



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 : Insaf SLIMANI

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

Thème

**Etude du pouvoir allélopathique d'*Astragalus armatus*
sur la germination de quelques plantes adventices.**

Jury de soutenance :

	<u>Grade</u>
- MARFOUA Meriem (Président)	- MAA
- AMARA Yacine (Examineur)	- MAA
- HOUYOU Zohra (Encadreur)	- MCA
- MALLEM Hamida (Co-Encadreur)	- MCB

Promotion : Juin 2020

Remerciements

Remercie avant Dieu tout puissant, de m'avoir guidé tous ma vie et les années d'étude et sa bénédiction.

Mes remerciements vont d'abord à mon promoteur Madame Houyou Zohra.

Je suis très reconnaissante pour son aide considérable, ses conseils et surtout pour sa gentillesse et sa disponibilité.

Je dois également exprimer ma gratitude à mon Co-encadreur madame Mallem Hamida, pour ses conseils qui m'ont été d'une importance capitale, et pour son soutien, ses orientations pertinentes pour ce travail.

Je ne saurai oublier d'exprimer toutes ma sympathie à l'ensemble du personnel du département d'Agronomie.

Dédicaces

Rendons grâce à Dieu, clément et miséricordieux, pour son aide et sa
bénédiction.

Je dédie ce travail

A mes parents Hadj Lakhdar et Kheira Rabhi qui m'ont soutenu tout le long de
mes études.

A Mes frères Nacer-Eddine et Abdelkader.

A mes sœurs Fadila, Malika, Nour-Elhouda et Zohra (الله يرحمها).

A mon mari Aissa.

Et mes belles-mères Zohra Belmecheri et Hadja Khedidja Rezzoug

Et Hadj Hamid.

A toute ma famille.

A tous mes amis

A toute ma promotion.

A tous mes enseignants.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime aussi.

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Résumés	i
Liste de tableaux	iii
Liste des figures	iv
Liste photos	v
Introduction	1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I- Aperçu bibliographique sur les genres <i>Astragalus</i>	04
I.1) Historique	05
I.2) Description botanique	05
I.3) Répartition géographique du genre <i>Astragalus</i>	05
I.4) Utilisation en médecine traditionnelle	06
I.5. Toxicité du genre <i>Astragalus</i>	07
I.5.1) Astragales non toxiques	07
I.5.1) Astragales toxiques	07
II) <i>Astragalus armatus</i>	07
III- Généralités sur l'alléopathie	08
III-1 Alléopathie	08
III- 2) Historique de l'alléopathie	09
III- 3) Composés allélopathiques	09
III-4) Nature chimique des composés allélopathiques	11
III-4.1- Térpenoïdes	11
III-4.2- Alcaloïdes	11
III-4.3- Composés phénoliques	12
III- 5) Mode d'action des composés allélopathiques	13
III-5.1) Mode d'action des phénols	14

III-5-2) Mode d'action des Alcaloïdes (Quinones)	14
III-5-3) Mode d'action des Terpènes	15
III-6) Métabolisme des composés allélopathiques	15
III-7) Moyen d'émission des composés allélopathiques	16
III- 8) Manifestations de l'allélopathie	18
III-9) Autodéfenses des êtres vivants	18
III-10 Elicitation	19
IV) Allélopathie et environnement	20
IV-1) Effet des facteurs de l'environnement sur les composés allélopathiques	20
IV-2) Impacts de l'allélopathie sur la biodiversité	20
IV-3) Allélopathie et écologie de restauration	20
IV-4) Allélopathie et compétition	21
IV-5) Application d'Allélopathie	22
V) Généralités sur les plantes adventices ou mauvaises herbes	23
V-1) Définition	23
V-2) Influence des facteurs du milieu sur les mauvaises herbes	23
V-3) Impact agro – économique des mauvaises herbes	24
V-4) Biologie des mauvaises herbes	25
V-4-1) Les mauvaises herbes annuelles	25
V-4-2) Les mauvaises herbes bisannuelles	25
V-4-3) Les mauvaises herbes vivaces	25
V-5) Capacité d'adaptation des mauvaises herbes	25
V-6) La nuisibilité due aux mauvaises herbes	26
V-6-1) La nuisibilité due à la flore potentielle	28
V-6-2) La nuisibilité due à la flore réelle	28
V-6-3) Seuils de nuisibilité	28
V-6-4) Seuil biologique de nuisibilité	28
V-6-5) Seuil économique de nuisibilité	29
V-6-6) Lutte contre les mauvaises herbes	29

V-6-6-1) Moyens préventifs	29
V-6-6-2) Méthodes culturales	29
V-6-6-3) Moyens biologiques	29
V-6-6-4) Moyens mécaniques	29
V-6-6-5) Moyens chimiques de lutte contre les mauvaises herbes	30

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I) Justification du choix, récolte et préparation du matériel végétal	32
I.1) Justification pour le choix d' <i>Astragalus armatus</i>	32
I.2) La récolte d' <i>Astragalus armatus</i>	32
I.3) Préparation du matériel végétal	32
I.4) Récolte des graines des mauvaises herbes (adventices)	32
II.1) Travail expérimental au laboratoire	33
II.1.1) La préparation des solutions (Extraits)	33
II.2) Les tests de germination	34
II.2.1) Les tests préliminaires de germination	34
II.2.2.) Les tests finaux de germination	35
II.2.3) Suivi de la germination et notation	36
II.2.3.1) Détermination de taux de germination	36
II.2.3.2) Mesure des longueurs de croissance des radicule et des glumelles	37
II.3) Détermination des taux d'inhibition des paramètres notés	38
II.4) Analyse statistique des données	38

Chapitre III : Résultats

I) Effet des extraits d' <i>Astragalus armatus</i> sur le taux de germination des graines des plantes pendant l'essai	40
II) Inhibition de la germination des graines, de la croissance des glumelles et de la croissance des radicules des espèces testées	41
II.1) <i>Cardaria (Lepidium draba L)</i>	41
II.2) Méliot (<i>Métilots albus</i>)	45
II.3) Plantago (<i>Plantago tanceolata</i>)	46
II.4) Trèfle blanc (<i>Elyria repens</i>)	48

II.5) Blé (<i>Triticum Durum</i>)	50
II.6) Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	52
II.7) Luzerne (<i>Medicago sativa</i>)	54
II.8) Classification ascendante hiérarchique (CAH)	56
Chapitre IV : Discussion	58
Conclusion et perspectives	62
Références bibliographiques	64

الملخص:

مع وجود الأعشاب الضارة التي تنمو بدون عملية البذر على مستوى الحقول المزروعة والبساتين شكل باستمرار مشكلا عويضا على صعيد الإنتاج من الناحية الزراعية و الاقتصادية. اكتشاف الأدوية الطبيعية المضادة لهذه الآفة للحد من انتشارها الحفاظ على البيئة. و الهدف من البحث إيجاد مواد طبيعية من مصدر نباتي يكون لها الأثر الإيجابي على إزالة الأعشاب الضارة ومن بينها *Astragalus armatus* لإجراء تجارب على ظهور البراعم الخاصة بالبذور وتطوير شتائل لهذه الأعشاب الضارة. ثلاث مستخلصات (extrait) لمختلف المواد المركزة (5% 10% 15%) تم تحضيرهم من النبتة كاملة *Astragalus armatus* قمنا بعد ذلك بتجربة هذه الخلاصات على براعم البذور من أربع أنواع من هذه الأعشاب (*Plantago tanceolata*, *Lepidium draba 1*, *Ménilots albus*, *Elyria repens*) (الصلب، الطماطم، البرسيم)، على درجة حرارة 25°، الأثر على عملية النمو (إعاقة) لهذه الخلاصات أعطت مفعول إيجابي على الشتائل خاصة على الأوراق الصغيرة الحاملة للبرعم (الزهرة) للنباتات التي تنمو بدون عملية البذر، الحد من نمو هذه النباتات لم يتأثر من هذه الخلاصات *Astragalus armatus* و التي هي أكثر تأثيرا على عملية النمو وبشكل كبير على *Ménilots albus* و *Elyria repens*

الكلمات المفاتيح: موانع النمو، *Astragalus armatus*، إعاقة، انتشار، محلول.

Résumé :

La présence des adventices dans les champs cultivés est toujours nuisible sur les plans agronomiques ou 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 une espèce végétale *Astragalus armatus*, pour tester un éventuel potentiel allélopathique sur la germination des graines et le développement de plantules de quelques mauvaises herbes. Trois extraits de différentes concentrations (5%, 10% et 15%) sont préparés à partir de la plante entière (*Astragalus armatus*). Nous avons testé ces extraits sur la germination des graines et le développement des plantules de 4 espèces de mauvaises herbes (*Plantago tanceolata*, *Lepidium draba 1*, *Ménilots albus* et sur *Elyria repens*) et de 3 espèces de plantes cultivées (Blé dur, Tomate et Luzerne) à une température de 25°C ± 1. L'effet inhibiteur de ces extraits s'est manifesté beaucoup plus sur le développement des plantules, surtout sur les glumelles des plantes adventices. L'inhibition n'est pas affectée par la concentration des extraits. Les extraits d'*Astragalus armatus* sont les plus inhibiteurs sur *Ménilots albus* et sur *Elyria repens*.

Mots clés : Allélopathie, *Astragalus armatus*, inhibition, germination, extrait.

Abstract :

The presence of weeds in cultivated fields is always harmful from an agronomic and economic point of view. Discovery of natural herbicide can reduce their harmful impact on the environment. In order to find natural products of vegetable origins that may have a herbicidal action, we have chosen *Astragalus armatus* a plant steppic species to test a possible allelopathic potential on the germination of seeds and the development of seedlings of some weeds. Three extracts of different concentrations (5%, 10% and 15%), are prepared from the whole plant of *Astragalus armatus*. We have tested these extracts on seed germination and seedling development of 4 species of weeds (*plantago tanceolata*, *lepidium draba*1, *melilots albus* and *Elyria repens*) and on 3 cultivated plants species (Durum wheat, Tomato and Alfalfa) at a temperature of 25°C ±1. The inhibitory effect of these extracts was manifested much more on the development of seedlings, especially on the lemma of weeds. The inhibition is not affected by the concentration of the extracts. Extracts of *Astragalus armatus* are the most inhibiting on *Melilots albus* and *Elyria repens*.

Key words: Allelopathy, *Astragalus armatus*, inhibition, germination, extract.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Les espèces adventices	33
Tableau 2	Effet des extraits d' <i>Astragalus armatus</i> sur le taux de germination	41

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	Structure de l'acide Shikimique	10
Figure 2	Structure les molécules phénoliques	12
Figure 3	Les grandes voies de synthèse des métabolites secondaires et relations avec le métabolisme primaire	16
Figure 4	Voies de libération des molécules allélopathiques	17
Figure 5	Interférence entre plantes	22
Figure 6	Type de nuisibilité des mauvaises herbes dans les cultures	27
Figure 7	Effet inhibiteur de l'extrait <i>Astragalus armatus</i> aux concentrations 5 % 10% 15% sur la (a) germination (IG) ; (b) la longueur des glumelles (ICGL) et (c) la longueur des racelles (ICR) de (<i>Lepidium draba L.</i>)	43
Figure 8	Effet inhibiteur de l'extrait <i>Astragalus armatus</i> aux concentrations 5 % 10% 15% sur (a) la germination (IG), (b) longueur glumelles (ICGL) et (c) longueur racelles (ICR) de <i>Métilots albus</i>	45
Figure 9	Effet inhibiteur de l'extrait <i>Astragalus armatus</i> aux concentrations 5 % 10% 15% sur la germination (IG) la longueur glumelles (ICGL) et longueur racelles (ICR) de <i>Plantago tanceolata</i>	47
Figure 10	Effet inhibiteur de l'extrait <i>Astragalus armatus</i> aux concentrations 5 % 10% 15% sur la germination (IG) la longueur glumelles (ICGL) et longueur racelles (ICR) de <i>Elyria repens</i>	49
Figure 11	Effet inhibiteur de l'extrait <i>Astragalus armatus</i> aux concentrations 5 % 10% 15% sur la germination (IG) la longueur glumelles (ICGL) et longueur racelles (ICR) du blé (<i>Triticum Durum</i>)	51
Figure 12	Effet inhibiteur de l'extrait <i>Astragalus armatus</i> aux concentrations 5 % 10% 15% sur la germination (IG) la longueur glumelles (ICGL) et longueur racelles (ICR) de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	53
Figure 13	Effet inhibiteur de l'extrait <i>Astragalus armatus</i> aux concentrations 5 % 10% 15% sur la germination (IG) la longueur glumelles (ICGL) et longueur racelles (ICR) de luzerne (<i>Medicago sativa</i>)	55
Figure 14	Classification ascendante hiérarchique : (a) des espèces vis-à-vis à l'application des extraits d' <i>Astragalus armatus</i> ; (b) des concentrations des extraits d' <i>Astragalus armatus</i> .	57

Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo 1	<i>Astragalus nuttalianus</i>	04
Photo 2	<i>Astragalus cicer</i>	04
Photo 3	<i>Astragalus gombo</i>	05
Photo 4	<i>Astragalus armatus</i>	07-08
Photo 5	Solution d'astragale avec 3 concentrations	33
Photo 6	Tests préliminaires de germination des graines des plantes adventices	35
Photo 7	Les tests finaux de germination	36
Photo 8	Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne d'une plantule de cardaria (<i>Lepidium draba l</i>)	37

Introduction

Introduction

Le règne végétal représente une source importante de molécules actives, les études sur les plantes ont toujours porté beaucoup d'espoir pour la recherche des produits à base de plante et dont les principes actifs seraient très utiles à l'Homme.

Le continent africain est un des continents fournis d'une biodiversité la plus riche dans le monde. L'Algérie possède une des flores les plus diversifiées et les plus originales du bassin méditerranéen. Cette flore compte près de 3232 espèces réparties dans près de 150 familles parmi lesquelles près de 653 espèces sont endémiques (Quezel et Santa, 1963 ; Ozenda, 1991). Ce potentiel de plantes constitue des milliers d'espèces présentant divers intérêts, et très peu exploré du point de vue chimique, pharmacologique, agronomique, biotechnologique ou autres...

A travers les siècles, le savoir concernant les plantes s'est accumulé, documenté et a été transmis de génération en génération. Par exemple, jusqu'au début du 20ème siècle, la quasi-totalité des médicaments étaient à base de plantes (Baoux et al., 1976).

Dans la littérature, plusieurs études ont montré que la capacité à supprimer les mauvaises herbes par une culture est très différente ou variable d'une variété à une autre. Cette différence est expliquée en partie par la capacité de ces cultures à sécréter des substances chimiques affectant la croissance des mauvaises herbes à savoir l'allélopathie (Olofsdotter et al., 2002 ; Wu et al., 2000 ; Sánchez-Moreiras et al., 2004).

Les composés allélochimiques jouent un rôle important dans la compétition aux ressources environnementales qui sont l'eau, la lumière et les substances nutritives ; dans l'armement chimique de défense des plantes contre leurs prédateurs, et dans la coopération intra- et interspécifique (Sánchez-Moreiras et al., 2004). Et de ce fait l'incorporation de ces substances allélopathiques dans la gestion de l'agriculture peut réduire l'utilisation d'herbicides, de fongicides, d'insecticides et aussi diminuer la détérioration de l'environnement.

L'utilisation des herbicides a toujours eu un effet nocif sur l'environnement. Cet effet a poussé les recherches vers des méthodes biologiques qui seraient aussi approches (éco-friendly) afin de lutter contre les mauvaises herbes.

Les composés allélopathiques se comportent comme des herbicides naturels ; ils ont fréquemment plusieurs sites d'action et des effets divers sur les organismes cibles. On trouve parmi ces composés des acides phénoliques, des flavonoïdes, des terpénoïdes, des alcaloïdes,

Introduction

etc... Ils sont présents pratiquement dans tous les tissus de la plante et sont très répandus dans les plantes spontanées (Ben Chacha, 2008). Et de ce fait, la valorisation de la flore algérienne, par la recherche de nouveaux composés d'origine végétale qui auraient des intérêts agronomiques ou possédant des propriétés allélochimiques permettraient la gestion d'une agriculture amie à l'environnement qui éviterait des herbicides dévastateurs.

Dans cette optique, l'objectif de cette étude est de tester le pouvoir allélopathique d'extraits aqueux d'*Astragalus armatus* sur la germination de graines de quatre plantes adventices : Cardaria (*Lepidium draba* L), adventice des cultures remblais; Plantage (*Plantago lanceolata*) adventice des cultures fourragères; Trèfle blanc (*Elyria repens*) adventice des cultures céréalières ; Mélilot (*Melilotus albus*) adventice des cultures fourragères et mellifères . Et pour éviter les interrogations de l'effet d'extraits aqueux d'*Astragalus armatus* sur les plantes cultivées, il est en parallèle testés sur la germination de graines de trois plantes cultivées : céréalière, maraichère, et fourragère (blé, tomate et luzerne).

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 les astragales.

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 le quatrième et dernier chapitre.

Et enfin nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I : Revues bibliographiques

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I- Aperçu bibliographique sur les genres Astragalus :

Parmi les 730 genres de la famille des fabacées, on trouve en Algérie environ 53 genres et 337 espèces de notre part, nous nous sommes intéressés dans ce travail au genre *Astragalus* L. Qui est le plus grand genre à fleurs avec environ 3000 espèces dont 10 espèces sont endémiques au Maroc, Tunisie et 'Algérie d'après la bibliographie, ce genre montre une richesse en saponines notamment de squelettes cycloartane et Oléane, il est mentionné aussi les composés phénoliques et les polysaccharides (Leonard et al., 2014).



Photo 1 : *Astragalus nuttalianus*



Photo 2 : *Astragalus cicer*



Photo 3 : *Astragalus gombo*

I-1-Historique :

Le mot astragale est d'origine grecque ; il signifie l'un des os de l'articulation tibiotarsienne. Cette dénomination vient de la ressemblance du bruit des grains séchés de la plante avec celui de l'os, quand ils tombent sur une surface solide.

I-2- Description botanique

Le genre *Astragalus*, a été décrit pour la première fois par Linné en 1753, est classé dans la sous famille des papilionacées, appartient à l'embranchement des spermaphytes ; sous embranchement des angiospermes, classe des dicotylédones, sous classe des dialypétales ; tribu des galégas. C'est l'un des plus importants genres de la famille des fabacées.

Selon (Quezel et Santa, 1963), le genre *Astragalus* est défini : calice tubuleux en cloche, à dents subégales ou très inégales. Pétales généralement longuement onguicules, étendards dressés, carèmes égalant environ les ailes, étamines didelphes à gaine fendue au sommet ovaire pluri ovule sur 2 rangs gousse de forme variée rarement uniloculaire généralement à 2 loges plus ou moins complètes par intro flexion de l'une des structures déhiscentes où indéhiscence. Feuilles imparipennées en générale stipulées.

