



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 : BENBOUGLIMINA Abdelkader Djillali Mohamed

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : Protection des Végétaux

Thème

**Recherche d'une capacité allélopathique dans des
métabolites de *Atriplex canescens* contre la
croissance d'une mauvaise herbe céréalière *Hordeum
murinum* associée au *Triticum durum***

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Faiza HAMINI	MAA	Présidente
Abla BOUKOFTANE	MCB	Examinatrice
Zohra HOUYOU	Pr	Promotrice
Farida ALLAL	MCA	Co-Promotrice

Septembre 2024

Recherche d'une capacité allélopathique dans des métabolites de *Atriplex canescens* contre la croissance d'une mauvaise herbe céréalière *Hordeum murinum* associée au *Triticum durum*

Résumé :

La présence des adventices dans un champ de céréales est nuisible sur les plans agronomiques et économiques. La découverte d'un herbicide naturel peut réduire les impacts préjudiciables à l'environnement. Dans le but de rechercher des produits naturels d'origine végétale qui peuvent avoir une action herbicide, nous avons choisi l'espèce végétale *Atriplex canescens*, pour tester son potentiel allélopathique sur la croissance et le comportement physiologique des plantules de d'une mauvaise herbe des cultures céréalières *Hordeum murinum* et aussi sur le blé dur *Triticum durum*.

La caractérisation chimique d'*A. canescens* a révélé qu'elle synthétise, les flavonoïdes, les tri- et terpénoïdes. Ces groupements moléculaires ont été extraits à partir de la partie aérienne de la plante. Par la suite des extraits aqueux sont préparés à partir de ces groupements moléculaires aux concentrations respectives de $6 \cdot 10^{-4}$ (g/l), $9 \cdot 10^{-4}$ (g/l) et un témoin à 0 (g/l). Après la germination des graines des plantes cibles, les plantules sont repiquées dans la tourbe et arrosées avec ces extraits, à une température de 22 à 25°C. Quinze 15 jours après le repiquage et leurs arrosages aux différents extraits, les longueurs des tiges et des racines de l'orge des rats *H. murinum* et du blé dur *T. durum* sont mesurés d'une part. D'autre part des mesures de chlorophylle et de proline sont effectuées dans les feuilles fraîches des deux plantes.

Les résultats ont surtout montré d'un côté que l'extrait des flavonoïdes stimule l'activité chlorophyllienne du blé *T. durum* en parallèle de la croissance des racines de cette plante. D'un autre côté, les extraits des Triterpénoïdes et celui de la concentration $9 \cdot 10^{-4}$ g/l des alcaloïdes provoquent une accumulation de proline et pourraient bien stresser *H. murinum*. Nos résultats sont prometteurs en domaine de lutte biologique contre ces deux mauvaises herbes céréalières.

Mots clé : *Atriplex canescens*, *Hordeum murinum*, *Triticum durum*, Alcaloïdes, Flavonoïdes, Triterpénoïdes, allélopathie.

البحث عن قدرة أليلوباثية في مستقلبات *Atriplex canescens* ضد نمو اعشبة الضارة *Hordeum murinum* المرتبطة بالقمح الصلب *Triticum durum*

الملخص

إن وجود الأعشاب الضارة في حقل الحبوب ضار من الناحية الزراعية والاقتصادية. إن اكتشاف مبيدات الأعشاب الطبيعية يمكن أن يقلل من التأثيرات الضارة على البيئة. بهدف البحث عن منتجات طبيعية من أصل نباتي يمكن أن يكون لها تأثير مبيد للأعشاب، اخترنا الأنواع النباتية *Atriplex canescens*، لاختبار قدرتها الأليلوباثية على النمو والسلوك الفسيولوجي لشتلات أعشاب محاصيل الحبوب *Hordeum murinum* وكذلك على القمح القاسي تريتيكوم القاسي. التوصيف الكيميائي لـ *Atriplex canescens*. وكشف أنه يقوم بتصنيع الفلافونويدات و الالكانويد الثلاثي والتربينويدات. تم استخراج هذه المجموعات الجزيئية من الجزء الجوي للنبات. بعد ذلك، يتم تحضير المستخلصات المائية من هذه المجموعات الجزيئية بتركيزات مناسبة تبلغ 4-6.10 (جم/لتر)، 4-9.10 (جم/لتر) والتحكم عند 0 (جم/لتر). بعد أن تنبت بذور النباتات المستهدفة، يتم زرع الشتلات في الخث وتسقى بهذه المستخلصات، عند درجة حرارة تتراوح من 22 إلى 25 درجة مئوية. بعد خمسة عشر يوماً من الزرع والرعي بالمستخلصات المختلفة، تم قياس أطوال سيقان وجذور شعير الجرد *H. murinum* والقمح القاسي *T. durum* من جهة. ومن ناحية أخرى، تم إجراء قياسات الكلوروفيل والبرولين في الأوراق الطازجة للنباتين. أظهرت النتائج قبل كل شيء من ناحية أن مستخلص الفلافونويد يحفز نشاط الكلوروفيل في القمح القاسي *T.* بالتوازي مع نمو جذور هذا النبات. من ناحية أخرى، فإن مستخلصات ترايثيربينويدات ومستخلصات الفلويدات بتركيز 4-910 جم/لتر تسبب تراكم البرولين ويمكن أن تؤدي إلى إجهاد *H. murinum*. نتائجا واعدة في مجال مكافحة البيولوجية لهذين الحشائش الحبوبية.

الكلمات المفتاحية: *Atriplex canescens*، *Hordeum murinum*، *Triticum durum*، الفلويدات، الفلافونويدات، Triterpenoids، allelopathy.

