples on growth and patulin production by *Penicillium expansum*. *Int.J.FoodMicrobiol.* <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2007.07.061>

[140] Tannous, J., Keller, N.P., Atoui, A., El Khoury, A., Lteif, R., Oswald, I.P., Puel, O., 2018- Secondary metabolism in *Penicillium expansum*: Emphasis on recent advances in patulin research. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 58, 2082–2098.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305945>

[141] Halimi A., 1980- *L'Atlas blidéen : climats et étages végétaux*. Ed. OPU (Office des Publications Universitaires), N°648, Alger, 523 p.

[142] Bensaada, H., 1986- Étude de la végétation du Djebel Mouzaïa, essai de cartographie de la partie Est, Thèse d'ing. INA El Harrach. 100 p. Alger.

[143] Addar A., Kheddache Z., Righi H. et Dahmani-Megrerouche H., 2016 - Suivi de la régénération naturelle du Cèdre de l'Atlas dans les premiers stades de développement dans quelques stations du massif forestier de Chréa (Atlas Blidéen, Algérie). *Revue d'écologie (La terre et La vie)*, tome 71, n°4. Pp: 367-384.

[144] PNC, 2014- Rapport d'action annuel. 15p.

[145] Long G., 1974- Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire, T1 : Principes généraux et méthodes : Recueil, analyse, traitements et expression cartographique et l'information. Ed. Masson et Cie, Paris, 252p.

[146] HALIMI, A., 1980- *L'Atlas Blidéen, Climat et étage végétaux*. Ed. O.P.U. Alger: 523 p.

[147] Lahrech B. et Khenafif H., 2018- Evaluation de la biodiversité du parc national de Chrea (Blida). Mém. Master, Sc.Agro.uni.Blida 1. 89p.

[148] Lemiti S., 2020- Effet de la combinaison des facteurs écologiques sur le Cèdre de l'Atlas dans le parc national de Chrea. Thèse. Doc. Uni.Blida 1, 118p.

[149] Bagnols F. et Gausson H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique Fac. Sci.Doc ; pour la carte des productions végétales, Toulouse, Vol. I, art 8, 47p.

- [150] Halimi A. 1977 - *L'Atlas blidéen -climat et étages végétaux*. Ed. Office des Publications Nationales, Alger, 523p.
- [151] Faurel, L. (1947). Note sur le cèdre de l'Atlas de Blida, ses sols et ses associations végétales. *CR Congo Pédologie, Montpellier-Alger*. 235p.
- [152] Nedjahi, A. (1988). La cedraie de chrea (atlas Blidéen): Phénologie, productivité, régénération, Nancy 1.267p
- [153] Luo, Y., Liang, J., Zeng, G., Chen, M., Mo, D., Li, G., Zhang, D., 2017- Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects”, *Waste Management*, V.71, 109-114.
- [154] Bidai, Y., 2017- Caractérisation biochimique des marqueurs physiologiques et métaboliques de la résistance au stress salin chez l’halophile : *Atriplex halimus L.*”, Doctorat en sciences biologiques, (Doctoral dissertation, Université de Mascara).
- [155] Thabet, S.G., Moursi, Y.S., Karam, M.A., Graner, A., Alqudah, A.M., “Genetic basis of drought tolerance during seed germination in barley”, *PLoS ONE*, V.13, (2018). Côme D., Ed. Masson et Cie, Paris.1970, 162
- [156] Das, M., Sharma, M., Sivan, P., “Seed Germination and Seedling Vigor Index in *Bixa orellana* and *Clitoria ternatea*”, *Int. J. Pure App. Biosci.*, V. 5, (2017),15-19.
- [157] Côme D., Ed. Masson et Cie, Paris.1970, 162.
- [158] Osborne J.M., Fox J.E.D. et Mercer S., *Lieth H. (1993)-Masoom A.(Eds), Towards the Rational Use of High Salinity Plants*, 1, (1993), 323-338. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 521 pp.
- [159] DuBois, Mi., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, et F. Smith., (1956). « Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances ». *Analytical Chemistry* 28 (3): 350-56.
- [160] Dreier, Wolfgang, et Horst Goering. (1974). « Der Einflußhoher Salzkonzentrationen auf verschiedene physiologische Parameter von Maiswurzeln ». *WissenschaftlicheZeitschrift der Humboldt-Universitätzu Berlin.Mathematisch-NaturwissenschaftlicheReihe* 23 (janvier): 641-44.

- [161] Monneveux P., et Nemmar M. ; (1986). « Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 1986, 6 (6), pp.583-590.
- [162] Debib A., Tir-Touil A., Mothana R.A., Meddah B and Sonnet P., 2014- Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of two fruit varieties of Algerian *Ficus carica* L. *J. Food Biochem.*38: 207–215.
- [163] Bouda, S., Haddioui, A., 2011- "Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*", *Revue Nature et Technologie*, V.3, n°2, (2011), 72-79.
- [164] Romero B. and Ganteaume A., 2020 -Does recent fire activity impact fire-related traits of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus sylvestris* L. in the French Mediterranean area. *Annals of Forest Science* (2020) 77:106.
<https://doi.org/10.1007/s13595-020-01016-1>
- [165] Hajlaoui H., Denden M. et Bouslama M., 2007- *TROPICULTURA*, 25 (3) :168-173.
- [166] Prado F.E., Boero C., Gallardo M., and Gonzalez J.A., 2000- Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, pp. 27-34
- [167] Ben Miled, D., Boussaid M., Abdelkefi A. et Cherif A., 1986- Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Séminaire international sur les végétaux en milieu aride, 8 au 10 septembre, Jerba, Tunisie, pp. 586-593.
- [168] Agbogon A., Bammite D., Tozo K. and Akpagana K., 2014- Contribution à la multiplication par graines et par bouturage de segments de tiges et de racines de trois fruitiers spontanés de la région des savanes au Togo : *Haematostaphis barteri* Hook., *Lanea microcarpa* Engl. & K/ Krauss et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., *European scientific journal*, 10 (6): 195 - 211