I-3- Répartition géographique du genre *Astragalus*

Le genre *Astragalus* est le plus abondant de la famille des fabacées avec environ 2500 espèces et avec plus de 250 sections taxonomiques dans le monde (Reisinger et al, 2007)

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Ce genre est largement distribué partout dans les régions tempérées et arides du monde et principalement localisé en Asie (1500 espèces), l'Amérique du nord (500 espèces) et l'Amérique du sud (150 espèces) et l'Europe (120 espèces) dans les pays du bassin méditerranéen 500 espèces ont été décrites dont une cinquantaine en Afrique du nord, (For the formation of reduced N-alkylated products from aniline and propane-1,3-diol (Lacroix et al., 2012).

Cependant, le centre d'origine et la biodiversité du genre *Astragalus* est l'Eurasie, particulièrement les parties montagneuses de l'Asie du sud-ouest et du sud-centrale les espèces d'*Astragalus* grandissant en Afrique du nord sont des plantes sahariennes méditerranéennes ou arabes. Ils sont représentés par plus de 50 espèce délimitée dans plusieurs sections et dont 15 sont trouvées au Sahara de l'Algérie. Dans la flore de l'Afrique du nord, 10 espèces d'*Astragalus* sont endémique en Algérie, le Maroc et la Tunisie en Algérie (Silva 2013).

Le genre *Astragalus* est distribué dans la zone de présaharienne et associée à la désertification dans les zones arides en raison du surpâturage (Min et Sanchawala 2014).

I-4- Utilisation en médecine traditionnelle :

Les espèces du genre *Astragalus* sont utilisées dans la médecine traditionnelle dans le monde entier comme des herbes médicinales contre l'ulcère de l'estomac, la toux, la bronchite chronique, l'hypertension, les troubles gynécologiques, le diabète et les piqûres venimeuses de scorpion (Sahli et Sundararaju 2011). Les racines fraîches d'*Astragalus lusitaniasla* sont utilisées en cataplasme dans les maladies du genou et du coude (enflures, arthroses et luxations).

En Algérie, l'espèce *Astragalus generis bunge* est utilisée pour soulager les morsures des serpents au Maroc, la décoction des feuilles et des racines d'*Astragalus tenuifoliés* desf. est utilisée contre la fatigue et l'helminthiase *Astragalus membraneuses* est une plante traditionnelle chinoise bien connue pour le traitement des maladies neurodégénératives, elle compte parmi les herbes toniques les plus populaires. Les chinois utilisent les racines de cette espèce comme un fortifiant.

I-5- Toxicité du genre *Astragalus* :

Le genre *Astragalus* regroupe les espèces toxiques ainsi que les non toxiques

I-5-1) Astragales non toxiques

La plupart des astragales ne sont pas toxiques. Certaines sont utilisées comme des espèces de pâturage, comme *astragalus nuttalianus* et *astragalus cicer* rencontrées respectivement dans le sud-ouest et à l'ouest des états unis sont très appréciées par le bétail. De même pour les espèces *astragalus generis bunge*. Et *astragalus gombo bunge*. Localisés dans le nord du Sahara algérien

I-5-2) Astragales toxiques

Les espèces toxiques de ce genre sont classées selon la nature de la toxine dominante et le type d'intoxication qu'elles provoquent, et se divisent en trois catégories :

- les astragales accumulatrices de sélénium
- les astragales synthétisant des produits nitrés
- les astragales contenant des alcaloïdes indolizidiques

II)- *Astragalus armatus*

Plante gousse uniloculaire non divisée longitudinalement par une cloison, à parois parcheminées ; calice renflé en vésicule, enfermant le fruit ; plante très épineuse, les pétioles devenant durs et aigus ; folioles petites, très caduques ; rameaux écaillés, glabres. Lisière très commune au Sahara (Ozenda, 2004).





Photo 4 : *Astragalus armatus* .

III) Généralité sur Allélopathie :

III-1 Allélopathie

L'allélopathie est l'ensemble de plusieurs interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (micro-organismes inclus) au moyen de métabolites secondaires tels les acides phénoliques, les flavonoïdes, les trapézoïdes et les alcaloïdes (Chadda, 2008).

Beaucoup d'auteurs dont Hulot et Lacroix (2005), Deraissac (2002), Desaynard (1977), Singh et al., (2001), Delabays, (2005), Caussanel (1975), Drapier (1983), Lelong et al. (2004) et Cordonnier (2004) s'accordent pour définir l'allélopathie comme l'ensemble des phénomènes qui sont dus à l'émission ou à la libération de substances organiques par divers organes végétaux, vivants ou morts et qui s'expriment par l'inhibition ou la stimulation de la croissance des plantes se développant au voisinage de ces espèces ou leur succédant sur le même terrain.

L'allélopathie c'est une interaction chimique à distance exercée entre plants d'espèces différentes par l'intermédiaire des substances, généralement toxiques (antibiotiques, toxines,

Chapitre I : Synthèse bibliographique

inhibiteurs de germination ou de croissance) excrétées par leurs racines ou par leurs feuilles dans le milieu environnant (air, eau, sol) (Foret, 2004).

En 1984, Rice pose les fondements de l'allélopathie « moderne » et la définit comme un effet positif ou négatif, direct ou indirect, d'un végétal-micro-organisme inclus-sur un autre, par le biais de composés chimiques libères dans l'environnement. Cette définition prévaut aujourd'hui et illustre bien en quoi ce type d'interaction diffère du parasitisme et de la symbiose (où il y a contact direct entre les protagonistes) ainsi que de la compétition (dans laquelle une ressource commune et limitée est exploitée par les protagonistes).

III- 2) Historique de l'allélopathie

Dès l'antiquité, l'homme a observé que certains végétaux gênaient le développement d'autres espèces voisines : Théophraste remarquait que le pois chiche détruisait les mauvaises herbes. En outre, il est constaté que le noyer ne laissait pousser aucune plante sous son feuillage (Rizvi Et Riwvi, 1991). Au siècle dernier, De Candolle suggéra que la fatigue des sols pourrait être due à des exsudats des cultures, En 1937, Molisch précisa le phénomène et créa le terme d'allélopathie (Chadda, 2008).

En 1937, à la fin de sa vie, HANS MOLISH publie son dernier livre, consacré aux interactions chimiques entre plantes, largement illustrées par les effets de l'éthylène sur la maturation des fruits. A cette occasion, il propose d'utiliser le terme d'allélopathie pour décrire ce type de relations interspécifiques faisant appel à des médiateurs chimiques.

Des phénomènes allélopathiques ont pu être détectés à la fois dans des écosystèmes naturels ou soumis à la gestion humaine, et des applications pratiques commencent à voir le jour notamment pour les agros systèmes (Regnault et al., 2008).

III- 3) Composés allélopathiques

Une des singularités des végétaux est de former de nombreux composés parmi lesquels il est à distinguer les composés allélochimiques dont le rôle, au niveau de la cellule, ne semble pas nécessaire tout en pouvant l'être au niveau de la plante entière. Le fait que les composés allélopathiques ne se rencontrent pas chez toutes les espèces indique qu'ils n'entrent pas dans le métabolisme général et qu'ils n'exercent pas de fonction directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal : ces composés peuvent être classés en grande partie comme des métabolites secondaires, qui sont généralement considérés comme étant des

Chapitre I : Synthèse bibliographique

composés ne jouant aucun rôle dans le processus du métabolisme essentiels à la survie des plantes.

Les composés allélopathiques sont des métabolites secondaires appartenant à différentes classes de composés chimiques, issus souvent de la voie de synthèse de Shikimate (Bouton, 2005). L'acide Shikimique, plus connu sous sa forme anionique, les Shikimate, est un intermédiaire biochimique important dans les plantes et les microorganismes. Il doit son nom à la fleur japonaise shikimi, *Illicium religiosum*, Illiciacees) ou anis étoilé (Figure 1) (Meyer et al., 2004).

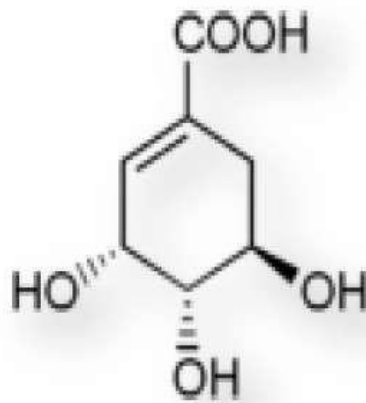


Figure 1: Structure de l'acide Shikimique (Bouton, 2005).

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 protonée) (Blum, 2004). Ces composés ne jouent aucun rôle dans le métabolisme de base de la plante émettrice. Il s'agit de :

- Gaz toxiques : le cyanure ou l'ammoniac inhibe la germination et la croissance des plantes, alors que l'éthylène stimule la germination ;

- Acides organiques : l'acide citrique inhibe la germination à (0,1%) ; les acides oxalique ou acétique, très abondants, peuvent inhiber la germination ;

- Composés aromatiques : acides phénoliques, coumarines (parmi les composés naturels les plus phytotoxiques); alcaloïdes (caféine et nicotine); flavonoïdes, tannins (peu efficace); quinone (la juglone du noyer, inhibe la croissance des plantes herbacées comme la luzerne, mais également des arbres comme le pommier) (Chadda, 2008).

III-4) Nature chimique des composés allélopathiques

Les composés allélochimiques sont généralement des molécules de bas poids moléculaire qui peuvent être hydrophiles ou lipophiles. Parmi ces composés on trouve des acides phénoliques, des quinones et des terpènes.

Ces composés sont des métabolites secondaires qui constituent un groupe très hétérogène par leur nature chimique comme par leur répartition systématique, leur localisation anatomique et leur action physiologique supposée. Parmi les familles chimiques les plus connues par ces effets biologiques on cite les terpénoïdes, composés phénoliques et les alcaloïdes

III-4.1- Térpenoïdes

Les terpénoïdes des plantes sont beaucoup utilisés en raison de leurs qualités aromatiques. Ils jouent un rôle dans les remèdes en herboristerie traditionnelle et font l'objet de recherche pour découvrir des effets antibactériens, antinéoplasiques ou autres effets pharmaceutiques (Ben chacha, 2008).

Les terpénoïdes constituent un vaste groupe de métabolites secondaires de structure diverse, et sont impliqués dans de nombreuses interactions biotiques. Les terpénoïdes sont très largement distribués et beaucoup possèdent des fonctions physiologiques primordiales, comme éléments des stéroïdes liés aux membranes, des pigments caroténoïdes, de la chaîne latérale aphytyle de la chlorophylle et d'hormones (acide gibbérellique et acide abscissique). Ils sont formés par la polymérisation des unités à 5 atomes de carbone (isoprène). Le nom à l'origine historique car les premiers membres du groupe ont été isolés de la térébenthine. Ils sont appelés aussi isoprénoïdes car leur dégradation thermique libère l'isoprène (Judd et al., 2002).

III-4.2- Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des molécules organiques hétérocycliques azotées, d'origine naturelle. Les alcaloïdes présentent des structures très diverses ; ils dérivent de différents acides aminés ou de l'acide mevalonique en passant par différentes voies biosynthétiques. Ils ont une activité biologique chez les animaux, souvent même à très faibles concentrations, et beaucoup sont couramment utilisés en médecine ou bien toxiques (par exemple la cocaïne, la morphine, l'atropine, la colchicine, la quinine, et la strychnine) (Judd et al., 2002).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

A la différence des composés terpéniques et des polyphénols, les alcaloïdes forment une grande famille des molécules chimiquement hétérogènes. Leurs caractéristiques communes sont leur solubilité dans l'eau, la présence d'au moins un atome d'azote et leur forte activité biologique. Le mot "alcaloïde" est pratiquement synonyme du mot « drogue » ; 10 des 12 drogues qui ont pour origine une plante et qui sont commercialisés (Balandrin et al., 1985). La plupart des alcaloïdes sont synthétisés à partir d'un petit nombre d'acides aminés (tyrosine, tryptophane, ornithine, arginine et lysine). La nicotine, l'alcaloïde du tabac, est synthétisée à partir de l'acide nicotinique et la caféine est un dérivé purique. Bien que quelques alcaloïdes soient répartis dans plusieurs genres voire plusieurs familles, la plupart des espèces végétales possèdent leur propre panoplie d'alcaloïdes. Comme pour les autres métabolites secondaires, un alcaloïde donné peut être confiné dans des organes particuliers comme par exemple les racines, les feuilles ou les jeunes fruits (Hopkins, 2003).

III-4.3- Composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols forment une grande famille de composés chimiques très divers depuis les simples acides phénoliques jusqu'aux grands polymères complexes que sont par exemple, les tanins et la lignine. Comme pour d'autres produits secondaires, de nombreux composés phénoliques semblent être impliqués dans des interactions plante/herbivore ; certains (exemple la lignine) sont des composés structuraux importants alors que d'autres semblent n'être que de simples métabolites terminaux qui ne possèdent pas de fonction déterminée (Figure 2) (Hopkins, 2003).

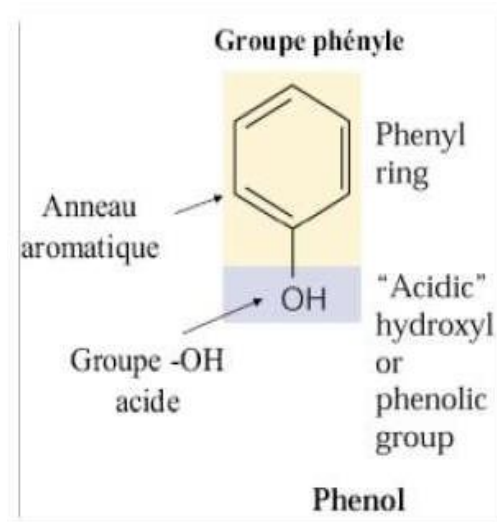


Figure 2 : Structure des molécules phénoliques (Buchanan, 2006).

III- 5) Mode d'action des composés allélopathiques

Les interactions allélopathiques sont souvent le résultat d'action jointes de plusieurs composés différents. Les activités biologiques des plantes réceptrices sont dépendantes de la concentration des produits allélochimiques c'est-à-dire qu'il n'y a émission d'une réponse que lorsque la concentration en produits allélochimiques atteint un certain seuil.

L'interférence qui s'établit entre plantes voisines est attribuée principalement à des effets de compétition pour les ressources environnementales : eau, lumière et substances nutritives. Ainsi de nombreuses espèces végétales synthétisent des molécules capables d'inhiber la germination et la croissance des plantes croissant dans leur voisinage. Aussi faute de mobilité, les plantes ont dû s'adapter aux attaques prédatrices d'autres organismes tels les insectes, les champignons et les bactéries ; cela par des mécanismes chimiques de défense pouvant avoir plusieurs fonctions. Ils peuvent être insecticides anti-microbiens voire pour certains herbicides. Actuellement, plus de 30.000

Au niveau biochimique et cellulaire les composés allélopathiques se comportent comme des herbicides naturels ; ils ont souvent plusieurs sites d'action et des effets divers sur les organismes cibles. Certains composés allélochimiques agissent en inhibant la photosynthèse ce qui ralentit la croissance des phototrophes. La *b*-1,2,3-tri-*o*-galloyl-4,6- (s)-hexahydroxyphénol-d-glucose (tellimagrandine ii) inhibe le psii en empêchant le transfert d'électrons entre les quinones *q*_a et *q*_b (Leu et al, 2002).

Rice (1984) a indiqué que les effets des substances allélopathiques sur la germination ou sur la croissance des plantes cibles ne sont que les signes secondaires de modifications primaires. En fait, peu d'effets spécifiques sont attribuables à ces produits, qui ont aussi bien des actions inhibitrices que des actions stimulantes. Il est important de remarquer que les doses efficaces sont la plupart du temps très élevées et qu'on observe de fortes variations (inhibition ou stimulation) en fonction de la dose. Selon Ferguson et al. (2003), les substances allélopathiques agissent sur :

La division cellulaire : la coumarine inhibe la mitose dans les racines d'oignon ;

La croissance et synthèse : les composés phénoliques ont une action sur la régulation des hormones de croissance ;

Chapitre I : Synthèse bibliographique

La photosynthèse et respiration : la scopolétine réduit la photosynthèse chez le tournesol et le tabac par fermeture des stomates ;

La perméabilité membranaire : les composés phénoliques accroissent le flux de potassium hors des tissus racinaires ;

L'absorption minérale : l'acide férulique inhibe l'absorption de potassium par les plantes (confusion avec les effets de la compétition) ;

Le cycle de l'azote : fixation de l'azote et nitrification.

Ainsi, Rice (1984) attire l'attention sur qu'un même composé peut avoir de multiples sites d'action : par exemple, l'acide férulique agit aussi bien sur la respiration mitochondriale que sur la synthèse de la chlorophylle et l'activité des hormones de croissance (Delabays, 2004).

III-5.1) Mode d'action des phénols

Les acides phénoliques peuvent perturber l'absorption minérale par la plante de l'acide salicylique (o-hydroxy benzoate) et de l'acide férulique (4-hydroxy-3-méthoxycinnamate) inhibent l'absorption d'ions K^+ dans les racines. Le degré d'inhibition dépend de la concentration de l'acide phénolique et du pH (la diminution de pH entraîne une augmentation de l'absorption des composés phénoliques et donc de l'inhibition de l'absorption du K^+).

Cette perturbation est due au fait que les acides phénoliques dépolarisent le potentiel membranaire des cellules racinaires ce qui modifie la perméabilité membranaire et ainsi le taux d'effluve d'ions, aussi bien anions que cations.

III-5-2) Mode d'action des Alcaloïdes (Quinones)

Les quinones génèrent des oxygènes actives, responsables de leur toxicité. Certaines substances agissent sur l'expression des gènes des organismes cibles. La dmbq (quinone) émise par les racines hôtes induit le développement de plantes parasites en régulant l'expression de certains gènes, impliqués dans la régulation du cycle cellulaire, la synthèse d'actine et de tubuline, l'extension des parois végétales et synthèse de gtp binding protéine. La l-carvone de mentha spicata, ses dérivés (limonène, p-cymène et isoprène) et plus généralement les terpenoïdes avec un motif p-menthane insaturé induisent l'expression des gènes bph des bactéries du genre arthrobacter, responsables du catabolisme des pcb. Il existe

Chapitre I : Synthèse bibliographique

probablement un récepteur aux structures isoprènes trouvés dans les monoterpènes, responsable de la régulation de l'expression de ces gènes. Mais les différents procédés par lesquels de nombreuses plantes sélectionnent les génotypes cataboliques bactériens en réponse aux pollutions sont mal connus.

III-5-3) Mode d'action des Terpènes

Beaucoup de classes de monoterpènes volatils inhibent la croissance végétale comme le 1,8cineole, le 1,4cineole, le polygone, l'alpha et le beta pinène. Le 1,4cineole inhibe la croissance des racines de certaines herbes en inhibant l'asn-synthase haut-niveau du site de liaison de la glutamine.