Search for an allelopathic capacity in metabolites of *Atriplex canescens* against the growth of a cereal weed *Hordeum murinum* associated with *Triticum durum*

Abstract:

The presence of weeds in a cereal field is harmful on the agronomic and economic levels. The discovery of a natural herbicide can reduce the harmful impacts on the environment. In order to search for natural products of plant origin that can have a herbicidal action, we chose the plant species *Atriplex canescens*, to test its allelopathic potential on the growth and physiological behavior of seedlings of a weed of cereal crops *Hordeum murinum* and also on durum wheat *Triticum durum*. The chemical characterization of *A. canescens* revealed that it synthesizes flavonoids, tri- and terpenoids. These molecular groups were extracted from the aerial part of the plant. Subsequently, aqueous extracts are prepared from these molecular groups at the respective concentrations of $6 \cdot 10^{-4}$ (g/l), $9 \cdot 10^{-4}$ (g/l) and a control at 0 (g/l). After the germination of the seeds of the target plants, the seedlings are transplanted into peat and watered with these extracts, at a temperature of 22 to 25°C. Fifteen to 15 days after transplanting and their watering with the different extracts, the lengths of the stems and roots of rat barley *H. murinum* and durum wheat *T. durum* are measured on the one hand. On the other hand, chlorophyll and proline measurements are carried out in the fresh leaves of the two plants. The results mainly showed on the one hand that the flavonoid extract stimulates the chlorophyll activity of wheat *T. durum* in parallel with the growth of the roots of this plant. On the other hand, the extracts of Triterpenoids and that of the concentration $9 \cdot 10^{-4}$ g/l of alkaloids cause an accumulation of proline and could well stress *H. murinum*. Our results are promising in the field of biological control against these two cereal weeds.

Key words: *Atriplex canescens*, *Hordeum murinum*, *Triticum durum*, Alkaloids, Flavonoids, Triterpenoids, allelopathy.

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

	Page
Résumé.....	I
المخلص.....	II
Abstract	III
Remerciements	IV
Dédicaces.....	V
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I. Généralité sur Allélopathie.....	1
I.1. Définitions.....	1
I.2. Généralités sur les allélochimiques	2
I. 3. Natures chimiques des composés allélopathiques.....	2
I. 3. 1. Alcaloïdes (Quinones)	3
I. 3. 2. Térpenoïdes	3
I. 3. 3. Polyphénols.....	3
I. 3. 4. Flavonoïdes	3
I. 3. 5. Tanins.....	4
I.4.Mode d'actions des composés allélopathiques	4
I. 5. Voies de libération des composés allélopathiques	4
I. 5.1. Volatilisation	4
I. 5.2. Exsudations racinaires	5
I. 5.3. Lessivage	5
I. 6.Métabolisme des composés Allélopathique.....	6
I. 7.Les allélo-chimiques dans les différents organes des plantes	6
I. 8.Manifestations de l'allélopathie	6
I. 9.Allélopathie et environnement	6
I.9.1. La synthèse des allélochimiques est affectée par les stress environnementaux..	6
I.9.2. Impacts de l'allélopathie sur la biodiversité	7
I.9.3. Allélopathie et compétition	7
I.10. Application de l'allelopathie	8
I.10.1. Concurrence des mauvaises herbes sur la culture	8
I.10.2. Lutte contre les mauvaises herbes	9
I.10.3. Gestion des rotations culturales	9
I.10.4. Itinéraires techniques	9
I.11.Quelques exemples d'expériences sur les plantes allélopathiques	10
I.11.1. Les plantes cultivées	10
I.11.2. Les plantes médicinales	10
I.12. L'allélopathie et la lutte contre les mauvaises herbes	10
II. Généralités sur les plantes Adventices ou Mauvaises herbes	11
II.1. Notion de plantes adventices (mauvaises herbes)	11
II.2. Facteurs de développements et distribution de la flore adventice :	11
II.3. Influence des facteurs de l'environnement dans la distribution de la flore adventice	12
II.3.1. Le climat	13
II.3.2. Le sol.....	13

II.3.3. Les effets de l'environnement agronomique sur les adventices	13
II.3.4. Impact agro – économique des mauvaises herbes	13
II.4. Caractéristiques biologiques des adventices des cultures	14
II.4.1. Les plantes annuelles (thérophytes)	15
II.4.1.1. Les annuelles d'été	15
II.4.1.2. Les annuelles d'hiver	15
II.4.2. Les espèces bisannuelles	15
II.4.3. Les vivaces (géophytes) :	15
II.5. Phase conceptuelles de l'invasion d'une mauvaise herbe	15
II.5.0. Phase de migration	16
II.5.2. Phase d'échappement	16
II.5.3. Phase d'établissement	16
II.5.4. Phase d'expansion	17
II.5.5. Phase d'explosion	17
II.5.6. Phase de retranchement	17
II.6. Capacité d'adaptation des mauvaises herbes	17
II.7. Nuisibilité due aux mauvaises herbes	18
II.7.1. La nuisibilité due à la flore potentielle	18
II.7.2. La nuisibilité due à la flore réelle	18
II.7.3. Seuil de nuisibilité	18
II.7.3.1. Seuil biologique de nuisibilité	18
II.7.3.2. Seuil économique de nuisibilité:.....	18
II.8. Méthodes de lutte contre les Mauvaises Herbes.....	18
II. 8.1. Moyens préventifs	18
II. 8.2. Méthodes culturales	18
II.8.3. Moyens biologiques	19
II. 8.4. Moyens mécaniques	19
II 8.4.1. Travail du sol	19
II. 8.4.2. Désherbage	19
II .9.5. Moyens chimiques de lutte contre les mauvaises herbes	19
III. Généralités sur <i>A. canescens</i>	19
III.1.Classification	20
III.2.Répartition et habitat	20
III.3.Exigences édapho-climatiques	20
III.4.Morphologie	21
Chapitre II: Matériel et méthodes	
I. Préparation du matériel végétal.....	23
II. Caractérisation chimique d' <i>A. canescens</i> :.....	24
II.2 Tests phytochimiques	25
II.2 .1. . Extraction des groupements moléculaires de l'Atriplex	26
II.2 .2. Flavonoïdes	27

