



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : NECIRI Younes

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : Protection des végétaux

Thème

**Recherche d'une activité allélopathique chez quelques
métabolites de (*Retama raetam* et *Casuarina equisetifolia*)
pour la lutte contre des mauvaises herbes**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
TOUATI Sihem	MCB	Président
ZAZA Messaouda	MAA	Examineur
HOUYOU Zohra	MCA	Encadreur
ALLAL Farida	MCA	Co-Encadreur

Promotion : Juin 2022

Recherche d'une activité allélopathique chez des métabolites de *Retama raetam* et *Casuarina equisetifolia* pour la lutte contre des mauvaises herbes.

Résumé :

La présence des adventices dans un champ de céréales est nuisible sur les plans agronomiques et économiques. La découverte d'un herbicide naturel peut réduire les impacts préjudiciables à l'environnement. Dans le but de rechercher des produits naturels d'origine végétale qui peuvent avoir une action herbicide, nous avons choisi deux espèces végétales (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*), pour tester leur potentiel allélopathique sur la germination des graines et le développement des plantules des mauvaises herbes des cultures des céréales (*Avena sterilis* et *Bromus secalinus*) et sur le blé dur *Triticum durum* (Variété SIMETO). La caractérisation chimique de (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*) a révélé que ces deux plantes synthétisent les flavonoïdes, les triterpénoïdes et les tanins ; cependant *Casuarina equisetifolia* ne synthétise pas les alcaloïdes. Des extraits aqueux sont préparés à partir des feuilles des deux plantes (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*), aux concentrations respectives (5%, 10% et 15% et témoin 0%). Les graines de l'*avena sterilis*, *Bromus secalinus* et *Triticum durum* sont ensuite mises pour germination dans ces extraits, à une température de 22 à 25°C. Les résultats ont montré que l'inhibition de la germination des graines de ces plantes augmente lorsque la concentration des extraits augmente, cette augmentation n'est pas similaire pour les 3 espèces cibles. Ces résultats sont relativement prometteurs en domaine de lutte biologique contre des mauvaises herbes.

Mots clés : allélopathie, *Casuarina equisetifolia*, *Retama raetam*, inhibition, germination, les extraits aqueux, Mauvaise herbes.

البحث عن نشاط *allelopathic* في مستقبقات *Casuarina equisetifolia* و *Retama raetam* لمكافحة الأعشاب الضارة.

الملخص:

يعتبر وجود الحشائش في حقل الحبوب ضارا زراعياً واقتصادياً. يمكن أن يقلل اكتشاف مبيدات الأعشاب الطبيعية من الآثار الضارة على البيئة. بهدف البحث عن منتجات طبيعية من أصل نباتي يمكن أن يكون لها تأثير مبيد للأعشاب، اخترنا نوعين من النباتات (*Casuarina equisetifolia* و *Retama raetam*)، لاختبار إمكاناتهم الأليلوباثية على إنبات البذور وتطوير شتلات الأعشاب. من محاصيل الحبوب (*Avena Sterilis* و *Bromus secalinus*) وعلى القمح القاسي *Triticum durum* (من نوع SIMETO)، عند درجة حرارة تتراوح من 22 إلى 25 درجة مئوية. أظهر الوصف الكيميائي لمركب (*Casuarina equisetifolia* و *Retama raetam*) أن هذين النباتين يحتويان على مركبات *les tanins* و *les tri terpènes* و *les flavonoïdes* . بحيث ان مستخلص (*Casuarina equisetifolia*) لا يحتوي على مركبات *les alcaloïdes* . يتم تحضير المستخلصات بتركيزات مختلفة (5%، 10% و 15% و 0% شاهد) من أوراق النباتين (*Casuarina equisetifolia* و *Retama raetam*). يزيد تثبيط إنبات بذور النباتات المستهدفة عندما يزداد تركيز المستخلصات، وهذه الزيادة لا تتشابه مع الأنواع الثلاثة المستهدفة.

الكلمات الدلالية : *allélopathie, Casuarina equisetifolia, Retama raetam, inhibition,*

germination, les extraits aqueux, Mauvaises herbes.

Search for allelopathic activity in metabolites of *Retama raetam* and *Casuarina equisetifolia* for weed control.

Abstract:

The presence of weeds in a cereal field is harmful agronomically and economically. The discovery of a natural herbicide can reduce the harmful impacts on the environment. In order to search for natural products of plant origin which can have a herbicidal action, two plant species (*Casuarina equisetifolia* and *Retama raetam*) are chosen, to test their allelopathic potential on the germination of seeds and the development of weed seedlings in cereals crops *Avena sterilis*, *Bromus secalinus* and wheat *Triticum durum* (SIMETO variety). The chemical characterization of (*Casuarina equisetifolia* and *Retama raetam*) revealed that these two plants synthesize flavonoids, tri-terpenes and tannins. *Casuarina equisetifolia* does not synthesize alkaloids. The chemical characterization of (*Casuarina equisetifolia* and *Retama raetam*) revealed that these two plants synthesize in their leaves, flavonoids, triterpenoids and tannins; however *Casuarina equisetifolia* does not synthesize alkaloids. Aqueous extracts are prepared from the leaves of the two plants (*Casuarina equisetifolia* and *Retama raetam*), at respective concentrations (5%, 10% and 15% and 0% control). The seeds of *Avena sterilis*, *Bromus secalinus* and *Triticum durum* are then germinated in these extracts, at a temperature of 22 to 25°C. The results showed that the inhibition of the germination of the seeds of these plants increases when the concentration of the extracts increases, this increase is not similar for the 3 target species

Key words: allelopathy, *Casuarina equisetifolia*, *Retama raetam*, inhibition, germination, aqueous extracts, weeds.

Remerciements

J'exprime ma reconnaissance à toutes les personnes trop nombreuses pour les citer, qui ont contribué à mes formations, qui m'ont aidé, conseillé et orienté.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mes frères, pour leurs encouragements.

Neciri Younes.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

*A mes parents, Mariem et Mebarak, qui m'ont soutenu
toute ma vie;*

A mes frères Tayeb et Lazhari;

A ma grande famille, du grand au petit;

A tous mes Amis du lycée et Universitaires.

Neciri Younes.

Sommaire :

Résumé	I
المخلص	II
Abstract	III
Remerciement	IV
Sommaire	V
Liste des figures	VI
Liste des tableaux	VII
Liste des abréviations	VIII
INTRODUCTION	1

Chapitre I Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les plantes adventices ou mauvaises herbes	4
I.1. Notion des plantes Adventices (Mauvaises Herbes)	4
I.2. Facteurs de développements et distribution de la flore adventice	4
I.3. Influence des facteurs de l'environnement	5
I.3.1. Rôle du climat	5
I.3.2. Rôle du sol	5
I.4. Importance agronomique des mauvaises herbes	6
I.5. Caractéristiques biologiques des adventices des cultures	6
I.5.1. Les plantes annuelles (thérophytes)	6
I.5.2. Les espèces bisannuelles	7
I.5.3. Les vivaces (géophytes)	8
I.6. Capacité d'adaptation des mauvaises herbes	8
I.7. La gestion de la flore adventice	9
I.8. Nuisibilité due aux mauvaises herbes	10
I.8.1. Notion de la Nuisibilité	10
I.8.2. Seuil de nuisibilité	10
I.9. Méthodes de lutte contre les Mauvaises Herbes	11
I.9.1. Moyens préventifs	12
I.9.2. Méthodes culturales	12
I.9.3. Moyens biologiques	12
I.9.4. Moyens mécaniques	12

I.9.5.Moyens chimiques	12
I.10.Stratégies pour le contrôle des mauvaises herbes	13
I.10.1.L'Agriculture de conservation	13
I.10.3.La lutte biologique contre Mauvaises herbes	14
II. Généralités sur l'allélopathie.....	15
II.1.Définitions de l'allélopathie	15
II.2.Généralités sur allélochimiques	15
II.3.Nature des Composés allélopathiques	16
II.3.1.Les alcaloïdes.....	16
II.3.2.Les Terpénoides.....	17
II.3.3.Les composés phénoliques.....	17
II.4.Voies de libération des composés allélopathiques	18
II.4.1.Volatilisation	18
II.4.2.Exsudations racinaires	18
II.4.3.Lessivage	18
II.5.L'allélopathie dans les différents organes de la plante	19
II.6.Les importantes actions des allélochimiques	20
II.7. Allélopathie et environnement	20
II.8.Allélopathie et compétition.....	20
II.9.L'allélopathie et la lutte contre les mauvaises herbes	21
III. Généralités sur les <i>Casuarina equisetifolia</i>	22
III.1.Description des <i>Casuarina equisetifolia</i>	22
.....	
III.2.Habitat de <i>Casuarina equisetifolia</i>	23
III.3.Biologie de <i>Casuarina equisetifolia</i>	24
III.4.Ecologie de <i>Casuarina equisetifolia</i>	24
III.5.Systématique de <i>casuarina equisetifolia</i>	25
III.6.Intérêt de <i>casuarina equisetifolia</i>	25
IV. Généralités sur les rétames.....	26
IV.1.Description des rétames	26
IV.1.1.Morphologie.....	26
IV.1.2.Aperçu historique de la classification	27
IV.1.3.Systématique des rétames.....	28

IV.1.4.Génétique et caryologie.....	29
IV.2.Présentation des espèces	29
IV.3.Distribution géographique de <i>Rétama raetam</i>	30
IV.4.Intérêt des rétames.....	30

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I.1.Description générale des espèces cibles utilisées durant le test de l'allélopathie....	33
I. 1.1. <i>Avena sterilis</i>	33
I.1.2. <i>Bromus secalinus</i>	33
I.1.3. <i>Triticum durum</i> (Variété Simeto)	33
II. Préparation du matériel végétal	33
III. Caractérisation chimique de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>	34
III.1.La spectrophotométrie infrarouge : (Spectres FT-IR)	34
III.2.Tests phyto-chimiques	36
III.2.1.Tanins	36
III.2.2.Flavonoïdes	36
III.2.3.Stérols et tri terpènes	36
III.2.4.Alcaloïdes	36
IV. Travail Expérimental du test allélopathique	37
IV.1.La préparation des solutions Extraits aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>	37
IV.2.Les tests de germination	39
IV.2.1.Matériel végétal (semence) utilisé pour le test de germination	39
IV.2.2.Essai du pouvoir allélopathique	39
IV.3.Suivi de la germination et notations	40
IV.3.1.Détermination du taux de la germination et de son inhibition	40
IV.3.2.Mesure des longueurs de croissance des radicules et des glumelles	41
IV.3.3.Indice de vigueur des plantules	41
IV.3.4.Analyses statistiques des données	42

Chapitre III : Résultats et Discussion

Caractérisation chimique de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>	44
Analyse des différents spectres Infrarouge (IR) enregistrés	44
Caractérisation de <i>Casuarina equisetifolia</i>	44
Caractérisation de <i>Retama raetam</i>	46

Phyto-chimie de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>	47
Effets des extraits aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i> sur le taux d'inhibition de la germination, sur l'inhibition du développement des radicules et des glumelles des plantes cibles	48
Effet de l'extrait aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i> sur le taux d'inhibition de la germination (TIG) des graines des plantes cibles	48
Effet de l'extrait aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et de <i>Retama raetam</i> sur l'inhibition du développement des glumelles (I D G) des plantes cibles	50
Effet de l'extrait aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i> sur l'inhibition du développement des radicules (I D R) des plantes cibles	52
Effet de l'extrait aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i> sur l'indice de vigueur des plantes cibles	54
Analyse en composante principale	56
Discussion	57
Conclusion et Perspectives	60
Références bibliographiques	63
Annexe	69

Liste des figures

Figure 1 : Facteurs influant sur la composition de la flore adventice	5
Figure 2 : Cycle biologique des adventices annuels	7
Figure 3 : Cycle biologique des adventices bisannuels (Godron, 1968)	8
Figure 4 : Type de nuisibilité des mauvaises herbes dans les cultures	11
Figure 5 : Localisation des métabolites secondaires dans les végétaux	16
Figure 6 : Voies de libération des molécules allélopathiques	19
Figure 7 : Casuarina en Algérie, arbre <i>Casuarina equisetifolia</i> dans la région de Laghouat	23
Figure 8 : Classification du genre <i>Retama</i> selon	28
Figure 9 : Photographie d'un arbuste de <i>Retama raetam</i>	30
Figure 10 : Broyage de la plante (<i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>)	34
Figure 11 : Spectrophotomètre jasco FT/IR-4200	35
Figure 12 : Extraction liquide-liquide avec du chloroforme	37
Figure 13 : La préparation des solutions (Extraits aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>)	38
Figure 14: Filtrations des extraits aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>	38
Figure 15 : Les tests de germination des graines des plantes cibles, avec extraits aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i>	41
Figure 16 : Mesure des longueurs des glumelles et des radicules	44
Figure 17 : La caractérisation chimique de <i>Casuarina equisetifolia</i> par spectrophotomètre jasco	44
Figure 18 : La caractérisation chimique de <i>Retama raetam</i> par spectrophotomètre jasco FT/IR 4200	46
Figure 19 : Effet de l'extrait aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i> sur l'inhibition de la germination des graines des plantes cibles	48
Figure 20 : Effet de l'extrait aqueux (A) <i>Casuarina equisetifolia</i> et (B) <i>Retama raetam</i> , sur l'inhibition du développement des glumelles des plantes cibles.....	50
Figure 21 : Effet de l'extrait aqueux (A) <i>Casuarina equisetifolia</i> et (B) <i>Retama raetam</i> , sur l'inhibition du développement des radicules des plantes cibles	52
Figure 22 : Effet de l'extrait aqueux de <i>Casuarina equisetifolia</i> et <i>Retama raetam</i> sur l'indice de vigueur des plantes cibles	54
Figure 23 : Analyse en composante principale	55

Liste des tableaux

Tableau N° 1 : Résultats de l'analyse spectrophotométrie (IR) de <i>Casuarina equisetifolia</i>	45
Tableau N° 2 : Résultats de l'analyse spectrophotométrie (IR) de <i>Retama raetam</i>	46
Tableau N°3 : Résultats des tests phytochimiques	47

Liste des abréviations

% : Pourcentage

ANOVA : Analyse de la variance.

Cm: Centimeter

g : gramme

TG : Taux de germination.

IG : Inhibition de la germination

TIG : Taux d'inhibition de la germination

IDG : l'inhibition du développement des glumelles

IDR : l'inhibition du développement des racelles

P : probabilité.

IV : indice de vigueur

Introduction

Introduction

La présence des mauvaises herbes ou plantes adventices dans un champ de céréales peut être nuisible à plusieurs titres. La compétition pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière, affecte directement la croissance de la culture et son rendement. L'infestation massive de ces mauvaises herbes gêne les outils de labour et de moisson et rendent la réussite de ces opérations problématique. Le mélange de graines de mauvaises herbes avec les graines de la céréale déprécie la qualité commerciale du produit récolté. Il convient donc de lutter efficacement contre les adventices des céréales (Ouattar et Ameziane, 1989). Les phénomènes de compétition entre les mauvaises herbes et les cultures interviennent également dans les pertes de rendement (Le Bourgeois et Merlier, 1995). Ces pertes sont évaluées à 9,7 % de la production agricole mondiale et sont dans l'ordre de 10 à 56 % en Afrique (Cramer, 1967 in Traore et al., 2009).

Depuis les années cinquante, l'agriculture dépend de l'utilisation des herbicides et des pesticides pour éliminer les mauvaises herbes et assurer des rendements élevés. Les traits importants de la concurrence des mauvaises herbes n'étaient pas parmi les principales préoccupations des agriculteurs. En effet, les herbicides ont pris soin de détruire les mauvaises herbes en pratique agricoles. L'application des agents chimiques pour le contrôle de celles-ci n'a donc cessé d'augmenter. Par conséquent, l'augmentation de l'utilisation d'un certain nombre de pesticides a eu des effets négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement (Weih et al., 2008).

Les conséquences de cette utilisation intense d'herbicide sont doubles : une spécialisation de la flore et la contamination du milieu par les résidus de ces matières actives. La flore adventice évolue sous l'effet des pratiques vers une flore souvent qualifiée de difficile, soit parce que peu de solutions herbicides efficaces existent sur les espèces sélectionnées par le système (c'est le cas par exemple des bromes dans les systèmes céréaliers (sans labour), soit parce que des biotypes résistants apparaissent et se développent (Chauvel et al., 2001).

La lutte biologique offre une approche alternative pour les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes en agriculture (Mason et Spanner, 2006 ; Bond et Grundy, 2001 ; Jordan, 1993). En revanche, l'application du contrôle biologique des mauvaises herbes s'est souvent révélée difficile en pratique (Müller-Schärer et al., 2000).

L'allélopathie est considérée comme une technique prometteuse pour la lutte biologique (Lovett, 1991). C'est un ensemble d'interactions biochimiques directes ou indirectes,

positives ou négatives d'une plante sur une autre (Macías et al., 2007 ; Rice, 1974). Par contre, son contrôle des mauvaises herbes est controversé. En effet, les effets allélopathiques directs et la pertinence écologique est difficile à prouver (Inderjit et Weiner, 2001 ; Inderjit et Weston, 2000 ; Blum et al., 1999 ; Inderjit et Keating, 1999). Néanmoins, l'allélopathie présente des capacités élevées de la lutte contre les mauvaises herbes en conditions réelles (in-situ) (Olofsdotter, 2001).

Les composés allélopathiques se comportent comme des herbicides naturels ; ils ont fréquemment plusieurs sites d'action et des effets divers sur les organismes cibles. Ces composés biochimiques peuvent être classés en grande partie comme métabolites secondaires, qui sont généralement considérés comme des composés qui ne jouent aucun rôle dans le processus du métabolisme essentiel à la survie des plantes. On trouve parmi ces composés des acides phénoliques, des flavonoïdes, des terpénoïdes, des alcaloïdes, etc.... Les produits allélochimiques sont présents pratiquement dans tous les tissus de la plante, dans les fruits, les fleurs, les feuilles, en passant par la tige aux racines et rhizomes, aussi au niveau du pollen et les graines. Ces produits sont très répons dans les plantes spontanées (Ben Chacha., 2008).

L'incorporation de ces substances allélochimiques dans la gestion de l'agriculture peut réduire l'utilisation d'herbicides, de fongicides et d'insecticides ; aussi diminuer la détérioration de l'environnement (Anaya, 1999).

Dans cette optique, l'objectif de cette étude est de tester le pouvoir allélopathique de l'extraits aqueux de deux plantes (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*), sur la germination des graines de deux espèces adventices : (*Avena sterilis* et *Bromus secalinus*). Pour éviter les interrogations de l'effet d'extraits aqueux *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur les plantes cultivées, il est en parallèle testés sur la germination de graines des plantes cultivées : céréalière, (*Triticum durum*).

Les démarches suivies dans la réalisation de ce document sont les suivantes :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique. Cette synthèse rappelle des généralités sur l'allélopathie, sur les plantes adventices et aussi sur *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*.

Le deuxième chapitre est consacré aux matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.

Les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre et discutés dans ce même chapitre.

Et enfin nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les plantes Adventices ou Mauvaises herbes :

I.1. Notion de plantes adventices (mauvaises herbes) :

Toutes les espèces qui s'introduisent dans les cultures sont couramment dénommées Adventices ou mauvaises herbes. Bien que généralement employés dans le même sens, ces deux termes ne sont pas absolument identiques: pour l'agronome, une « adventice » est une plante introduite spontanément ou involontairement par l'homme dans les biotopes cultivés (Melakhessou, 2007). Selon Godinho (1984) et Soufi (1988), une mauvaise herbe est toute plante qui pousse là où sa présence est indésirable. Le terme de « mauvaise herbe » fait donc intervenir une notion de nuisance, et dans les milieux cultivés en particulier, toute espèce non volontairement semée est une « adventice » qui devient « mauvaise herbe » au-delà d'une certaine densité, c'est à dire dès qu'elle entraîne un préjudice qui se concrétise, en particulier, par une baisse du rendement (Barralis, 1984).

Selon Alexandre (1983), les adventices, ce sont les accompagnatrices spontanées des cultures, les plantes qui poussent sans être semées.

I.2. Facteurs de développements et distribution de la flore adventice :

Selon Freid et al. (2008), comme pour les autres communautés végétales, la composition de la flore adventice est dépendante des conditions pédo-climatiques. La présence d'une mauvaise herbe étant à la fois liée à un environnement écologique (sol, climat) et à un environnement agronomique (pratiques culturales), c'est à travers le changement de ces environnements que l'on peut tenter de quantifier les impacts des évolutions de l'agriculture.

La flore adventice est en effet par définition multi-spécifique (avec de plus une variabilité génétique intra-spécifique), son évolution quantitative et qualitative à l'échelle parcellaire est sensible à des modifications de nombreuses variables du milieu et des systèmes de culture (Bertrand et Doré, 2008). De Tourdonnet et al. (2008) soulignent également, que le développement et la nuisibilité des flores adventices résultent d'interactions complexes entre peuplement cultivé et adventices, sous l'effet des techniques culturales et des conditions du milieu.

L'analyse statistique des parcelles suivie par le réseau Biovigilance Flore montre que les choix de l'agriculteur influent plus la composition et la diversité des flores que les conditions naturelles (sol, climat) (Fried et al., 2008). Cette étude souligne le poids prédominant de la culture en place et du précédent cultural (figure 1).

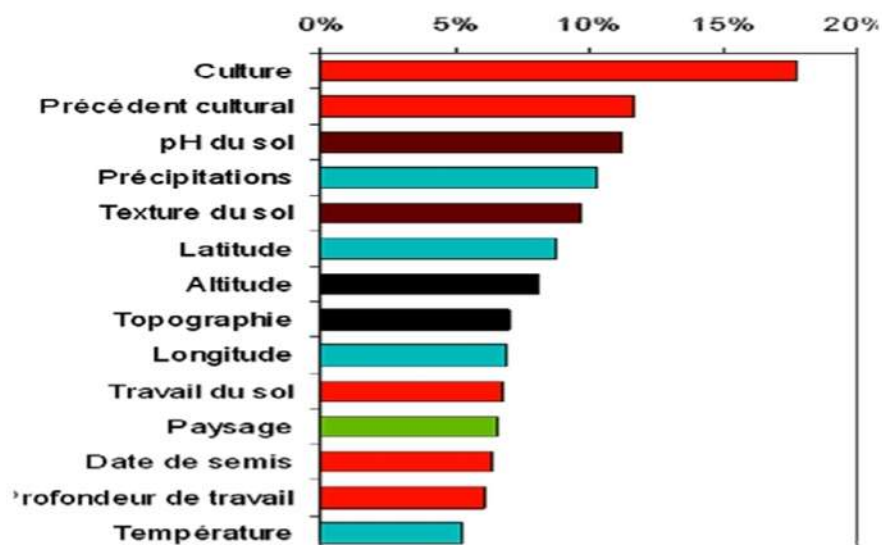


Figure 1 : Facteurs influant sur la composition de la flore adventice (Fried et al. 2008).
 (Code couleur : **Orange**=pratiques culturelles, **Bleu**=facteurs climatiques, **Brun**=facteurs pédologiques, **Vert**=paysage, **Noir**=divers).