III-6) Métabolisme des composés allélopathiques

Les produits allélochimiques sont des métabolites secondaires, ils sont présents dans pratiquement tous les tissus de la plante, fruits, fleurs, feuilles en passant par la tige aux racines et rhizomes. On les trouve aussi au niveau du pollen et des graines.

Les métabolites secondaires sont des produits dérivant du métabolisme général et ne jouent apparemment aucun rôle vital ; ils sont propres à chaque espèce, ils sont l'expression de la diversité du monde vivant. Se sont des molécules qui ne participent pas directement au développement des plantes, mais plutôt, elles interviennent dans les relations avec les stressbiotiques et abiotiques ou améliorent l'efficacité de la reproduction. Elles varient en fonction des espèces (Buchnan, 2006).

Un métabolite secondaire est une molécule ,telle que les acides phénoliques les flavonoïdes, les tépenoïdes et les alcaloïdes, que produisent les organismes en dehors des voie métaboliques strictement nécessaires à assurer la survie (on parle de métabolisme primaire dans ce cas), cette gamme de composés est très développée chez les végétaux et constitue un moyen de lutte contre des concurrents écologiques (allélopathie) ou des prédateurs (production des substances toxiques ou des mauvais goût contre un Herbivore) (Figure 3) (Benchacha, 2008).

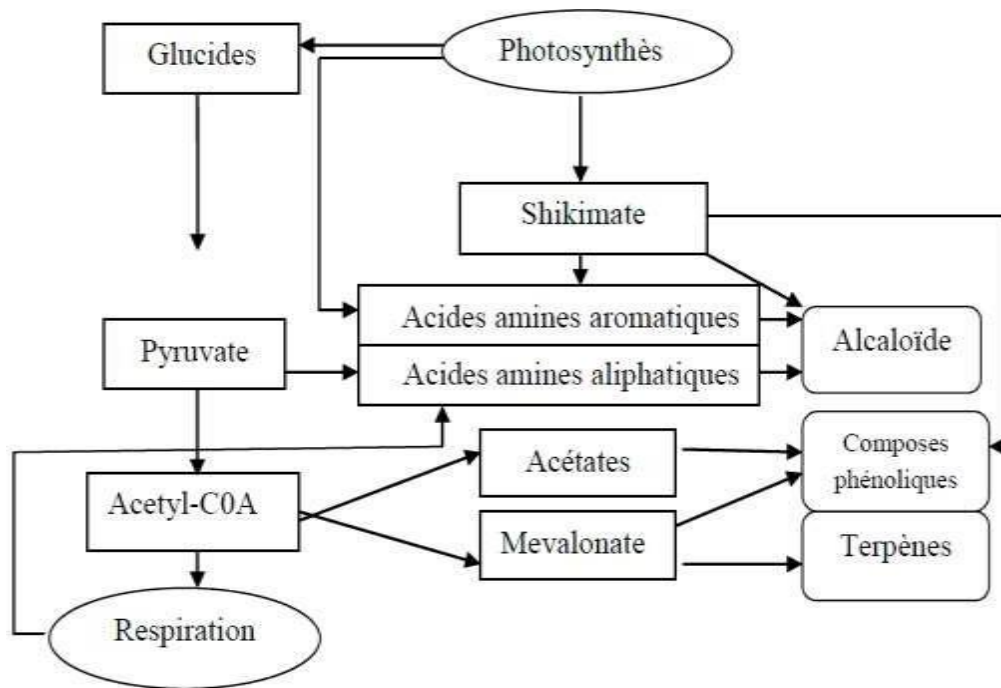


Figure 3 : Les grandes voies de synthèse des métabolites secondaires et relations avec le métabolisme primaire (Regnault et al., 2008).

Ils dérivent principalement des métabolismes primaires via les molécules charnières comme l'acide Shikimique, l'acetyl-CoA et l'acide mevalonique, et il existe donc des liens étroits entre la grande fonction physiologique des végétaux (photosynthèse et respiration) et la production de métabolites secondaires, potentiellement allélopathiques. Leur importance quantitative chez les végétaux est extrêmement variable et contrôlée par des facteurs aussi bien génétiques qu'environnementaux. Ainsi, leur apparition et/ou accumulation coïncide souvent avec une étape de développement, et seront modulées par les conditions environnementales (Regnault et al., 2008).

III-7) Moyen d'émission des composés allélopathiques

Ils sont libérés de la plante dans l'environnement au moyen de quatre processus écologiques : volatilisation, lixiviation, exsudat racinaire et décomposition des résidus de la plante. Le maximum d'effet se produit près des racines.

Tous les organes végétaux contiennent des quantités variables de substances potentiellement allélopathiques qui sont libérées dans l'environnement par des voies diverses, actives ou passives : volatilisation, exsudation racinaire, lessivage ou décomposition des résidus végétaux incluant les racines. La libération de substances toxiques volatiles par les plantes est un phénomène écologiquement plus important dans les milieux arides ou semi-

Chapitre I : Synthèse bibliographique

arides. Les substances émises par cette voie sont le plus souvent des mono terpènes simples (Bertin et al., 2003).

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).

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 (Tukey, 1970).

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 (Rice, 1984).

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...(Figure 4) (Chadda, 2007).

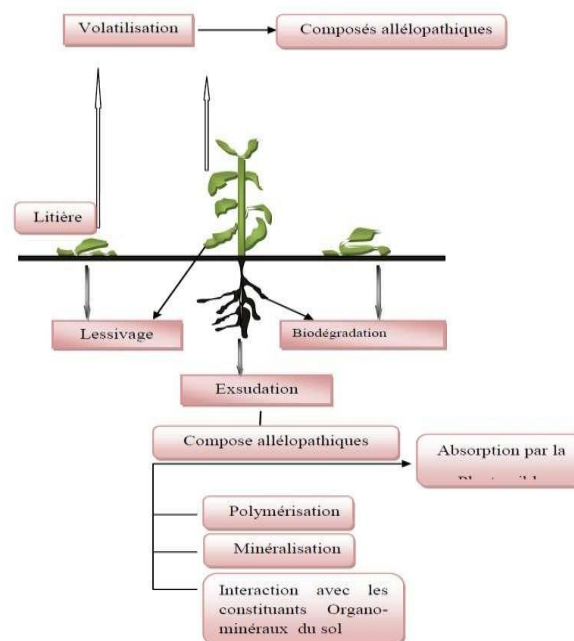


Figure 4 : Voies de libération des molécules allélopathiques (Regnault et al., 2008).

III- 8) Manifestations de l'allélopathie

L'allélopathie est un phénomène complexe : entre la molécule synthétisée dans une plante et l'effet allélopathique proprement dit en conditions naturelles, de multiples facteurs peuvent intervenir, tels que le niveau de production des composés phyto-toxiques dans les plantes, leur relâchement dans le milieu, leur persistance ou leur transformation éventuelle (Delabays, 2005).

Une fois les allélochimiques sont relâchés dans l'environnement, ils provoquent l'inhibition qui peut résulter d'une action directe sur la plante cible et son métabolisme (division cellulaire, synthèse des protéines, perméabilité membranaire, ...), ou d'un effet indirect, par exemple, dans le cas des légumineuses, sur les nodosités responsables de la fixation biologique de l'azote (Elrefai et Moustafa, 2004).

III-9) Autodéfenses des êtres vivants

Les interactions écologiques des métabolites secondaires sont les outils principaux de la coévolution plantes-êtres vivants, ce qui a donné lieu à une diversification des composés allélopathiques. Il s'agit d'une coévolution qui s'applique à tous les niveaux d'organisation du vivant, des unicellulaires au pluricellulaires, qui s'exprime à tous les stades du développement de la plante. Deux axes de coévolution ont été privilégiés :

- Un premier d'opposition, que l'on peut considérer comme une guerre chimique.
- Un second axe, de coopération se traduit par un partenariat avec les animaux défense contre les pathogènes et les prédateurs.

A cause de leur immobilité, les plantes doivent utiliser des défenses physiques et chimiques dont les métabolites toxiques pour survivre aux attaques d'insectes, de bactéries et de champignons et pour participer à la compétition pour la lumière et les ressources avec les autres plantes. Les composés allélopathiques de défense contre les prédateurs peuvent être insecticides, des antifongiques, des anti-pathogènes (les phytoalexines). Il existe deux types de défenses :

- La défense directe, qui a lieu quand les composés volatils interagissent directement avec le prédateur de la plante, ex : l'acacia.
- La défense indirecte, elle, n'a pas d'influence directe sur les herbivores mais sur leurs ennemis prédateurs et les parasitoïdes. C'est le cas chez la feuille de tabac qui après

Chapitre I : Synthèse bibliographique

avoir été infestée par la chenille *manduca sexta* va libérer des substances volatiles qui attirent les prédateurs de *manduca sexta*.

La toxicité d'une molécule est toujours relative et une molécule toxique ou repoussante pour certaines espèces peut être attractive pour d'autres, qui ont contourné ou détourné à leur profit les voies de toxicité.

La synthèse et l'utilisation effective des substances chimiques de défense est un compromis permanent entre coût et bénéfice pour le végétal. Ces mécanismes sont à mettre en relation avec le coût énergétique de la synthèse des molécules de défense.

III-10) Elicitation

Les éliciteurs des réactions de défense ont des molécules capables d'induire au moins l'une des réponses typiques de défense, comme la synthèse de phytoalexines, cela en l'absence de toute infection. Deux classes d'éliciteurs ont été caractérisées : les éliciteurs généraux tels que ceux provenant d'agents pathogènes (exogènes) et ceux produits par les plantes (endogènes) et les éliciteurs spécifiques. Les éliciteurs généraux, de natures polysaccharidique, lipidique, ou (glyco) protéique ne reproduisent pas la spécificité de reconnaissance gène pour gène, contrairement aux éliciteurs spécifiques. Trois types majeurs d'éliciteurs de nature polysaccharidique ont été identifiés : les β -1,3 et β -1,6 glucanes et la chitine provenant des parois fongiques et les oligogalacturonides, résidus d'acides galacturoniques en liaison α -1,4 dérivés de la pectine des parois végétales. La nature et l'intensité des réponses de défense induites par ces éliciteurs dépendent de leur degré de polymérisation et de la plante. Ils interviennent probablement comme signaux de deuxième génération dans la cascade de réception-transduction participant à l'expression des réponses de défense.

Parmi les éliciteurs de nature lipidique, l'acide arachidonique et d'autres acides gras insaturés génèrent les xylidines, efficaces dans l'activation de la synthèse de phytoalexines. Les plantes qui influencent la structure des communautés bactériennes en réponse à une pollution du sol sont celles dont les racines sont perméables aux polluants.

IV) Allélopathie et environnement

IV-1) Effet des facteurs de l'environnement sur les composés allélopathiques

L'influence des facteurs environnementaux sur l'action des composés allélopathiques et sur le degré d'inhibition peut dépendre du pH du milieu qui facilite plus ou moins l'entrée des allélochimiques dans les cellules cibles. Le polyacétylène et le thiophène sont plus bioactifs après exposition aux rayons ultraviolet (a). Leur effet inhibiteur est actif par la lumière. Certaines substances n'ont d'impact sur les organismes cibles que lorsqu'ils sont exposés à un apport constant de composés fraîchement émis. Des effets de synergie entre les différents composés présents dans les exsudats végétaux peuvent être observés. Les effets négatifs sur les organismes cibles, par exemple une inhibition, n'atteignent jamais 100% d'efficacité pour ne pas favoriser l'émergence de résistance.

IV-2) Impacts de l'allélopathie sur la biodiversité

L'allélopathie explique en partie le caractère invasif de certaines espèces. Les invasions biologiques sont considérées comme la seconde cause de la dégradation des écosystèmes et de la régression de la biodiversité.

A titre d'exemple, l'*ailant hus altissime* (faux-vernis du japon) interagit en Amérique du nord avec trois espèces autochtones (*acer rubus*, *acer saccharo*, *quercus rural*). *Acer rubus* montre une réponse positive à la présence de l'envahisseur alors que les jeunes *quercus Rural* ont une croissance inhibée en sa présence. *Acer rubus* s'est aussi fortement développé aux Etats-Unis au XXI^e siècle, peut-être en partie à cause de l'*ailant hus altissime* (Gomez-Aparicio L., Canham , 2008).

IV-3) Allélopathie et écologie de restauration

Certaines associations plante-bactérie peuvent augmenter la dégradation des polluants et jouer un rôle important dans les systèmes de phytoremédiation, l'identification des substances qui permettent de stimuler l'expression de gènes responsables de la biodégradation de polluants pourrait permettre le développement de nouvelles approches pour la bioremédiation des sols contaminés.

Les plantes qui secrètent des monoterpènes pourraient être utilisées in situ pour la dépollution par des systèmes plante/bactérie des sols contaminés au plomb, cobalt.

IV-4) Allélopathie et compétition

Il s'agit de la version stricte de l'allélopathie : excrétion ou exsudation par les plantes de substances inhibitrices qui réduisent ou empêchent la croissance d'autres plantes dans le voisinage.

On considère l'allélopathie comme une stratégie active de compétition, car elle joue sur la capacité des individus à diminuer les performances d'autres individus. La fonction de relation des végétaux repose sur l'extraordinaire spécificité de leurs métabolites secondaires.

Schoener (1983), divise la compétition en catégories selon les mécanismes par lesquels s'exprime. L'une des catégories est la compétition chimique (par la production de toxines qui agissent à distance); ce mécanisme est appelé l'allélopathie. Plusieurs travaux notoires ont étudié les processus de cette interaction dont les travaux de Whittaker et Feeny, 1971 ; Harborne, 1982 ; Rice, 1984 ; Putnam et Tang, 1986 ; Gopal et Goel, 1993 ; Seigler, 1996). Généralement, ils pensent à des plantes exsudant des poisons qui empêchent la croissance des autres plantes (Ricklefs et Miller, 2005).

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-levée 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, Rizvi Et Riwvi (1991) et Delabays (2004) soulignèrent 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 (Figure 5).

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

Chapitre I : Synthèse bibliographique

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, 2002).

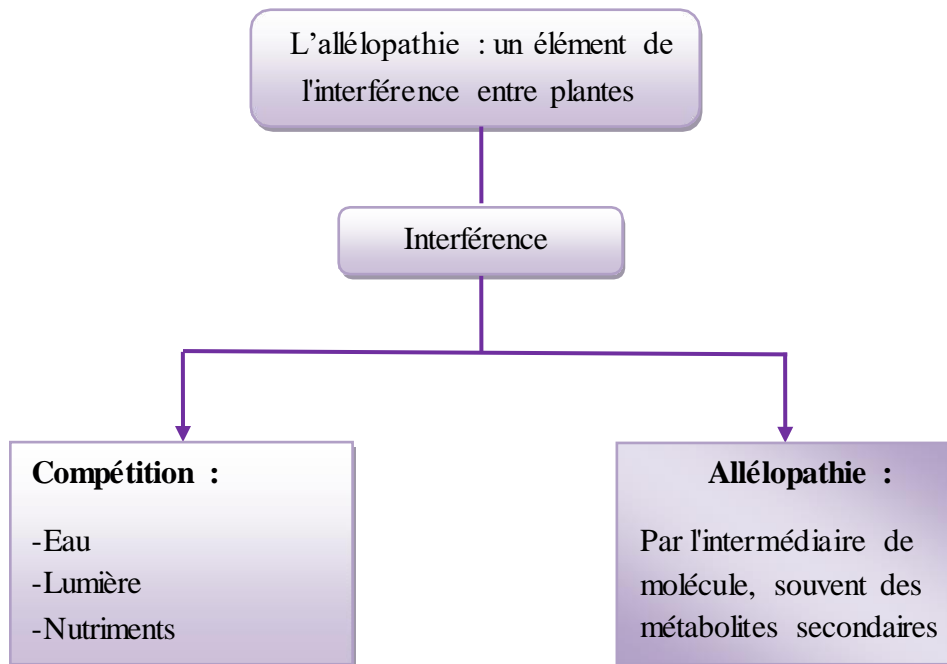


Figure 5 : Interférence entre plantes (Delabays et Mermillod, 2002).

IV-5) Application de l'allélopathie

En situation naturelle, il semble que l'allélopathie contribue à la répartition spatiale des espèces et à l'organisation des successions végétales. Les phénomènes allélopathiques trouvent également de nombreuses applications dans le domaine de l'agriculture : Concurrence des mauvaises herbes sur la culture : les propriétés allélopathiques ont été mises en évidence pour plus de 90 espèces de mauvaises herbes ;

Lutte contre les mauvaises herbes : on envisage la sélection de variétés ayant un pouvoir allélopathique, par exemple pour le riz ; des substances allélopathiques peuvent servir à l'élaboration d'herbicides, comme la Cynméthylène développé par Shell à partir de Cinéol (composé terpénique de l'eucalyptus) pour le désherbage des cultures de soja, d'arachide et de cotonnier ;

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Gestion des rotations culturales : on observe des effets d'une culture sur la suivante, soit à cause de phénomènes d'auto toxicité (le sorgho ou le riz pluvial peut subir un effet dépressif s'il est implanté après un précédent de la même culture, avec de fortes variations variétales), soit à travers des successions nettoyantes (dans le cas de la culture de tournesol); les associations de cultures peuvent être perturbées par des substances allélopathiques (par exemple, leur action sur la fixation de l'azote peut gêner l'établissement des légumineuses dans les prairies);

Itinéraires techniques : la présence de résidus de récolte constitue, actuellement, un problème qui prend de l'importance avec le développement des techniques de travail minimum. L'enfouissement des résidus de récolte permet de diluer les composés allélopathiques libérés par leur décomposition et de limiter leurs effets sur la culture suivante. Les phénomènes d'allélopathie sont pris en compte dans la gestion des plantes de couverture (CIRAD, 2000).

V) Généralités sur les plantes adventices ou mauvaises herbes

V-1) Définition

Les adventices, aussi appelées mauvaises herbes, sont des plantes présentes naturellement dans un milieu, qui se développent dans les champs cultivés ou les jardins. Les adventices sont adaptés aux mêmes sols et aux mêmes conditions climatiques que les plantes cultivées. Les pratiques qui favorisent les cultures favorisent aussi les mauvaises herbes (Anonyme 1, 2006). Ce sont des plantes qui se propage naturellement (sans l'intervention de l'homme) dans des habitats naturels ou semi naturel (Brunel et *al.*, 2005). Les mauvaises herbes ont été appelés « plantes qui poussent dans le mauvais endroit ».

De manière significative, ce sont les plantes qui sont en concurrence avec des plantes que l'Homme veut développer. Elles sont en concurrence pour l'eau, la lumière du soleil et des éléments nutritifs dans le sol. Dans certains cas, leurs semences contaminent les cultures de semences et réduisent sa valeur. Certaines mauvaises herbes ont la capacité de modifier la chimie du sol, mais subtil avec des effets néfastes sur les espèces de plantes et, par la suite, les animaux (Anonyme 2, 2006).