II.2 .3. tri terpènes	28
II.2 .4. Alcaloïdes	29
III. Travail Expérimental du test allélopathique.....	30
III.1. La préparation des solutions Extraits aqueux des groupements moléculaires de l' <i>Atriplex canescens</i>	30
III.2. Matériel végétal (semences) utilisées pour le tes de l'allélopathie.....	31
III.2.1 Description générale des espèces cibles utilisées durant le test de l'allélopathie :	31
IV. Dispositif expérimental du test du pouvoir allélopathique	31
IV.1. Dispositif expérimental.....	
IV.2. Conduite de l'expérience et notations des mesures.....	
IV.2. 1. La pré-germination.....	
IV.2. 2. La levée et le repiquage	
IV.2.3. L'arrosage des plantules repiquées dans les alvéoles.....	
IV.2.3. L'arrosage des plantules repiquées dans les alvéoles.....	
V. Suivi de la croissance, du comportement physiologique des plantes et notations.....	
V.1. Mesures des longueurs de croissance des tiges et des racines.....	
V.2. Dosages de la chlorophylle (mg/g MF).....	33
V.3. Dosages de la proline (mmol/g MF)	34
VI. Analyses statistiques des données	35
Chapitre III: Résultats et Discussion	
I . Résultats de la caractérisation chimique de l' <i>A. canescens</i> par spectroscopie IR (FT-IR)	38
II. Résultats du Suivi de la croissance, du comportement physiologique des plantules cibles.....	39
II.1. 2 Longueurs de croissance des tiges du blé	40
. II.1. 2 Longueurs de croissance des tiges de l'orge des rats.....	41
II.2. Longueurs de croissance des racines des plantes cibles.....	41
II.2.1. Longueurs de croissance des racines du blé.....	42
II.2. 2.Longueurs de croissance des racines de l'orge des rats.....	43
II.3. Teneur en chlorophylle totale chez les plantes cibles.....	44
II.3. 1.Teneur en chlorophylle totale du blé.....	45
II.3. 2.Teneur en chlorophylle totale de l'orge des rats.....	46
II.4. Proline accumulée par les deux plantules.....	46
II.4. 1. Proline accumulée par le blé.....	47
II.4. 2. Proline accumulée par l'orge des rats.....	48
III. Analyses en composante principale.....	49
Discussion	50
Conclusion	51
Références bibliographiques	52
Annexe	

Liste des figures :

	Page
Figure1: Structure de l'acide Shikimique.....	4
Figure 2 : Structure les molécules phénoliques.....	6
Figure 3: Structure de base des flavonoïdes).....	6
Figure 4: Effet direct ou indirect des molécules allélochimiques.....	8
Figure 5: Voies de libération des molécules allélopathiques.....	9
Figure 6: Les grandes voies de synthèse des métabolites secondaires et relations avec le métabolisme primaire.....	12
Figure 07 : Cycle biologique des adventices annuels.....	21
Figure 08 : Cycle biologique des adventices bisannuels.....	20
Figure 09: cycle biologique des adventices pérennes.....	22
Figure 10 : Phases conceptuelles d'invasion progressive d'une mauvaise herbe dans	24
le temps, et la relation avec le pourcentage de terre occupée et non occupée...	26
Figure 11: a- Arbuste d' <i>A. canescens</i> , b- Feuilles d' <i>A. canescens</i> , c- Fruites d' <i>A. canescens</i> , d- Graines d' <i>A. canescens</i> (Halfaoui, 2010)	27
Figure12 : Broyage de la plante (<i>Atriplex canescens</i>),(Cliché Originale, 2024).....	28
Figure 13 : Spectrophotomètre jasco FT/IR-4200	29
Figure 14 : Extraction liquide-liquide avec du chloroforme, (Cliché Original, 2024)	23
Figure 15: Représentation de graines germées (Cliché originale 2024).	33
Figure 16 : Représentation du dispositif expérimental (Alvéoles de culture)...	36
Figure 17 Mesure des longueurs des tiges et des racines (Cliché originale 2024).	37
Figure 18 : Caractérisation chimique de l' <i>A. canescens</i> par spectroscopie IR	38
Figure 19 : Représentation de la longueur de la tige du blé (<i>Triticum durum</i>), en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliqués.....	40
Figure20 : Représentation de longueur de la tige (cm) de l'orge des rats (<i>Hordeum murinum</i>) en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliquées	42
Figure 21 : Représentation de la longueur de la racine du blé (<i>Triticum durum</i>) en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliquées	47
Figure 22 : Représentation de la longueur des racines (cm) de l'orge des rats (<i>Hordeum murinum</i>) en fonction extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliquées.	49
Figure 23 : Représentation de la teneur en chlorophylle totale (mg/g MF) du blé (<i>Triticum durum</i>) en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliquées.	51
Figure 24 : Représentation de la teneur en chlorophylle totale (mg/g MF) de l'orge des rats (<i>Hordeum murinum</i>) en fonction des extraits groupements moléculaires et des concentrations appliquées.	53

Figure 25 : Représentation de la proline (mmol/g MF) accumulée chez le blé (<i>Triticum durum</i>) en fonction extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliqués.	55
Figure 26 : Représentation de la proline (mmol/g MF) de l'orge des rats (<i>Hordeum murinum</i>) en fonction des extraits groupements moléculaires et des concentrations appliquées.	57

Liste des Tableaux :