I.3. Influence des facteurs de l'environnement dans la distribution de la flore adventice:

Le rôle des facteurs de l'environnement dans le développement des adventices a été montré par un certain nombre d'auteurs. Fried et al (2008), montrent que la réussite d'une espèce dans un milieu tient en grande partie à l'adéquation entre ses traits biologiques et les conditions écologiques qui agissent comme des « filtres », empêchant l'établissement de certaines espèces ou conduisant à leur élimination.

I.3.1. Rôle du climat :

Les conditions climatiques ont une grande importance sur la levée des mauvaises herbes qui est favorisée par l'importance des pluies d'automne, les pluies de printemps agissant surtout sur le développement végétatif de chaque plante. Chaque état de climat joue un rôle essentiel, non seulement dans le déroulement de différentes phases de développement (germination, feuillaison, floraison,...) mais également sur la répartition et la diversité floristique (Kechroud et Stiti, 1996).

I.3.2. Rôle du sol :

Par ses caractéristiques physiques (texture, structure), physico-chimiques (matière organique) et chimiques (pH, calcaire actif), le sol contribue à accentuer la diversité de la flore adventice (Fenni, 1991). Ces paramètres permettent d'expliquer toutes les nuances de la

flore, comme si chacune des espèces pouvait expliquer par sa présence et encore mieux parfois par son absence telles ou telles caractéristiques du milieu.

Manamani et Charfoui (1995), regroupent les espèces les plus caractéristiques de l'état hydrique des terres de la Mitidja et du Sahel algérois :

- Plantes de terrain très humide : *Ormenix procox*.
- Plantes de terrain humide : *Pharalis paradoxa*.
- Plantes de terrain humifère, profond et perméable : *Sinapis arvensis*.

I.4. Importance agronomique des mauvaises herbes :

Les adventices sont indésirables dans les milieux cultivés, par ce qu'elles s'interfèrent avec les cultures par une concurrence directe pour la lumière, l'eau, et les éléments nutritifs, mais aussi en raison de la difficulté de récolte par bourrage des machines, du salissement de la récolte et du sol (stock de graines) (Gazoyer et al., 2002). Les mauvaises herbes déprécient la qualité des récoltes par l'augmentation du pourcentage d'impuretés dans les récoltes, par le goût et l'odeur désagréable (ail sauvage, faux fenouil) sur céréales et par la présence de semences toxiques (nielle). Elles créent, de plus, un milieu favorable au développement des maladies cryptogamiques, des virus, des insectes et des nématodes (INPV, 2007).

I.5. Caractéristiques biologiques des adventices des cultures :

I.5.1. Les plantes annuelles (thérophytes) :

Les mauvaises herbes annuelles sont de deux types, les annuelles d'été et les annuelles d'hiver. Si l'on veut élaborer un programme efficace de lutte contre les mauvaises herbes, il importe de faire la distinction entre les deux types d'annuelles (McCully et al., 2004).

I.5.1.1. Les annuelles d'été :

Les plantes annuelles d'été germent au printemps et en été, produisent des organes végétatifs, des fleurs et des graines et meurent la même année. Les mauvaises herbes annuelles d'été ont en commun la propriété de pousser très rapidement et de produire beaucoup de graines. Les nouvelles plantes qui poussent à l'automne sont habituellement détruites par le gel.

I.5.1.2. Les annuelles d'hiver :

Les plantes annuelles hivernantes germent de la fin août au début novembre et passent l'hiver à l'état de rosettes. Le printemps suivant, elles poussent très rapidement, fleurissent, produisent des graines puis meurent à la fin de la saison.

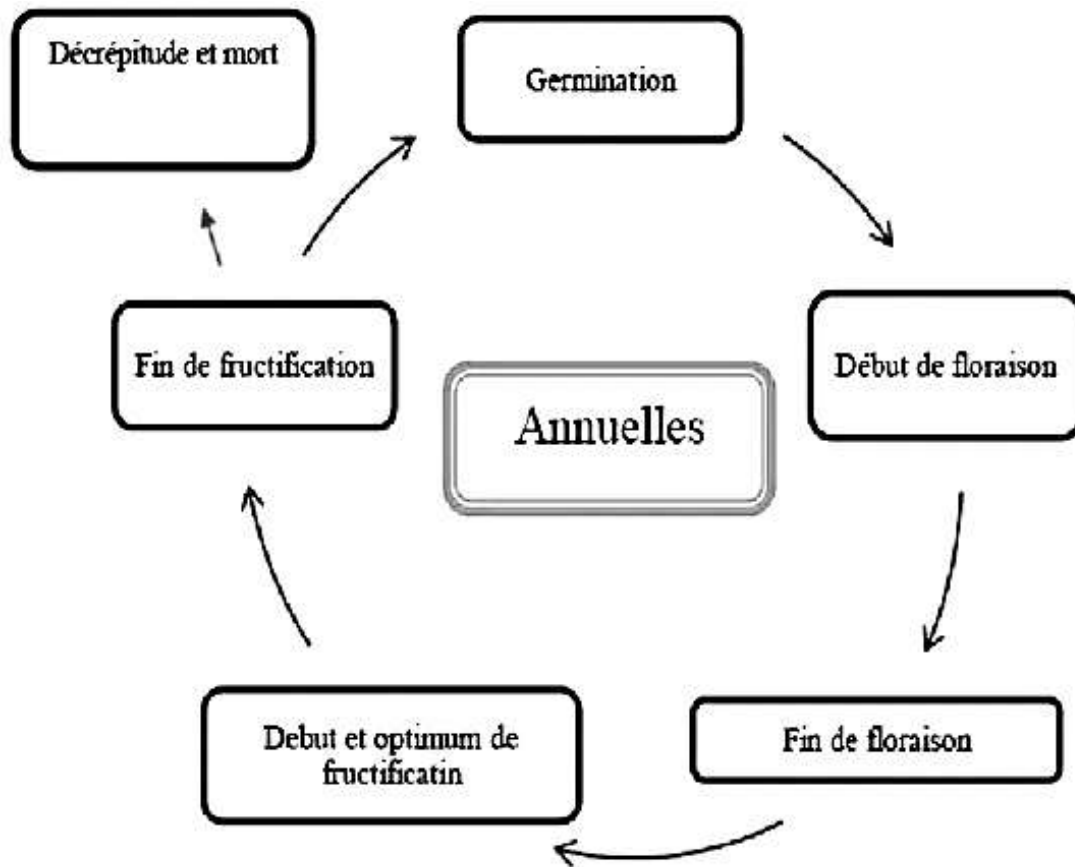


Figure 2 : Cycle biologique des adventices annuels (Le Floch in Godron, 1968).

I.5.2. Les espèces bisannuelles :

Les mauvaises herbes bisannuelles germent au printemps, développent leurs organes végétatifs durant la première année et passent l'hiver à l'état de rosette puis fleurissent, produisent des graines et meurent la deuxième année (McCully et al. 2004).

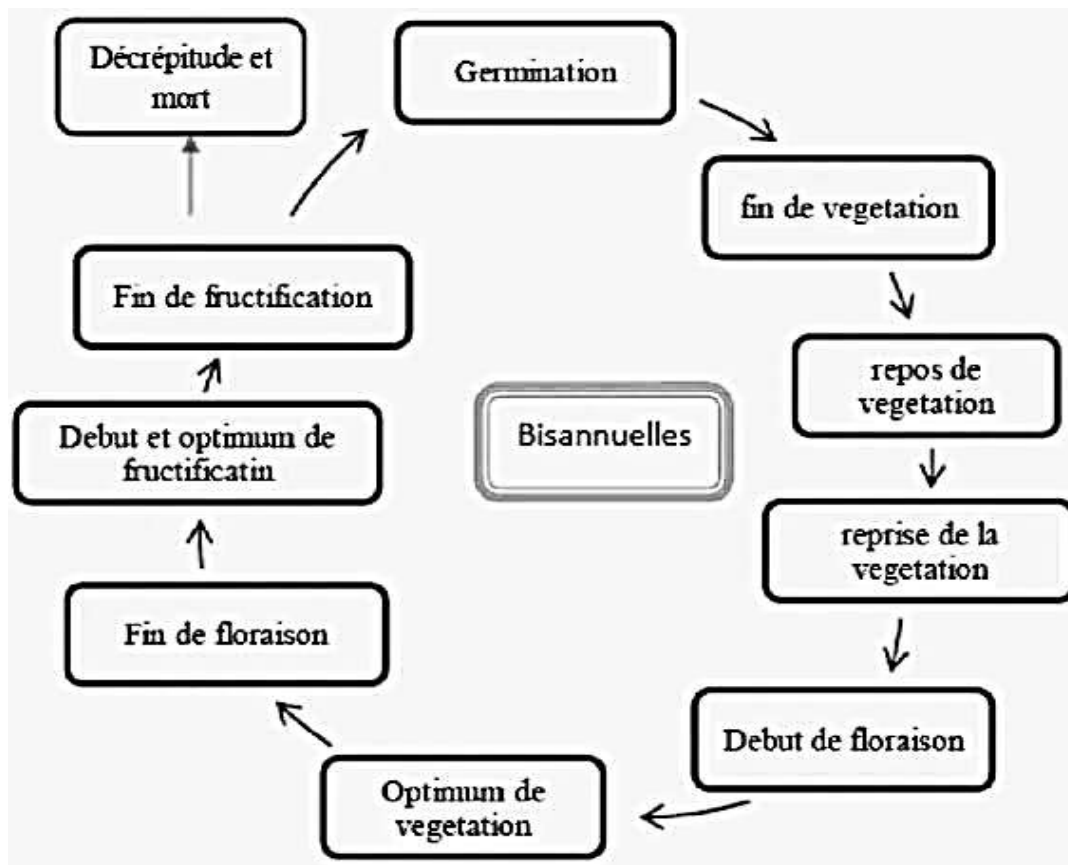


Figure 3 : Cycle biologique des adventices bisannuelles (Le Floch in Godron, 1968).

I.5.3. Les vivaces (géophytes) :

Les mauvaises herbes vivaces repoussent année après année et sont particulièrement difficiles à détruire une fois qu'elles sont établies. Toutes les plantes vivaces peuvent se reproduire végétativement ou par graines. De nouveaux plants peuvent naître à partir de structures végétatives spécialisées comme les rhizomes, les tubercules, les stolons ou les tiges souterraines. Certaines plantes vivaces poussent en solitaire et on les appelle les vivaces simples, qui se multiplient principalement par les graines, mais elles peuvent se reproduire par le mode végétatif, lorsque les racines sont coupées et dispersées par un travail du sol. D'autres mauvaises herbes vivaces poussent en grandes colonies ou en plaques, à partir de réseaux de racines ou de rhizomes souterrains, on les appelle les vivaces rampantes. Ces dernières se reproduisent à la fois de façon végétative et à partir de graines (McCully et al., 2004).

I.6. Capacité d'adaptation des mauvaises herbes :

Il est avéré que les mauvaises herbes ou adventices ont tendance à se développer au sein d'une parcelle cultivée selon deux modes de propagation : de manière isolée ou en agrégats (Jones et al., 2009). Ces modes sont fortement dépendants non seulement des travaux

agricoles effectués sur la parcelle, mais aussi du mode de reproduction des plantes (sexué ou multiplication végétative). Concernant le travail du sol, celui-ci peut favoriser la dissémination des graines dans le sens de travail de la parcelle, créant des tailles d'agrégats de forme ovale, mais il peut également répartir de manière aléatoire les racines et les graines, qui vont rester accrochées aux outils à dents (tels que charrue), le temps d'être déposées plus loin dans la parcelle. Concernant le mode de reproduction des plantes, celui-ci va également avoir une influence importante sur la répartition des adventices, les plantes dites « annuelles » vont voir la distribution spatiale de leur semence conditionnée soit par le vent (qui pourra apporter une répartition aléatoire), soit par le labour, qui va étirer cette distribution, en suivant un modèle de type agrégatif. Au contraire, les plantes dites « vivaces », qui n'ont besoin que d'un morceau de végétal pour se reproduire, vont avoir une répartition spatiale plus aléatoire, dû aux différents travaux agricoles réalisés sur la parcelle qui les disséminera (Jones et al., 2009).

I.7. La gestion de la flore adventice :

Selon Colbach et al. (2008), les stratégies innovantes pour la gestion des adventices, prennent en compte l'ensemble du système de culture (succession des cultures dans le temps et itinéraires techniques appliqués à ces cultures au lieu de raisonner indépendamment chaque technique culturale). À ce propos, dans leur article Valantin-Morison et al. (2008), ont passé en revue les différents éléments de l'itinéraire technique permettant la maîtrise de la flore adventice des grandes cultures, ils ont montré que des processus tels que la compétitivité de la culture, l'interruption du cycle des mauvaises herbes de manière mécanique ou biologique, peuvent être mobilisés pour maîtriser les mauvaises herbes. Colbach et al (2008) ont développé deux modèles qui synthétisent et quantifient les effets des systèmes de culture sur la dynamique de la flore adventice. Tout d'abord, un prototype mono spécifique appelé ALOMYSYS a été développé pour le vulpin des champs (*Alopecurus myosuroides*). L'autre générique et plurispécifique (FLORSYS), fondées toutes deux sur la représentation du cycle biologique des adventices et sur des fonctions démographiques liées aux systèmes de culture, en interaction avec le climat et les états du milieu.

Selon Mannino et al. (2008), un des facteurs de contrôle de la flore adventice au champ est l'utilisation de semences propres. On peut jouer sur la couverture du sol ou l'architecture du peuplement, pour rendre les conditions du milieu plus défavorables à la levée et la croissance de la flore adventice (De Tourdonnet et al., 2008).

I.8. Nuisibilité due aux mauvaises herbes :

I.8.1. Notion de la Nuisibilité :

Le concept de nuisibilité englobe deux sortes d'effets, ceci s'explique par une nuisibilité due à la flore potentielle, et une nuisibilité due à la flore réelle. Ces deux concepts montrent clairement les dégâts causés par les mauvaises herbes, et leur effet sur la productivité et le rendement des cultures.

I.8.1. 1 La nuisibilité due à la flore potentielle :

Dont il faudrait tenir compte si, pour chaque espèce, chacun des organes de multiplication conservés dans le sol à l'état de repos végétatif (semences, bulbes, tubercules, etc..) donnait un individu à la levée. En fait, ce risque doit être réduit dans les prévisions. En effet, avec un potentiel semencier de l'ordre de 4 000 semences viables par m² et si l'on admet que les levées au champ représentent généralement entre 5% et 10% du nombre de semences enfouies, les infestations prévisibles d'une culture représentent 200 à 400 adventices par m² (Roberts, 1981 et Caussanel, 1988).

I.8.1.1 La nuisibilité due à la flore réelle :

C'est-à-dire aux plantes qui lèvent réellement au cours du cycle de la culture. Chaque espèce adventice possède sa propre nuisibilité (nuisibilité spécifique), qui contribue à la nuisibilité globale du peuplement adventice dans des conditions d'offre environnementale définies. Lorsque la nuisibilité due à la flore adventice réelle n'est prise en compte que par ses effets indésirables sur le produit récolté, cette nuisibilité est dite primaire. Si les dommages dus à l'action conjuguée de la flore réelle et de la flore potentielle s'étendent aussi à la capacité ultérieure de production, soit au niveau de la parcelle (accroissement du potentiel semencier du sol notamment), soit au niveau de l'exploitation agricole (création et multiplication de foyers d'infestation, contamination du sol ou du matériel végétal, nuisances et pollution), la nuisibilité est qualifiée de secondaire (Caussanel, 1988).

I.8.2. Seuil de nuisibilité

I.8.2.1. Seuil biologique de nuisibilité :

Souvent défini par le seul paramètre de la densité (Caussanel, 1988), le seuil biologique de nuisibilité se confond alors avec la densité critique, c'est-à-dire la densité à partir de laquelle une perte de rendement est statistiquement décelable dans des conditions expérimentales définies. Dans des essais où la mauvaise herbe est présente pendant toute la durée de la culture, la recherche d'une densité critique peut être faite selon trois méthodes principales, qui ont fait l'objet de nombreux travaux (Caussanel, 1988).

I.8.2.2. Seuil économique de nuisibilité :

Sur une base annuelle de données, le seuil économique annuel de nuisibilité tient compte du coût des opérations de désherbage de post levée mais aussi, éventuellement, des dépenses supplémentaires engagées pour supprimer la nuisibilité indirecte des mauvaises herbes. Il représente le niveau d'infestation (atteint au moment conseillé pour éliminer les mauvaises herbes) à partir duquel une opération de désherbage devient rentable, compte tenu du prix de revient de cette opération et de la valeur de la récolte. Si la valeur du produit récolté est appréciée sous son seul aspect quantitatif, c'est le seuil économique élémentaire de nuisibilité qui est défini. Il dépend de la relation qui lie le niveau d'infestation adventice et la perte de rendement, de la valeur ajoutée au produit récolté, résultant de l'élimination des mauvaises herbes et du coût de l'opération de désherbage (Caussanel, 1988).

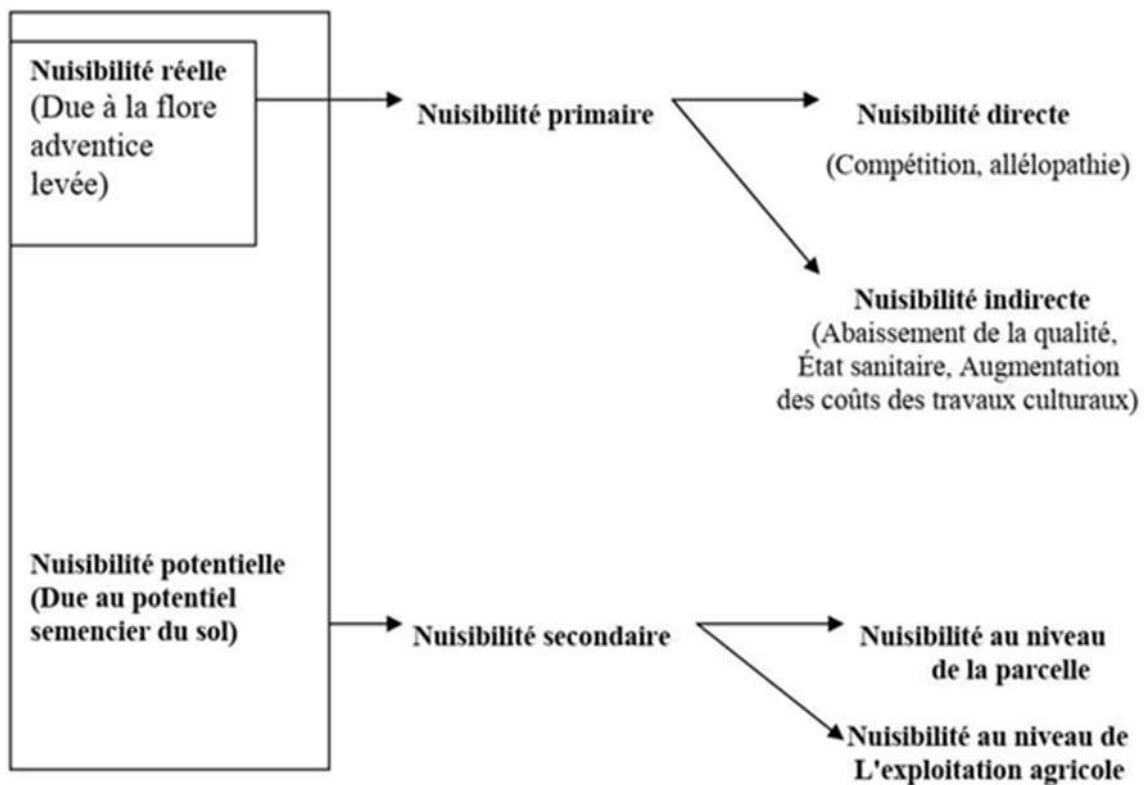


Figure 4 : Type de nuisibilité des mauvaises herbes dans les cultures (Caussanel, 1988).

I.9. Méthodes de lutte contre les Mauvaises Herbes :

L'incidence d'une mauvaise maîtrise des adventices est particulièrement négative sur la production agricole (Vall et al, 2002). La mise en point des techniques de désherbage

approprié nécessite une connaissance de la composition de la flore adventice (Lebreton et al., 2005).

I. 9.1. Moyens préventifs :

Les moyens préventifs de lutte contre les mauvaises herbes englobent toutes les mesures qui préviennent l'introduction et la prolifération des mauvaises herbes (McCully et al., 2004).

I. 9.2. Méthodes culturales :

La lutte culturale suppose le recours aux pratiques culturales ordinairement utilisées dans les cultures, en vue de favoriser la culture aux dépens des mauvaises herbes concurrentes. (McCully et al., 2004).

I.9.3. Moyens biologiques :

La lutte biologique contre les mauvaises herbes est l'utilisation délibérée des ennemis naturels d'une mauvaise herbe cible pour en réduire la population à un niveau acceptable.

I. 9.4. Moyens mécaniques :

Les moyens mécaniques de lutte contre les mauvaises herbes comprennent des méthodes comme le travail du sol, le désherbage à la main, le binage et le fauchage (McCully et al., 2004).

I. 9.4.1. Travail du sol :

Le travail du sol permet d'arracher les mauvaises herbes du sol, de les enterrer, de les couper ou de les affaiblir en brisant les racines ou les parties aériennes. En général, plus elles sont jeunes et petites, plus les mauvaises herbes sont faciles à éliminer.

I. 9.4.2. Désherbage :

Le désherbage à la main est nécessaire lorsqu'on veut obtenir des champs parfaitement propres. La lutte chimique, biologique, préventive ou mécanique ne peut parvenir seule à éliminer toutes les mauvaises herbes.

I. 9.5. Moyens chimiques :

L'usage d'herbicides pour lutter contre les mauvaises herbes est un élément important de tout programme de lutte intégrée contre les mauvaises herbes. Les herbicides ne peuvent toutefois pas être utilisés pour remédier à une mauvaise gestion. Si on opte pour les herbicides, il faut en faire un usage responsable et judicieux et les considérer simplement comme un élément d'un programme général (McCully et al., 2004).

I.10. Stratégies pour le contrôle des mauvaises herbes :

I. 10.1. L'Agriculture de conservation :

I. 10.1.1. Le semis direct :

En semis direct, il se produit une évolution de la flore de mauvaises herbes. En premier lieu, il se produit une sélection d'espèces en petit nombre, qui ne sont pas bien contrôlées par l'herbicide de contact employé en pré semis. En deuxième lieu, il se produit une sélection d'espèces qui préfèrent végéter dans des sols peu modifiés par l'homme, et ainsi certaines espèces rudérales se voient favorisées, comme le brome (*Bromus* sp.). Cette espèce ne supporte pas l'enfouissement de ses semences, qui se dégradent rapidement, mais si on les laisse en surface, ce qui est le cas en semis direct, elles germent et s'enracinent facilement. Ceci ne serait pas un grand problème s'il y avait suffisamment d'outils herbicides sélectifs pour les céréales d'hiver efficaces contre le brome (Aibar, 2005).