V-2) Influence des facteurs du milieu sur les mauvaises herbes

Selon (Barrallis 1976 in Haouara 1997), la connaissance de l'écophysiologie des mauvaises herbes ou espèces adventices est indispensable et cela pour une meilleure

Chapitre I : Synthèse bibliographique

utilisation des techniques de lutte. Le rôle des facteurs de l'environnement dans le développement des adventices a été montré par un certain nombre d'auteurs. Ces derniers ont clairement montré le rôle déterminant du sol en tant que substrat dans la dynamique de la flore adventice, qui se base essentiellement sur l'humidité et le niveau de fertilité.

Ces facteurs sont très sélectifs quant au peuplement des sols en végétation adventices. La classification de (Montégut 1980 in Haouara 1997), qui se base sur le facteur thermique, semble être la plus indiquée : en ce sens que chaque espèce adventice exige une période optimale pour sa germination. Ce facteur est étudié avec la levée de dormance des espèces adventices. Si de façon générale, les espèces végétales prolifèrent selon les grands types de climat, certaines espèces adventices dites indifférentes se trouvent sous presque tous les climats. Car ces dernières occupent une aire géographique extrêmement vaste, c'est le cas pour *agropyrum repens* L.

V-3) Impact agro – économique des mauvaises herbes

Le problème essentiel, relevant de l'aspect économique, est lié à la concurrence entre la culture et les mauvaises herbes ; comme le soulignent Caussade et Barrallis (1973) in Haouara (1997). Le problème consiste à connaître la densité critique à partir de laquelle, les mauvaises herbes entraîneraient une baisse de rendement qualitative et quantitative inacceptable pour l'agriculture. La quantité de semences viable dans une terre de culture est très variable. Certains auteurs, citent des niveaux variant de 10 millions à 3 milliards de graines / ha. A titre indicatif, le stock semencier qui, en France varie selon les régions, se situe à des niveaux allant de 20 à 860 millions de graines.

Les agriculteurs luttent contre les mauvaises herbes notamment parce qu'elles diminuent le rendement des cultures. Certains adventices sont parfois plus concurrentiels que d'autres, et leurs impacts peuvent varier d'une année et d'une culture à l'autre. En agriculture biologique, l'impact d'adventices sur le rendement des cultures n'a pas encore fait l'objet d'études approfondies. Les mauvaises herbes peuvent tout de même réduire le rendement. En comptant les adventices et en mesurant leur biomasse, les chercheurs peuvent déterminer leurs incidences sur le rendement et sur la qualité d'une récolte, sur la production, la qualité et le rendement économique (Hammermeister et *al.*, 2006). Dans certaine situation, le contrôle des mauvaises herbes peut débuter pendant les dernières récoltes (Thibault, 2004). Les habitats des mauvaises herbes sont plus ou moins ouverts et perturbé. Elles trouvent dans des itinéraires techniques nouvelle et des conditions favorables qui permet de s'étendue à partir des milieux voisins des parcelles (Chaval et *al.*, 2004).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

V-4) Biologie des mauvaises herbes

Parmi les plantes adventices on distingue : les annuelles, les biannuelles et les adventices vivaces.

V-4-1) Les mauvaises herbes annuelles

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 ces deux types d'annuelles (McCully et al., 2004).

A) 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.

B) Les annuelles d'hiver les plantes annuelles hivernantes germent de la fin août 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.

V-4-2) Les mauvaises herbes 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).

V-4-3) Les mauvaises herbes vivaces

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. Les vivaces rampantes, se reproduisent à la fois de façon végétative et à partir de graines (McCully et al., 2004).

V-5) Capacité d'adaptation des mauvaises herbes

Il s'est avéré que les mauvaises herbes ou adventices ont tendance à se développer au sein d'une parcelle cultivée selon deux modes de propagation :

Chapitre I : Synthèse bibliographique

De manière isolée ou en agrégats (Cardina et *al.*, 1997 in Jonesa et *al.*, 2009). Ces modes sont fortement dépendants des travaux agricoles effectués sur la parcelle, mais aussi du mode de reproduction des plantes (sexué ou multiplication végétative). Concernant le travail du sol, ceux-ci peuvent 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 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).

Les adventices sont adaptés aux mêmes sols et aux mêmes conditions climatiques que les plantes cultivées. Les pratiques qui favorisent les cultures favorisent aussi les mauvaises herbes. Les adventices peuvent être des dicotylédones ou des graminées. Le développement des mauvaises herbes dépend d'un certain nombre de caractères phéno- morpho physiologiques, parmi lesquels :

- ressemblance phénologique avec les plantes cultivées.
- la synchronisation de la maturité des grains avec celle de la culture.
- la germination discontinue.
- la multiplication végétative.
- leur système de fécondation auto compatible.
- une production de graine importante en conditions favorables, mais également possible en conditions de stress
- croissance rapide, notamment au stade plantule.
- forte capacité d'acclimatation en conditions variables.
- forte longévité des semences (25 - 100 ans).

V-6) La nuisibilité due aux mauvaises herbes

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 (figure 6). Ces deux concepts

montrent clairement les dégâts causés par les mauvaises herbes, et leur effet sur la productivité et le rendement des cultures.

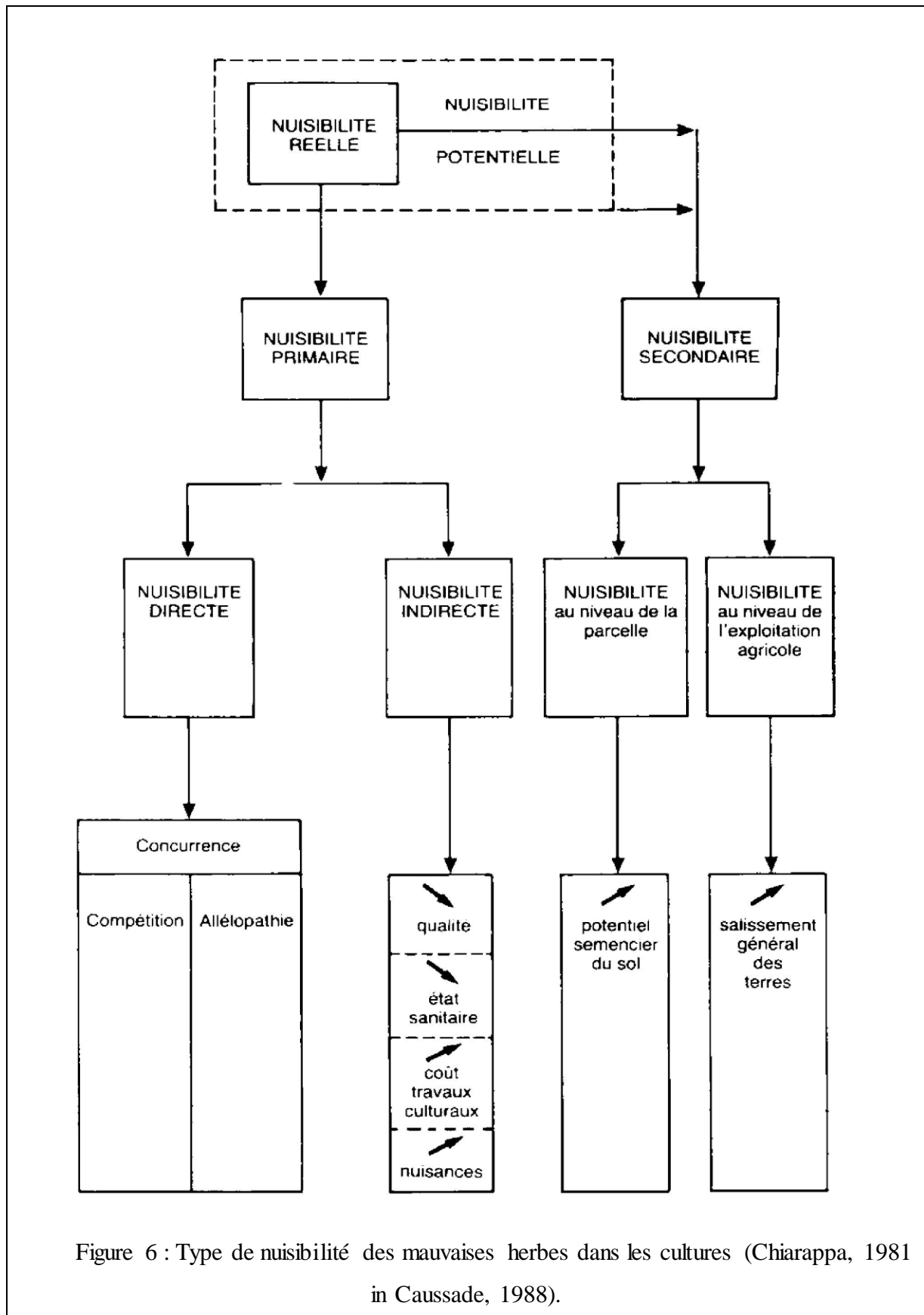


Figure 6 : Type de nuisibilité des mauvaises herbes dans les cultures (Chiarappa, 1981 in Caussade, 1988).

Chapitre I : Synthèse bibliographique

V-6-1) La nuisibilité due à la flore potentielle

Si pour chaque espèce, chacun des organes de multiplication conservée dans le sol à l'état de repos végétatif tels 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 ; Barralis et Chadoeuf, 1987 in Caussade, 1988).

V-6-2) 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 (Caussade, 1988).

V-6-3) Seuils de nuisibilité

La notion de seuil de nuisibilité est liée au type de nuisibilité adventice que l'on redoute principalement. L'idée simple que le seuil de nuisibilité exprime le niveau d'infestation adventice à partir duquel il est rentable de désherber prêle à double confusion.

Tout d'abord, la décision de traiter les mauvaises herbes doit être considérée à différents niveaux : celui d'une parcelle cultivée, celui d'une culture de l'assolement, celui d'une exploitation agricole et celui d'une région à caractéristiques socio-économiques définies. Par ailleurs, déterminer un seuil de nuisibilité pour chacun de ces niveaux exige de faire une synthèse entre des prévisions biologiques (risques d'infestation adventice et espoirs de production potentielle) et des prévisions économiques à plus ou moins long terme, évaluation des coûts de lutte contre les mauvaises herbes et l'estimation de la valeur des produits récoltés (caussade, 1988)

V-6-4) Seuil biologique de nuisibilité

Souvent défini par le seul paramètre de la densité (Cussans et *al*, 1986, in Caussade, 1988), le seuil biologique de nuisibilité se confond alors avec la densité critique, c'est-à-dire

Chapitre I : Synthèse bibliographique

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).

V-6-5) 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.

V-6-6) Lutte contre les mauvaises herbes

L'incidence d'une mauvaise 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).

Les moyens de lutte contre les mauvaises herbes peuvent se résumer comme suit :

V-6-6-1) 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).

V-6-6-2) 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).

V-6-6-3) 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.

V-6-6-4) 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). :

Chapitre I : Synthèse bibliographique

a) 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.

b) Désherbage à la main

Le désherbage à la main est nécessaire lorsqu'on veut obtenir des champs parfaitement propres.

V-6-6-5) Moyens chimiques de lutte contre les mauvaises herbes

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).

La lutte chimique, biologique, préventive ou mécanique ne peut parvenir seule à éliminer toutes les mauvaises herbes.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthode

I) Justification du choix, Récolte et préparation du matériel végétal

I-1) Justification pour le choix d'*Astragalus armatus*

Depuis 2006, la flore spontanée des régions arides de l'Algérie a suscité l'intérêt de l'équipe désertification et climat du laboratoire de mécanique à l'université de Laghouat, et dans ce contexte nombreux travaux ont été menés dans le cadre de PFE à l'université (Khelifi, 2007 ; Sardoun, 2008 ; Chaouche , 2017 ; Dohssi, 2019). *Astragalus armatus* a présenté durant plus d'une décennie d'investigation, un taux de recouvrement élevé sur les espaces défrichés et cultivés en pluviale dans la région de Laghouat (Mallem et al., 2017 ; Mallem, 2018), la dominance répétée de cette espèce parmi les groupements de végétaux qu'elle occupe, nous a attiré à supposer qu'elle pourrait avoir un effet allélopathique et cela nous a conduit à mener ce travail.

I-2) La récolte d'*Astragalus armatus* :

L'espèce choisie *Astragalus armatus*, nommée localement Elghondal, a été récoltée le 14 octobre 2019 dans les parcours de la commune de Houita, manuellement nous avons coupé la plante de ces racines l'aide d'une binette, à cette date les plantes recueillies présentaient un feuillage très fin.

I-3) Préparation du matériel végétal :

A) **Le séchage** : Les échantillons en été étalées dans une chambre aérée sur du papier journal pendant 45 à 60 jours.

B) **Le broyage** : Nous avons initialement coupé les feuilles et les tiges de *Astragalus armatus* en petits morceaux afin de faciliter leur broyage. Les feuilles et les tiges séchées d'astragale sont broyées directement. Nous avons utilisé un broyeur électrique le broyat d'astragale constitue le matériel végétal final que nous avons utilisé pour la préparation des solutions (Extrait aqueux).

I-4) Récolte des graines des mauvaises herbes (adventices) :

Pour mener ce travail nous avons choisi cinq espèces de plantes adventices. Les graines de ces plantes adventices ont été récoltées entre Décembre 2018 et Décembre 2019 dans les champs cultivés de la région de Laghouat selon le stade de floraison de chaque espèce. Les espèces adventices choisies sont :

Chapitre II : Matériel et Méthode

Nom d'herbe	Nom Scientifique	Famille	Culture
Cardaria	<i>Lepidium draba 1</i>	Brassicaceae	Remblais
Plantage	<i>Plantago tanceolata</i>	Plantaginaceae	Fourragères
Trèfle blanc	<i>Elyria repens</i>	Poaceae	Céréalières
Métilot	<i>Métilots albus</i>	Fabaceae	Fourragères/Mellifères

Après leur récolte, les graines de ces plantes adventices ont été conservées dans des boîtes métalliques à 4°C jusqu'au démarrage de l'essai.

II) Travail expérimental au laboratoire

La préparation de toutes les solutions (Extrait aqueux d'*Astragalus armatus*), ainsi que les tests de germinations sont réalisées au niveau des laboratoires du département d'Agronomie à l'université Ammar Thelidji Laghouat.

II.1) La préparation des solutions (Extraits d'*Astragalus armatus*) :

Les solutions extraites d'*Astragalus armatus* sont préparés à la température ambiante du laboratoire (20 -24°C). Les différentes concentrations considérées sont 5%, 10%, 15% respectivement (C1, C2, C3) ; pour cela et à l'aide d'une balance électronique (max 300 g) nous avons pesé (35 g ,70g 105 g) d'astragale broyée, dans un bécher nous avons ajouté à la quantité pesée 700 ml d'eau distillée bouillante (100 °C), cette solution est laissée en repos à la température ambiante pendant 2 heures pour refroidissement et pour décantation.

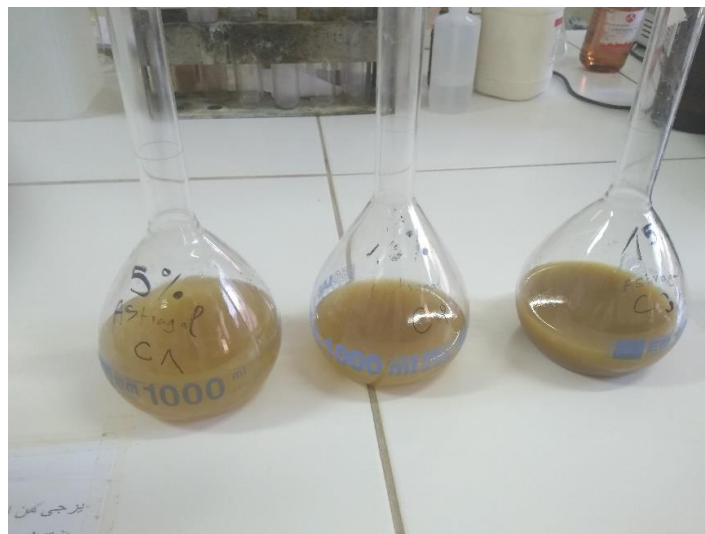


Photo 5 : Solution d'astragale (extrait d'astragale) avec 3 concentrations (5%- 10% -15%).

(Cliché Slimani I, Mars 2020).

Chapitre II : Matériel et Méthode

Filtrations : Quand la solution est refroidie nous avons procédé à sa filtration, pour cela nous avons utilisé du papier filtre à usage général en cellulose (FisherBrandTM) l'avons laissé plusieurs heures jusqu'au passage totale du surnageant dans une fiole Erlenmeyer (1000 ml). Après cette filtration nous avons obtenu une solution limpide (liquide de composition homogène et sans particule en suspension) qui constitue l'extrait qui sera utilisé plus tard.

II.2) Les tests de germination :

Tous les tests de germination sont réalisés 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 chaque espèce adventice. Des disques en papier filtre standard d'un diamètre égal à celui des boîtes sont placés dans les boîtes de petri. Chaque boîte est numérotée avec un marqueur permanent elles sont ensuite recouvertes.

II.2.1) Les tests préliminaires de germination :

Dans le but d'obtenir des taux maximums de germination et de choisir une durée moyenne pour les tests de germination, nous avons réalisé des tests préliminaires de germination. Toutes les graines des espèces adventices récoltées et celles des plantes cultivées sont soumises à ces tests.

Nous avons utilisé une seule boîte de pétri pour chaque espèce.

Nous avons introduit au départ 5 ml d'eau distillée avec une pipette graduée (10 ml). Ensuite, 10 graines de chaque espèce sont déposées sur le papier filtre dans chaque boîte de pétri, avant cela les graines sont stérilisées dans une solution de méthanol à 60 % pendant 10 minute, puis laver trois fois et soigneusement avec de l'eau distillée. Nous avons incubé dans une étuve réglée à 25 °C (± 1) et suivi la germination des graines chaque jour à la même heure. La durée d'incubation a été de plusieurs jours, variable selon l'espèce étudiée. Selon Malcolm et *al.* (2003), la vitesse et la durée de germination des graines ne changent pas significativement à des températures ambiantes (de 15 à 25 °C). Toutefois, à 10 °C les graines ont une germination lente. Durant notre test nous avons considéré que la graine a germé lorsqu'elle développe une radicule (radicelle ou coléorhize) et une tigelle (glumelle ou coléoptile).

Chapitre II : Matériel et Méthode



Photo 6 : Tests préliminaires de germination des graines des plantes adventices.

(Cliché Slimani I, Mars 2020).