	Page

Introduction

La présence des mauvaises herbes ou plantes adventices dans un champ de céréales peut être nuisible sur nombreux points : la compétition pour l'eau, pour les éléments minéraux et la pour lumière, qui affectent directement la croissance de la culture et son rendement. L'infestation massive de ces mauvaises herbes gênent les outils de moisson et rendent la réussite de cette opération problématique. Le mélange de graines de mauvaises herbes avec les graines de la céréale déprécie la qualité commerciale du produit récolté. Il convient donc de lutter efficacement contre les adventices des céréales (Ouattar et Ameziane, 1989). Les phénomènes de compétition entre les mauvaises herbes et les cultures affectent les rendements et provoquent des pertes (Le Bourgeois et Merlier, 1995). Ces pertes sont évaluées à 9,7 % de la production agricole mondiale et sont dans l'ordre de 10 à 56 % en Afrique (Cramer, 1967 in Traore et al., 2009). Depuis les années cinquante, l'agriculture dépend de l'utilisation des herbicides et des pesticides pour éliminer les mauvaises herbes et assurer des rendements élevés. Les traits importants de la concurrence des mauvaises herbes n'étaient pas parmi les principales préoccupations des agriculteurs. Des herbicides ont pris soin de détruire les mauvaises herbes en pratique agricoles. L'application des agents chimiques pour le contrôle de mauvaises herbes n'a donc cessé d'augmenter. Par conséquent, l'augmentation de l'utilisation d'un certain nombre de pesticides a eu des effets négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement (Weih et al. 2008). Les conséquences de cette utilisation intense d'herbicide sont doubles : une spécialisation de la flore et la contamination du milieu par des molécules actives de ces matières. La flore adventice évolue sous l'effet des pratiques vers une flore souvent qualifiée de difficile, soit parce que peu de solutions herbicides efficaces existent sur les espèces sélectionnées par le système (c'est le cas par exemple des bromes dans les systèmes céréaliers (sans labour), soit parce que des biotypes résistants apparaissent et se développent (Chauvel et al., 2001). La lutte biologique offre une approche alternative pour les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes en agriculture (Mason et Spanner, 2006 ; Bond et Grundy, 2001 ; Jordan, 1993). En revanche, l'application du contrôle biologique des mauvaises herbes

est souvent révélé difficile en pratique (Müller-Schärer et al., 2000). L'allélopathie est considérée comme une technique prometteuse pour la lutte biologique (Lovett, 1991). C'est un ensemble d'interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives d'une plante sur une autre (Macías et al., 2007 ; Rice, 1974). Par contre, son contrôle des mauvaises herbes est controversé. En effet, les effets allélopathiques directs et la pertinence écologique est difficile à prouver (Inderjit, 2006 ; Inderjit et Weiner, 2001; Inderjit et Weston, 2000; Blum et al., 1999; Inderjit et Keating, 1999). Néanmoins, l'allélopathie présente des capacités élevées de la lutte contre les mauvaises herbes en conditions réelles (in-situ) (Olofsson, 2001).

Les composés allélopathiques se comportent comme des herbicides naturels ; ils ont fréquemment plusieurs sites d'action et des effets divers sur les organismes cibles. Ces composés biochimiques peuvent être classés en grande partie comme métabolites secondaires, qui sont généralement considérés comme des composés qui ne jouent aucun rôle dans le processus du métabolisme essentiel à la survie des plantes. On trouve parmi ces composés des acides phénoliques, des flavonoïdes, des terpénoïdes, des alcaloïdes, etc... Les produits allélochimiques sont présents pratiquement dans tous les tissus de la plante, dans les fruits, les fleurs, les feuilles en passant par la tige aux racines et rhizomes. Aussi au niveau du pollen et les graines. Ces produits sont très répons dans les plantes spontanées (BenChacha., 2008). L'incorporation de ces substances allélo-chimiques dans la gestion de l'agriculture peut réduire l'utilisation d'herbicides, de fongicides, d'insecticides et diminuer la détérioration de l'environnement (Anaya, 1999). Dans cette optique, l'objectif de cette étude est de tester le pouvoir allélopathique de métabolites d'une plante invasive fourragère de la steppe Algérienne l'*Atriplex canescens*, dans la lutte contre des mécanismes physiologique (croissance et activité chlorophyllienne) d'une mauvaise herbes des céréales qui est l'orge des rats (*Hordeum murinum*). Les métabolites de l'*Atriplex* retenus dans cette étude sont les alcaloïdes, les flavonoïdes et les Triterpenoids. Et pour éviter les interrogations de l'effet de ces métabolites sur les plantes cultivées, ils sont en parallèle testés sur la germination de graines de plante cultivée céréalière qui est le blé dur (*Triticum durum*). Les démarches suivies dans la réalisation de ce document de mémoire sont les suivantes: Un premier chapitre consacré à une synthèse bibliographique. Cette synthèse rappelle des généralités sur l'allélopathie, sur les plantes adventices; le deuxième chapitre est consacré aux

matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail; les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le troisième chapitre; et enfin nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Synthèse Bibliographique

I. Généralité sur Allélopathie :

I.1. Définitions :

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).

Ce phénomène consiste à l'interférence chimique d'une espèce végétale avec la germination, la croissance ou le développement d'autres espèces de plantes. Le terme allélopathie a été présenté pour la première fois par Molisch en 1937. Ce terme est dérivé du mot grec «allelo» les uns des autres (Ang. of one another) et de «patheia» de souffrir (Ang. suffering) et indique l'effet préjudiciable de l'une sur l'autre, c'est à dire l'inhibition de la croissance d'une plante par une autre grâce à la production et la libération de substances chimiques toxiques dans l'environnement (Heisey, 1997).

Toutefois, le terme est généralement accepté pour couvrir à la fois des effets de stimulation et d'inhibition d'une plante sur une autre (Rice, 1984). Certains biologistes utilisent le terme dans un sens plus large, les entomologistes l'utilisent dans les interactions plante insecte et les microbiologistes dans les interactions plante-microorganisme.