I.10.1.2. Le labour :

Les mauvaises herbes répondent au milieu. Le non labour réduit les racines et la rupture des dormances, augmente l'humidité du sol et diminue la température, et tous ces changements induisent un changement du nombre et du type de mauvaises herbes (Aibar, 2005).

I. 10.1.3. Contrôle de mauvaises herbes par le sol couvert :

La culture couverte a le potentiel de réduire la croissance des mauvaises herbes. Certaines cultures plantées sur des sols couverts ne fonctionnent mieux que d'autres taux de semis et de récolte est mis en évidence. Cette technique aura une influence sur l'efficacité de réduire la croissance des mauvaises herbes, de même que l'introduction de facteurs de complication tels que les maladies. Il y a des indications que le contrôle des mauvaises herbes peut être optimisé, si les cultures plantées sur les sols couverts sont semées en été. Le calendrier des semis est critique, il devrait être assez fin qu'il n'y a pas ou peu de concurrence entre les plantes et les mauvaises herbes, c'est le fait que la culture est établie avant l'hiver. Les recherches sur la suppression des mauvaises herbes par la technique de semis sur des sols couverts, a un double objectif : éliminer les mauvaises herbes et les éviter les maladies (Carol, 2003).

I. 10.1.4. Pratiques culturales :

L'adoption de nouvelles pratiques culturales privilégiant des méthodes de lutte non chimiques nécessite de prendre en compte, de manière plus importante, la diversité et la structure des communautés adventices. En effet, la concentration, sur une même parcelle, de nombreuses espèces adventices ayant des densités voisines importantes, peut entraîner des difficultés, lors de la mise en place de systèmes de lutte contre les mauvaises herbes (choix optimal de préparations pour des espèces pouvant présenter des sensibilités différentes à ces produits, par exemple). De même, la capacité prédictive de modèles de perte de rendement mis au point pour des assemblages mono spécifiques est réduite, dès lors que la diversité des mauvaises herbes augmente, spécialement lorsque plusieurs espèces sont codominantes (Dessaint et al., 2001). Cette information nécessite le recueil de données objectives sur la composition qualitative et quantitative des communautés de mauvaises herbes, présentes sur la région d'intérêt (Dessaint et al., 2001).

I. 10.3. La lutte biologique contre mauvaises herbes :

La mondialisation dissémine les plantes au-delà des frontières géopolitiques et géographiques. Dans ce cadre, la lutte biologique classique est la seule stratégie permettant une gestion écologique, économique et permanente des plantes envahissantes. Quand cette stratégie est choisie pour lutter contre une plante méditerranéenne, la première étape consiste à mener une étude bibliographique de ce qui existe et a été fait ailleurs sur ladite plante. Les réseaux scientifiques et les bases de données internationaux, qui sont des sources disponibles pour rassembler et échanger la connaissance scientifique en lutte biologique, devraient être mieux exploités, plusieurs exemples de plantes, issues de groupes fonctionnels écologiques typiques des plantes envahissantes des écosystèmes méditerranéens, comme les cactacées, les graminées annuelles, les plantes aquatiques, les arbres et les légumineuses. Dans chaque groupe, nombre de plantes sont déjà sous contrôle, ou déjà en cours d'étude dans au moins 1 des 5 régions climatiques méditerranéennes du globe. Les données sur la distribution d'un auxiliaire comme agent de lutte biologique, son efficacité, les paramètres liés à son exportation et des lâchers, sont autant d'informations cruciales pour la mise en place d'un programme de lutte biologique dans un nouveau territoire. Le but est de cibler les opportunités de collaboration pour évaluer le transfert technologique avec, et entre les régions méditerranéennes envahies par les mêmes espèces, où une gestion durable, axée sur la lutte biologique, n'a pas encore été considérée. (Sforza et al., 2005).

II. Généralités sur l'allélopathie:

II.1. Définitions de l'allélopathie :

L'allélopathie peut être définie comme l'ingérence qu'une plante exerce sur d'autres plantes à travers la production et la libération de composés toxiques dans l'environnement local, en raison de volatilisation, exsudats racinaires, feuille de lixiviate et de décomposition des litières végétales (Inderjit and Keating, 1999).

L'allélopathie est une interaction chimique à distance, exercée entre plants d'espèces différentes par l'intermédiaire des substances, généralement toxiques (antibiotiques, toxines, inhibiteurs de germination ou de croissance) excrétées par leurs racines ou par leurs feuilles dans le milieu environnant (air, eau, sol) (Foret, 2004).

L'allélopathie se définit comme tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante (micro-organismes inclus) sur une autre, par le biais des composés biochimiques libérés dans l'environnement atmosphère et sol (Rice., 1984). Cette définition prévaut aujourd'hui et indique bien que ce type d'interaction diffère du parasitisme et de la symbiose ainsi que de la compétition (Chaipusio et al., 1997).

L'allélopathie, représente une forme de guerre chimique entre les espèces pour la concurrence de la lumière, l'eau et les ressources nutritionnelles (Bais et al., 2003). Elle est maintenant reconnue comme jouant un rôle important dans les différents aspects écologiques (Robles et al., 1999).

II.2. Généralités sur les allélo-chimiques :

Les composés allélochimiques sont généralement des molécules de faible poids moléculaire, qui peuvent être hydrophiles ou lipophiles (Inderjit et al., 1999). Ces composés chimiques peuvent être des acides phénoliques, des flavonoïdes, des terpénoïdes et des alcaloïdes. Les allélo-chimiques peuvent être trouvés en concentrations différentes dans plusieurs parties de plantes (feuilles, tiges, racines, rhizomes, graines, fleurs et même les pollens) (Figure 5) et leur voie de libération dans l'environnement varie selon les espèces (Bertin et al., 2003).

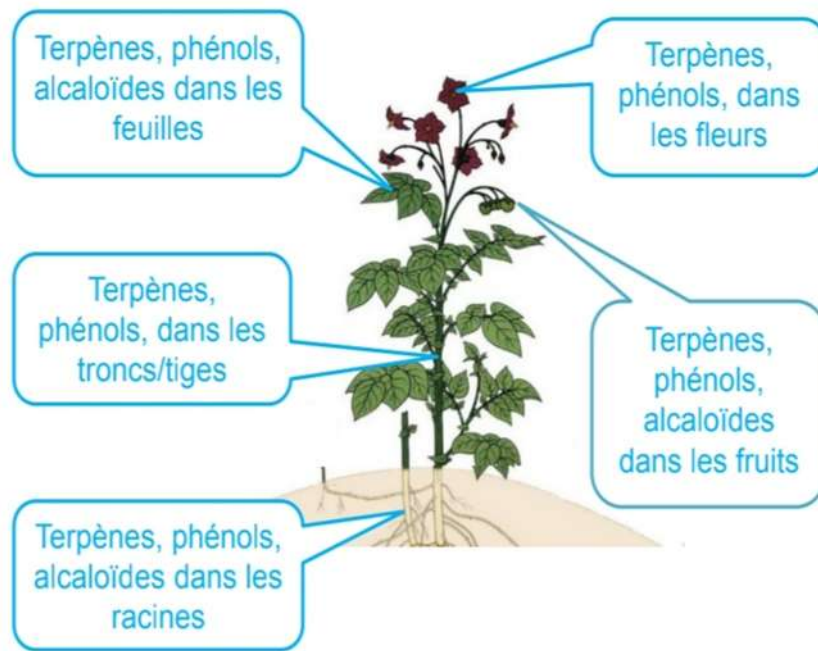


Figure 5 : Localisation des métabolites secondaires dans les végétaux, (**Hazem HASHOUM**)

II.3. Nature chimique des Composés allélopathique :

Les allélochimiques sont les métabolites secondaires des plantes ou les déchets du métabolisme tels que, les acides organiques hydrosolubles et insolubles simples, les acides gras et phénoliques, les alcools de chaîne droite, les aldéhydes et cétones aliphatiques, les lactones insaturées simples, les naphthols quinones acétyléniques des composés, les anthraquinones, les quinones complexes, les phénols, les flavonoïdes et tannins simple, les terpénoïdes de beaucoup des catégories. Les alcaloïdes et les saponines sont des groupes de métabolites secondaires qui sont aussi produits dans des interactions allélochimique (El refai et Moustaf, 2004).

De leur côté, Fanny (2005) ont constaté que les composés chimiques allélopathiques varient selon les différentes parties de la plante dont ils proviennent (fleurs, feuilles, épines, racines, tiges) et selon les saisons aussi.

Les composés allélopathiques sont le plus souvent, des composés phénoliques. Pour être considérés comme composés allélopathiques, les acides phénoliques doivent notamment, être sous forme active (libre et protomé) (Blum, 2004).

II.3.1. Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des substances naturelles et organiques provenant essentiellement des plantes et qui contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique, avec un degré variable de caractère basique. Depuis l'identification du premier alcaloïde en 1806,

plus de dix mille alcaloïdes ont été isolés des plantes (Boutaghane, 2013). Les alcaloïdes ont des masses moléculaires très variables de 100 à 900 g/mol. La plupart des bases non oxygénées sont liquides à température ordinaire, celles qui comportent dans leur formule de l'oxygène sont des solides cristallisables, rarement colorés (Rakotonanahary., 2012).

II.3.2. Les Terpénoïdes :

Le terme Terpénoïdes désigne un ensemble de substances présentant le squelette des Terpènes, avec une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide, lactone, etc.). Ce sont des substances du métabolisme secondaire qui dérivent des isoprénoides, dont certains interviennent dans la photosynthèse, ainsi que plusieurs hormones végétales sont de structure Terpénique. Ce sont des produits hydrocarbonés naturels, de structure soit cyclique, soit à chaîne ouverte, formées de l'assemblage d'un nombre entier d'unités penta-carbonées ramifiées dérivées du 2-méthyle butadiène, appelées unités isopréniques (Hopkins, 2003).

II. 3.3. Les composés phénoliques :

II. 3.1. Les flavonoïdes :

Le terme flavonoïde (de flavus, «jaune» en latin) désigne une très large gamme de composés naturels, appartenant à la famille des polyphénols (Bouakaz, 2006). Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes végétaux (Havsteen., 2002). Les flavonoïdes sont définis par leur squelette de base, constitué de deux cycles aromatiques à 6 atomes de carbone, connectés entre eux par un hétérocycle à 3 atomes de carbone (C6-C3-C6) (Bovy et al., 2007). Les flavonoïdes peuvent-être regroupés en neuf classes distinctes : chalcones, aurones, flavones, isoflavones, flavonols, flavanones, flavane-3-ols flavane-3,4-diols et anthocyanes. Dans la plante (Thomas, 2011).

II. 3.1. Les lignanes :

Les lignanes constituent une classe importante de métabolites secondaires dans le règne végétal. La distribution botanique des lignanes est large : plusieurs centaines des composés ont été isolés dans environ soixante-dix familles. Chez les gymnospermes, ils sont surtout rencontrés dans les bois alors que chez les Angiospermes, ils ont été identifiés dans tous les tissus, Ils ont été découvert dans toutes les parties des plantes : les racines, les feuilles, les fruites et les graines (Midoun, 2011).

II. 3.1. Les coumarines :

Ces polyphénols constituent une classe importante de produits naturels, elles donnent une odeur caractéristique semblable à celle du foin fraîchement fauché. A l'exception des algues, ces composés sont les constituants caractéristiques du règne végétal chlorophyllien. Les familles les plus riches en coumarines sont : Légumineuse, Rutacées, Apiécées et

Thymelaeacées. Elles se trouvent dans toutes les parties de la plante notamment, dans les fruits et les huiles essentielles des graines (Barket et al., 2017)

II. 3.1. Les tanins :

Les tanins sont des polyphénols polaires d'origines végétales. Ils sont présents presque dans chaque partie de la plante (Cowan, 1999). Ils sont d'un grand intérêt pour la nutrition et la médecine, à cause de leur capacité antioxydant puissante et leur effet protecteur possible sur la santé humaine (Oszmianski et al., 2007).

II. 4. Voies de libération des composés allélopathiques :

Tous les organes végétaux contiennent des quantités variables de substances potentiellement allélopathiques, qui sont libérées dans l'environnement par des voies diverses :

II. 4.1. Volatilisation :

La libération de substances toxiques volatiles par les plantes est un phénomène écologiquement plus important dans les milieux arides ou semi-arides. Les substances émises par cette voie sont le plus souvent des mono terpènes simples (Bertin et al, 2003).

II. 4.2. Exsudations racinaires :

On appelle exsudats racinaires, toutes les substances organiques solubles et insolubles libérées dans le sol par les racines saines ou lésées. L'exsudation racinaire présente un intérêt particulier pour les phénomènes allélopathiques, parce qu'il s'agit d'une voie de libération directe des toxines dans la rhizosphère, pouvant ainsi potentiellement influencer la composition de la flore microbienne (Bertin et al, 2003).

II. 4.3. Lessivage :

Le lessivage de tissus végétaux, principalement de feuilles, par la pluie, le brouillard ou la neige, conduit à la dissolution et au transport de constituants solubles vers le sol. La grande majorité des substances allélopathiques peut être lessivée, y compris les terpènes, les alcaloïdes et les substances phénoliques (Boudiaf et Bentayeb, 2017).

Dans les situations naturelles, il est difficile de différencier l'importance relative de ces aspects. Ce phénomène d'allélopathie a été décrit chez les espèces de la famille des Astéracées. Quel que soit le mode d'émission par la plante productrice, les substances vont évoluer et migrer dans le milieu par différentes manières ; volatilisation, ruissellement, lessivage, et dégradation, ... etc. (Boudiaf et Bentayeb, 2017).

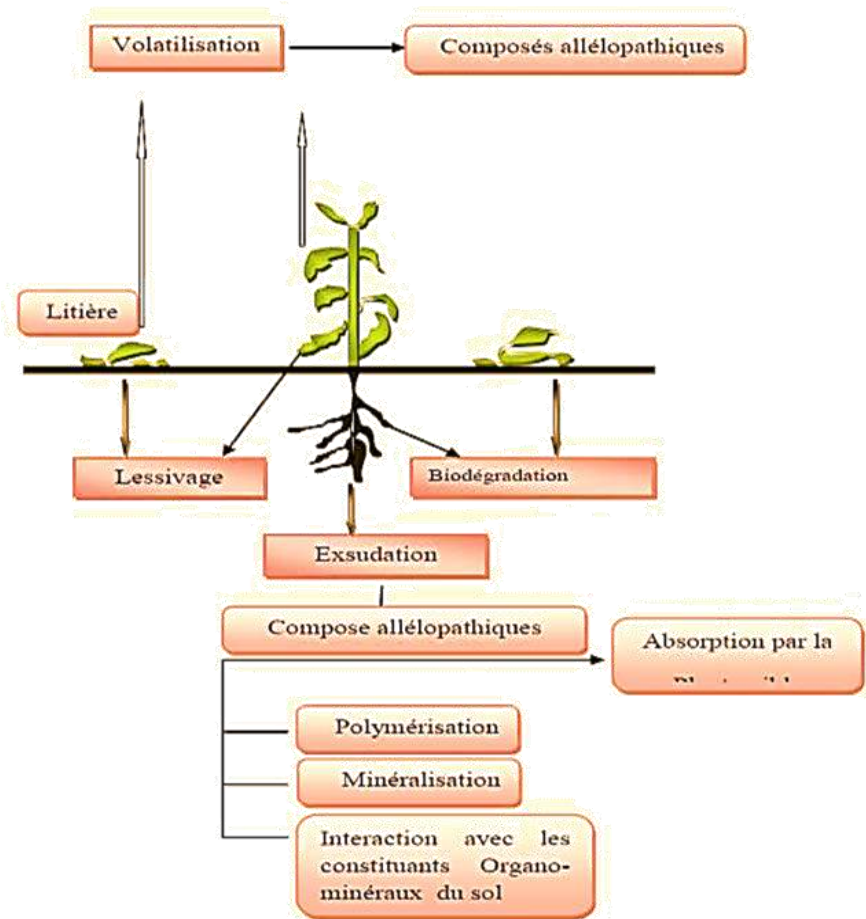


Figure 6 : Voies de libération des molécules allélopathiques (Regnault-Roger et al, 2008)

II. 5. L'allélopathie dans les différents organes de la plante :

Les composés allélopathiques sont généralement sécrétés par les racines. Cependant, ils sont également présents en qualités variables dans les tiges, les feuilles et les fruits (Bubel 1988). Tous les principaux organes de la plante ont le potentiel de stocker les composés allélopathiques.

En tant que métabolites secondaires, les allélopathiques ne sont pas répartis dans tous les organes de la plante, ils sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement. Par exemple, durant le développement de la fleur, du fruit, de la graine ou de la plantule les composés allélopathiques sont produits à différents endroits de la cellule et emmagasinés surtout dans les vacuoles. Ils sont souvent synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre. En outre, leur concentration dans la plante varie souvent dans des grandes proportions au cours d'une période de 24 heures. (Thighiourt, 2015).

II. 6. Les importantes actions des allélochimiques :

Des effets importants des allélochimiques sur la plante cible ont été identifiés aux niveaux cellulaires et moléculaires. Au niveau cellulaire, les allélochimiques affectent la perméabilité membranaire, modifient l'activité des chloroplastes, la concentration en chlorophylle, les taux de respiration mitochondriale ou peuvent causer un fonctionnement anormal des ribosomes, réduisant ainsi l'efficacité de la fonction cellulaire (Wink and Twardowski, 1992 ; Einhellig et al., 2004). Ces modifications ont des conséquences dans le fonctionnement des organes de la plante. Dans les racines, l'absorption des nutriments, la conductivité de l'eau (Fisher, 1979), la nodulation ou même le développement des racines peuvent être limités sous l'action des allélochimiques (Harper and Balke, 1981 ; Jobidon and Thibault, 1982 ; Callaway, 1990 ; Rizvi et al., 1992 ; Muller, 1986 ; Mallik and Zhu, 1995) et être la cause de perturbations importantes dans la régénération de forêt. Dans les tiges, le transport de l'eau et des assimilés peut être sévèrement limité (Einhellig et al., 1985). L'efficacité photosynthétique et le potentiel hydrique dans les feuilles sont fréquemment modifiés en présence d'allélochimiques (Rizvi et al., 1992). La capacité germinative des graines peut également diminuer (Wink and Twardowski, 1992 ; Einhellig et al., 2004). En effet, le retard et la réduction de la germination par les allélochimiques ont été largement rapportés (Jobidon and Thibault, 1982 ; Wink and Twardowski, 1992)

II. 7. Allélopathie et environnement :

La synthèse des substances allélopathiques, comme tous les métabolites secondaires, est très sensible aux facteurs de l'environnement, qu'ils soient de nature physique, chimique ou biologique. De plus, ces composés participent activement aux interactions de la plante avec son environnement, soit en jouant le rôle de signaux de reconnaissance vis-à-vis de certains microorganismes, soit en lui permettant de résister à diverses agressions, d'origine biologique ou non (Macheix et al., 2005).

II. 8. Allélopathie et compétition :

Le phénomène de l'allélopathie a été souvent considéré comme une part de la compétition ou complètement ignorée. Actuellement, ces deux mécanismes sont bien différenciés et sont généralement regroupés sous le terme d'interférences négatives. Les effets de ces interactions dépendent des facteurs physiques environnementaux et de la combinaison

entre la compétition pour les ressources, les composés allélopathiques émis dans l'environnement et les facteurs de facilitation (Delabays et Mermillod, 2004).

L'exposition des plantes sensibles aux allélochimiques peut affecter leur germination, leur croissance et leur développement. En effet, la germination des graines est alors retardée ou le développement des plantes est inhibé. Les variations morphologiques sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement : des effets sur l'allongement de la tige et de la racine (coléoptile et coléorhiz des poacées). Ces variations peuvent être observées aux stades post-levés sur le développement des pousses et des racines (Kruse et al., 2000).

Les plantes présentes dans une parcelle cultivée interfèrent entre elles de différentes manières. Traditionnellement, cette interférence est attribuée principalement à des effets de compétition pour les ressources de l'environnement, telles que l'eau, la lumière ou les substances nutritives (Delabays, 2005). Dans ce même contexte, (Delabays, 2004) soulignent que les phénomènes de concurrence entre végétaux se composent d'une part, de la compétition pour les ressources du milieu et d'autre part, de l'allélopathie.

II. 9. L'allélopathie et la lutte contre les mauvaises herbes :

L'effet néfaste des résidus des herbicides sur l'environnement et l'apparition des mauvaises herbes résistantes ont élargi la demande pour les cultures biologiques. Ceci exige des systèmes agricoles alternatifs, qui sont moins dépendants des pesticides ou basés sur des composés naturels (Singh et al., 2003).

D'après Ben Meddour (2009), les phénomènes d'allélopathie peuvent concerner le contrôle de la croissance des mauvaises herbes dans les différentes cultures, ceci, par des plantes de grande culture comme le blé, le riz et certaines légumineuses ou par d'autres espèces dans lesquelles peuvent intervenir des acides phénoliques et des flavonoïdes ou leurs produits d'oxydation. Ces propriétés peuvent trouver des applications agronomiques et écologiques, en permettant la stimulation ou l'inhibition sélective de la germination et de la croissance des plantes intéressantes pour l'homme.

L'allélopathie a un intérêt majeur pour les chercheurs qui s'intéressent aux systèmes agricoles. Des effets allélopathiques des plantes de cultures à l'égard des mauvaises herbes pourraient être très bénéfiques (Ricklefs et Miller, 2005 ; Duke et al., 2002). L'allélopathie du riz est un mécanisme de défense qui se produit naturellement contre les adventices du riz, qui implique plusieurs facteurs, particulièrement la dynamique des allélochimiques et l'activité microbienne spécifique dans le sol (Kong et al., 2008).

Beaucoup d'intérêts existent en utilisant des produits naturels afin de contrôler les mauvaises herbes dans les agroécosystèmes. Cependant, peu de produits naturels ont été développés et commercialisés (McLaren, 1986). Le Bialaphos et le glufosinate sont les bio herbicides les plus utilisés avec succès (Sy et al., 1994 ; Mersey et al., 1990). Ces deux produits naturels sont des phytotoxines produites par des bactéries du genre *Streptomyces*, ils sont actuellement disponibles comme bio herbicides commerciaux.