II.2.2) Les tests finaux de germination :

Les extraits d'*Astragalus armatus* sont testés sur un total de 7 espèces. Leurs effets sont testés sur la germination des graines de chacune des quatre espèces adventices et sur des graines de trois plantes cultivées : une culture maraichère (tomate), une culture céréalière (blé) et une culture fourragère (luzerne). Dix (10) graines stérilisées de chaque espèce sont déposées sur le papier filtre dans une boîte de pétri. Pour chaque espèce sont réalisées 3 répétitions pour chacune des 3 concentrations (C1, C2, C3) et avec aussi 3 répétitions pour un témoin (T), ce dernier est celui de la concentration nulle 0% (Eau distillée). Dans chaque boîte on procède à l'ajout de 5 ml de l'extrait d'*Astragalus armatus* ou de l'eau distillée pour le témoin (C1, C2, C3, T) (Photo 3).

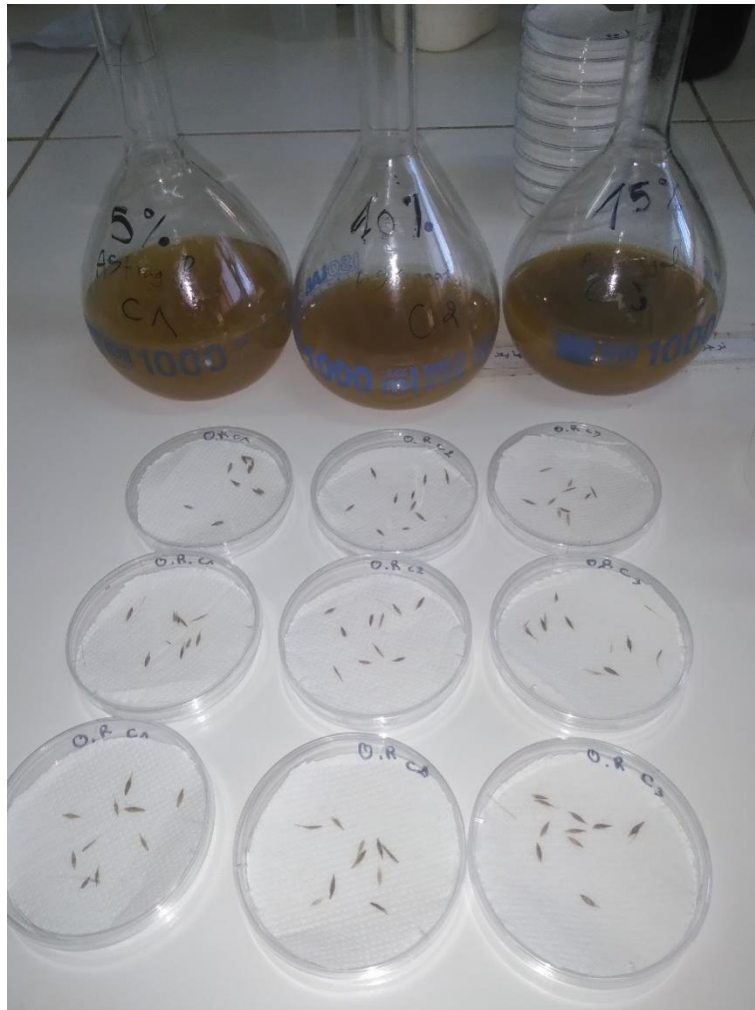


Photo 7 : Les tests finaux de germination Cliché Slimani I, Mars 2020.

Incubation :

Nous avons réalisé tous les tests de germination durant la période 8 Mars au 2 Avril 2020, pour cela nous avons utilisé une étuve à $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

II.2.3 Suivi de la germination et notations :

II.2.3.1) Détermination du taux de germination

Après 25 jours d'incubation, l'expérience 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 (ou coléorhize) et une glumelle ou (tigelle ou coléoptile). Le taux de germination est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines (Côme, 1970).

Chapitre II : Matériel et Méthode

Le pourcentage de germination des graines pour chaque boîte de Petri est déterminé selon la formule suivante :

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

Où :

TG : Taux de la germination.

II.2.3.2) Mesures des longueurs de croissance des racelles et des glumelles :

Après avoir déterminé le nombre des graines qui ont germés dans chaque boîte et lorsque la plupart des plantules dans une boîte sont faciles à manipuler nous avons mesuré directement sur un papier millimétré (Photo 4) les longueurs de la radicule (radicelle ou coléorhize) que nous notons : (LCR) et la longueur de croissance de la glumelle ou (tigelle ou coléoptile), que nous notons : (LCG). Cette opération est réalisée pour évaluer la croissance des plantes vis-à-vis du milieu (Hajlaoui et Denden, 2007).

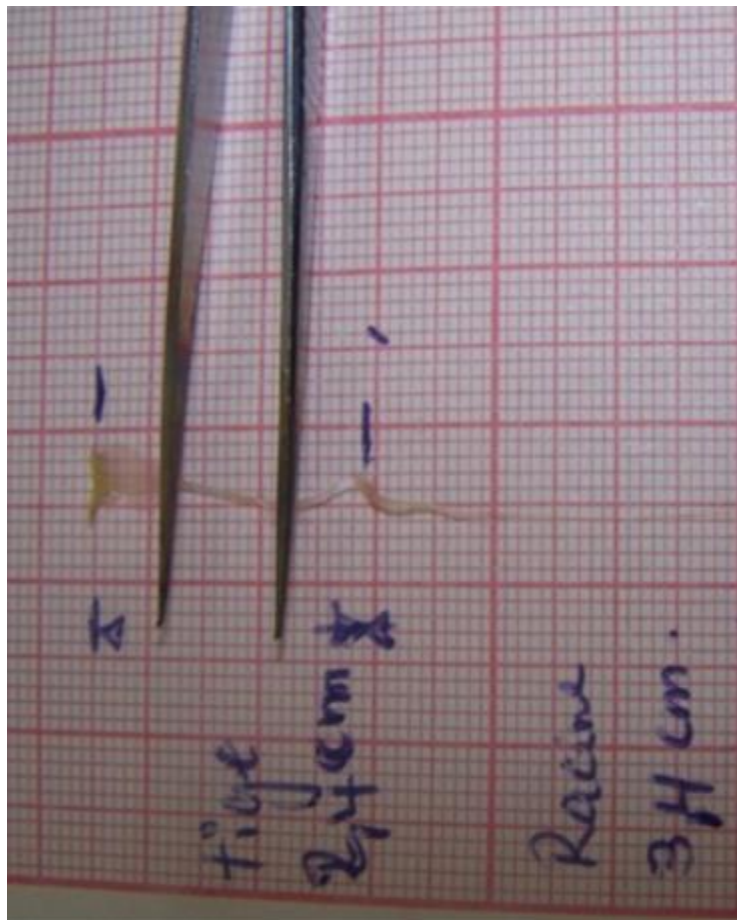


Photo 8 : Mesure de la longueur de la racine et de la partie aérienne d'une plantule de Cardaria (Lepidium draba L). (Cliché Slimani I, Mars 2020).

Chapitre II : Matériel et Méthode

II.3) Détermination des taux d'inhibition des paramètres notés

Nous testons l'effet allélopathique d'*Astragalus armatus*, sur chaque espèce adventice ; nous avons convertie les pourcentages de germination et les mesures des longueurs des glumelles et celles des radicelles en pourcentages d'inhibition. Les conversions sont effectuées selon la formule utilisée par Dhima *et al.* (2006) et Chung *et al.* (2003). Ceux-ci sont effectuées telles que :

$$\% \text{ I} = [(\text{Témoïn} - \text{Extrait}) / \text{Témoïn}] \times 100$$

Où :

% I : Le pourcentage ou taux d'inhibition par rapport au témoin

Extrait : le pourcentage de germination ou longueur croissance des glumelles (LCG) et longueur de croissance des glumelles (LCR) de chaque boîte traitée par l'extrait.

Les notations utilisées pour les traitements de nos données sont :

% TIG : Le taux ou pourcentage d'inhibition de la germination ;

% TICG : Le taux ou pourcentage d'inhibition de la croissance de la glumelle ;

% TICR : Le taux ou pourcentage d'inhibition de la croissance de la radicelle.

II.4) Analyses statistiques des données :

Des analyses statistiques sont effectuées sur les résultats des paramètres mesurés. Pour cela nous avons utilisé les logiciels MiniTab 17 et XLStat 2016.

Chapitre III : Résultats

I) Effet des extraits d'*Astragalus armatus* sur le taux de germination des graines des plantes pendant l'essai

Nous observons (Tableau 1), que les taux de germination des graines des plantes sont les plus élevées pour le témoin (eau distillée). Pour les espèces cultivées, il semble que les extraits d'*Astragalus armatus* ont de faibles effets sur la germination des graines de la luzerne et du blé les valeurs du taux de germination ont dépassé les 75%, par contre les taux germination des graines de la tomate nous remarquons qu'ils sont plus faibles. Sur la germination des graines des espèces adventices nous observons un effet de l'extrait d'*Astragalus armatus*, le plus faible taux de germination (0,00 %) est observé pour le mélilot et pour le trèfle blanc aux concentrations respectives de C2 et (C2, C3). Des valeurs intermédiaires sont observées pour les autres espèces et aux concentrations de l'extrait d'*Astragalus armatus* testées. Pour toutes les concentrations des extraits d'*Astragalus armatus*, nous remarquons (Tableau 1), que les taux de germination traités avec ces extraits forment un seul groupe statistique qui est différent de celui traité à l'eau distillée pure (Témoin).

Chapitre III : Résultats

Tableau N° 2 : Effet des extraits d'*Astragalus armatus* sur les taux de germination des graines des espèces étudiées.

<u>Témoin espèce</u>	<u>Concentration</u>	<u>Taux</u>	<u>P</u>
Cardaria T	0%	100% (A)	0.001
Cardaria C1	5%	33.33% (B)	
Cardaria C2	10%	33% (B)	
Cardaria C3	15%	13.3% (B)	
Mélicot T	0%	40% (A)	0.000
Mélicot C1	5%	3.33 % (B)	
Mélicot C2	10%	0% (B)	
Mélicot C3	15%	3.33 % (B)	
Plantago T	0%	90% (A)	0.012
Plantago C1	5%	70% (B)	
Plantago C2	10%	80% (B)	
Plantago C3	15%	70% (B)	
Trèfle blanc T	0%	40 % (A)	0.000
Trèfle blanc C1	5%	3.33% (B)	
Trèfle blanc C2	10%	0% (B)	
Trèfle blanc C3	15%	0% (B)	
Blé T	0%	80 % (A)	0.154
Blé C1	5%	60% (A)	
Blé C2	10%	66.67% (A)	
Blé C3	15%	66.67 % (A)	
Tomate T	0%	60% (A)	0.001
Tomate C1	5%	33.33% (B)	
Tomate C2	10%	13.33% (B)	
Tomate C3	15	10% (B)	
Luzerne T	0%	90 % (A)	0.184
Luzerne C1	5%	93.33% (A)	
Luzerne C2	10%	76.67% (A)	
Luzerne C3	15%	80% (A)	

T : témoin ; C1 : Concentration 1 = 5% ; C2 : Concentration 2 = 10% ; C3:Concentration 3 =15%

II) Inhibition de la germination des graines, de la croissance des glumelles et de la croissance des racelles des espèces testées

II-1) Cardaria (*Lepidium draba* L)

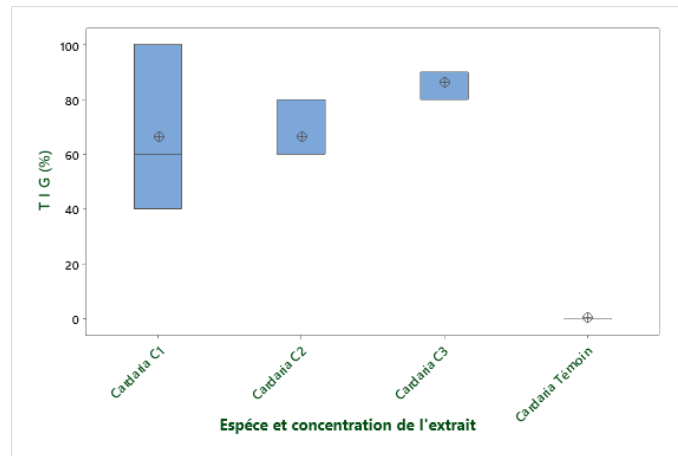
La (figure 7 a), montre que le taux d'inhibition de la germination est plus faible pour le témoin. Les résultats obtenus montrent que l'effet inhibiteur est très élevé à la concentration C 15% avec une valeur qui dépasse 80%, nous remarquons qu'aux concentrations C1 et C2 le pouvoir inhibiteur de l'extrait est respectivement de 60% et 10%. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application

Chapitre III : Résultats

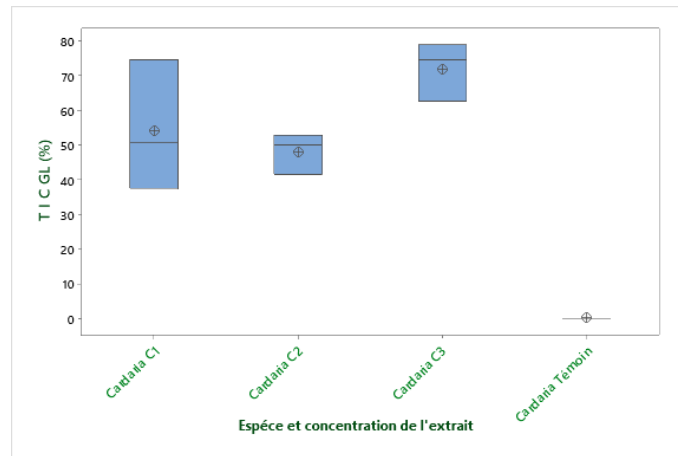
de l'extrait d'Astragalus sur l'inhibition de la germination du *Lepidium draba 1* ($p=0.01$), nous observons aussi la formation de deux groupes statistiques.

La (figure 7 b), montre que le taux d'inhibition de la croissance des glumelles est le plus faible pour le témoin. La figure montre aussi que cet effet inhibiteur est très élevé avec la concentration C3 (15%) avec une valeur plus de 70% ; d'autre part pour les concentrations la concentration C2 (10%) et C1 (5%) est inférieur à 50%. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application l'extrait d'Astragalus sur l'inhibition de la germination glumelles du *Lepidium draba 1* ($p= 0.000$) nous observons aussi la formation de deux groupes statistiques.

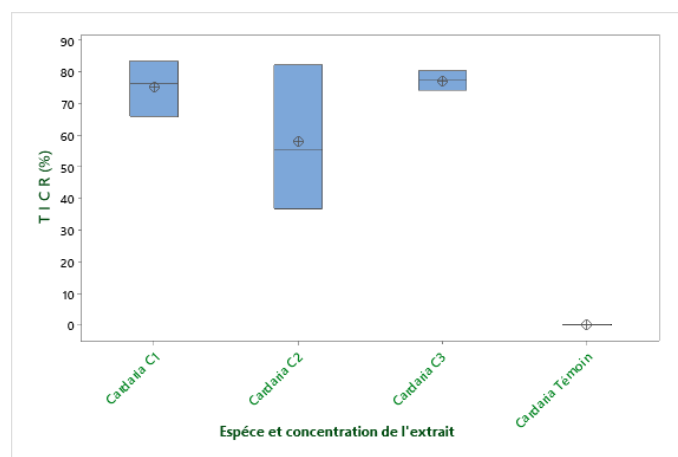
La (figure 7 c), montre que le pouvoir inhibiteur de la croissance des racelles et le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent que pour l'extrait avec les concentrations C1 (5%) et C3 (15%), le pouvoir inhibiteur de la croissance des racelles dépasse 70% alors qu'avec la concentration C2 (10%) cette valeur est aux alentours de 50. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application de l'extrait de Astragalus sur l'inhibition de la croissance des racelles de *Lepidium draba 1* ($p=0.000 < 0.05$), nous observons la formation de deux groupes statistiques.



(a)



(b)



(c)

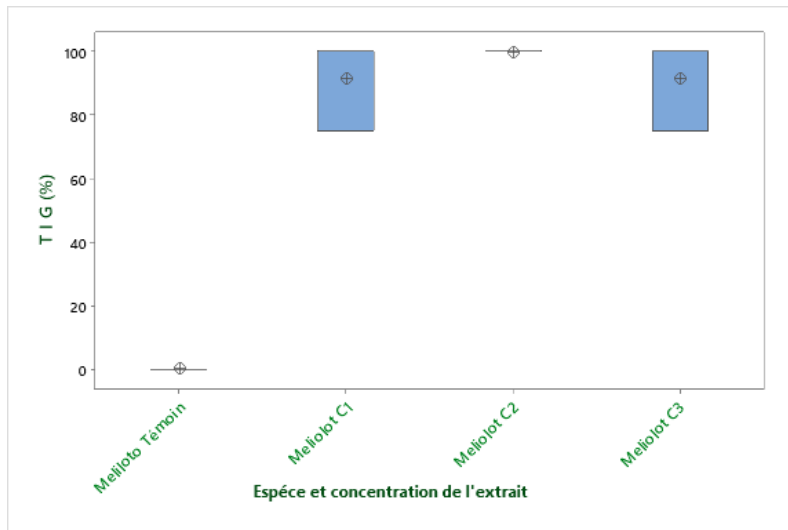
Figure 7 : Effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* aux concentration 5 % 10% 15%, (a) sur la germination (TIG), (b) la longueur des glumelles (TICGL) et (c) longueur des racelles (TICR) de (*Lepidium draba l*).

II-2) Mélilot (*Mélilots albus*)

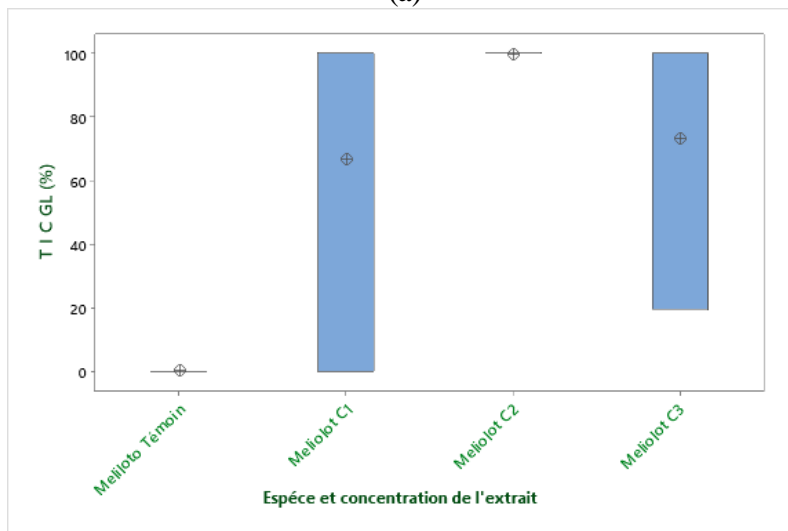
La (figure 8a), montre que le taux d'inhibition de la germination des graines du mélilot, est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration C2 10% de l'extrait d'*Astragalus armatus* ce taux a atteint (plus 90%). D'autre part nous remarquons qu'avec les concentrations C1 (5%) et C3 (15%), l'inhibition de la germination des graines du mélilot est environ la même avec une valeur (plus 90%). L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application de l'extrait *Astragalus* sur l'inhibition de la germination de *Mélilots albus* ($p < 0.05$), nous observe la formation de deux groupes statistiques.