Les substances libérées par les plantes affectent également d'autres composantes de l'environnement. Ils ont utilisé le terme « interaction allélochimique » qui englobe :

- l'allélopathie - les effets des substances allélopathiques libérées par les plantes sur les facteurs abiotiques (inorganiques et organiques) et biotiques des sols
- la régulation de la production et la libération des substances allélopathiques par les composantes biotiques et abiotiques de l'écosystème. (Inderjit et al. 1999)

I.2. Généralités sur les allélochimiques :

Selon Bounias (1999), le terme « substances allélochimiques » est parfois employé pour désigner également des alcaloïdes végétaux inhibiteurs de la croissance des parasites fongiques. Cependant, dans ce travail, ce terme est lié au problème particulier de la toxicité des substances végétales envers d'autres végétaux. Les allélochimiques sont libérés dans l'environnement par l'exsudation racinaire, la lixiviation par la surface des différentes parties, la volatilisation et/ou par la décomposition des matières végétales (Rice, 1984).

I. 3. Natures chimiques des 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 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 étoile (Figure 1) (Meyer et al., 2004).

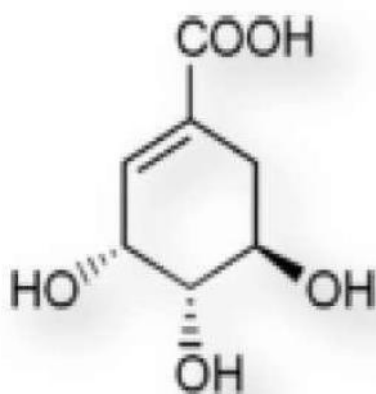


Figure 1: Structure de l'acide Shikimique (Bouton, 2005).

I. 3. 1. Alcaloïdes (Quinones) :

Les alcaloïdes constituent avec les hétérosides, la majorité des principes actifs des plantes médicinales. La plupart des alcaloïdes sont solubles dans l'eau et l'alcool et ont un goût amer et certains sont fortement toxiques.

Les alcaloïdes sont des molécules d'origine naturelle. On les trouve principalement chez les végétaux, mais aussi chez les animaux et chez certains microorganismes. Les alcaloïdes forment un groupe hétérogène du point de vue de leur structure, de leurs propriétés et de leurs effets biologiques. Ils agissent directement sur le système nerveux avec des effets sur la conscience et la motricité. L'action sur le système nerveux peut aller jusqu'à une action antispasmodique, et mydriatique, anesthésique locale ou analgésique et narcotique (Bruneton, 1999)

I. 3. 2. Térpenoïdes :

Les terpenoïdes 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 térpenoïdes constituent un vaste groupe de métabolites secondaires de structure diverse, et sont impliqués dans de nombreuses interactions biotiques. Les terpenoïdes 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 aphytale de la chlorophylle et d'hormones (acide gibbérelle 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).

I. 3. 3. Polyphénols :

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).

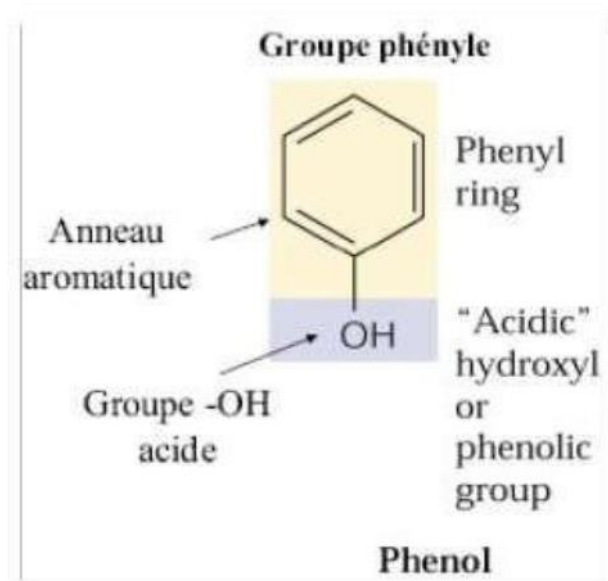


Figure 2 : Structure les molécules phénoliques (Buchnan, 2006).

I. 3. 4. Flavonoïdes :

Terme en latin ; favus jaune. Ont une structure de C₆-C₃-C₆ à poids moléculaire faible, ils peuvent être considérés parmi les agents responsables des couleurs de plante à côté des chlorophylles et caroténoïdes. Les flavonoïdes ont des sous-groupes caractérisés à contenant deux ou plusieurs cycles aromatiques existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, chacun portant une ou plusieurs groupes hydroxyles phénoliques et reliées par un pont carbone

Les flavonoïdes sont généralement des antibactériennes. Ils peuvent être exploités de plusieurs manières dans l'industrie cosmétique et alimentaire (jus de citron) et de l'industrie pharmaceutique (les fleurs de trèfle rouge traitent les rhumes et la grippe en réduisant les sécrétions nasales), comme certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales. (BRUNETON. J., (1999).

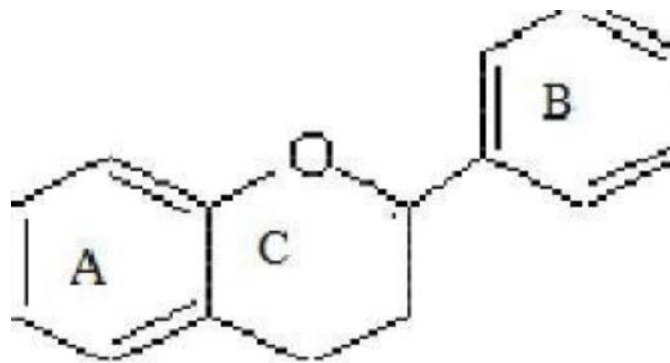


Figure 3: Structure de base des flavonoïdes (BRUNETON. J., (1999).