III. Généralités sur *Casuarina equisetifolia* :

Casuarina equisetifolia appartient à la famille des Casuarinacées, qui comprend 4 genres et 82 espèces (Woodall et Geary, et al. 1985). Ce sont des arbustes ou de grands arbres à feuilles persistantes, monoïques ou dioïques, qui ressemblent à des conifères par leur mode de croissance et leur forme, leurs feuilles en forme d'aiguilles et leurs fruits ligneux en forme de cône. En raison de leur importance économique et écologique, ils ont été introduits dans plus de 100 pays à travers le monde avec trois espèces (*Casuarina cunninghamiana*, *Casuarina equisetifolia* et *Casuarina glauca*) devenant envahissantes dans de nombreuses parties de leur aire de répartition introduite (Potgieter et al. 2014).

La famille des Casuarinaceae comprend environ 90 espèces (bien que ce nombre soit encore largement débattu dans la littérature) réparties en quatre genres : *Allocasuarina*, *Casuarina*, *Ceuthostoma* et *Gymnostoma* (Johnson et Wilson, 1993 ; Christenhusz et Byng, 2016). Le genre *Casuarina* comprend environ 14 espèces (19 taxons) (Potgieter et al. 2014).

III. 1. Description de *Casuarina equisetifolia*:

Toutes les espèces de *Casuarina* ont un feuillage persistant en forme d'aiguille et des cônes ligneux. Ce sont des arbres à tronc assez robuste, à écorce rugueuse et à croissance rapide, avec des branches principales presque dressées ou semi-étalées et des rameaux minces. Les touffes de brindilles caduques, jointées, rainurées et vertes ressemblent à des aiguilles de pin mais se séparent facilement aux nœuds, où les vraies feuilles sont considérées comme de minuscules dents pointues sonnantes le joint. Leurs nervures médianes descendent jusqu'au nœud suivant et forment des côtes plus ou moins distinctes. De telles écailles ne peuvent pas remplir la plupart des fonctions des feuilles normales. Ceux-ci sont pris en charge par les aiguilles. Cependant, les écailles sont utiles dans un environnement où l'eau douce est rare; l'absence de feuilles typiques et la structure des aiguilles retardent l'évacuation de l'eau (Barret 1956).



Figure 7 : Casuarina en Algérie, arbre *Casuarina equisetifolia* dans la région de Laghouat (NECIRI, Y. Juin 2022).

III. 2. Habitat de *Casuarina equisetifolia* :

Les *Casuarinas* sont originaires d'Australie, d'Asie du Sud-Est et des îles du Pacifique (Wheeler et al. 2011). *Casuarina equisetifolia* s'auto-ensemence librement dans les zones perturbées et, une fois établi, peut inhiber la croissance des espèces indigènes. On le voit rarement dans les régions du nord, en raison de son intolérance aux longues périodes de temps froid. Il se produit sur les rivages sablonneux, les pinèdes et dans les Everglades, au-dessus de la nappe phréatique ou de la ligne des hautes eaux. Il colonise fréquemment les sites perturbés, tels que les terres humides comblées, les accotements routiers, les terrains défrichés et les terrains vacants. Bien que *Casuarina equisetifolia*, ne se porte pas bien dans les zones d'inondation prolongée, il est extrêmement résistant aux embruns salés et se développe rapidement par temps chaud (Digiamberardino 1986).

III. 3. Biologie de *Casuarina equisetifolia* :

Dans les Everglades, *Casuarina equisetifolia* fleurit deux fois par an en commençant 3 à 5 ans après la germination. Il fleurit de février à avril et de septembre à octobre, avec des fruits mûrissant en juin et décembre. Les graines restent fertiles pendant quelques mois à un an et germent dans des conditions d'humidité adéquate et de sol poreux en 4 à 8 jours. Les jeunes semis sont extrêmement sensibles à la sécheresse, aux inondations et aux incendies (Wodehouse 1972). Un seul arbre de 4 ou 5 ans est capable de produire des milliers de graines qui sont transportées par les vents vers de nouveaux sites de colonisation.

III. 4. Ecologie de *Casuarina equisetifolia*:

Les naturalistes des Everglades ont été parmi les premiers à avertir de la menace posée par les *Casuarinas*. Avant 1960, *Casuarina equisetifolia* n'était présente que dans des endroits dispersés, mais les zones perturbées nouvellement créées par l'ouragan Donna ont provoqué une explosion d'activité invasive de l'espèce. En 1980, les *Casuarinas* se comptaient par centaines et par milliers sur plusieurs îles de la baie de Floride et sur des plages allant de Cape Sable aux Dix Mille Îles. Maintenant, on peut s'attendre à trouver des pionniers sur n'importe quelle zone sablonneuse au-dessus de la ligne de marée haute (Morton 1980). Il est conclu à partir d'observations d'experts que l'inhibition de tout sous-bois par *Casuarina* est le résultat d'une habitude de colonisation agressive et dense et éventuellement de la production d'exsudats phytotoxiques (Klukas 1969, Digiamberardino 1986, Okuda et al. 1982). Dans une expérience de Fernald et Barnett (1988), des semis d'espèces indigènes plantés sous un couvert de *Casuarina* sur des îles de déblais dans la rivière Indian près de Vero Beach Floride, avaient un taux de survie de 54 %. Cela implique que les effets dissuasifs que *Casuarina* présente aux pionniers, qu'ils soient physiques, mécaniques ou chimiques, peuvent être surmontés ou contournés en introduisant des plantes au stade des semis. Si des phytotoxines sont produites par *Casuarina*, elles ne peuvent qu'inhiber la germination (Austin 1978).

III. 5. Systématique de *Casuarina equisetifolia* :

Selon Quezel et Santa (1962) :

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliosida
Sous-classe	Hamamelidae
Ordre	Casuarinales
Famille	Casuarinaceae
Genre	Casuarina
Espèce	<i>Casuarina equisetifolia</i>

III. 6. Intérêt de *Casuarina equisetifolia* :

Casuarina equisetifolia présente de nombreux Intérêt, notamment :

III. 6.1. Lutte contre l'érosion : Comme elle tolère le sel et pousse dans le sable, *Casuarina equisetifolia* est utilisé pour contrôler l'érosion le long des côtes, des estuaires, des berges et des cours d'eau. Au Sarawak, en Indonésie, l'espèce est protégée en raison de son importance dans le contrôle de l'érosion côtière.

III. 6.2. Ombrage ou abri : De nombreuses zones où l'espèce est naturellement présente sont sensibles aux cyclones tropicaux ou aux typhons, et sa tolérance générale aux vents forts a encouragé son utilisation dans les plantations de protection. L'abondance de brindilles très ramifiées absorbe étonnamment bien l'énergie éolienne. Dans les régions aux vents chauds et secs, l'arbre protège les cultures et les troupeaux d'animaux. Dans le sud de la Chine, environ 1 million d'hectares ont été établis dans des brise-vent le long des dunes côtières.

III. 6.3. Remise en état : pousse vigoureusement sur des sites arides dégradés et pollués et se développe dans des sols sablonneux profonds. Colonise les résidus d'étain stériles.

III. 6.4. Fixateur d'azote : *Casuarina equisetifolia* est un arbre fixateur d'azote d'une importance sociale, économique et environnementale considérable dans les zones littorales tropicales/subtropicales d'Asie, du Pacifique, d'Afrique et d'Amérique centrale.

III.6.5. Amendement de sol : *Casuarina equisetifolia* possède des racines protéoïdes et forme des associations avec des mycorhizes arbusculaires vésiculaires.

III. 6.6. Ornemental : Cultivé comme ornemental le long des rues et des bords de mer.

III.6.7. Limite ou barrière ou support : Il est remarquablement adapté à la plantation en bordure car il n'intercepte pas une grande partie du rayonnement solaire entrant et produit des quantités substantielles d'engrais de feuilles vertes lors de l'élagage en plus d'autres produits.

III.6.8. Culture intercalaire : Avec une productivité élevée et des propriétés qui améliorent la fertilité du sol, *Casuarina equisetifolia* est prometteuse comme espèce agroforestière pour les zones arides et semi-arides. Des expériences à Prabhunagar, en Inde, ont montré que les agrumes poussaient plus gros sous *Casuarina equisetifolia* que dans des peuplements purs.

IV. Généralités sur les rétames:

IV. 1. Description des rétames :

IV. 1.1. Morphologie :

Les rétames sont des plantes pérennes, ce sont des arbustes monoïques, pouvant atteindre jusqu'à 3 mètres de long, caractérisés par un tronc trapu et court, portant de nombreux rameaux denses, arqués, flexibles et retombants, fortement sillonnés et peu feuillés, les jeunes arbustes sont soyeux d'un vert argenté à gris argenté (Beniston, 1985 ; Ozenda, 1958).

Les feuilles sont très caduques, les inférieurs sont trifoliolés les supérieurs sont simples et unifoliées (Quezel et Santa, 1962), elles sont minuscules, alternes et linéaires, qui ne demeurent en place que quelques jours.

Les fleurs, unisexuées sont en petites grappes latérales, réparties sur de courts racèmes, avec petite calice bilabié, à lèvres supérieurs profondément bidentées, pétales à onglets plus ou moins soudés au tube staminal, étendard dressé avec 10 étamines monadelphes (Quezel et Santa, 1962) elles sont de deux couleurs selon l'espèce :

- Blanches pour *Rétama monosperma* et *Rétama raetam*.
- Jaunes pour *Rétama sphaerocarpa*.

La floraison est longue et précoce de la fin d'hiver à début printemps, selon le climat, elle peut s'étendre jusqu'au mois de mai (Selami, 2000 ; Messirdi, 2004).

Le fruit est une étroite gousse indéhissante de moins de 2cm, acuminée, avec une extrémité aigue, portant une à deux graines (Quezel et Santa, 1962). Les graines contiennent de la cytosine, un alcaloïde toxique.

Le système racinaire est de type pivotant, pouvant atteindre plusieurs mètres de profondeur (Stocker, 1974). Des racines adventives sont également présentes sur les rameaux et colonisent la surface des dunes.

Les rétames se multiplient au printemps par semis ou par bouturage de tiges aoutées, dans des sols pauvres, bien drainés même sablonneux à forte salinité.

En Algérie Le genre *Rétama* compte trois espèces :

- *Rétama monosperma*
- *Rétama sphaerocarpa*.
- *Rétama raetam*.

IV. 1.2. Aperçu historique de la classification :

Retama dérive du nom biblique «rotem», il fut modifié par la suite par les arabes en «retam» ou «r'tem» (Zohary 1962; Shallaby et al., 1972). L'espèce est connue sous le nom Tillugit ou Illugil en berbère (Bellakhdar, 1997). Du point de vue systématique, le genre Retama a fait l'objet de dénominations variées; il fut utilisé par Forsskal en (1775) comme nom d'espèce, exemple; *Genista raetam* et plus tard *Spartium raetam* pour les espèces *Spartium monosperma* et *Spartium shaerocarpa*. En (1843), Spach transféra le genre Retama en *Spartium* et ce n'est qu'en (1939) que Boissier utilisa Retama comme nom de genre pour les deux espèces de *Spartium* en retenant leurs noms d'espèces: Retama raetam, Retama monosperma, Retama sphaerocarpa et Retama dasycarpa. Cette description des espèces décrites est basée sur des caractéristiques variables et sur les 13 espèces référées à ce genre, seulement quatre espèces ont pu être retenues (Zohary, 1959). En se basant sur les caractères morphologiques. Webb (1843) considérait plusieurs variétés pour Retama monosperma et Retama raetam. Pour Retama sphaerocarpa deux variétés ont été mentionnées: *Eusphaerocarpa atlantica* par le même auteur. Maire (1952- 1987) subdivisa le genre Retama en trois sous-genres : Raetam Webb (1843), Sphaeropaton Webb (1843) et Retamopsis Cosali (1900), et considéra deux taxa: *R. raetam* (Forsk.) Webb, et *R. monosperma* (L.) Boiss. Comme des espèces pour le premier sous genre avec deux sous espèces pour *R. monosperma*; subsp. eu-monosperma Maire et subsp. Bovei (Spach) Maire. Les deux variétés de *R. monosperma*; var. *typica* (Maire) (= ssp eumonosperma) et var. *Webb* (Spach) Maire (= ssp Bovei), sont endémiques d'Algérie et leurs localisations se trouvent dans l'un des plus chauds point des régions Méditerranéennes. Retama raetam a été subdivisée en trois variétés : 1-var. *rigidula* f. *phaeocalyx* (Webb) Maire, 2-var. *rigidula* f. *pallens* (Chevalier) Boiss, et 3-var. *duriaei* (Spach). Retama sphaerocarpa qui appartient au sous-genre Sphaeropaton est représenté par deux variétés; var. *eusphaerocarpa* (Maire) et var. *atlantica* (Pomel). Pour le

dernier sous-genre *Retamopsis* une espèce distincte, *R. dasycarpa* Cosson, a été mentionnée et qui est endémique du Maroc (Maire, 1952-1987) (Figure 8).

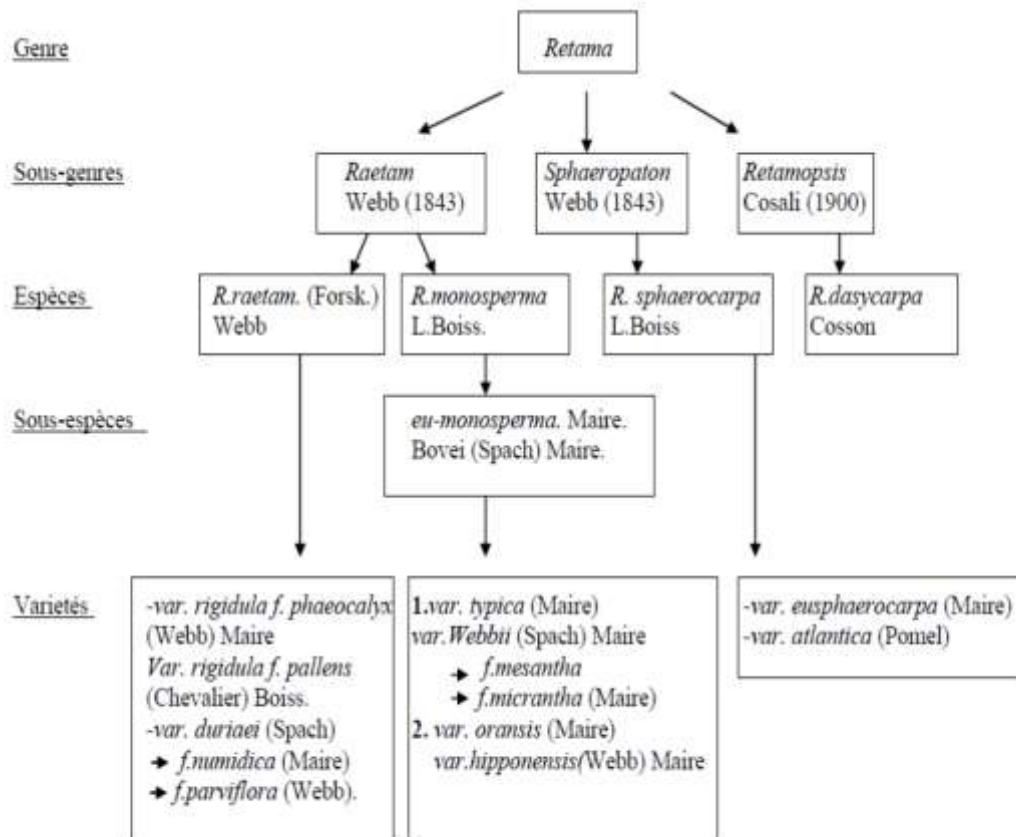


Figure 8 : Classification du genre *Retama* selon Maire (1952-1987).

IV. 1.3. Systématique des rétames :

Selon Quezel et Santa (1962) :

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Fabales
Super famille	Légumineuses
Famille	Fabacées
Sous famille	Papilionacées
Genre	<i>Retama</i>
Espèces :	<i>R. sphaerocarpa.</i>

R.monosperma

R. raetam

IV. 1.4. Génétique et caryologie :

Le genre *Rétama* a fait l'objet de peu de travaux dans le domaine de la cytogénétique en Algérie (Resse, 1957), et les premières études cytogénétiques ont révélées l'existence d'un seul cytotype polyploïde ($2n=48$) chez *Retama raetam* et *Retama monosperma* d'Algérie (Resse, 1957 ; Farnandez and Queiros, 1978). Le même nombre ($n=24$; $2n=48$) a été déterminé chez *R.sphaerocarpa* par Gallego-Martin et al .en 1988.

IV. 2. Présentation de l'espèce *Retama raetam* :

C'est un arbrisseau ou petit arbuste pouvant atteindre 3.5 mètres de hauteur (Figure 9), ses rameaux sont dressés dès la base. Le tronc peut atteindre 20 cm de diamètre, couvert ainsi que les grosses branches d'une écorce brune noirâtre. Les rameaux sont verts, fortement sillonnés, effilés, souvent arqués et retombant aux extrémités, densément vêtus dans la jeunesse de poils simples et courts qui leur donne un aspect soyeux argenté. Puis bientôt, glabre sur les côtés, jaunes, lâchement feuillés puis aphyllés en stade adulte. Les feuilles sont unifoliées à foliole très caduque. Stipules ordinairement rudimentaires. Les grappes sont latérales, solitaires ou géminées, lâches. Les fleurs de 8 à 10 mm, sont en grappe panciflore portant 5 à 10 fleurs par grappe.

La floraison se situe entre Février et Mars jusqu'en Juillet (Quezel et Santa, 1962; Shallaby *et al.* 1972) (Figure 9). Les gousses sont ovoïdes ou ovoïdes oblongues, aigues, terminée en bec, renfermant un à deux graines de couleur jaune ou vert olive (Maire, 1952-1987).



Figure 9 : Photographie d'un arbuste de *Retama raetam* (Site 1)

IV. 3. Distribution géographique de *Retama raetam* :

Retama raetam est caractérisée par une large distribution géographique, originaire du nord-ouest Africain et probablement des îles Canaries (Zohary, 1959).

En Algérie *R. raetam* occupe une surface considérable du nord vers le sud (Stocker, 1974).

Retama raetam est localisée dans le sud oranais, sud de Djelfa, Ain Safra, Touggourt, au centre de la Kabylie, à l'est de Biskra, également à Ouargla (Allal-benfakih.l ; 2006). C'est une plante C3 commune des écosystèmes arides, qui entourent la méditerranée, elle utilise comme stratégie d'acclimation, une dormance partielle pour résister aux longues périodes de sécheresse (Mittler et al, 2002).

IV. 4. Intérêt des rétames:

Le genre *Retama* regroupe des espèces très intéressantes, du point de vu biochimique, moléculaire et écologique.

IV. 5.1. Intérêt écologique :

Les rétames jouent un rôle très important dans le maintien de l'équilibre des milieux naturels et des écosystèmes, reconnues comme étant des plantes des zones arides et semi arides.

Les rétame s'adaptent aux conditions les plus extrêmes de sécheresse et de salinité, grâce à leur morphologie et leur structure xéromorphique.

Les rétames sont des espèces fixatrices de dunes, grâce à leur système racinaire très développé. Selon (Zohary, 1962), les racines de *Rétama raetam* pénètrent jusqu'à 20m de profondeur dans le sol.

Rétama raetam peut être considérée comme une espèce pionnière, apte à coloniser les cordons dunaires grâce à son potentiel germinatif élevé, sa tolérance au stress hydrique et son mode de ramification radiculaire,. Son utilisation dans les opérations de végétation de ces milieux fragiles est recommandable.

Grace à leur très grande capacité symbiotique, les rétames contribuent à la bio fertilisation des sols salins et pauvres et jouent un rôle important dans le cycle de l'azote.

IV. 6.2. Intérêt pharmacologique :

Rétama a été répertoriée comme étant une plante médicinale des régions arides (Unesco ; 1995).

En médecine traditionnelle, *Rétama raetam* est utilisée dans le traitement de plusieurs maladies comme l'eczéma, elle est utilisée dans le sud de la méditerranée dans les soins en cas de morsures de serpents (El Hamrouni.A, 2001). Le pouvoir pharmacologique des rétames est dû à la présence de certains Alcaloïdes.

En plus, *Rétama raetam* a une activité antioxydante (Maghrani.M et al ; 2003), ainsi qu'antimicrobienne et cytotoxique. De ce fait, on constate la large capacité pharmacologique des rétames, et leurs éventuelle utilisation en phytothérapie, et donc la nécessité d'approfondir les connaissances sur ces espèces, au niveau moléculaire et génétique.

IV. 6.3. Intérêt industriel et économique :

Les rétames sont considérés comme un excellent fourrage, de plus, leur bois est utilisé en chauffage. Ils sont riches en fibre, dont la longueur moyenne atteint 1,93 mm (Bahi, 1991), ils pourraient donc être valorisés dans l'industrie papetière. Ils sont aussi des plantes ornementales, en raison de leurs multiples fleurs odorantes.

Les graines des rétames contiennent des léctines, protéines allergènes, utilisées par la plante dans les mécanismes de défense contre les insectes, ce qui pourrait donc être valorisé dans l'industrie des bio insecticides.

Chapitre II :

Matériels et méthodes

I.1.. Description générale des espèces cibles utilisées durant le test l'allélopathie :

I. 1.1. *Avena sterilis* :

Les folles avoines sont particulièrement nuisibles en céréales d'hiver, orge de printemps, dans une moindre mesure colza. Les folles avoines sont des graminées annuelles dont les panicules sont caractéristiques et les semences aisément reconnaissables. La plante atteint très facilement 1,5 m de hauteur. Les graines d'*Avena sterilis* sont longues de 6 à 7 mm (Douville, 2002).

I.1.2. *Bromus secalinus* :

Le brome est particulièrement redouté dans les céréales d'hiver en raison d'un manque d'efficacité des herbicides disponibles. Ces graminées annuelles sont favorisées par les Techniques Culturelles Sans Labour et notamment le Semis Direct, la hauteur de la plante au stade adulte est variable entre 30 et 100 cm. Les graines de *Bromus* sont longues de 5 à 6 mm (Douville, 2002).

I.1.3. *Triticum durum* (Variété Simeto)

Simeto d'origine italienne caractérisé par un rendement élevé, un Poids de mille grains, élevé, une très bonne qualité de semoule et une teneur en protéines de 15,80 %. C'est une variété très appréciée des agriculteurs pour sa capacité d'adaptation et son bon niveau de production, le rendement moyen étant de 19,85 g/plant. La plante atteint une hauteur de 90,25 cm (Abis., 2012).

II. Préparation du matériel végétal :

1^{er} Le fauchage : Les échantillons *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* ont été collectés dans la région de Laghouat en fin Novembre 2021. A l'aide d'un sécateur, nous avons coupé les feuilles des deux plantes.

2^{ème} Le séchage : Les échantillons collectés de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* ont été étalés sur un linge propre pendant 60 jours dans une pièce aérée.