La (figure 8b) montre que le taux d'inhibition de la croissance des glumelles, est le plus faible avec l'eau distillée. Nous remarquons que l'effet inhibiteur de la croissance des glumelles est dépassé les 90% avec la concentration C2 (10%), nous observons une inhibition moyenne de la croissance des glumelles de 70% avec une concentration de l'extrait de C3 (15%); la plus faible inhibition est observée pour C3 (15%) avec une valeur (plus 60%). L'analyse de variance montre qu'il n'existe pas de différence significative quant à l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la croissance des glumelles de *Mélilots albus* ($p=0.53$), nous observe la formation de deux groupes statistiques

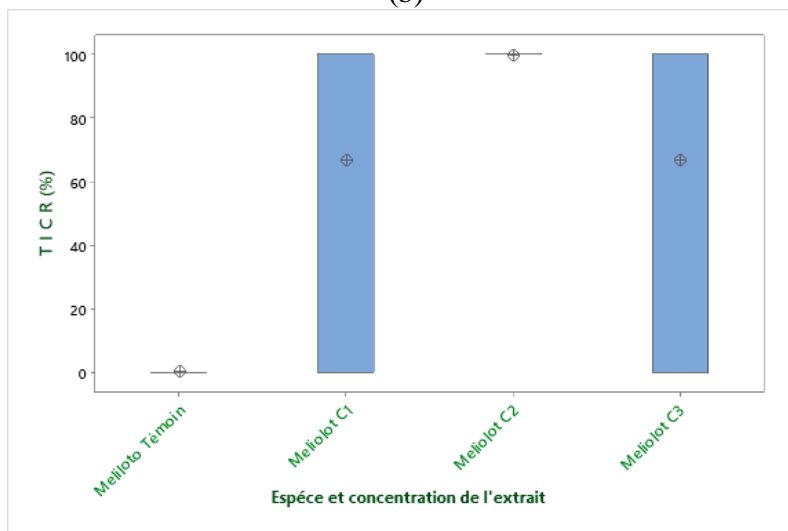
La (figure 8c) montre que le taux d'inhibition sur la croissance des racines du mélilot est le plus le faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi que la concentration C2 10% de l'extrait présent un effet inhibiteur très élevé qui dépasse (95%). L'analyse de la variance montre qu'il n'existe pas une différence significative quand l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la croissance des radicelles de *Mélilots albus* ($p=0.85$), nous observe la formation de deux groupes statistiques



(a)



(b)



(c)

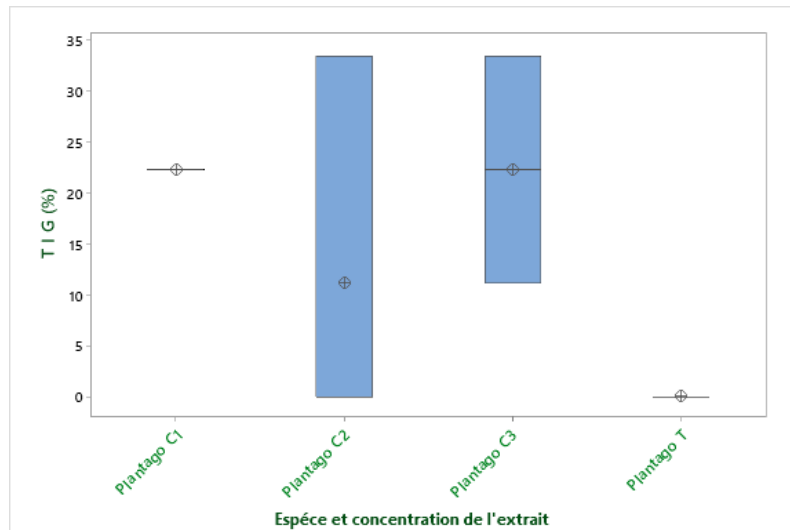
Figure 8 : Effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* aux concentrations 5 % 10% 15% sur (a) la germination (IG), (b) longueur glumelles (ICGL) et (c) longueur radicelles (ICR) de *Mélilots albus*.

II-3) Plantago (*Plantago tanceolata*)

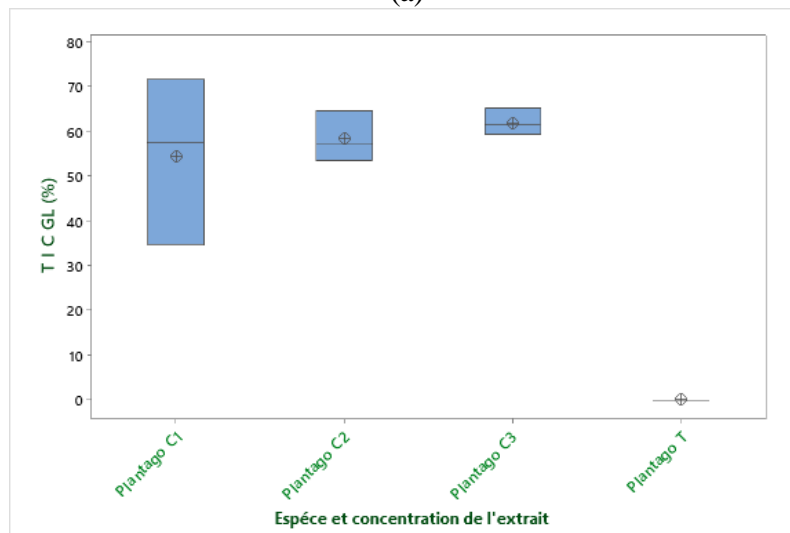
La (figure 9a), montre que le taux d'inhibition de la germination des graines du plantago, est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration C1 (5%) et C3 (15%), ce taux a atteint 23% et la C2 10% est moins élevé ce taux a atteint 10%. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application de l'extrait Astragalus sur l'inhibition de la germination de *Plantago tanceolata* ($p > 0.05$) nous observons la formation de deux groupes statistiques

La (figure 9b) montre que le taux d'inhibition de la croissance des glumelles du *Plantago tanceolata*, est le plus faible avec l'eau distillée. Nous remarquons que l'effet inhibiteur de la croissance des glumelles pour la concentration C3 15% présente un effet inhibiteur très élevé dépassant (60%), nous observons une inhibition moyenne de la croissance des glumelles à la C2 10% et C1 5% élevé à une valeur qui dépasse 50%. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quand l'application de l'extrait d'Astragalus sur l'inhibition de la germination gamelles de *Plantago tanceolata* $p = 0$, nous observons la formation de deux groupes statistiques.

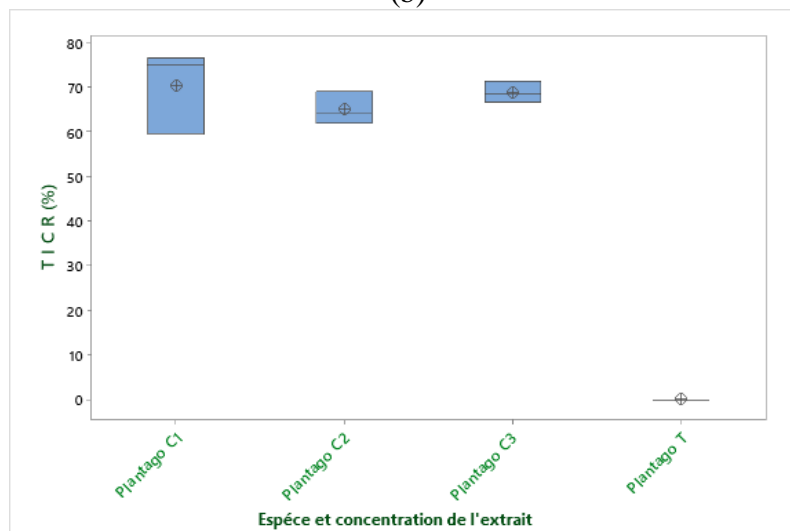
La (figure 9c) montre que le taux d'inhibition sur la croissance des racines de *Plantago tanceolata* est le plus le faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi que pour la concentration C1 5% de l'extrait cette inhibition est très élevé à une valeur dépasse 70% et nous remarquons que avec la C2 10% et C3 15% une valeur franchissant les 60%. L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative quand l'application de l'extrait d'Astragalus sur l'inhibition de la germination radicales du *Plantago tanceolata* ($p < 0.05$) nous observons la formation de deux groupes statistiques.



(a)



(b)



(c)

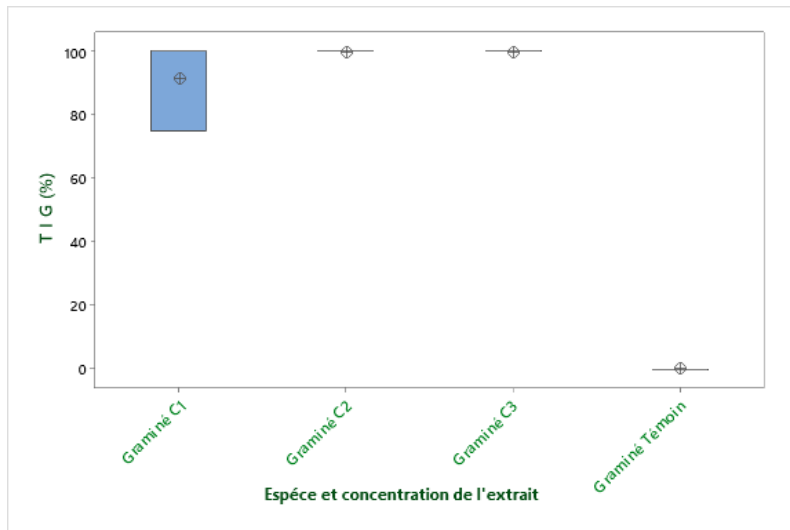
Figure 9 : Effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* aux concentration 5 % 10% 15%, (a) sur la germination (TIG), (b) la longueur des glumelles (TICGL) et (c) longueur des racelles (TICR) de *Plantago tanceolata*

II-4) Trèfle blanc (*Elyria repens*)

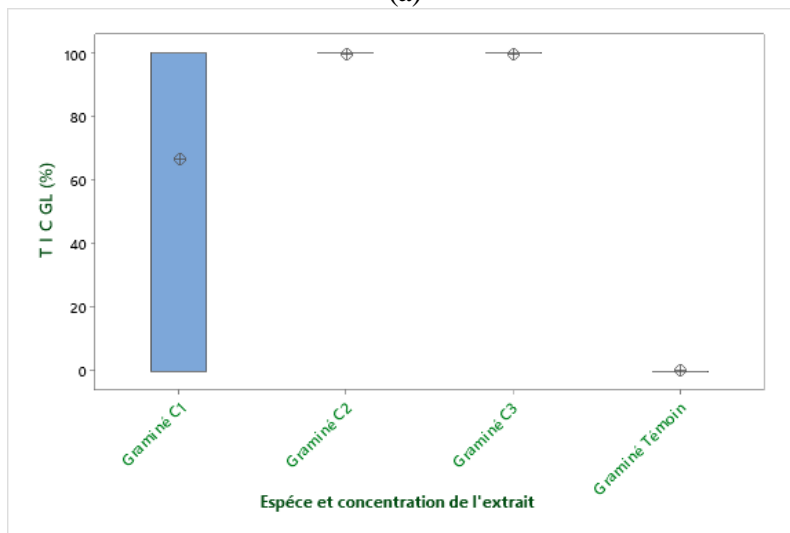
La (figure 10a), montre que le taux d'inhibition de la germination des graines du **Trèfle blanc**, est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec les concentrations C2 10% et C3 15% l'extrait d'*Astragalus armatus* le taux d'inhibition de la germination des graines du **Trèfle blanc** est très élevé les valeurs ont atteint 100% nous remarquons que pour la concentration C1 5% une valeur du taux d'inhibition de la germination des graines du **Trèfle blanc** plus 80% le pouvoir inhibiteur de l'extrait est très élevé sur la germination de la graine d'*Elyria repens*. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quand l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la germination du (*Elyria repens*) (**p=0**). Nous observons la formation de deux groupes statistiques.

La (figure 10b) montre que le taux d'inhibition de la croissance des glumelles du **Trèfle blanc** est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration C2 10% et C3 15% est très élevé à des valeurs 100% et aussi la C1 5% est élevé avec un valeur plus 60% l'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative quand l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la germination glumelles de *Elyria repens* **p<0.05**. Nous observons la formation de deux groupes statistiques.

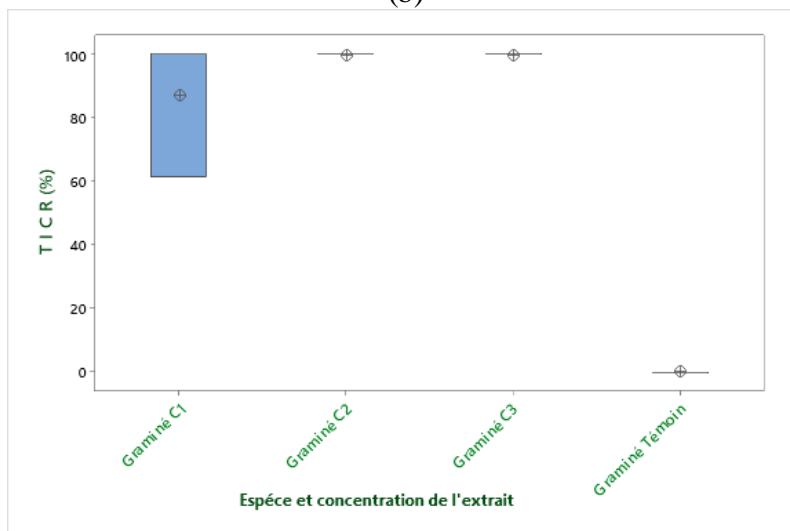
La (figure 10c) montre que le taux d'inhibition sur la croissance des racines du **Trèfle blanc** est le plus le faible pour le témoin Les résultats montrent aussi que la concentration la C2 10% et C3 15% les plus élevé à des valeurs 100% et la C1 5% est aussi élevé a un valeur dépasse 80% ; .l'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative quand l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la germination racielles du *Elyria repens* (**p= 0**). Nous observons la formation de deux groupes statistiques.



(a)



(b)



(c)

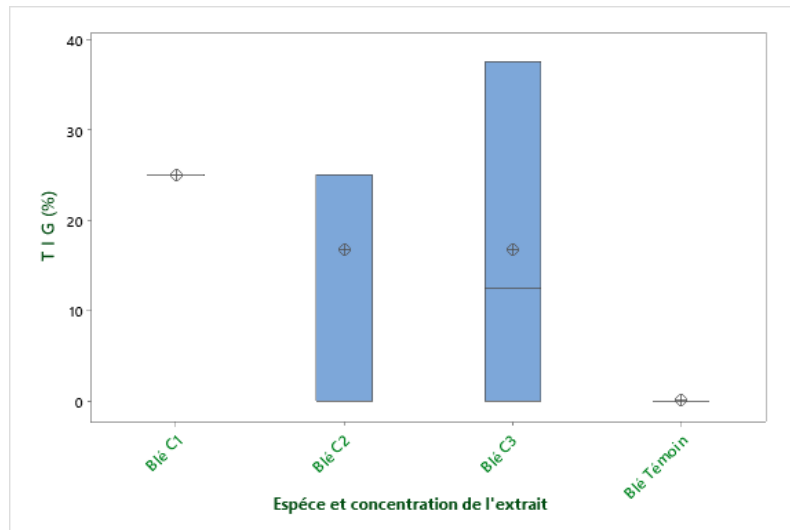
Figure 10 : Effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* aux concentration 5 % 10% 15%, (a) sur la germination (TIG), (b) la longueur des glumelles (TICGL) et (c) longueur des radicelles (TICR) de *Elyria repens*

II-5) Blé (*Triticum durum*)

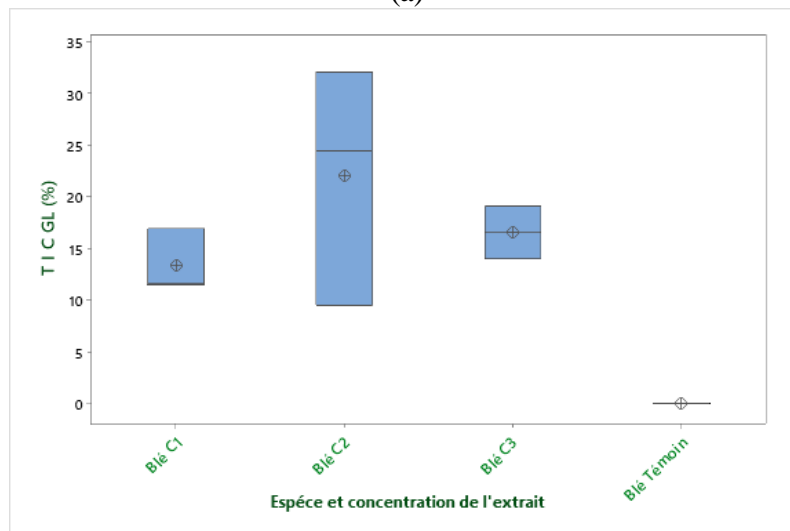
La (figure 11a), montre que le taux d'inhibition de la germination des graines du blé est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration nous remarquons que l'effet d'inhibition et très élevé a un valeur plus 20% au concentration C1 5% est élevé au concentration C2 10% à un valeur plus 10% et aussi élevé au C3 15% à un valeur plus 10% le pouvoir inhibiteur de l'extrait et faible .l'analyse de la variance montre qu'il ne existe pas une différence significative quand l'application de l'extrait d'Astragalus sur l'inhibition de la germination du *Triticum durum* $p > 0.05$, nous observons la formation de deux groupes statistiques

La (figure 11b) montre que le taux d'inhibition de la croissance des glumelles du blé est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration C2 10% et très élevé a une valeur plus 20% et C3 15% et C11 5% à une valeur plus 10% le pouvoir inhibiteur de l'extrait est élevé au C2 10% sur la germination et développement glumelles du *Triticum durum*. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quand l'application de l'extrait d'Astragalus sur l'inhibition de la germination glumelles du blé $p > 0.05$ Nous observons la formation de deux groupes statistiques

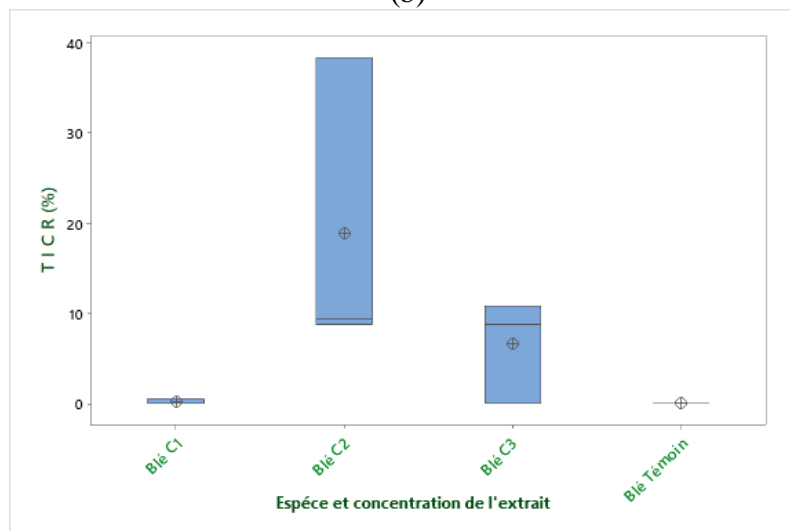
La (figure 11c) montre que le taux d'inhibition sur la croissance des racines du blé est le plus le faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec la concentration C3 15% et C2 10% ce taux est élevé a un valeur 100% et la concentration C1 5% très faible a un valeur très faible le pouvoir inhibiteur de l'extrait est élevé à C2 C3 sur la germination et développement des racelles du blé. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence non significative quand l'application de l'extrait d'Astragalus sur l'inhibition de la germination des racelles du *Triticum durum* $P > 0.05$, nous observons la formation de d'un groupe statistique.