I. 3. 5. Tanins :

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

Une partie poly phénolique ; il existe deux catégories de tanins, d'origine biosynthétiques différentes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (paolini. V., ph. Dorchies, (2003).

I.4.Mode d'actions des composés allélopathiques :

Les substances allélochimiques ou chimio-allélopathiques sont généralement inhibiteurs de la croissance des tiges, des feuilles, des racines et de la croissance globale de la plante. Plusieurs composés sont des inhibiteurs de la germination. Le phénomène d'allélopathie ne se manifeste que lorsque la quantité critique des allélochimiques atteint les plantes ou les graines cibles. L'effet allélopathiques des différents organes des plantes agressives peut être différent selon espèces végétales (Friedman, 1995).

L'effet des molécules allélopathiques sur la plante cible peut être direct ou indirect par sa transformation dans le sol par les microorganismes (bactéries, champignons...) (Soltys et al., 2013).

L'explication de l'effet allélochimiques écologiquement basé sur l'étude des mécanismes physiologiques, chimiques et biochimiques des interactions entre les êtres vivants. Les molécules allélochimiques de la plante donatrice interfèrent à

plupart niveaux physiologiques et biochimiques dans les espèces végétales cible ;
donne :

-Effet sur la division et la croissance cellulaire du fait qu'elles interfèrent avec les protéines.

-Inhibition de la photosynthèse due à la diminution de la quantité de chlorophylle ou à l'inhibition du transport des électrons.

-Effet sur la respiration par inhibition de la consommation de l'O₂, l'oxydation du NADH ou production d'ATP.

-Inhibition du métabolisme de l'ARN, de l'ADN, des enzymes et des acides aminés (Inderjit et Keating, 1999).

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

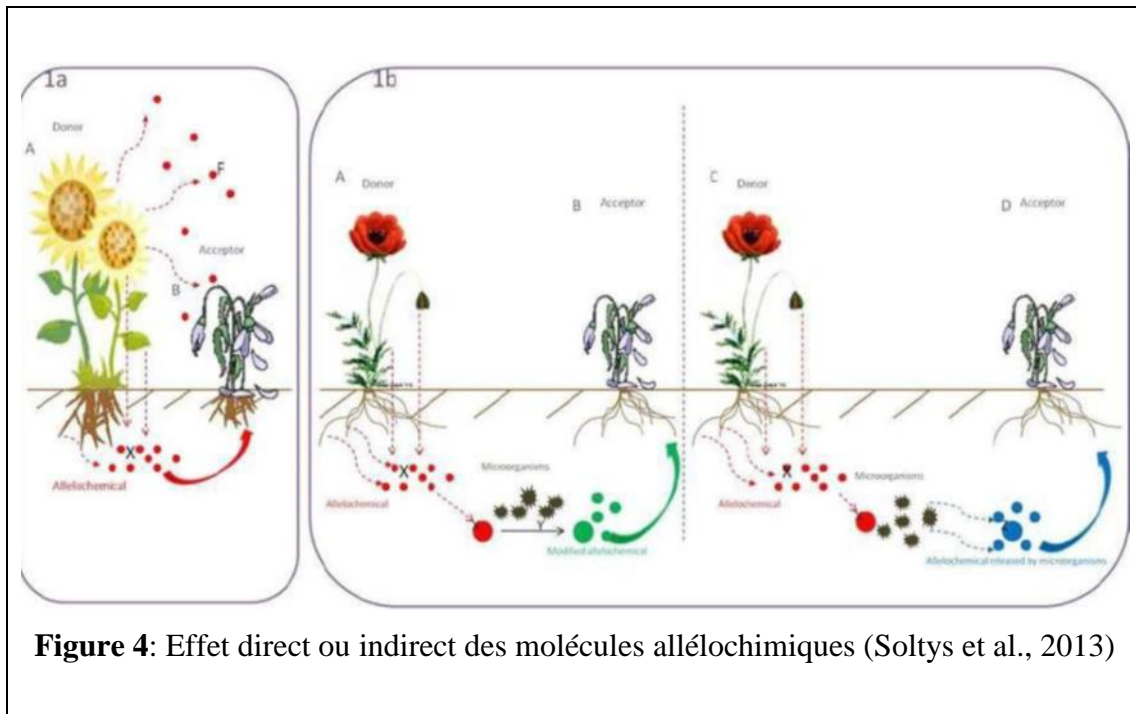
La croissance et synthèse : les composés phénoliques ont une action sur la régulation des hormones de croissance

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.