3^{ème} Le broyage : Les feuilles séchées de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sont déchiquetées à l'aide d'une paire de ciseaux en petits morceaux, afin de faciliter leur broyage. Elles sont par la suite directement broyées à l'aide d'un broyeur électrique (Figure 10). Le

broyat de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* constituant le matériel végétal final que nous avons utilisé pour la préparation des solutions (Extraits aqueux).



Figure 10 : Broyage de la plante (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*), (Cliché NECIRI Y, Février 2022).

III. Caractérisation chimique de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* :

III.1. La spectrophotométrie infrarouge : (Spectres FT-IR)

Afin de confirmer l'existence des interactions intermoléculaires au sein des mélanges à multi constituants, nous avons procédé à une analyse par infra-rouge, en utilisant un spectrophotomètre de type jasco FT/IR-4200 (figure 11). Cette technique d'analyse consiste à soumettre un échantillon à un rayonnement infrarouge. Les molécules organiques soumises à ce rayonnement absorbent ces radiations en modifiant leurs énergies de vibration. La technique recouvre une large gamme de techniques, la plus commune étant celle que nous avons utilisée. Comme pour toutes les techniques de spectroscopie, elle peut être employée pour l'identification de composés ou pour déterminer la composition d'un échantillon.



Figure 11 : Spectrophotomètre jasco FT/IR-4200.

La spectroscopie infrarouge est principalement, utilisée pour étudier les interactions entre les molécules, en analysant le profil du mode vibratoire, à savoir : la position, la largeur et l'intensité des bandes spectrales. La position du pic ou de la bande indique non seulement la présence d'un groupe particulier, mais donne également une bonne idée de l'environnement qui l'affecte.

Il est bien connu que les forces intermoléculaires dues aux interactions par liaison hydrogène, entraînent un changement remarquable de certains des modes de vibration, permettant ainsi l'étude des interactions.

La formation de la liaison hydrogène est d'une importance capitale dans de nombreux procédés industriels, elle joue un rôle central dans les processus biologiques au niveau moléculaire. Elle est responsable de la réorganisation structurale des molécules de mélanges, elle détermine également la structure et les propriétés de beaucoup de molécules et macromolécules biologiques.

La spectroscopie infrarouge joue un rôle crucial dans l'étude de la liaison hydrogène. Les spectres IR ont été enregistrés afin d'examiner les différentes interactions présentes dans les mélanges étudiés au niveau moléculaire. Les spectres ont été enregistrés entre 4000 cm^{-1} et 2000 cm^{-1} et révèlent tous la présence de bandes intenses et larges entre 3500 et 3000 cm^{-1} . Pour l'identification des composés, une table (Annexe I) de corrélation de spectroscopie infrarouge est utilisée pour déterminer les composés de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*

III.2. Tests phyto-chimiques :

Les tests phyto-chimiques ont été effectués en même temps sur les deux broyats des deux plantes *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*. La détection de certains composés est réalisée, aux laboratoires du département des sciences agronomiques, en nous basons sur des méthodes décrites par (Quettier-Deleu., 2000 ; Mojab et al., 2003).

III.2.1. Tanins :

Une masse de 2 g de la poudre végétale (partie aérienne), a été macérée dans 50 ml D'éthanol à 50 % pendant 24 h. Après filtration, quelques gouttes de FeCl_3 1 % ont été ajoutées à 2 ml du filtrat.

- L'apparition d'une couleur vert foncé indique la présence des tanins.

III.2.2. Flavonoïdes :

Une masse de 2 g de la poudre végétale, a été macérée dans le méthanol à 80 % pendant 24H. Après filtration, 2ml d' AlCl_3 2 % ont été ajoutés à 1ml du filtrat.

L'apparition d'une couleur jaune foncé indique la présence de flavonoïdes.

III.2.3 Stérols et tri terpènes :

Une masse de 2 g de la poudre végétale, a été macérée dans un volume d'éthanol 70% pendant 24H. Après filtration et évaporation à sec le résidu obtenu a été dissout dans 20 ml de chloroforme.

- **Réaction de Liebermann Buchard :**

10 ml de la solution précédemment préparée a été évaporé à sec, le résidu obtenu a été dissout dans 5 ml d'anhydride acétique puis 5 ml de chloroforme. A l'aide d'une pipette 1 ml d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) a été ajouté au fond du tube sans agiter. Après 30 minutes, la formation d'un anneau rouge brunâtre à la zone de contact des deux liquides et une coloration violette de la couche surnageante révèlent la présence de stérols et triterpènes.

- **Test de Salwaski :**

Un volume égal d'acide sulfurique est ajouté à la deuxième partie du filtrat, l'apparition de la couleur jaune puis sa transformation en rouge indique la présence des triterpènes.

III.2.4. Alcaloïdes:

Une masse de 2g de la poudre végétale a été macérée dans 50 ml d'acide chlorhydrique 1% pendant une nuit. Après filtration, on ajoute de l'ammoniac afin d'alcaliser le filtrat. Une extraction liquide-liquide avec du chloroforme est réalisée trois fois (Figure 12). La phase organique est récupérée puis évaporée sous pression réduite à sec à une température de 55°C. Ce résidu sec est solubilisé dans 2 ml d'acide chlorhydrique (HCl 1%) en ajoutant par la suite

quelques gouttes de réactif de Mayer. L'apparition d'un précipité blanc indique la présence des alcaloïdes.

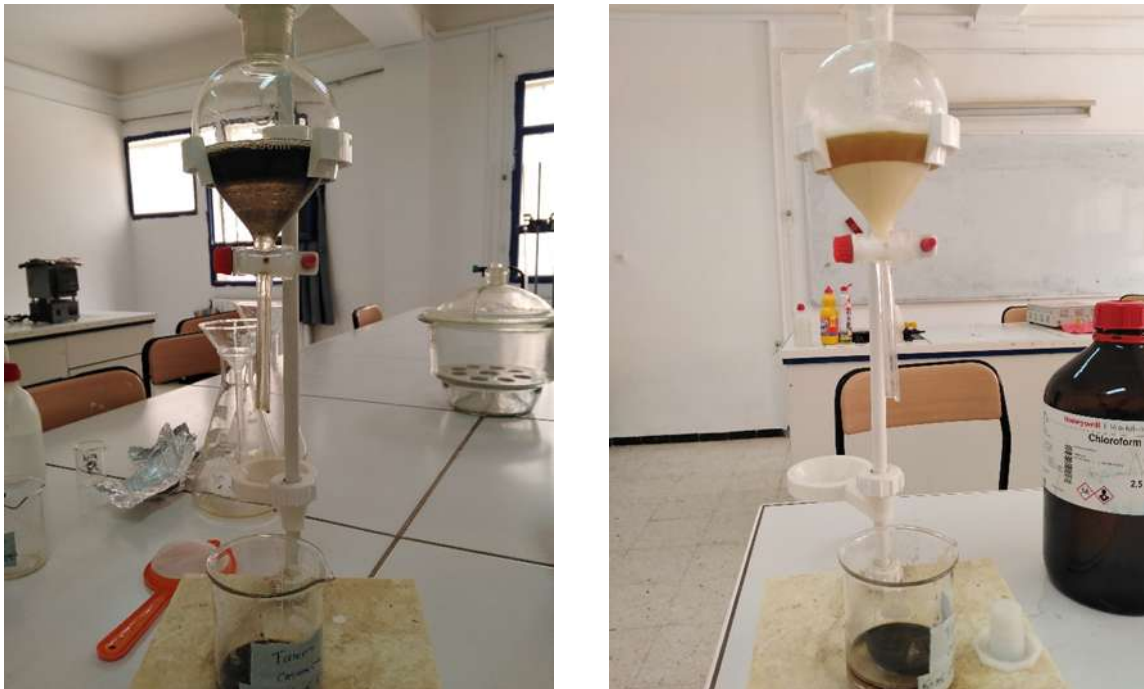


Figure 12 : Extraction liquide-liquide avec du chloroforme, (Cliché NECIRI Y, Mars 2022)

IV. Travail Expérimental du test allélopathique:

Cette partie est réalisée aussi au niveau des laboratoires du département des sciences agronomique de l'université Ammar Thelidji de Laghouat.

IV.1. La préparation des solutions Extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* :

Les solutions extraites de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sont préparées à la température ambiante du laboratoire (20-25°C). Les différentes doses considérées sont 5%, 10% et 15% notées respectivement D1, D2 et D3 en utilisant les broyats des deux plantes *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*. Pour cela, à l'aide d'une balance électronique nous avons pesé (25 g, 50 g et 75 g) du broyat, nous avons mis la poudre dans un erlenmeyer et ajouté à la quantité pesée 500 ml d'eau distillée bouillante (100°C) ; après cela la solution est agitée pendant 40 min à l'aide d'un agitateur. Cette solution est ensuite laissée en repos à la température ambiante pendant 24 heures pour refroidissement et pour décantation.



Figure 13 : La préparation des solutions (Extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*), (Cliché NECIRI. Y, Février 2022).

➤ **Filtration :**

Quand la solution est refroidie nous avons procédé à sa filtration, pour cela nous avons utilisé du papier filtre d'un diamètre de 110mm, nous avons laissé l'opération plusieurs heures jusqu'au passage totale du surnageant dans un erlenmeyer (1000 ml). Après cette filtration nous avons obtenu une solution limpide (liquide de composition homogène et sans particules).



Figure 14: Filtrations des extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* (Cliché Neciri.Y, Février 2022).

IV.2. Les tests de germination :

IV.2.1. Matériel végétal (semence) utilisé pour le test de germination :

Les semences des mauvaises herbes utilisées pour le test de germination ont été récoltées dans les champs cultivés dans la région de Laghouat, entre les périodes de Mai et Juin 2021, il s'agit de deux espèces mauvaises herbes : *Avena sterilis* et *Bromus secalinus*. Celles de la plante cultivée nous ont été fournies par l'OAIC, il s'agit de semences de blé dur (*Triticum durum*). Une plante cultivée (Céréalière) et deux mauvaises herbes (adventices des céréales) sont utilisées.

Tous les tests de germination sont donc réalisés sur une plante cultivée et deux mauvaises herbes (Blé) et (avoine folle et brome).

IV.2.2. Essai du pouvoir allélopathique :

Dans des boîtes de pétri stériles en plastique de 80 mm de diamètre et d'une hauteur de 13 mm (le même type de boîtes est utilisé pour l'espèce cultivée et pour les mauvaises herbes), des disques en papier absorbant sont placés. Chaque boîte est ensuite numérotée selon sa contenance avec un marqueur permanent (Figure 15). Le numérotage comporte le nom de l'espèce cible, la concentration utilisée suivie de la première lettre du nom de la plante, dont on veut tester le pouvoir allélopathique et le chiffre de la répétition.



Figure 15 : Les tests de germination des graines des plantes cibles, avec extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* (Cliché NECIRI. Y, Février 2022).

Dix graines de chaque espèce sont déposées sur le papier absorbant dans chaque boîte de pétri pour les milieux (D1, D2, D3 et le témoin). Toutes les graines ont été stérilisées dans une solution d'éthanol à 60 % pendant 10 minutes, puis rincées trois fois avec de l'eau distillée. Par la suite, nous avons incubé toutes les boîtes dans une étuve réglée à (25 ± 1) °C et suivi la germination des graines chaque jour à la même heure. Selon Malcolm et al. (2003), la vitesse et la durée de germination des graines ne changent pas significativement à des températures ambiantes entre 15 et 25 °C. Toutefois, à 10 °C les graines ont une germination lente. La durée d'incubation durant notre travail expérimental a été de 7 jours (du 28 Février au 05 Mars 2022) et est arrêtée lorsqu'au moins, pour une concentration testée, le taux de germination de l'ensemble des semences (graines) atteint 100%. Durant notre test, nous avons considéré graine germée, lorsqu'elle développe une radicule (radicelle ou coléorhize) et une tigelle (glumelle ou coléoptile).

Le test de germination est réalisé en randomisation complète avec trois facteurs à trois répétitions :

- Facteur 1 : est celui de la plante allélopathique à deux niveaux (*Retama raetam* et *Casuarina equisetifolia*) ;
- Facteur 2 : est celui de la plante cible à trois niveaux (*Avena sterilis*, *Bromus secalinus* et *Triticum durum*) ;
- Facteur 3 : est celui de la concentration utilisée à quatre niveaux (T, C5%, C10% et C15%).

Un total donc de 72 boîtes de pétri sont manipulées.

Les notations utilisées :

- (CT, C5%, C10% et C15%) = Traitements à *Casuarina equisetifolia* ;
- (RT, R5%, R10% et R15%) = Traitements à *Retama raetam*.

IV. 3. Suivi de la germination et notations :

IV.3.1. Détermination du taux de la germination et de son inhibition :

Après sept jours d'incubation, l'expérience de la germination est arrêtée et le pourcentage de germination de chaque espèce et dans chaque boîte est déterminé. Nous avons considéré comme graine germée celle qui a développé une radicule et une glumelle. Le taux de germination est exprimé par le rapport : nombre de graines germées sur nombre total de graines. Le pourcentage de germination des graines pour chaque boîte de Pétri est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{TG (\%)} = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre totale de graines}) * 100$$

L'objectif de notre travail est de tester l'effet inhibiteur des extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur la germination des graines des mauvaises herbes. Nous nous sommes donc intéressés à l'inhibition de la germination en déterminant le taux d'inhibition de la germination (TIG) des graines par la formule suivante :

$$\text{TIG (\%)} = ((\text{Témoin} - \text{C}) / \text{Témoin}) * 100$$

IV.3.2. Mesures des longueurs de croissance des racines et des glumelles :

Après avoir déterminé le nombre des graines qui ont germé dans chaque boîte de pétrie et lorsque la plupart des plantules dans une boîte de pétrie sont faciles à manipuler, nous avons mesuré sur un papier millimétré (Figure 16), les longueurs de croissance de la racine (radicelle) que nous notons : (LCR) et la longueur de croissance de la (glumelle), que nous notons : (LCG). Cette opération est réalisée pour évaluer la croissance des plantes vis-à-vis du milieu.

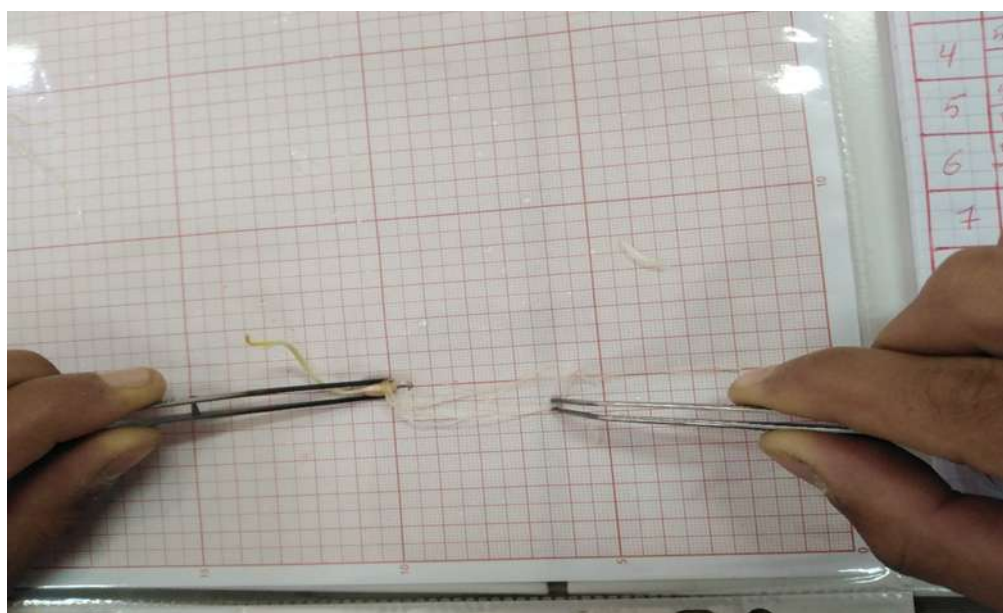


Figure 16 : Mesure des longueurs des glumelles et des racines (Cliché NECIRI. Y, Mars 2022).

IV.3.3. Indice de vigueur des plantules

C'est un indicateur très important, qui permet de voir pour quel traitement le plant de (*Avena sterilis* et *Triticum durum*) est le plus vigoureux (Delamarre, 2014). L'indice de vigueur (IV) est calculé par la relation suivante :

$$\text{IV} = (\text{Longueur tige} + \text{Longueur racine}) \times \text{Taux de germination}$$

IV.4.4. Analyses statistiques des données

Les données collectées ont été soumises à des analyses de la variance (ANOVA) multi variée, dans notre cas à trois facteurs avec un risque de 5% et ensuite à une analyse en composante principale (ACP) par utilisation du Logiciel XLStat version 2016.

Chapitre III :

Résultats et Discussion

I. Caractérisation chimique de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*

I.1. Analyse des différents spectres Infrarouge (IR) enregistrés :

I.1.1. Caractérisation de *Casuarina equisetifolia* :

Le spectre infrarouge a révélé ce qui suit :

La 1^{ère} bande située entre 3500 et 3250 (σ/cm^{-1}), correspond à une vibration par élongation de la liaison O-H intermoléculaire, c'est une bande intense et large.

La 2^{ème} bande se situe entre 3000 et 2840 (σ/cm^{-1}), c'est une bande moyennement intense et étroite, correspondant à l'existence des groupements C-H d'un alcane.

Pour ce qui est de la 3^{ème} bande, elle correspond à un nombre d'ondes de 1656 (σ/cm^{-1}), c'est une bande intense et étroite, elle est caractéristique de la liaison C=C des alcènes mono substitués.

Vers 1440 et 1360 (σ/cm^{-1}), cet intervalle correspond à une vibration par déformation de la liaison C-H d'un alcane.

Vers 1040 (σ/cm^{-1}), le spectre révèle l'existence d'une liaison O=C-O-C=O d'un anhydride, correspondant à une vibration par déformation.

Le spectre révèle aussi une bande de vibration par déformation, correspondant à la liaison C-C des alcanes.

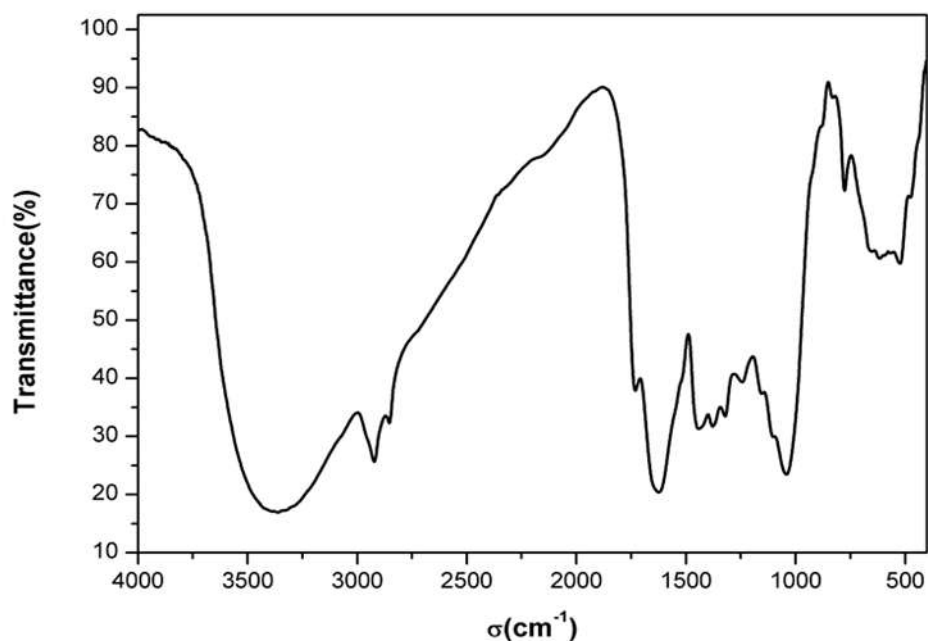


Figure 17 : La caractérisation chimique de *Casuarina equisetifolia* par spectrophotomètre
jasco

Tableau N° 1 : Résultats de l'analyse spectrophotométrie (IR) de *Casuarina equisetifolia*

<i>Liaisons</i>	<i>Nature de vibration</i>	<i>Bande (cm-1)</i>	<i>Nombre d'onde (cm-1)</i>	<i>Intensité</i>
O-H alcool	élongation	3300	3500 - 3250	Fort. Intense
C-H alcane	déformation	2950	3000 - 2840	Moyenne. Intense
C=C alcènes mono substitués	élongation	1656	1656	Moyenne. Intense
C-H alcane	déformation	1300	1440 - 1360	Moyenne. Intense
O=C-O-C=O anhydride	déformation	1040	1040	Fort. Intense

I.1.2. Caractérisation de *Retama raetam* :

Sur le spectre IR, nous avons deux zones spectrales à interpréter (Figure 19 : diagnostique, empreinte digitale. La première zone est due à la vibration d'élongation comprise entre 4000 et 1500 cm^{-1} . Quant à la deuxième, elle correspond à la vibration de déformation comprise entre des nombres d'onde de 1500 à 400 cm^{-1} .

L'examen de la 1^{ère} zone spectrale fait apparaître (Figure 18 et Tableau N° 1), une bande moyenne, intense entre 3600 et 3200 (σ/cm^{-1}), révélatrice de l'association par vibration de valence du groupe N-H (amine primaire).

- Une autre bande faible, intense a été localisée pour les différents spectres est entre 2980 et 2829 (σ/cm^{-1}), qui indique la vibration de valence du groupe C-H (alcène).
- Une bande étroite, intense entre 1660 et 1604 (σ/cm^{-1}) indique la vibration de valence du groupe C=C (alcène cyclique).

L'examen de la 2^{ème} zone spectrale fait apparaître (Figure 18 et Tableau N° 1) :

- Une bande moyennement intense entre 1385 et 1380 cm^{-1} indiquant la vibration par déformation de liaison C-H (alcène) et enfin une bande intense entre 1085 et 1050 cm^{-1} qui indique la vibration de valence du groupe C-O d'un alcool primaire.

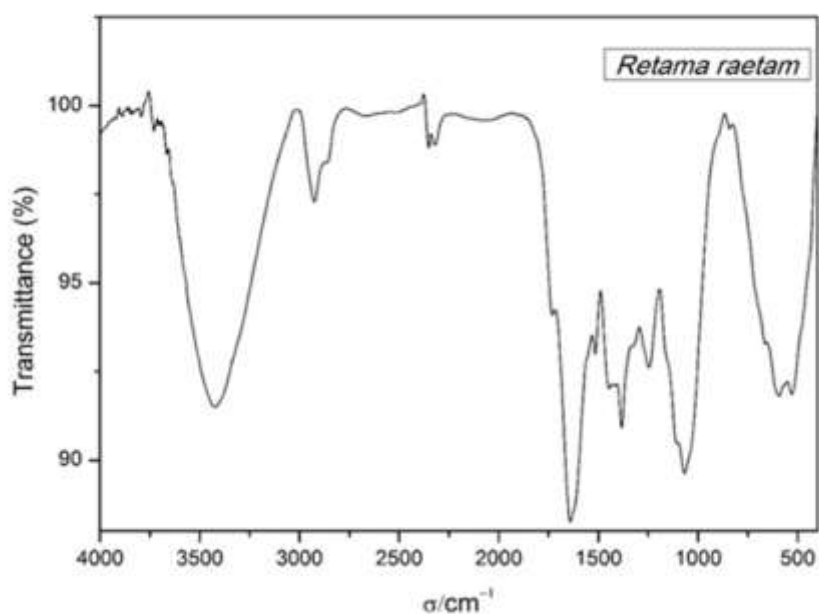


Figure 18 : La caractérisation chimique de *Retama raetam* par spectrophotomètre jasco FT/IR 4200.