(a)



(b)



(c)

Figure 11 : Effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* aux concentration 5 % 10% 15%, (a) sur la germination (TIG), (b) la longueur des glumelles (TICGL) et (c) longueur des radicelles (TICR) du blé.

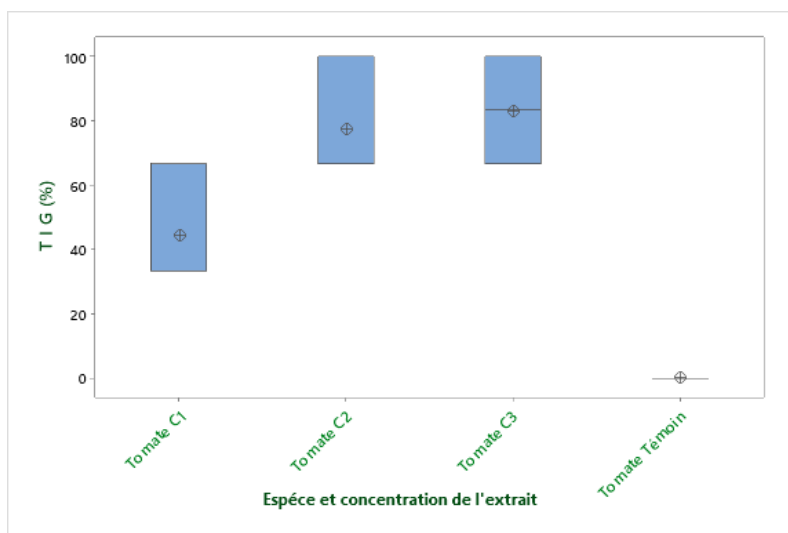
Chapitre III : Résultats

II-6) Tomate (*Solanum lycopersicum*)

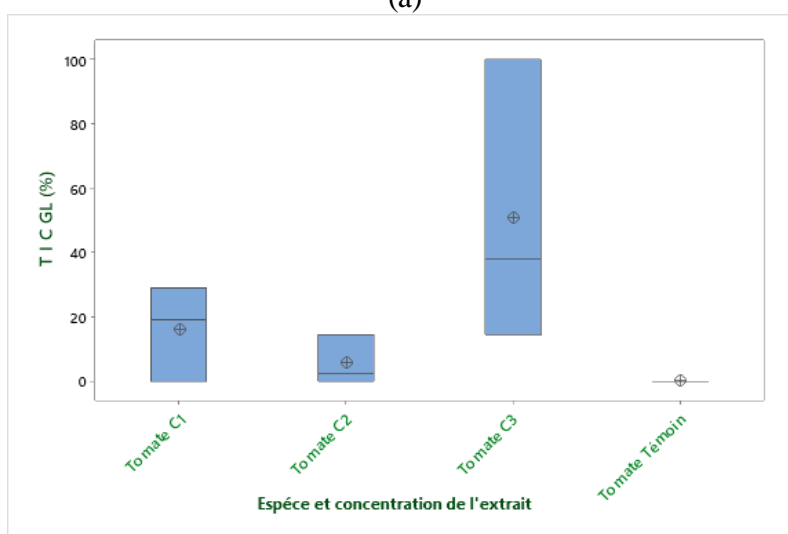
La (figure 12a), montre que le taux d'inhibition de la germination des graines du tomate est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration C3 15% est très élevé avec un valeur plus 80% et C2 10% et élevé avec un valeur plus 60% et C1 5% avec un valeur plus 40% le pouvoir inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* et très élevé sur la c3 15% sur la germination des graines de tomate .l'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la germination du *Solanum lycopersicum*, **p < 0.05** nous observe la formation de deux groupes statistiques

La (figure 12b) montre que le taux d'inhibition de la croissance des glumelles de la tomate est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration C3 15% le taux d'inhibition de la croissance des glumelles de la tomate est le plus élevé avec une valeur 40%. Nous observons aussi pour C1 5% un taux d'inhibition de la croissance des glumelles de la tomate de 20% et pour la C2 10% avec un très faible inhibition avec un valeur 1%. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence non significative quant à l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la germination glumelles du tomate **P>0.05**.

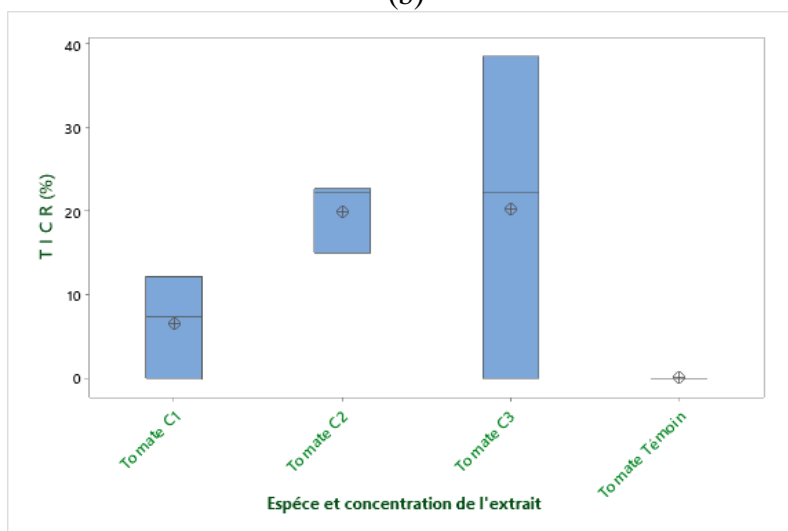
La (figure 12c) montre que le taux d'inhibition sur la croissance des racines du tomate est le plus le faible pour le témoin Les résultats montrent aussi que la concentration C3 15% et C2 10% et élevé avec un valeur plus 20% et la C1 5% avec un valeur 8% le pouvoir inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* et élevé au C3 et C2 au germination et développement radicales du tomate l'analyse de variance montre qu'il existe une différence non significative quant à l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la germination radicales de la tomate **P >0.05** .



(a)



(b)



(c)

Figure 12 : Effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* aux concentration 5 % 10% 15%, (a) sur la germination (TIG), (b) la longueur des glumelles (TICGL) et (c) longueur des radicules (TICR) de la tomate (*Solanum lycopersicum*)

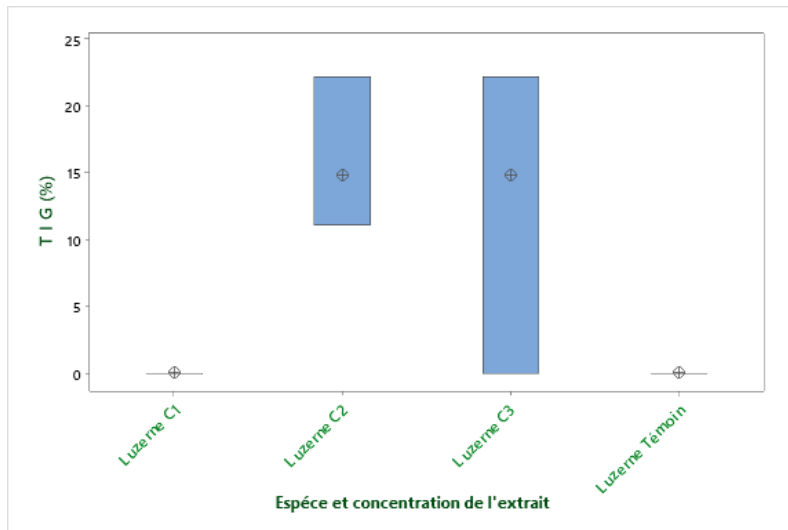
Chapitre III : Résultats

II-7) Luzerne (*Medicago sativa*)

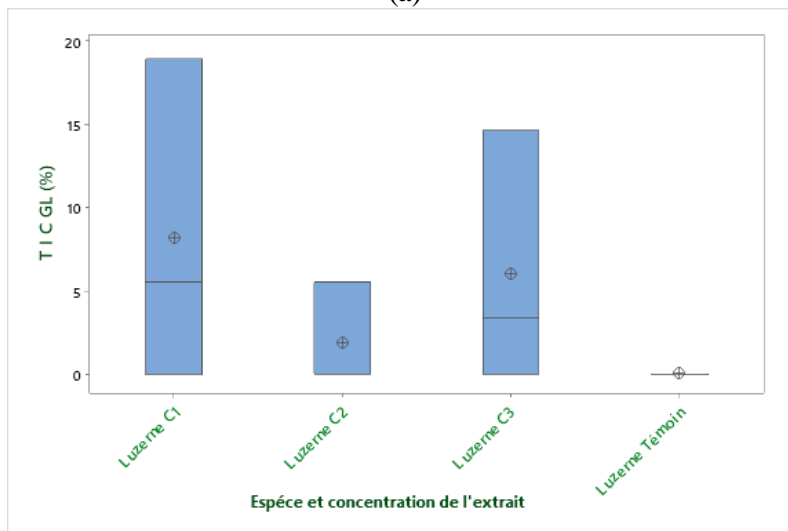
La (figure 13a), montre que le taux d'inhibition de la germination des graines de la **Luzerne** est le plus faible pour le témoin. Les résultats montrent aussi qu'avec une concentration C3 15% et C2 10% avec une valeur 15% et C1 5% et très faible inhibition avec un valeur 0% le pouvoir inhibition de l'extrait *Astragalus armatus* est élevé au C3 et C2 sur la germination des graines de la luzerne. L'analyse de variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la germination de *Medicago sativa* **P <0.05**. Nous observons la formation de deux groupes statistiques.

La (figure 13b) montre que le taux d'inhibition de la croissance des glumelles de la Luzerne est le plus faible pour le témoin. Nous observons aussi qu'avec une concentration **C1 (5%)** une valeur supérieure à 5%, pour C3 (15%) une valeur de 4%, pour C2 (10%) une valeur 3% taux d'inhibition de la croissance des glumelles de la Luzerne. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative quant à l'application de l'extrait d'*Astragalus* sur l'inhibition de la croissance des glumelles du *Medicago sativa* **P<0.05** et aussi la formation de deux groupes statistiques.

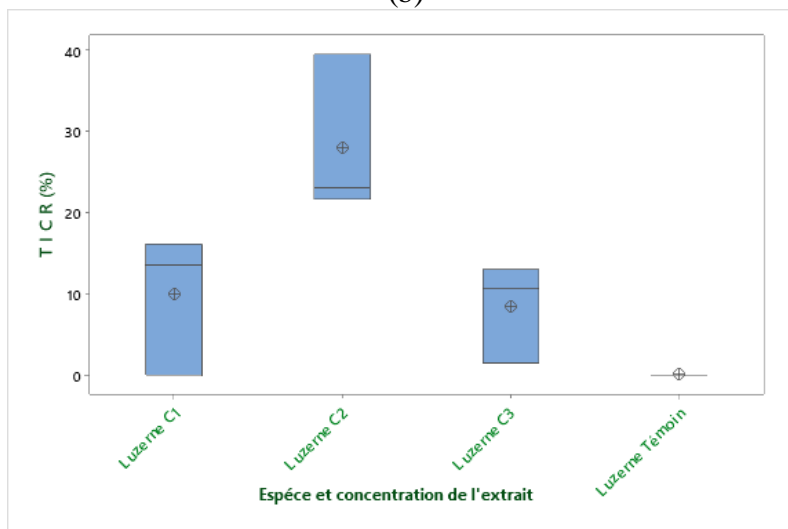
La (figure 13c) montre que le taux d'inhibition sur la croissance des racines de la luzerne le moins élevé pour le témoin. Les résultats montrent avec la concentration C2 10% taux d'inhibition sur la croissance des racines de la luzerne supérieur à 20%. Pour les concentrations C1 (5%) et C3 (15%), le taux d'inhibition sur la croissance des racines de la luzerne est au alentour de 10%. L'analyse de la variance du taux d'inhibition sur la croissance des racines de la luzerne montre qu'il existe une différence significative quant à l'application de l'extrait d'*Astragalus* **P<0.05**.



(a)



(b)



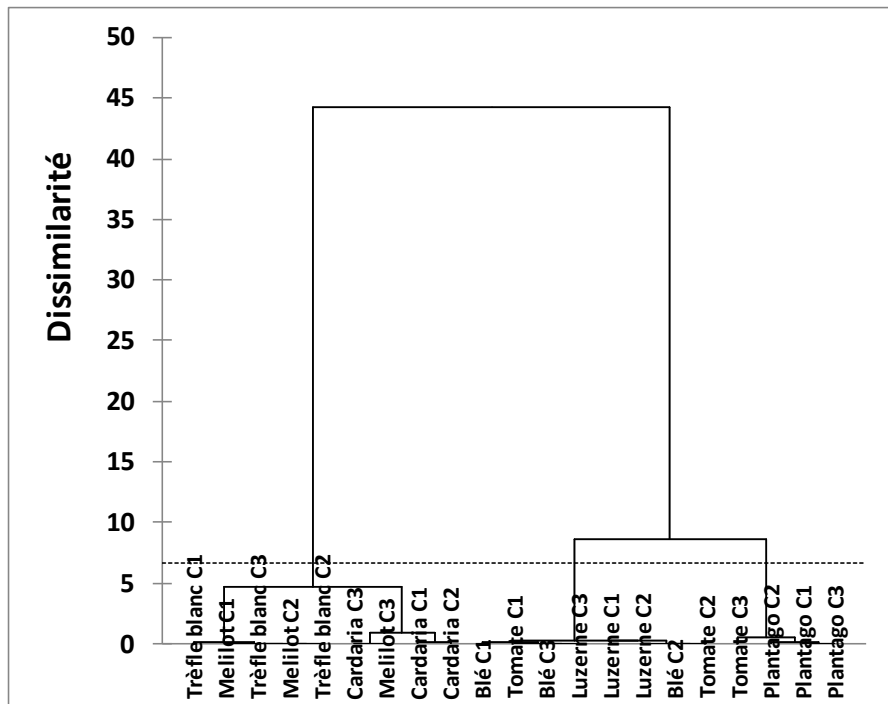
(c)

Figure 13 : Effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus armatus* aux concentration 5 % 10% 15%, (a) sur la germination (TIG), (b) la longueur des glumelles (TICGL) et (c) longueur des radicelles (TICR) de la luzerne (*Medicago sativa*).

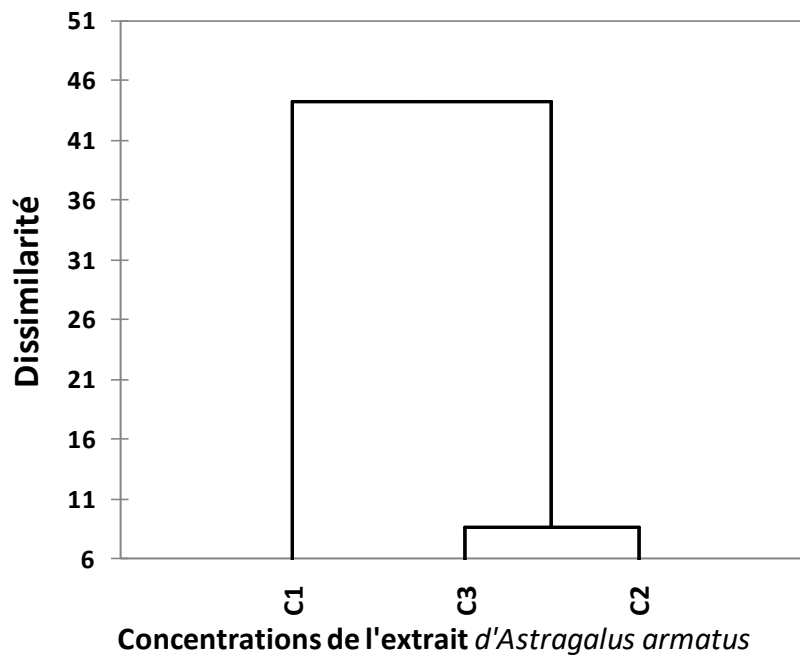
II-8) Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Les graphiques de la (figure 14a et 14b), sont les dendrogrammes de dissimilarité du comportement des espèces et des concentrations. Il représente la façon dont sont regroupés les individus puis les sous-groupes. La ligne en pointillé (Figure 14a), représente la troncature et permet de visualiser que trois groupes homogènes ont été identifiés pour le comportement de l'ensemble des espèces et des concentrations utilisées. Le deuxième groupe celui des espèces cultivées non adventices (Blé C1 et Blé C2, Luzerne C1, Luzerne C2 et Luzerne C3 et enfin tomate à la concentration C3), il est plus homogène que le premier groupe qui regroupe toutes les espèces adventices à l'exception de *Plantago tanceolata* c'est à dire (*Mélilots albus*, *Lepidium draba l*, *Elyria repens*) pour toutes concentrations confondues de l'extrait (C1, C2 et C3). Ensuite est rangé le troisième groupe, qui est formé par l'espèce adventice (*Plantago tanceolata*) avec toutes les concentrations de l'extrait et la plante maraichère (Tomate) aux concentrations C1 et C2.

Pour les trois concentrations utilisées durant les tests nous observons (figure 14b), la formation de deux groupes statistiques, la concentration C1 (5%) a eu un effet différent que celui des deux autres concentrations C2 (10%) et C3 (15%) qui semblent avoir des effets rapprochés.