- [169] M. TOUMI, S. BARRIS, M. SEGHIRI, H. CHERIGUENE and F. AID, Effect of several methods of scarification and osmotic stress on seed germination of *Robinia pseudoacacia*, L. C. R. Biologies, 340 (2017) 264 – 270.
- [170] Bliss R.D., Platt-Aloria K.A. et Thomson W.W., *Plant Cell and Env.*, 9, (1986), 721-725.
- [171] Jaouadi, W., Hamrouni, L., Souayah, N. & Larbi khoudja, M., 2010- Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14: 643-652.
- [172] NEFFATI A., 1996- «Etudes des caractéristiques germinatives des semences de quelques légumineuses spontanées de la Tunisie steppique.» *Revue des Régions Arides.*, (1996) 272 - 287 p.
- [173]W. JAOUADI, «Analyse de la capacité germinative de quelques espèces d'acacia exotique.», (2007) 18 p.
- [174]Reza Yousefi, A., Rashidi, S., Moradi, P., Mastinu, A., “Germination and seedling growth responses of *Zygophyllum fabago*, *Salsola kali* L. and *Atriplex canescens* to PEG-induced drought stress”, *Environments*, V.7, no12, (2020), 107p.
- [175] Wang Z., Wang M., Liu L., Meng F., (2013). Physiological and Proteomic Responses of Diploid and Tetraploid Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.). Subjected to Salt Stress *Int. J. Mol. Sci.* 14(10).pp :20299-20325.
- [176] Lebon E., Pellegrino A., Tardieu F. et Lecoœur J., 2004- Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of Botany*. 93: 263 -274.
- [177] KADDOUR A., 2008- Contribution à l'étude du comportement morphophysologique et biochimique de *Pistacia atlantica* Desf.sp. *atlantica*, stressée à la salinité. Thèse. Mag. Université d'Oran P.59.
- [178] SIVARAKRISHNAN S., PATTEL V., FLOWER G., PEACOCK J., 1988- Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid season drought stress. *Plant Physiol*, 74: 418-426.

- [179] Denden M., Bettaieb T., Salhi A. et Mathlouthi M., 2005- Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales, *Tropicultura*, 23(4) : 220-225.
- [180] Hamza M., 1982- Adaptations physiologiques à la salinité des plantes cultivées *Bull.Soc.Ecophysiolo.*7-2. 169-184.
- [181] AMARA N., et BENRIMA A., 2017- Effet de la contrainte saline sur la croissance et le développement de la coriandre *Coriandrum sativum* L. *Revue Agrobiologia* (2017) 7(1): 203-209.
- [182] El Midaoui M., Benbella M., Aït Houssa A., Ibriz M. and Talouizte A., 2007- Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.) *Revue HTE* 136 : 29-34.
- [183] Bois, G., 2005- Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhisés en milieu salin et sodique. Thèse de doctorat 187p.
- [184] Hassani A., Dellal A. Belkhodja M., & Kaid-Harche M., 2008- Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). *European Journal of Scientific Research*. Vol 18. No 1, p. 61-69.
- [185] Levitt J., 1980- Responses of plants to environmental stresses: Water, radiation, salt, and other stresses. Volumell. 2nd ed. New York, USA, Academic Press, 607 p.
- [186] Akcay, U.C., Ercan, O., Kavas, M., Yildiz, L., Yilmaz, C., Oktem, H.A. & Yucel, M., 2011- Drought-induced oxidative damage and antioxidant responses in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings. *Plant Growth Regul*, 61: 21-28.
- [187] Bado BV, Sedogo PM, Hien V, Lompo F. 2002. Utilisation efficace des engrais azotés pour une augmentation de la production vivrière: 'expérience du Burkina. In *Alleviating Soil Fertility Constraints to Increased Crop Production in West Africa*, Mokuwnye AU (Ed.). Kluwer Academie Publishers: Netherlands; 115-123.
- [188] Libbey J. 2003- Le dépérissement des forêts du Maroc : analyses des causes et stratégie de lutte. *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, 14 (4): 209-18.

- [189] Kameli, A. & Losel, D.M., 1996- Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. *New Phytol.* 132: 57-62.
- [190] Korn, M., Peterek, S., Mock, H.P., Heyer, A.G. & Hincha D.K., 2008-Heterosis in the freezing tolerance, and sugar and flavonoid contents of crosses between *Arabidopsis thaliana* accessions of widely varying freezing tolerance. *Plant Cell and Environ*, 31: 813-827.
- [191] Azzaz N.A., Hamed S.S., and Kenawy T.A., 2019. Chemical studies on cypress leaves (*Cupressus sempervirens*) and their activity as antimicrobial agents. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*.44(2) :100-109.
- [192] Ait ialeff K., 2022 -Corrélation entre le contenu polyphénolique et l'activité antimicrobienne et antioxydante in vitro des feuilles de *Cupressus sempervirens* L .thèse de Doctorat ; L'Université Saad Dahleb Blida 1.