Tableau N° 2 : Résultats de l'analyse spectrophotométrie (IR) de *Retama raetam*

<i>Liaisons</i>	<i>Nature de vibration</i>	<i>Bande (cm-1)</i>	<i>Nombre d'onde (cm-1)</i>	<i>Intensité</i>
N-H Amine primaire	Elongation	3450	3600-3200	Moyennes. Intense
C-H Alcène	Elongation	2924	2980-2829	Faible. Intense
C=C Alcène	Elongation	1635	1660-1604	Étroite. Intense
C-H Alcène	Déformation	1381	1385-1380	Moyennes. Intense
C-O Alcool primaire	Elongation	1060	1085-1050	Intense

II. Phyto-chimie de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*:

Le tableau N°2 révèle que les tanins, les flavonoïdes et les tri terpènes sont plus présents chez *Casuarina equisetifolia*. Par contre, les alcaloïdes sont présents chez *Retama raetam* et totalement absents chez *Casuarina equisetifolia*.

Tableau N°2 : Résultats des tests phytochimiques

Molécules	<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Retama raetam</i>
Tanins	+++++	+++
Flavonoïdes	++++	+++
Stérols et tri terpènes	+++	++
Alcaloïdes	-	++++

Notations : - : Négatif ; ++ : Faiblement positif ; +++ : Positif ; +++++ : Fortement positif.

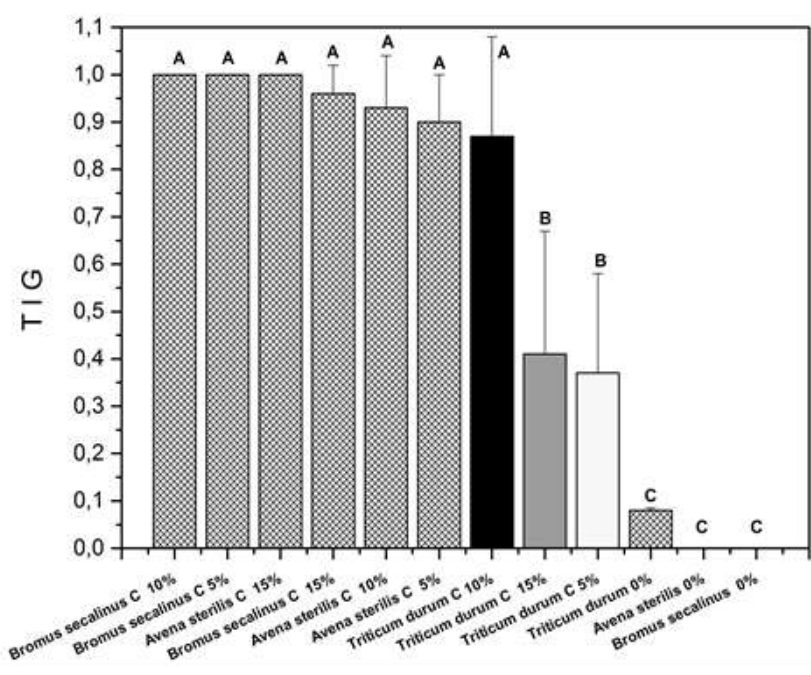
III. Effets des extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur le taux d'inhibition de la germination, sur l'inhibition du développement des racelles et des glumelles des plantes cibles:

III.1. Effet de l'extrait aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur le taux d'inhibition de la germination (TIG) des graines des plantes cibles :

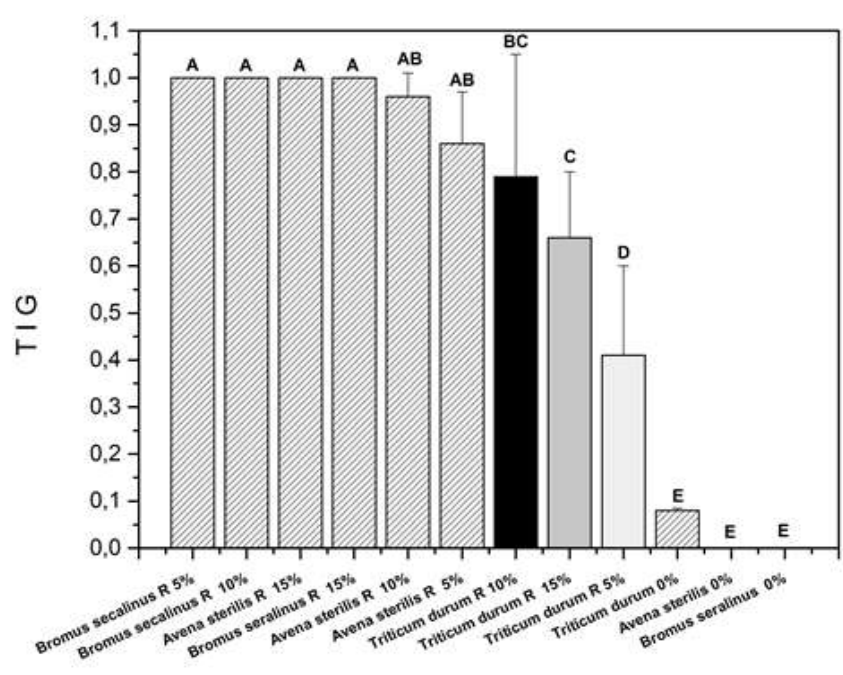
La Figure 19 (A et B) : montre que le **TIG** causé par *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* est de 100% sur les espèces mauvaises herbes aux concentrations respectives : C15%, et à l'ensemble des extraits (5%, 10%et 15%) aqueux de *Retama raetam*. L'inhibition de la germination est de 95% chez le brome à la concentration de l'extrait aqueux de *Casuarina equisetifolia*, à la dose 15% et chez l'avoine folle à la concentration de l'extrait aqueux de *Retama raetam*, à la dose 10%. L'inhibition de la germination est très faible à nulle chez les trois espèces cibles pour la dose nulle des extraits des deux plantes. Des taux intermédiaires d'inhibition de la germination sont observés chez les trois autres cibles pour les autres extraits des deux plantes allélopathique.

L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence hautement significative (P=0.0001), au seuil (0.05) avec la formation de 7 groupes statistiques.

L'interaction entre les trois facteurs est de 82.53%. La variabilité est expliquée par la concentration des espèces cultivées (*Triticum durum*) et des deux mauvaises herbes (*Avena sterilis* et *Bromus secalinus*) et par les espèces allélopathiques (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*). Le reste de la variabilité est expliquée par des facteurs non pris en considération.



(A)



(B)

Figure 19 : Effet de l'extrait aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur l'inhibition de la germination des graines des plantes cibles.

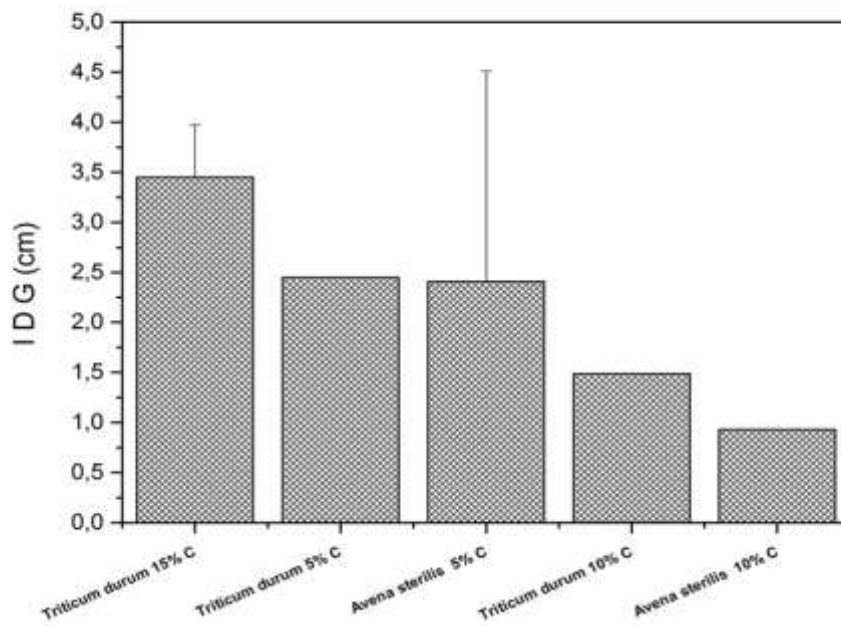
III.2. Effet de l'extrait aqueux de *Casuarina equisetifolia* et de *Retama raetam* sur l'inhibition du développement des glumelles (IDG) des plantes cibles :

Le développement des glumelles des plantes de l'avoine folle, du brome et du blé dans la dose témoin est respectivement de 3,76 cm, 1,28 cm et 4,67 cm.

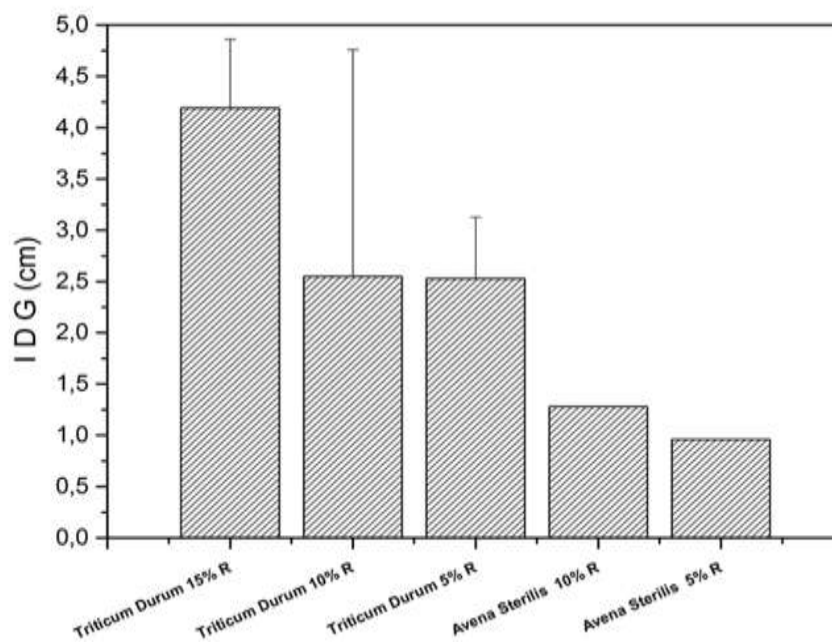
La Figure 20 (A) : montre, (A) une inhibition du développement des glumelles (IDG), causé par *Casuarina equisetifolia* à la dose 10 % et 5 % sur l'avoine folle respectivement 0,9 cm et 2,4 cm. Sur le blé, nous observons une IDG de 3,46 cm pour une dose de 15% C. *Casuarina equisetifolia* à la dose de 10% provoque une IDG de 1,5 cm chez blé et 2,5 cm la dose 5%.

La figure 20 (B), montre l'effet de *Retama raetam* sur (IDG). L'inhibition est maximale 4, 25 cm, chez le blé à la dose 15 % ; suivi par une IDG de 2,5 cm chez la même espèce pour les doses D1 et D2. Chez l'avoine folle l'IDG est respectivement de 1,25 cm et 1 cm aux doses D1 et D2.

L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence non significative ($p= 0,61$). L'interaction entre les trois facteurs, concentration des extraits aqueux (0%, 5%, 10%, 15%), plantes allélopathiques (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*) et plantes cibles (*Triticum durum* et *Avena sterilis* et *Bromus secalinus*) est faible (16.30%).



(A)



(B)

Figure 20 : Effet de l'extrait aqueux (A) *Casuarina equisetifolia* et (B) *Retama raetam*, sur l'inhibition du développement des glumelles des plantes cibles.

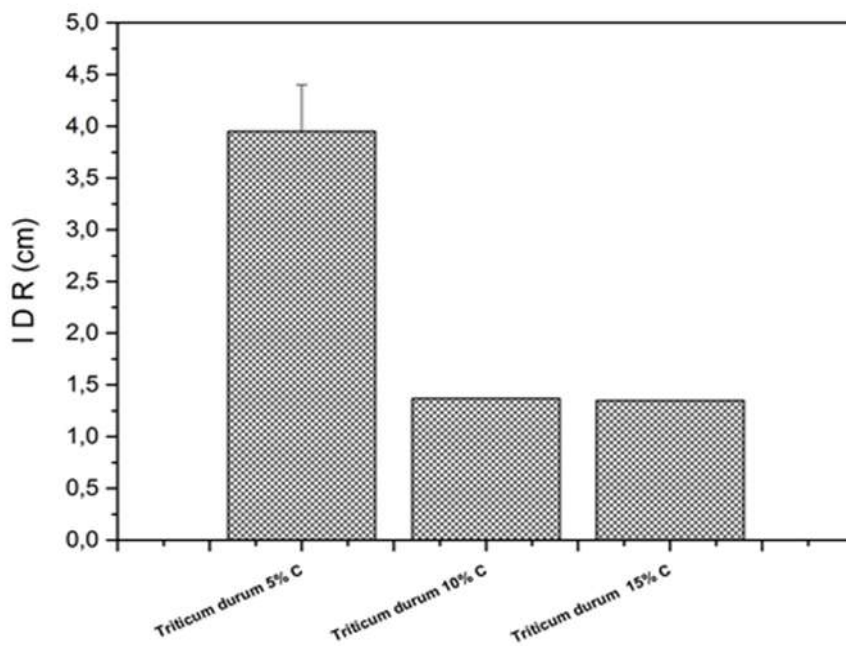
III.3. Effet de l'extrait aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur l'inhibition du développement des racelles (I D R) des plantes cibles:

Dans le milieu témoin, le développement moyen des racelles du blé est de 5,8 cm, celui du brome est 3,19 cm et celui de l'avoine folle est 3,38cm.

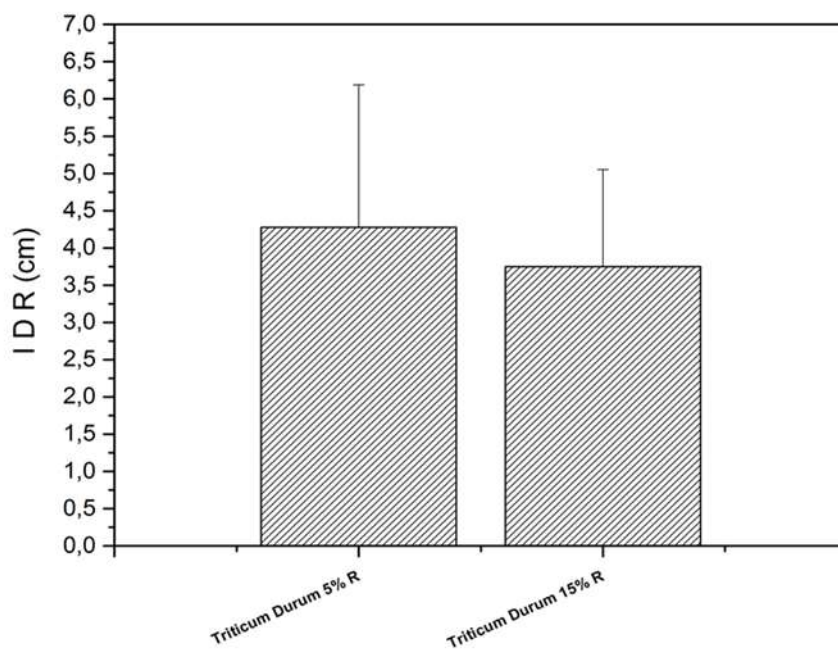
La figure 21 (A), présente l'inhibition causée par *Casuarina equisetifolia* sur le développement des racelles du blé. L'inhibition est la plus élevée à la dose 5% et est de 4 cm, suivi par celles des deux autres doses d'environ 1,46 cm.

Sur **la figure 21 (B)** nous lisons que les extraits de *Retama raetam* aux doses 5% et 15% provoquent une IDR respectivement de 4,25 cm et 3,75.

L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence non significative ($P = 0.76$). L'interaction entre les trois facteurs, concentration des extraits aqueux (0%, 5%, 10%, 15%), plantes allélopathique (*Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*) et plantes cibles (*Triticum durum* et *Avena sterilis*) est faible avec un coefficient de (16.38 %).



(A)



(B)

Figure 21 : Effet de l'extrait aqueux (A) *Casuarina equisetifolia* et (B) *Retama raetam*, sur l'inhibition du développement des racinelles des plantes cibles.

III.3. Effet de l'extrait aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur l'indice de vigueur des plantes cibles :

La figure 22 : (A) montre que l'indice de vigueur est élevé pour les concentrations du témoin chez les espèces (*Triticum durum*, *Avena sterilis*, *Bromus secalinus*), respectivement (8.37, 7.14 et 4.02). Dans les extraits de *Casuarina equisetifolia* figure 22 (B), le blé est le plus vigoureux (7.82) à la dose 5%. Pour l'avoine folle, l'indice de vigueur est très faible pour toute les doses 5 % et 10 %, ce même comportement est observé pour le blé à la dose 15% et 10 %. Dans les extraits de *Retama raetam*, figure 22 (C), le blé est plus vigoureux (7,82) et (3,96) aux dose 5% et 10% respectivement. L'avoine folle dans les extraits de *Retama raetam* est relativement plus vigoureuse (3,75) dans la dose 5%, cette espèce présente l'indice de vigueur le plus faible (1,8) à la dose 10%.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence hautement significative ($P=0.006$) et l'interaction entre les trois facteurs : les plantes allélopathique, les doses des extraits aqueux et les plantes cibles est très élevé, elle est de 91.31%.

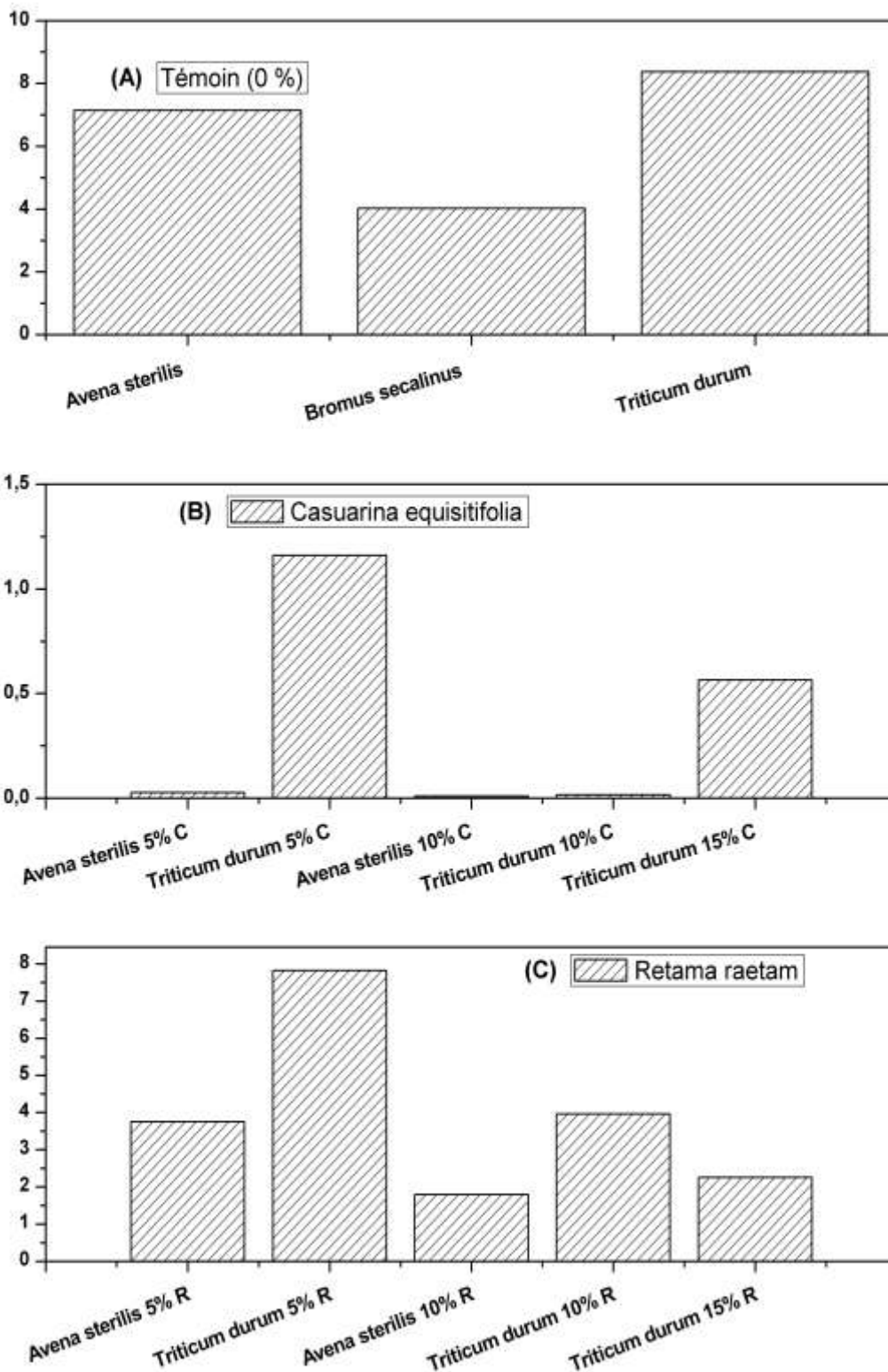


Figure 22 : Effet de l'extrait aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sur l'indice de vigueur des plantes cibles.

III. 4. Analyse en composante principale :

Dans notre cas, d'après la Figure 23, nous pourrions assumer que l'axe F1 est lié à l'inhibition de la germination et à l'inhibition du développement des racinelles, alors que l'axe F2 est essentiellement lié à l'indice de vigueur des graines et à l'inhibition du développement des glumelles. En analysant les données, nous apercevons que, dans la concentration nulle (témoin), les trois graines des trois plantes cibles ont un indice de vigueur nettement plus élevé que dans les autres traitements. La figure 23, permet aussi de visualiser que, dans les traitements (*Retama raetam* 15%, et dans *Casuarina equisetifolia* 15% et 5%, le blé pourrait être confronté à des inhibitions de développement de ses glumelles et de ses racinelles. Dans les autres traitements, la figure 23, montre aussi que les graines des plantes cibles ne germent pas.