(a)



(b)

Figure 14 : Classification ascendante hiérarchique : (a) des espèces vis-à-vis à l'application des extraits d'*Astragalus armatus* ; (b) des concentrations des extraits d'*Astragalus armatus*.

Discussion

Les résultats que nous avons obtenus montrent que *Astragalus armatus* affectent de différentes manières les espèces adventices et les variétés de blé, tomate et luzerne l'effet de l'extrait de ces plantes sont observés sur la germination des graines et le développement des plantules. Nous avons remarqué que la germination des graines est retardée ou elle s'interrompt dans un stade avancé ou encore elle ne se produit pas. Kruse *et al.* (2000) ont montré que lorsque des plantes sensibles sont exposées aux allélochimiques, la germination des graines est retardée. En ce qui concerne certaines graines, la germination s'arrête dans le stade gonflement de la graine. Pour d'autres, la germination s'arrête au début de l'apparition de la radicule.

Lorsque la germination des graines n'est pas inhibée, nous avons observé d'autres effets sur le développement des plantules (inhibition ou stimulation). Dans le cas d'une inhibition, nous avons noté des effets sur la radicule (coléorhiz des poacées), sur la tigelle (coléoptile des poacées) ou sur les deux. Dans certains cas le développement de la radicule s'arrête, dans d'autres cas le développement de la radicule 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 (concentrations) et caractéristiques physicochimiques (espèce allélopathique) qui probablement mettent en jeu des substances allélochimiques spécifiques. Le phénomène de l'allélopathie est l'interférence chimique d'une ou plusieurs substances d'une espèce végétale avec la germination, la croissance ou le développement d'autres espèces de plantes. L'allélopathie couvre à la fois des effets d'inhibition et de stimulation. Les substances chimiques synthétisées par les plantes allélopathiques et qui sont impliquées dans ce phénomène sont appelées allélochimiques. Lorsque des plantes sensibles sont exposées aux allélochimiques, la germination, la croissance et le développement peuvent être affectés. Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste que lorsqu'une quantité suffisante des substances allélopathiques atteint l'organe cible.

Discussion

Les résultats que nous avons obtenus pour le *Ménilots albus*, peuvent être comparés à ceux de Sondhia et Saxena (2003). Ils ont montré que la saponine isolée de *Xanthium strumarium* L. inhibe significativement la germination, la longueur de la racine et de la tige de *Ménilots albus*. Les résultats obtenus dans notre travail sont aussi très proches de ceux obtenus par Kumar et Varshney (2008) qui ont trouvé que l'extrait des racines de sésame (*Sesamum indicum* L.) réduit la germination de la vesce commune (*Ménilots albus*) de 50 %, la biomasse des plantules diminue de 52,4 % alors que la réduction de la biomasse des racines était de 64,51 %. Effectivement nous avons noté plus de 94% d'inhibition de la germination du ménilot par l'extrait d'*Astragalus armatus* à partir de 5 %. L'inhibition de la partie racinaire est de 70 % et celle de la partie aérienne est de 73 %.

En générale, nous avons trouvé que l'effet inhibiteur de l'extrait de *A. armatus* sur la germination des graines est généralement non affecté par la concentration utilisée.

Nous avons testé aussi une variété de blé, une variété de tomate et une variété de luzerne afin de vérifier si les plantes allélopathiques affectent également les plantes cultivées ou non. D'après les résultats obtenus, la germination des graines de blé n'est pas affectée par les différents extraits. Ces résultats concordent avec ceux de Dogan (2004) qui a démontré que les extraits de *Raphanus sativus* L. n'affectent pas la germination du blé.

Nous avons remarqué une inhibition des paramètres mesurés qui augmente chez les espèces adventices graminée et ménilots avec l'augmentation de la concentration de l'extrait d'*Astragalus armatus*.

Parmi les espèces adventices nous observons que la germination de *Ménilots albus* est inhibée totalement par l'extrait d'*Astragalus Armatus* avec toutes les concentrations de 5% 10% 15%. Les taux d'inhibition de ménilots que nous avons obtenus par les extraits *Astragalus Armatus* sont très élevés. Cette espèce est parmi les espèces les plus inhibées dans la majorité des tests que nous avons effectués suivi par *Elyria repens* pour laquelle nous avons observé pour toutes les concentrations de l'extrait d'*Astragalus armatus* une forte inhibition des paramètres mesurés.

Pour *Lepidium draba* L, la germination des graines de cette espèce est inhibée. La majorité des graines de cet espèce et pour toutes les concentrations 5% ,10% ,15% n'ont pas germés aussi bien que le développement des glumelles et radicules sont inhibés.

Les résultats que nous avons obtenus pour le *Plantago tanceolata*, le taux d'inhibition de la germination des graines et le développement des plantules est élevé pour chaque concentration de l'extrait d'*A. armatus*.

Discussion

Parmi les plantes cultivées blé, luzerne et tomate le taux d'inhibition est non élevé le max des taux est 40%, l'extrait *Astragalus Armatus* n'a pas d'effet sur les cultures (blé tomate luzerne) quelque soit la concentration utilisée.

En générale, nous avons trouvé que l'effet inhibiteur de l'extrait *Astragalus Armatus* sur la germination des graines des adventices est fort. Cet effet est important sur la majorité des adventices à l'exception de *Plantago tanceolata*. Par contre, nous n'avons pas noté d'effet fort sur les pentes cultivées.

L'allélopathie à elle seule pourrait ne pas être une technologie parfaite de gestion des mauvaises herbes, car son efficacité est influencée par plusieurs facteurs, mais elle peut être un outil additionnel (Kim et al., 2005).

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives

Dans ce travail nous avons testé, dans les conditions de laboratoire et à différentes concentrations, l'effet des extraits d'une plante steppique vivace *Astragalus Armatus* sur la germination et le développement de quatre mauvaises herbes et de trois plantes cultivées.

Les résultats obtenus révèlent que l'extrait *Astragalus Armatus* inhibe significativement la germination presque de toutes les graines des plantes adventices par contre l'inhibition est non élevée pour la germination des graines des variétés cultivées.

L'effet allélopathique positif d'*Astragalus Armatus* s'est manifesté sur le développement des plantules et en particulier sur le développement de la partie aérienne et racinaire. Il y a aucun effet de la concentration de l'extrait *Astragalus Armatus* sur la germination et le développement des graines. En générale, l'inhibition n'est pas affectée par une concentration supérieure à 10%.

Les résultats ont montré un effet prometteur sur le trèfle blanc et sur le mélilot quelque soit la concentration de l'extrait d'*A. armatus*. Par contre et globalement plantago n'a pas manifesté une forte inhibition de la germination de ses graines face à l'application de l'extrait d'*A. armatus*. Mais pour Cardaria nos résultats ont démontré un effet moyen des extrait d'*A. armatus* sur la germination et le développement des plantules de cet espèce.

Cette étude a analysé les effets d'extraits d'une seule plante steppique *A. armatus* sur la germination des adventices dans des conditions de laboratoire. D'autres études devraient être menées avec d'autres plantes en pots et sur champs.

Les résultats de cette étude et d'autres études qui sont réalisées dans le même axe montrent que l'utilisation des extraits des plantes comme un herbicide pour le contrôle des mauvaises herbes apportera un grand succès dans le domaine agricole.

Par ailleurs, Les effets allélopathiques positifs (stimulation) devrait également être étudiés afin d'exploiter ces avantages dans la production des cultures.

Aussi, une réduction marginale de l'utilisation d'herbicides au cours du temps sera un avantage économique significatif pour les agriculteurs et réduira aussi les impacts négatifs sur l'environnement.

Références et bibliographiques

Références bibliographiques

1. Anonyme1, 2006. Gestion responsable des herbicides des céréales. Agriculture et Agroalimentaire, Canada, Rapport final de recherche E2006-06, 6 p.
2. Anonyme2, 2006. Gestion des mauvaises herbes et de la fertilité du sol en production Biologique de bleuets. Agriculture et Agroalimentaire, Canada, Rapport final de recherche E2006-06, 10 p.
3. Baoux, H., Fany, J. and Bessière, J. M., 1976.- Essais phytochimiques préliminaires sur quelques plantes médicinales du Niger plantes méd. Et phytothérapie, Tome X N 4, p 251-256.
4. Barralis G., 1976. Méthodes d'études des groupements adventices des cultures annuelles : Application à la Côte D'Or. Vème Coll. Inter. Biol., Ecol. Et Syst. Des mauvaises herbes, Dijon, pp59-68.
5. Ben chacha.A., 2008.-Etude de l'effet all lochimique de l'extrait aqueux de quelques plantes médicinales et aromatiques sur la germination des grains des mauvaises herbes.5-23p.
6. Bertin C., Yang X et Weston L.A., 2003.-The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. Plant soil, 256 :67.
7. Bouchnan. 2006.- Métabolisme secondaire.
8. Bouton F., 2005.- Mise en évidence du potentiel allélopathiques de la graminée *FestucaPanuculat* dans les prairies subalpines. Rapport de stage de master 01 sciences de la vivant-biodiversité écologie environnement, Univ. Joseph Fourier de biologie. 1- 18p.
9. Brunel S. et J. Tison, 2005.- Study on invasive plants in the Mediterranean Basin. Rencontre Environnement, n  59 : 49 - 50 p.
10. Brunel S., 2005. -The invasive plant programmed in the French Mediterranean area. Rencontre Environnement, n  59: 173 – 174 p.
11. Reisinger C. M., Nowack, R. J. D. Volkmer, B. Rieger, Dalton Trans. 2007, 272
12. Caussanel J. P., 1975.- Phénomène de concurrence par l'allélopathie entre adventices et plantes cultivées.
13. Caussanel J.P., 1988.- Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. Agronomie (1989), Elsevier /INRA, 219-240.
14. Chadda D., 2008.- Influence des matières organiques (feuilles, ch tons et racines) du noyer (*Juglansregia* L.) sur le comportement de jeunes plants de pommier (*Malus*

Références bibliographiques

- domestica Borkh) dans la région de R'haouat (Hidoussa) (Belezma). Thèse magister. Univ Batna, 08-28p.
15. Chaouche G, 2017.-Analyse saisonnière du comportement de *Stipa tenacissima* L dans un parcours dans la région de Laghouat, mémoire de Master, Université de Laghouat.
 16. Chauvel B., E. Virren, B. Fumanal et F. Bretagnolle, 2004.- Possibilité de dissémination d'*Ambrosia artemisiifolia* L. via les semences de Tournosol. XII ème Colloque international sur les la biologie des mauvaises herbes, Dijon - 31 août – 2 septembre 2004,8 p.
 17. Chung, I. M., K. H. Kim, J. K. Ahn, S. B. Lee, S. H. Kim and S. J. Hahn. 2003. - Allelopathy: Comparison of Allelopathic Potential of Rice Leaves, Straw and Hull Extracts on Barnyardgrass. *Agronomy Journal* 95 :1063-1070.
 18. Come D., 1970- Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétale N°6) Edit. MASSON et CIE (Paris), pp : 24.
 19. Cordonnier T.,2004.- Perturbations, diversité et permanence des structures dans les écosystèmes forestiers. Thes. Doct. ENGREF,pp.62.
 20. Delabays.N et Mermillod.G., 2004.- Phénomène d'allélopathie premières observations au champ, *Revue Suisse Agric.*n°34. pp.213-237
 21. Delabays.N., 2005.- L'allélopathie et son utilisation en agriculture biologique. Journées techniques fruits et légumes et viticulture biologique. pp.25-33.
 22. Deraissac R. ; 2002.- Processus agrobiologiques mis en jour par les SCV. *Rev. Suisse.agr* n°36. pp.25-35.
 23. Dhima, K. V., I. B. Vasilakoglou, I. G. Eleftherohorinos and A. S. Lithourgidis. 2006. - Allelopathic potential of winter cereal cover crop mulches on grass weed suppression and sugarbeet development. *Crop Science* 46:1682-1691.
 24. Dogan, A. 2004. Antep Turpu (*Raphanus sativus* L.)'nun Misir Bitkisine ve Yabancı Ot Turlerine Olan Allelopatik Etkisinin Arastirilmesi. Cukurova Universitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yuksek Lisans Tezi (in Turk with English summary). 83 pp.
 25. Dohssi R., 2019.- Impact des variations climatiques sur le comportement physiologique de deux plantes steppiques (*Retama raetam* et *Astragalus*) armatus. Mémoire de Master UATLaghouat.
 26. Drapier J., 1983.- Les difficultés de régénération des sapinières vosgiennes. Importance de l'humus et rôle de l'allélopathie. Thes.Doct.3ème e cycle. Sciences forestières. Univ. Nancy.109p

Références bibliographiques

27. Elrefai et Moustafa, 2004, allelopathic effect of some cruciferous seeds on rhizoctonia solani kuhn and gossypium barbadense L, \$volume 7, issue 4, p550-558.
28. Ferguson J.J and Rathinasabathi. 2003. - Allelopathy: how plants suppress other plants. Cours D'université de Floride : 3.
29. Foret R., 2004. Dico de bio.Boeck, Bruxelles:28p
30. Hajlaoui H., M. Denden, M. Bouslama, 2007, Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination.
31. Hopkins. WG, 2003.-Physiologie végétale.Boeck et Larcier, Bruxelles. 267-283p
32. Hulot F., Lacroix. ; (2005) :L'allélopathie en milieu aquatique. Laboratoire Dynamique desEcosystèmes d'Altitude Université d'Altitude Université de Savoie. 3p
33. Jonesa G., Géea Ch., et Trucheteb F., 2009. Modélisation de scènes agronomiques pour tester et comparer les performances d'algorithmes de discrimination d'adventices. ENESAD/DSI, Unité propre GAP : Génie des Agro-équipements et des Procédés, France,9p.
34. Judd W.S., Campbell CH.S., Kellogg E.A et Stevens P., 2002.-Botanique systématique une perspective phylogénétique.87p.
35. Khelifi A,2007. Analyse du cortège floristique d'une dépression dans la région de Laghouat, mémoire d'ingénieur, université de Laghouat.
36. Kim, H. Y., H. Y. Shin, D. S. Sohn, I. J. Lee, K. U. Kim, S. C. Lee, H. J. Jeong and M. S. Cho. 2000.- Enzyme activities and compounds related to self-defense in UV-challenged leaves of rice. Korean Journal of Crop Science 46(1):22-28.
37. Kruse, M., M. strandberg and B. strandberg. 2000. Ecological Effects of Allelopathic Plants: à Review. NERI Technical Report No. 315. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. 66 p.
38. Kumar, L. and J. G. Varshney. 2008. Efficacy of sesame (*Sesamum indicum*) root exudates against major weeds of pulse crops. Indian Journal of Agricultural Science 78(10):842-847.
39. Lacroix S D, A. Pennycook, S. Liu, T. T. Eisenhart, Marr, Catal. Sci. Technol. 2012- For the formation of reduced N-alkylated products from aniline and propane-1,3-diol, see: 2, 288.
40. Lebreton G. et T. Le bourgeois, 2005. Analyse de la flore adventice de la lentille à Cilaos – Réunion. Cirad-Ca / 3P ; UMR PVBMT, 20 p.

Références bibliographiques

41. Legros, B. Crousse, M. Ourvitch, D. Bonnet-Delpon, Synthesis J. Baptista Simões, A. de F. Lima, A. A. Sabino, F. T. de Aquino, D. L. da Silva, L. C. A. Barbosa, S. A. Fernandes, 2006.- Org. For julolidines with electron-rich dienophile or styrene by the Povarov reaction, see: a) J. Biomol. Chem. 2013, 11, 5069.
42. Lelong B., Fernandez C., Bousquet-melou A., Vila B., Robles H., Greff G., Dupouyet S., 2004.- Etude des potentialités allélopathiques du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller). Conséquences sur la biodiversité dans des zones de déprise agricole. 2ème journée de l'Institut français de la biodiversité, Marseille. 25-28 Mai 2004. p130.
43. Mallem H, 2018. Etude du potentiel de la végétation steppique dans la lutte contre la déflation éolienne (Thèse doctorat en sciences). Université Saad Dhahlab, Blida.
44. Mallem H, Benrima A et Houyou Z, 2017. Étude floristique des parcours steppiques des régions arides : effet de surpâturage, de l'ensablement et des labours (cas de la zone de Mokrane wilaya de Laghouat) Revue Agrobiologia (2017) 7(1): 334-345.
45. McCully K. et R. Tremblay et G. Chiasson, 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.
46. Meyrer S., Reeb C et Basdeux R., 2004.- botanique biologie et physiologie végétales. 335-337p.
47. Min C, A. Sanchawala, D. Seidel, Org. Lett. 2014, 16, 2756, and references cited there in. Z. Sahli, B. Sundararaju, M. Achard, C. Bruneau, Org. Lett. 2011, 13, 3964.
48. N. G. Leonard, G. V. Parker, P. G. Williard, W. H. Bernskoetter, J. Inorg. Organomet. Polym. 2014, 24, 157.
49. Olofsdotter, M., L. B. Jensen and B. Curtois. 2002.- Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. Plant Breeding 121:1-9.
50. Ozenda, P. 1991. -Flore et végétation du Sahara, 3ème édition, Ed. CNRS, Paris, France.
51. Quezel, P. and Santa, S. 1963. -Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Tome I, C.N.R.S. Paris.
52. Regnault-roger C., Philogene B. JR et Vincent CH., 2008.- Bio pesticides d'origine végétale .Ed. TEC&DOC, Paris : 51-60 p
53. Rice E L., 1984.- Allelopathy, Ed 02, Academic Press. 422p
54. Ricklefs et Miller, 2005, Ecologie, 4ème Edition, Bruxelles de boeck, p 214.
55. Ricklefs, R. E. and G. L. Miller. 2005. Écologie. De Boeck Université, Bruxelles. p. 427.

Références bibliographiques

56. Rizvi S-J-H., Riwwi V.; 1991.- Allelopathy : basic and applied aspects. Ed. Chapman andHall. New York.480 p.
57. Sánchez-Moreiras, A. M., O. A. Weiss and M. J. Reigosa-Roger. 2004. Allelopathic evidence in the Poaceae. *The Botanical Review* 69:300–319.
58. Sardoun M, 2008. Analyse floristique d'un parcours steppique de la région de Laghouat. Mémoire d'ingénieur. UATLaghouat.
59. Singh h-P., Kohli R-K., Batish D-R.; 2001.- Allelopathic interference of populus deltoids with some winter season crops. *Art.INRA* 21.pp139-146.
60. Sondhia, S. and N. K. Saxena. 2003. Allelopathic effect of *Xanthium strumarium* L. on some weeds. *Journal Geobios* 30(2-3):173-176.
61. Tukey H. B., 1970.-The leaching of substances from plants. *annu rev plant physiologic*, 21:305-58.
62. Vall E., M. Cathala, P. Marnotte et R. Pirot, 2002. Pourquoi inciter les agriculteurs à innover dans les techniques de désherbage ? Actes du colloque, Mai 2002, Cirad, Montpellier, France, 16 p.