I. 5. Voies de libération des composés allélopathiques :

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

I. 5.1. Volatilisation :

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

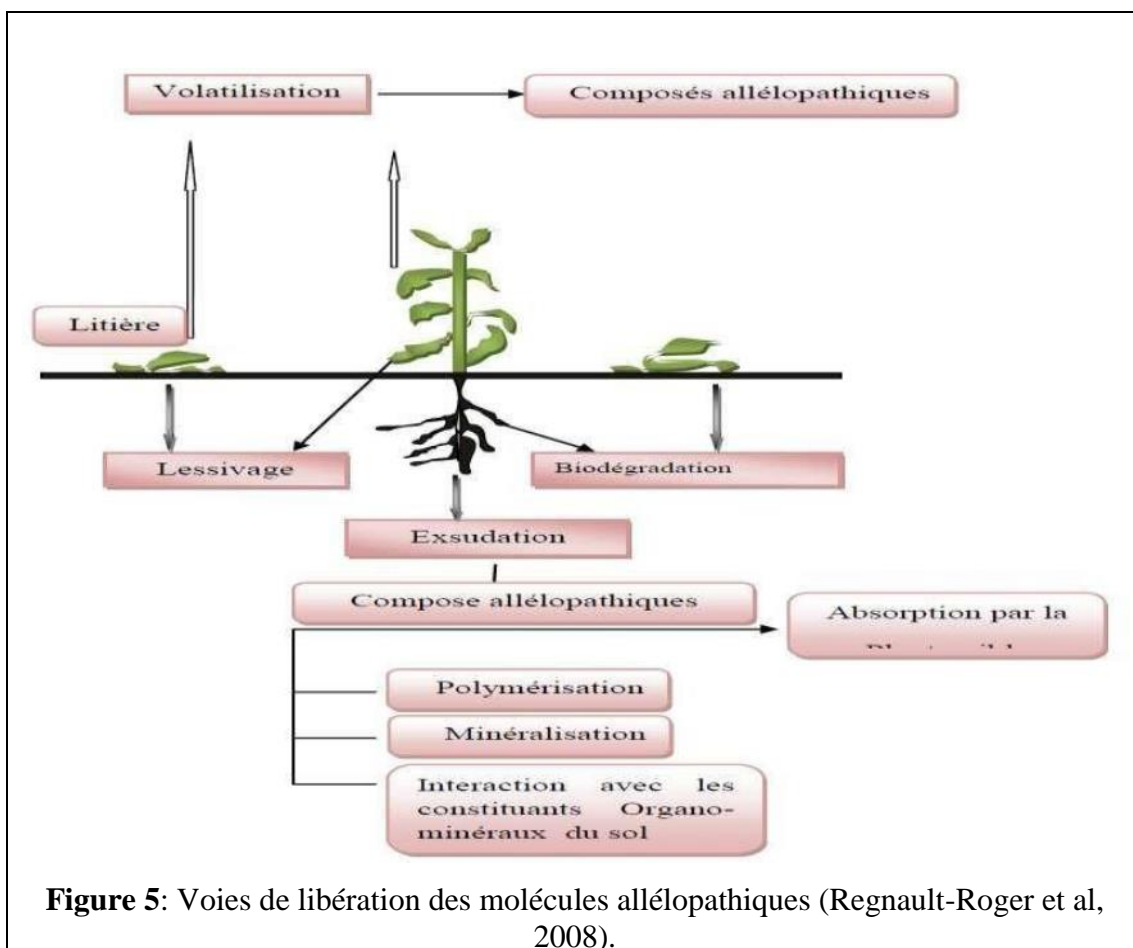
I. 5.2. Exsudations racinaires :

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

I. 5.3. Lessivage :

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

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

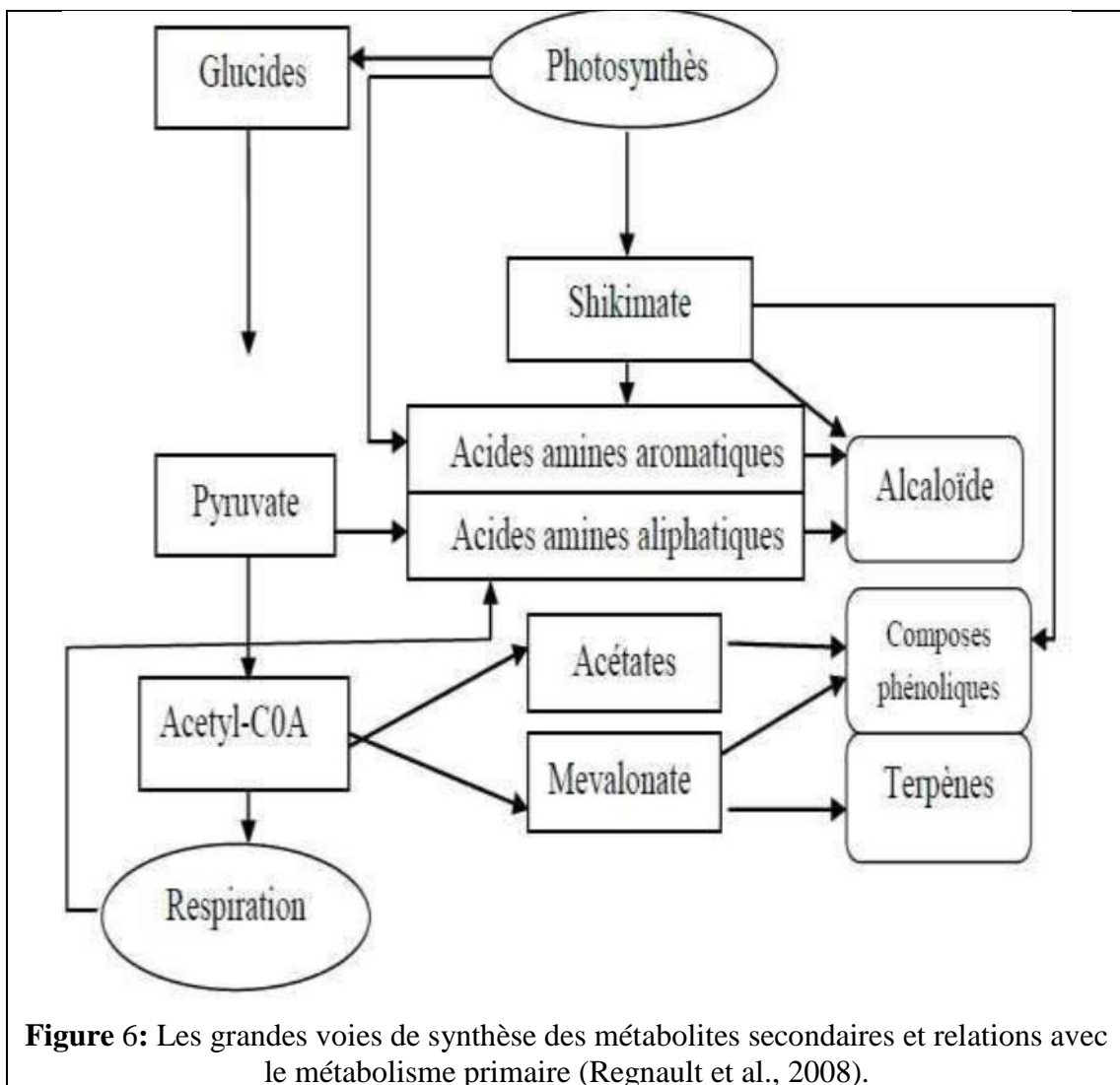


I.6.Métabolisme des composés allélopathiques :