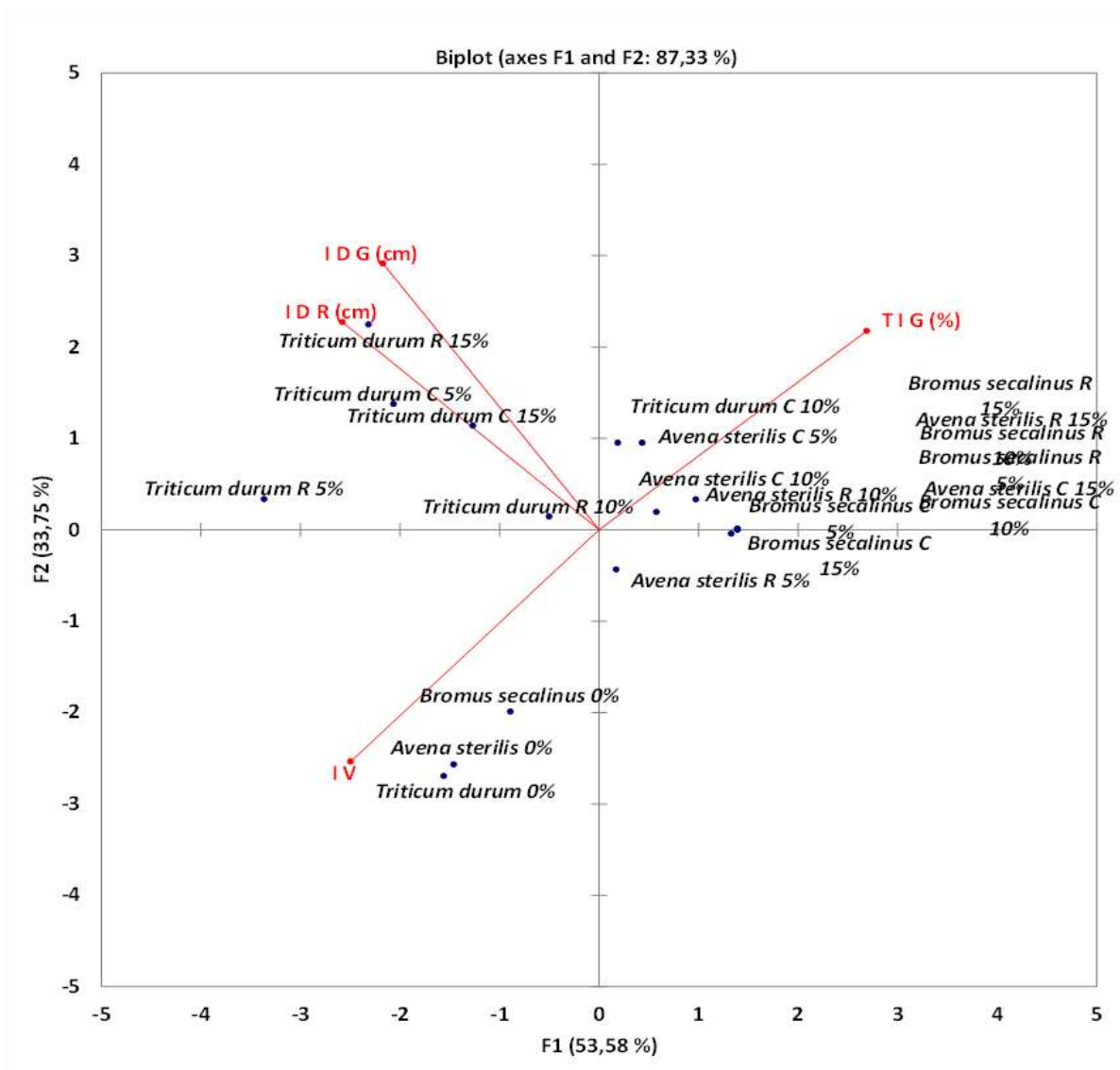


Figure 23 : Analyse en composante principale.

Discussion :

Les résultats que nous avons obtenus ont montré à travers l'analyse par infrarouge, que les deux espèces : *Retama raetam* et *Casuarina equisetifolia* synthétisent dans leurs feuilles des molécules (métabolites) organiques diverses. Les tests phytochimiques que nous avons effectués, ont confirmé la présence dans les feuilles des deux espèces de composés allélochimiques notamment, les terpénoïdes, les alcaloïdes et les polyphénols tels que, les flavonoïdes et les tanins. Mais pour être considérés comme composés allélopathique Blum (2004), les molécules doivent notamment être sous forme active libre et protomère et affectent leurs cibles de manières différentes (Thomas, 2011). L'effet des extraits *Retama raetam* et *Casuarina equisetifolia* sur la germination des graines et l'inhibition des semis a été observé, elles affectent les mauvaises herbes et les espèces testées de différentes manières. La germination de certaines graines de mauvaises herbes a été inhibée par des extraits aqueux de *Retama raetam*. Nous avons observé que la germination des graines est retardée ou arrêtée à un stade avancé ou ne se produit pas. Phillippe (1970) montrent que lorsque des plantes sensibles sont exposées aux produits chimiques, la germination des graines est retardée. Cet auteur confirme aussi que pour certaines graines, la germination s'arrête au stade du gonflement des graines. Pour d'autres, la germination s'arrête dès l'apparition des racines.

Lorsque la germination des graines n'est pas inhibée, nous avons observé un effet inhibiteur sur le développement des plantules. Dans le cas d'une inhibition, nous avons noté des effets sur la radicule, sur la glumelle ou sur les deux. Dans certains cas, le développement de la radicule s'arrête, dans d'autres cas, il est retardé. Pour la partie aérienne, l'effet se manifeste par l'absence de la tigelle, par l'inhibition de la taille ou encore par le retardement du développement. (Kruse et al. 2000) ont montré aussi que l'effet des substances allélochimiques se manifeste par des variations morphologiques, qui sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement, des effets sur l'allongement de la tigelle et de la radicule. Dans la plupart des tests que nous avons réalisés, l'effet inhibiteur des extraits est plus important sur le développement des plantules (longueur de la racine et longueur de la partie aérienne).

Les différents effets des extraits sur la germination des graines et le développement des plantules peuvent être expliqués par les différences des quantités (concentration) et des caractéristiques physicochimiques (espèce allélopathique) qui mettent en jeu, des substances

allélochimiques spécifiques, telles les flavonoïdes alcaloïdes, terpénoïdes et tanins, dont la présence a été mise en évidence par les tests phyto-chimiques que nous avons effectués.

Notre travail expérimental a pu aussi mettre en évidence que pour chaque espèce allélopathique, l'inhibition augmente lorsque la concentration de l'extrait augmente, cette augmentation n'est pas proportionnellement similaire pour les deux espèces. Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste selon Friedman (1995) que lorsque la quantité critique des composés allélochimiques atteint la plante ou la graine cible. Arslan et al. (2005), Nandal et Dhillon (2005), Uremis et al. (2005), Turk et Tawaha (2003) et Batish et al. (2002) ont montré que l'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits.

Pour les deux adventices que nous avons étudiées, la folle avoine (*Avena sterilis*) et le brome *Bromus secalinus*, la germination des graines est inhibée totalement par les extraits de *Retama raetam* et *Casuarina equisetifolia* à la concentration 10% et 15%. Machado (2007) a signalé aussi que la germination de la folle avoine est inhibée complètement par des extraits (15%) d'autres espèces allélopathiques : *Peganum harmala*, *Nerium oleander* et *Ailanthus altissima*.

À des concentrations de 5%, 10% et 15%, les extraits de *Casuarina equisetifolia* et de *Retama raetam* que nous avons testés, inhibent la croissance des plantules de brome (*Bromus secalinus*).

À des concentrations de 5% et 10%, les extraits de *Casuarina equisetifolia* et de *Retama raetam* que nous avons testés, ne provoquent pas l'inhibition de la croissance des semis (*Avena sterilis*), mais à une concentration de 15%, une inhibition de la croissance des grains est constatée et elle augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits. L'inhibition de la folle avoine a été soulignée aussi par Batish et al. (2002). Ils ont montré l'effet inhibiteur de la Parthenin, qui est une substance isolée des feuilles de *Parthenium hysterophorus* L., sur la germination et le développement des plantules de l'avoine folle.

Nous avons testé les extraits aqueux sur le blé (*Triticum durum*) pour vérifier si les plantes allélopathiques affectent également les cultures de blé. Selon les résultats obtenus, la germination des graines de blé n'est pas affectée par les différents extraits et l'effet est limité ou minime. Ces résultats sont en accord avec ceux de Dogan (2004).

L'indice de vigueur exprime la force des graines dans le milieu. Pour notre travail, nous remarquons que la vigueur des graines varie d'un milieu à l'autre, de sorte que la force des graines dans les extraits de *Retama raetam* est plus forte (haute) que dans les extraits de *Casuarina equisetifolia*, ce qui nous incite à dire que l'effet de *Casuarina equisetifolia* sur les graines des mauvaises herbes est plus fort que l'effet de *Retama raetam*. Cet effet peut être

expliqué par la forte présence des flavonoïdes, des terpénoïdes et surtout des tanins dans *Casuarina equisetifolia* (Blum, 2004).

Conclusion et perspectives

Conclusion :

Dans ce travail nous avons caractérisé chimiquement les poudres obtenues à partir des feuilles de deux plantes *Casuarina equisetifolia* et de *Retama raetam*. Ensuite nous avons testé, dans les conditions de laboratoire et à différentes concentrations, l'effet des extraits aqueux obtenus à partir des feuilles de *Casuarina equisetifolia* et de *Retama raetam* sur la germination et le développement de deux mauvaises herbes (*Avena sterilis* et *Bromus secalinus*), des céréales et sur une variété de blé dur *triticum durum* (Simeto).

- L'analyse phyto-chimique effectuée sur la poudre de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* a révélé que les deux plantes synthétisent dans leurs feuilles, des molécules pouvant intervenir dans le processus de l'allélopathie;
- Ces molécules sont surtout des polyphénols, des alcaloïdes et des terpénoïdes;
- Les résultats des tests de germination ont révélé que la plante peut avoir un effet inhibiteur sur cette fonction, mais à des concentrations différentes (5%, 10%, 15%) ;
- Les extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* sont plus inhibiteurs de la germination des graines des deux mauvaises herbes à la concentration 15% ;
- Les extraits des deux plantes et pour toutes les concentrations inhibent totalement la germination de *Bromus secalinus* ;
- De plus, ces extraits inhibent totalement le développement des racines d'*Avena sterilis* ;
- Les extraits aqueux de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam* inhibent la germination de l'*Avena sterilis* à une concentration de 15%. Toutefois, l'inhibition augmente lorsque la concentration augmente ;
- L'inhibition du développement des glumelles d'*Avena sterilis* pour une concentration de 15% des extraits des deux plantes ;
- Pour *Triticum durum*, l'effet des deux extraits aqueux sur la partie racinaire est inversement proportionnel à la concentration.

Perspectives

Nos résultats ouvrent de nombreuses perspectives intéressantes de recherches en physiologie végétale mais également il serait intéressant de :

- Tester d'autres concentrations de l'extrait aqueux des deux plantes sur la germination et le développement d'autres mauvaises herbes ;

D'autres études devraient être menées avec d'autres plantes en pots et sur champs avec une analyse quantitative de la composition chimique de *Casuarina equisetifolia* et *Retama raetam*.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abis S., 2012.** "Le blé en méditerranée. Sociétés, commerce et stratégies", Economie et territoire/rerelations commerciales, pp. 241- 247.
- Aibar J. 2005.** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : Principaux problèmes. Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69, 8p.
- Alexandre D.Y.1983.** Comment poussent les mauvaises herbes. Le billet du chercheur.Société de Distribution d'Aliments et de Produits Sains -75013 Paris, pp 68-69.
- Allal-Benfakih. L. 2006.** Recherche quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth.Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte.
- Anaya A. L., 1999.** Allelopathy as a tool in the management of bioticresources in agroecosystems. Critical Review in Plant Sciences 18, 697-739.
- Arslan, M., I. Uremis and A. Uludag. 2005.** Determining bio-herbicidal potential of rapeseed, radish and turnip extracts on germination inhibition of cut leaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. Journal of Agronomy 4:134-137
- Austin, DF. 1978.** Plantes exotiques et leurs effets dans le sud-est de la Floride. Conserv. 5(1):25-29.
- Bahi K. 1991.** Contribution à l'étude de *Rétama monosperma* étude du système racinaire et recherche des associations de type Rhizobium.in In Bouredje.n, 2005, étude anatomique et biochimique des protéines et des acides aminés foliaires de *Rétama monosperma* (boiss) : mémoire de magistère. UNIV.des sciences et de la technologie d'Oran MOHAMED BOUDIAF (U.S.T.O) Oran.
- Bais H. P., Vepachedu R., Gilroy S., Callaway R.M. & Vivanco J. M., 2003.** Allelopathy andexotic plant invasion: from molecules andgenes to species interactions. Science 301,1277-1380.
- Barket E. H., Belbey M., Safi S., (2017).** Etude phytochimique de deux plantes endémique (Ouest algérien) *Centaurea nigra*- *Lepidium sativum*. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master, Spécialité pharmacognosie et phytothérapie. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem 52p.
- Barralis G., 1984.** Adventices des cultures 50 à 500 millions de semences/ha. Cultivar, spécial désherbage, 178 : 16-19.
- Barrett, M.F. 1956.** Arbres exotiques communs du sud de la Floride. University of Florida Press, Gainesville, Floride. pp. 26, 58-62.
- Batish, D. R., H. P. Singh, R. K. Kohli, D. B. Saxena and S. Kaur. 2002.** Allelopathic effects of parthenin against two weedy species, *Avena fatua* and *Bidens pilosa*. Environmental and experimental botany 47(2):149-155.
- Bellakhdar J., 1997.** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires [Traditional Moroccan pharmacopoeia. Ancient Arabic medicine and popular knowledge]. Paris: IBIS Press. 764 p.
- Ben chacha. A. 2008.**Etude de l'effet allélochimique de l'extrait aqueux de quelques plantes médicinales et aromatiques sur la germination des grains des mauvaises herbes.5-23p.
- Beniston WS., 1985-** Fleurs d'Algérie. Entreprise nationale des arts graphiques. Ed. Reghaia. Algérie. 112p.
- Benmeddour. T. 2009.** Etude du pouvoir allélopathique de l'Harmel (*Peganum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander* L.), et l'ailante (*Ailanthus altissima*) sur la germination de quelques mauvaises herbes des céréales. Thèse de magister. P.3.
- Bertin, C., Yang Xet esWton, IA., (2003).** The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. Plant soil. 256 : 67.
- Bertrand M. et Doré T., 2008.** Comment intégrer la maîtrise de la flore adventice dans le cadre général d'un système de production intégrée ?. Innovations Agronomiques 3, I.N.R.A, UMR d'Agronomie, Paris, France, pp1-13.
- Blum B-J. 2004.** Perspectives pratiques du contrôle biologique des adventices. AFPP- dixneuvième conférence du coloma. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon8-9 et 10 déc 2004.8p.
- Blum, U., S. R. Shafer and M. E. Lehman. 1999.** Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: concepts vs. an experimental model. Critical Reviews in Plant Sciences 18:673-693.

- Bond, W. and A. C. Grundy. 2001.** Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41:383-405.
- Bouakaz I., 2006.** Etude phytochimique de la plante *Genista microcephala*. Mémoire de magister, Batna. Pp95.
- Boudiaf, A et Bebtayeb D.2017.** Pouvoir allélopathique et biologique des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* L et *Mentha spicata* L., Mémoire de Master, biodiversité et physiologie végétale. Université Mohamed Boudiaf - m'sila, 88p.
- Boutaghane N., 2013.** Etude phytochimique et pharmacologique de plantes médicinales algériennes *genista ulicina spath* (Fabaceae) et *chrysanthemum macrocarpum* (Asteraceae). Thèse présentée pour obtenir le diplôme de doctorat en sciences. Université de Constantine 1, pp.11-58.
- Bovy A., Schijlem E., Hall R.D. 2007.** Metabolic engineering of flavonoids in tomato (*Solanum lycopersicum*): The potential for metabolomics. *Metabolomics*. 3(3) : 399p.
- Bubel, N. 1988.** The new seed-starters handbook. Rodale books, Emmaus. p. 85.
- Callaway, R.M., 1990.** Effects of soil water distribution on the lateral root development of three species of California oaks. *Amer. J. Bot.*, 77:1469-1475.
- Carol A., 2003.** Can Cover Crops Control Weeds? Two Year Study Tests Efficacy in Vegetable Production Systems. A Monthly Report on Pesticides and Related Environmental, Issues March 2003. Issue No. 203, 7 p.
- Caussanel J.P., 1988.** Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une Cedex, *Agronomie*, 8(9), pp 757-766.
- Chauvel B., J.P. Guillemain N., Colbach .ET, Gasquez J. 2001.** Evaluation of cropping systems for management of herbicide-resistant populations of blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Crop Protection* 19 :127-137.
- Chiapusio G., Sanchez A. M., Reigosa M. J., Gonzalez L., Pellissier F. 1997.** Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process? *J. chem. Ecol.*, 23, pp.2445-2453.
- Christenhusz M. J. M., Byng J. W., 2016.** Le nombre d'espèces végétales connues dans le monde et son augmentation annuelle. *Phytotaxa*, 261 (3): 201- 217.
- Colbach N. Gardarin A. Granger S. Guillemain J.P. et Munier-Jolain N., 2008.** La modélisation au service de l'évaluation et de la conception des systèmes de culture intégrés. *Innovations Agronomique*, UMR 1210 Biologie et Gestion des Adventices, INRA ENESAD, Univ Bourgogne, Dijon, pp 61-73.
- De Tourdonnet S. Shili I. et Scopel E., 2008.** Utilisation des mulchs vivants pour la maîtrise Décembre, 2008, 8 p.
- Delabays N., Mermillod G. 2004.** Phénomène d'allélopathie premières observations au champ, *Revue Suisse Agric.* n°34, pp. 213-237.
- Delabays.N., (2005).** L'allélopathie et son utilisation en agriculture biologique. Journées techniques fruits et légumes et viticulture biologique. pp.25-33.
- Delamarre CA, Jouglain P, Deschamp N, Mignot L, Girou S. 2014.** Produire des plants en agriculture Biologique .56p ; Cirad France.
- Dessaint F. Chadoeuf R. et Barralis G., 2001.** Diversité des communautés de mauvaises des cultures annuelles de Côte-d'Or (France). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, Unité de Malherbologie et Agronomie, I.N.R.A, Dijon (France), pp91-98.
- Digiamberardino, T. 1986.** Changements dans un écosystème côtier du sud-est de la Floride après l'élimination de *Casuarina equisetifolia*. Non publié, Université Nova.
- Dogan, A. 2004.** Antep Turpu (*Raphanus sativus* L.)'Nun Misir Bitkisine ve Yabanci Ot Turlerine Olan Allelopatik Etkisinin Arastirilmasi. Cukurova Universitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yuksek Lisans Tezi (in Turk with English summary). 83 pp.
- Douville Y.2002.** Prévention des mauvaises herbes des grandes cultures. Bibliothèque nationale du Québec, 26 Pages.
- Duke SO, Scheffler BE, Dayan FE, Weston LA, and Ota E (2001).** Strategies for using transgenes to produce allelopathic crops. *Weed Technology* 15:826-834.
- Einhellig, F.A., Muth, M.S., Schon, M.K., 1985.** Effects of allelochemicals on plant-water relationships. In: A.C. Thompson (Editors), *The chemistry of allelopathy, biochemical interactions among plants*, American Chemical Society, Washington DC., pp. 179-195.

- Einhellig, F.A., 2004.** Mode of allelochemical action of phenolic compounds. In: F.A. Macías, J.C.G. Galindo, J.M.G. Molinillo and H.G. Gutter (Editors), Allelopathy, chemistry and mode of action of allelochemicals, CRC Press, Boca Ratón. 372 pp.
- EL Hamrouni. A. 2001.** Conservation des zones humides littorales et des écosystèmes côtiers du Cap-bon. Rapport de diagnostic des sites .partie relative à la flore et la végétation .République Tunisienne, Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire agence de protection et d'aménagement du littoral.
- Eveno M.E., A. Chabane, 2001.** Les effets allélopathique de l'avoine (*Avena sativa*) sur différentes mauvaises herbes et plantes cultivées. ANPP - Dix-huitième conférence du Columa, Journée internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Toulouse - 5, 6, 7 Décembre, 2001, 8 p
- Fanny B., 2005.** Mise en évidence du potentiel allélopathique de la graminée *Festuca paniculata* dans les prairies subalpines. Sciences du vivant – Biodiversité Ecologie Environnement. 05p
- Farnandez A. Queiros M., 1978.** Contribution à la connaissance cytotaxonomique des Spermaphyta du Portugal . IV. Leguminosae (suppl.3). Bol. Soc. Brot. 52 : 79-164.
- Fenni M., 1991.** Contribution à l'étude des groupements messicoles des Hautes Plaines
- Fernald, R.T. et BS Barnet., 1988.** Établissement d'une végétation indigène de hamacs sur des îles de déblais dominées par le pin australien (*Casuarina equisetifolia*) et le poivre brésilien (*Schinus terebinthifolius*). Proc. Symposium sur les plantes nuisibles exotiques, Miami, Fl. 19h.
- Fisher, R.F., 1979.** Possible allelopathic effects of reindeer-moss (*Cladonia*) on jack pine and white spruce. Forest Sci., 25:256-260.
- Foret R., (2004).** Dico de bio. Boeck, Bruxelles : 28p.
- Forsskål P. 1775.** Descriptiones animalium avium, amphibiorum, piscium, insectorum, vermium quae in itinere orientali obseravit Petrus Forskål. Post mortem auctoris edidit Carsten Nieburh. Adjuncta est materia medica kahirina atque tabula maris rubri geographica, Auniae. 140
- Fried G., Chauvel B. et Reboud X., 2008.** Évolution de la flore adventice des champs cultivés au cours des dernières décennies : vers la sélection de groupes d'espèces répondant aux systèmes de culture. Innovations Agronomiques, p26.
- Friedman, J. 1995.** Allelopathy, Autotoxicity, and germination. In Seed development and germination. CRC Press, Florida. pp. 629-643.
- Gallego-Martin F., Sandez Anta M.A., Navarro Andrés F., 1988.** Acerca de la cariólogía de algunas genisteas del centro-occidente español. Lazaroa., 9: 55–60.
- Gazoyer M. Aubinau M. Bougler J. Ney B. et Roger-estrade J., 2002.** La rousse agricole. Ed. La Rousse, Canada, p23. (INPV, www.inpv.edu.dz, consulté le 05/02/2007).
- Godinho M., 1984.** Les définitions " d'adventices " et de " Mauvaises herbes". Weed Res, 24 (2) : 121-125.
- Haouara F., 1997.** Mise en évidence de la nuisibilité de quelques adventices (Dicotylédones). dans une culture de céréale (orge : *Hordeum vulgare* L.) dans la région de Mostaganem. Thèse de magister, Ecole national d'agronomie : 14 – 23.
- Harper, J.R., Balke, N.E., 1981.** Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiol., 68:1349-1353.
- Havsteen B. H., 2002.** The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Pharmacology & Therapeutics 96 (2-3), pp. 67-202.
- Hashoum H. 2017** Pour obtenir le grade de Docteur en Sciences de l'Environnement
Délivré par Aix-Marseille Université École doctorale Sciences de l'Environnement (ED 251) impact du changement climatique sur les interactions biotiques en forêt mediterraneenne : approches chimique, ecophysiologique et fonctionnelle Le 21 décembre 2017 à Marseille
- Hopkins G. W., 2003.** Physiologie végétale. De Boeck. 2édition.
- Indejit, Keating KL (1999).** Allelopathy: Principles, procedures, processes and promises for biological control. Advances in Agronomy 67:141-231.
- Inderjit and J. Weiner. 2001.** Plant allelochemical interference or soil chemical ecology?, Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematic 4(1):3-12.
- Inderjit, and L. A. Weston. 2000.** Are laboratory bioassays for allelopathy suitable for prediction of field response?. Journal of Chemical Ecology 26:2111-2118.

- Jobidon, R., Thibault, J.-R., 1982.** Allelopathic growth inhibition of nodulated and unnodulated *Alnus crispa* seedlings by *Pupulus balsamifera*. *Amer. J. Bot.* 69:1213-1223.
- Johnson L.A.S., Wilson K.L., 1993.** Casuarinacea. Dans : Kubitzki K., Rohwer J. G., Bittrich V. (eds). Les familles et groupes des plantes vasculaires. Tome II. Plantes à fleurs – Dicotylédones. Familles Magnoliidae, Hamamelid et Caryophyllid. Berlin, Allemagne, Springer Verlag, 237-242.
- Jones, P.D., K.R. Briffa, T.J. Osborn, J.M. Lough, T.D. van Ommen, B.M. Vinther, J. Luterbacher, E.R. Wahl, F.W. Zwiers, M.E. Mann, G.A. Schmidt, C.M. Ammann, B.M. Buckley, K.M. Cobb, J. Esper, H. Goosse, N. Graham, E. Jansen, T. Kiefer, C. Kull, M. Küttel, E. Mosley-Thompson, J.T. Overpeck, N. Riedwyl, M. Schulz, A.W. Tudhope, R. Villalba, H. Wanner, E. Wolff, and E. Xoplaki, 2009.** High-resolution palaeoclimatology of the last millennium: A review of current status and future prospects. *The Holocene*, **19**, 3-49
- Jordan, N. 1993.** Prospects for weed control through crop interference. *Ecological Applications* 3:84-91.
- Kechroud H. et Stiti., 1996.** Étude phréologique des mauvaises herbes sur la culture de féverole (*Vicia faba* mino) dans la région d'El-Harrach. Thèse d'ingénieur, INA El-Harrach, Alger, pp :17-18.
- Klukas, R.W. 1969.** Le problème du pin australien dans le parc national des Everglades : Partie 1. Le problème et quelques solutions. Rapport interne, South Florida Research Center, Everglades National Park, 3 juillet 1969. 16 p.
- Kong, C. H., P. Wang, H. Zhao, X. H. XU and Y. D. Zhu. 2008.** Impact of allelochemical exuded from allelopathic rice on soil microbial community. *Soil Biology and Biochemistry* 40(7):1862-1869.
- Kruse, M., M. Strandberg and B. Strandberg. 2000.** Ecological Effects of Allelopathic Plants: a Review. NERI Technical Report No. 315. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. 66 p.
- Le Floch E., 2001.** Biodiversité et gestion psotale en zones arides et semi-arides méditerranéennes du Nord de l'Algérie. *Boccone* 13. ISSN. 223-237
- Le Bourgeois, T. et H. Merlier. 1995.** Adventrop : Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. Editions Quae, Paris. pp. 13-14.
- Lebreton G. et Le Bourgeois T., 2005.** Analyse de la flore adventice de la lentille à Cilaos. Cirad-Ca / 3P, UMR PVBMT, 9-10 p.
- Macheix, J.-J., A. Fleuriet et C. Jay-Allemand. 2005.** Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR, Lausanne. pp. 91-92.
- Macías, F. A., J. M. G. Molinillo, R. M. Varela and J. C. G. Galindo. 2007.** Allelopathy – a natural alternative for weed control: a review. *Pest Management Science* 63:327-348.
- Maghrani M et AL. 2005.** Acute diuretic effect of aqueous extract of *Retama raetam* in normal rats. *Journal of ethno- pharmacology*. Science direct.
- Maire R., 1952-1987.** Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et sahara). Volumes I à XVI. Lechevalier, Paris in Encyclopédie biologique.
- Mallik, A.U., Zhu, H. 1995.** Overcoming allelopathic growth inhibition by micorrhizal inoculation. In: Inderjit, K.M.M. Dakshini and F.A. Einhakkig. *Allelopathy, organisms, processes and applications*. American Chemical Society, Washington, DC., pp. 39-57.
- Manamani S. et Charfoui N., 1995.** Distribution de la flore adventice dans les cultivée Mémoire d'ingénieur, Univ. Sétif, pp : 14-15.
- Mannino M.R. Muracciole V. Cesbron G. Dussetour C. Stéphan J.C. et Léchappé J., 2008.** Evaluation de la présence d'adventices dans les lots de semences : méthodes internationales standardisées et apport de la vision artificielle à l'évolution des méthodes. *Innovations Agronomiques*, Station Nationale d'Essais de Semences, GEVES, Beaucauzé, pp177-191.
- Mason, H. E. and D. Spanner. 2006.** Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: a review of the literature. *Canadian Journal of Plant Science* 86:333-343.
- McCully K., Tremblay R. et Chiasson G., 2004.** Guide de lutte intégrée contre les mauvaises herbes dans les cultures de fraises. Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Aquaculture du Nouveau- Brunswick (MAPANB), 15 p.
- Mclaren, J. S. 1986.** Biologically active natural substances from higher plants: status and future potential. *Pest Management Science* 17(5): 559-578.
- Melakhessou Z., 2007.** Étude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois chiche.

- Midoun T., 2011.** Extraction des composés phénoliques et étude leurs activités antioxydant par le voltamètre cyclique. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master, spécialité chimie appliquée. Université kas di mer bah Ouargla 53p.
- Mitteler, R. et al . 2000.** Living under a dormant canopy: a molecular acclimation mechanism of the desert plant *Retama retama* the plant journal. Blackwell Science Ltd. (2001) 25(4), 407-416.
- Morton, JF 1980.** Le pin australien ou bois de boeuf (*Casuarina equisetifolia* L.), une "mauvaise herbe" envahissante en Floride. Proc. Société d'horticulture de l'État de Floride.
- Müller-Schärer, H., P. C. Scheepens and M. P. Greaves. 2000.** Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *Weed Research* 40:83-98.
- Muller, W.H., 1986.** Allelochemical mechanisms in the inhibition of herbs by chaparral shrubs. In: A.R. Putnam and C.-S. Tang (Editors), *The Science of Allelopathy*. John Wiley & Sons, New York, pp.189-199.
- Nandal, D. P. S. and A. Dhillon. 2005.** Allelopathic effects of poplar (*Populus deltoides* Bartr Ex Marsh): an assessment on the response of wheat varieties under laboratory and field conditions. 4th World Congress on Allelopathy, 21-26 August 2005, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia. Available at http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/1/2449_nandal.htm [10/08/2009].
- Okuda, T. et al. 1982.** Ellagitannins des Casuarinaceae, Stachyuraceae et Myrtaceae. *Phytochem.* 21(12):2871-2874.
- Olofsdotter, M. 2001.** Getting closer to breeding for competitive ability and the role of allelopathy – an example from rice. *Weed Technology* 15:798–806.
- Oszmianski J., Wojdylo A., Lamer-Zarawaska E., Swiader K., (2007).** Antioxidant tannins from rosaceae plant roots. *Foods chemistry*. 100 (2):579-583.
- Ouattar, S. et T. E. Ameziane. 1989.** Les céréales au Maroc : de la recherche à l'amélioration des techniques de production. Edition Toubkal, Casablanca. 123 p.
- Ozenda P., 1958-**Flore du Sahara septentrional et central .CNRS, Paris. 486p.
- Philippe Paul. 1970.** Mise en évidence de l'action inhibitrice sur la germination par *Thymus serpyllum* ssp. *serpyllum* (L.) Briq., Bulletin de la Société Botanique de France, 117:5-6, 325-334, DOI: 10.1080/00378941.1970.10838774
- Potgieter L. J., Richardson D. M., Wilson J. R. U., 2014.** *Casuarina* : biogéographie et écologie d'un important genre d'arbre dans une monde. *Invasions Biologiques*, 16 (3): 609-633.
- Quettier-Deleu, C. 2000.** Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Hulls and Flour. *Journal of Ethno-pharmacology*, 72, 35-42. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00196-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00196-3)
- Quezele et Santa .1962.** Nouvelle flore de l'Algérie. Tome I. p156-162.
- Rakotonanahary M .2012.** Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie diplôme d'état. Université Joseph Fourier, p.16. 19. 27. 28.
- Reese G., 1957.** Über die polyploidiespektren in der nordsaharischen Wüstenpflanzen. *Flora.*, 146(3) : 478–487.
- Regnault-roger C., Philogene B. JR et Vincent CH., 2008.-**Bio pesticides d'origine végétale .Ed.TEC&DOC, Paris : 51-60 p
- Rice E. L . 1984.** Allelopathy. 2nd Edition, Academic Press, New York. PP:422.
- Ricklefs, R. E. and G. L. Miller. 2005.** Écologie. De Boeck Université, Bruxelles. p. 427.
- Rizvi, S.J.H., Haque, H., Sing, V.K., Rizvi, V., 1992.** A discipline called allelopathy. In: S.J.H. Rizvi and V. Rizvi (Editors), *Allelopathy: Basic and applied aspects*. Chapman & Hall, London, pp. 1-10.
- Roberts H.A., 1981.** Seed banks in soil. *Adv. appl. Biol* 6, 1-557.
- Robles C., Borin G., Garzino S. 1999.** Potentialités autotoxiques et allélopathiques de *Citrus albidus* L. C. R Acad. Sci. *Lifes sciences*, 322 : 677-685.
- Selmi N . 2000.** Contribution à l'étude de rétama monosperma étude du système racinaire et recherche des associations de type Rhizobium. Mémoire d'ingénieur en biotechnologie. USTO.ORAN .38P.
- Sforsa R. et A. Sheppard, 2005.** La lutte biologique contre les plantes envahissantes méditerranéennes : comment gagner du temps ? *Rencontre Environnement*, n° 59: 299 – 211.
- Shalaby A.F., Monayeri M.O., Etman M.N., El Habibi A.M., Youcef N.M., 1972.** Germination of some desert medicinal plant under different condition. *Desert. Inst. Bull.*, A. R. E., 22(2): 433-444.

- Singh, H. P., D. R. Batish and R. K. Kohli. 2003.** Allelopathic interactions and allelochemicals: New possibilities for sustainable weed management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22:239-311.
- Soufi Z., 1988.** Les principales mauvaises herbes des vergers dans la région maritime de Syrie. *Weed Res.*, 28 (4) : 199-206.
- Stocker., 1974-** Etude anatomique et biochimique des protéines et des acides aminés foliaires de *Retama monosperma* (Boiss) : Mém. Mag. Univ. des Sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf (U.S.T.O) Oran.
- Sy, M., H. Margolis, D. Yue, R. Jobidon and L.-P. Vezina. 1994.** Differential tolerance of coniferous species to the microbially produced herbicide bialaphos, II. Metabolic effects. *Canadian Journal of Forest Research* 24(11) :2199-2207.
- Thomas M., (2011).** Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*). Thèse. Université d'Orléans.
- Tighiouart k, 2015.** Inventaire des adventices dans une station céréalière conduit sous-pivot et essais du pouvoir allélopathique de quelques-unes sur céréales. Mémoire de master, protection des végétaux. Université de Ghardaïa, 147p.
- Turk, M. A. and A. M. Tawaha. 2003.** Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). *Crop protection* 22(4):673-677
- UNESCO. 1960.** Recherches sur la zone aride - XIII- Les plantes médicinales des régions arides, Pb Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, place de Fontenoy, Paris-7^e
- Uremis, I., M. Arslan and A. Uludag. 2005.** Allelopathic effects of some brassica species on germination and growth of cutleaf ground-cherry (*Physalis angulata* L.) seeds. *Journal of Biological Sciences* 5:661-665.
- Valantin-Morison M. Guichard L. et Jeuffroy M.H., 2008.** Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? *Innovations Agronomiques, I.N.R.A., Agroparistech d'Agronomie*, pp 27-41.
- Vall E., Dongmo A. L., Abakar O., Meyer C., 2002a.** La traction animale dans le nouveau contexte des savanes cotonnières du Tchad, du Nord - Cameroun, et de la Centrafrique. I. Diffusion de la traction animale et sa place dans les exploitations. *Revue. Elev. et Méd. vét. Pays Trop.*, 2002, 55 (2) : 117-128.
- Webb P. B., 1843.** Sur le genre *Retama*. *Ann Sc Nat Bot.*, 2(20) : 269-283.
- Weih, M., U. M. E. Didon, A.-C. Rönnberg-Wästljung and C. Björkman. 2008.** Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops: a review. *Agricultural Systems* 97(3):99-107.
- Wheeler G.S., Taylor G.S., Gaskin J.F., Purcell M.F., 2011.** Écologie et la gestion du Sheoak (*Casuarina* spp.), un envahisseur des Floride, États-Unis. *Journal of Coastal Research*, 27 : 485-492.
- Wink, M., and Twardowski, T. 1992.** Allelochemical properties of alkaloids. Effects on plants, bacteria and protein biosynthesis, pp. 129-150, in S. J. H. Rizvi and V. Rizvi (eds.). *Allelopathy. Basic and Applied Aspects*. Chapman & Hall, London.
- Woodall, S.L. et T.F. Geary. 1985.** Identité des *Casuarinas* de Floride. U.S.D.A. Station expérimentale forestière du Sud-Est, note de recherche SE 332. 10 p.
- Wodehouse, A. 1972.** *Casuarina* dans le parc national des Everglades. Rapport d'un bénévole du parc sous la direction de Larry Bancroft, biologiste de gestion. 3 août 1972. 19 p.
- Zohary M., 1959.** A revision of the genus *Retama* (Boiss). *Bull. Res. Counc. Isr.*, 7 (D): 1-2.
- Zohary M., 1962-** Plant life of Palestine, Israel, and Jordan, Michael Zohary. Ronald, NewYork, 1962. *Science* 1962: Vol.163.N°35, 15, pp.523.

Site consulté:

(http://www.saharanature.com/image_aff.php?aff_image=album/photos/plantes/fabaceae/retama_raetam/tna4709_6.jpg Consulté le 23/06/2015).

Annexe

Infrared Spectroscopy Absorption Table

The following table lists **infrared spectroscopy absorptions** by frequency regions.

4000-3000 cm ⁻¹						
3700-3584	medium	sharp	O-H	stretching	alcohol	free
3550-3200	strong	broad	O-H	stretching	alcohol	intermolecular bonded
3500- 3400	medium	-	N-H	stretching	primary amine	-
3400-3300 3330-3250	medium	-	N-H	stretching	aliphatic primary amine	-
3350-3310	medium	-	N-H	stretching	secondary amine	-
3300-2500	strong	broad	O-H	stretching	carboxylic acid	usually centered on 3000 cm ⁻¹
3200-2700	weak	broad	O-H	stretching	alcohol	intramolecular bonded
3000-2800	strong	broad	N-H	stretching	amine salt	-
3000-2500 cm ⁻¹						
3333-3267	strong	sharp	C-H	stretching	alkyne	-
3100-3000	medium	-	C-H	stretching	alkene	-
3000-2840	medium	-	C-H	stretching	alkane	-
2830-2695	medium	-	C-H	stretching	aldehyde	doublet
2600-2550	weak	-	S-H	stretching	thiol	-
2400-2000 cm ⁻¹						
2349	strong	-	O=C=O	stretching	carbon dioxide	-
2275-2250	strong	broad	N=C=O	stretching	isocyanate	-
2260-2222	weak	-	C≡N	stretching	nitrile	-
2260-2190	weak	-	C≡C	stretching	alkyne	disubstituted
2175-2140	strong	-	S-C≡N	stretching	thiocyanate	-
2160-2120	strong	-	N=N=N	stretching	azide	-
2150	-	-	C=C=O	stretching	ketene	-
2145-2120	strong	-	N=C=N	stretching	carbodiimide	-
2140-2100	weak	-	C≡C	stretching	alkyne	monosubstituted
2140-1990	strong	-	N=C=S	stretching	isothiocyanate	-
2000-1900	medium	-	C=C=C	stretching	allene	-
2000	-	-	C=C=N	stretching	ketenimine	-
2000-1650 cm ⁻¹						

2000-1650	weak	-	C-H	bending	aromatic compound	overtone
1870-1540 cm ⁻¹						
1818 1750	strong	-	C=O	stretching	anhydride	-
1815-1785	strong	-	C=O	stretching	acid halide	-
1800-1770	strong	-	C=O	stretching	conjugated acid halide	-
1775 1720	strong	-	C=O	stretching	conjugated anhydride	-
1770-1780	strong	-	C=O	stretching	vinyl / phenyl ester	-
1760	strong	-	C=O	stretching	carboxylic acid	monomer
1750-1735	strong	-	C=O	stretching	esters	6-membered lactone
1750-1735	strong	-	C=O	stretching	δ-lactone	γ: 1770
1745	strong	-	C=O	stretching	cyclopentanone	-
1740-1720	strong	-	C=O	stretching	aldehyde	-
1730-1715	strong	-	C=O	stretching	α,β-unsaturated ester	or formates
1725-1705	strong	-	C=O	stretching	aliphatic ketone	or cyclohexanone or cyclopentenone
1720-1706	strong	-	C=O	stretching	carboxylic acid	dimer
1710-1680	strong	-	C=O	stretching	conjugated acid	dimer
1710-1685	strong	-	C=O	stretching	conjugated aldehyde	-
1690	strong	-	C=O	stretching	primary amide	free (associated: 1650)
1690-1640	medium	-	C=N	stretching	imine / oxime	-
1685-1666	strong	-	C=O	stretching	conjugated ketone	-
1680	strong	-	C=O	stretching	secondary amide	free (associated: 1640)
1680	strong	-	C=O	stretching	tertiary amide	free (associated: 1630)
1650	strong	-	C=O	stretching	δ-lactam	γ: 1750-1700 β: 1760-1730
1670-1600 cm ⁻¹						
1678-1668	weak	-	C=C	stretching	alkene	disubstituted



						(trans)
1675-1665	weak	-	C=C	stretching	alkene	trisubstituted
1675-1665	weak	-	C=C	stretching	alkene	tetrasubstituted
1662-1626	medium	-	C=C	stretching	alkene	disubstituted (cis)
1658-1648	medium	-	C=C	stretching	alkene	vinylidene
1650-1600	medium	-	C=C	stretching	conjugated alkene	-
1650-1580	medium	-	N-H	bending	amine	-
1650-1566	medium	-	C=C	stretching	cyclic alkene	-
1648-1638	strong	-	C=C	stretching	alkene	monosubstituted
1620-1610	strong	-	C=C	stretching	α,β -unsaturated ketone	-
1600-1300 cm^{-1}						
1550-1500 1372-1290	strong	-	N-O	stretching	nitro compound	-
1465	medium	-	C-H	bending	alkane	methylene group
1450 1375	medium	-	C-H	bending	alkane	methyl group
1390-1380	medium	-	C-H	bending	aldehyde	-
1385-1380 1370-1365	medium	-	C-H	bending	alkane	gem dimethyl
1400-1000 cm^{-1}						
1440-1395	medium	-	O-H	bending	carboxylic acid	-
1420-1330	medium	-	O-H	bending	alcohol	-
1415-1380 1200-1185	strong	-	S=O	stretching	sulfate	-
1410-1380 1204-1177	strong	-	S=O	stretching	sulfonyl chloride	-
1400-1000	strong	-	C-F	stretching	fluoro compound	-
1390-1310	medium	-	O-H	bending	phenol	-
1372-1335 1195-1168	strong	-	S=O	stretching	sulfonate	-
1370-1335 1170-1155	strong	-	S=O	stretching	sulfonamide	-
1350-1342 1165-1150	strong	-	S=O	stretching	sulfonic acid	anhydrous hydrate: 1230-1120

1350-1300 1160-1120	strong	-	S=O	stretching	sulfone	-
1342-1266	strong	-	C-N	stretching	aromatic amine	-
1310-1250	strong	-	C-O	stretching	aromatic ester	-
1275-1200 1075-1020	strong	-	C-O	stretching	alkyl aryl ether	-
1250-1020	medium	-	C-N	stretching	amine	-
1225-1200 1075-1020	strong	-	C-O	stretching	vinyl ether	-
1210-1163	strong	-	C-O	stretching	ester	-
1205-1124	strong	-	C-O	stretching	tertiary alcohol	-
1150-1085	strong	-	C-O	stretching	aliphatic ether	-
1124-1087	strong	-	C-O	stretching	secondary alcohol	-
1085-1050	strong	-	C-O	stretching	primary alcohol	-
1070-1030	strong	-	S=O	stretching	sulfoxide	-
1050-1040	strong	broad	CO-O-CO	stretching	anhydride	-

 1000-650 cm⁻¹

995-985 915-905	strong	-	C=C	bending	alkene	monosubstituted
980-960	strong	-	C=C	bending	alkene	disubstituted (trans)
895-885	strong	-	C=C	bending	alkene	vinylidene
850-550	strong	-	C-Cl	stretching	halo compound	-
840-790	medium	-	C=C	bending	alkene	trisubstituted
730-665	strong	-	C=C	bending	alkene	disubstituted (cis)
690-515	strong	-	C-Br	stretching	halo compound	-
600-500	strong	-	C-I	stretching	halo compound	-

 900-700 cm⁻¹

880 ± 20 810 ± 20	strong	-	C-H	bending	1,2,4-trisubstituted	-
880 ± 20 780 ± 20 (700 ± 20)	strong	-	C-H	bending	1,3-disubstituted	-
810 ± 20	strong	-	C-H	bending	1,4-disubstituted or 1,2,3,4-tetrasubstituted	-

780 ± 20 (700 ± 20)	strong	-	C-H	bending	1,2,3- trisubstituted	-
755 ± 20	strong	-	C-H	bending	1,2-disubstituted	-
750 ± 20 700 ± 20	strong	-	C-H	bending	monosubstituted benzene derivative	-

Contributors and Attributions

- [OChemOnline](#)