Les produits allélo-chimiques 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 stress biotiques 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 terpénoïdes 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 6) (Benchacha, 2008).



I.7. Les allélochimiques dans les différents organes des plantes :

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

En tant que métabolites secondaires, les allélochimiques ne sont pas répartis dans tous les organes de la plante. Ils sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement. Par exemple durant le développement de la fleur, du fruit, de la graine ou de la plantule). Les composés allélopathiques sont produits à différents endroits de la cellule et emmagasinés surtout dans les vacuoles. Ils sont souvent synthétisés dans une partie de la plante et stockés dans une autre. En outre leur concentration dans la plante varie souvent dans des grandes proportions au cours d'une période de 24 heures (Raven et al., 2003).

I. 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 phytotoxiques 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).

I. 9. Allélopathie et environnement :

I.9.1. La synthèse des allélochimiques est affectée par les stress environnementaux :

La synthèse des substances allélopathiques, comme tous les métabolites secondaires, est très sensible aux facteurs de l'environnement, qu'ils soient de nature physique, chimique ou biologique. De plus, ces composés participent activement aux interactions de la plante avec son environnement, soit en jouant le rôle de signaux de

reconnaissance vis-à-vis de certains micro-organismes, soit en lui permettant de résister à divers agression, d'origine biologique ou non (Macheix et al. 2005).

Plusieurs études ont vérifié les mécanismes des systèmes d'auto-défense incluant l'allélopathie des plantes. Les plantes répondent aux stress environnementaux à travers des réactions biochimiques variées. Ce qui peut leur fournir une protection contre les agents causaux. Certains allélochimiques sont des substances antimicrobiennes produites uniquement après une blessure ou une attaque par des bactéries ou champignons (Raven et al., 2003).

I.9.2. 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 husaltissime (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 XXE siècle, peut-être en partie à cause de l'ailant hus altissime (Gomez- Aparicio L., Canham , 2008).

I.9.3. Allélopathie et compétition :

Le phénomène de l'allélopathie a été souvent considéré comme une part de la compétition ou complètement ignorée. Actuellement, ces deux mécanismes sont bien différenciés et sont généralement regroupés sous le terme d'interférences négatives. Les effets de ces interactions dépendent des facteurs physiques environnementaux et de la combinaison entre la compétition pour les ressources, les composés allélopathiques émis dans l'environnement et les facteurs de facilitation (Delabays et Mermillod, 2004).

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

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

I.10. 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 :

I.10.1. Concurrence des mauvaises herbes sur la culture :

Les propriétés allélopathiques ont été mises en évidence pour plus de 90 espèces de mauvaises herbes

I.10.2. 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 Cyméthylène développé par Shell à partir de Cinéol (composé terpénique de l'Eucalyptus) pour le désherbage des cultures de soja, d'arachide et de cotonnier.

I.10.3. Gestion des rotations culturales :

On observe des effets d'une culture sur la suivante, soit à cause de phénomènes d'autotoxicité (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).

I.10.4. 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 (Caussanel, 1973).

I.11. Quelques exemples d'expériences sur les plantes allelopathiques:

I.11.1. Les plantes cultivées :

L'effet allélopathique du tournesol (*Helianthus annuus* L.), est testé par Anjum et al. (2005) sur le développement des mauvaises herbes de blé comme *Phalaris mineur* (*Phalaris minor*), le chénopode blanc (*Chenopodium album* L.), le coronope didyme (*Coronopus didymus* (L.) Sm.), l'oseille (*Rumex dentatus* L.) et la luzerne polymorphe (*Medicago polymorpha* L.). Les résultats obtenus ont montré que les extraits des tiges et des racines d'*H. annuus* L. réduisent le poids frais des mauvaises herbes de 30-90% par rapport au témoin. Le riz (*Oryza sativa* L.) est parmi les céréales les plus étudiées pour ces effets allélopathiques. Le potentiel allélopathique a été décrit sur un nombre élevé de culture comme le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) (Wu et al., 1999), l'orge (*Hordeum vulgare* L.) (Lovett et Houlst, 1995), le tournesol (*Helianthus annuus* L.) (Leather, 1983) et le concombre (*Cucumis sativus* L.) (Putnam et Duk, 1974). Plus de 90 cultivars de riz sont utilisés dans des tests biologiques effectués au laboratoire par Ahn et Chung (2000). Ces tests ont pour objectif de déterminer le potentiel allélopathique de riz sur la germination des graines et le développement des plantules de l'ergot pied de coq (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.).

Les résultats montrent que les extraits aqueux de riz peuvent être une source d'un herbicide naturel. Des différences génétiques existent entre les cultivars étudiés dans leurs potentiels allélopathiques. Les extraits des pailles de riz sont les plus inhibiteurs d'*E. crus-galli* (L.) P. Beauv. Que les extraits des feuilles et des glumes (Chung et al., 2003). Ebana et al. (2001) ont montré que les extraits aqueux des feuilles du riz inhibent la germination des graines et la croissance des racines de la laitue (*Lettuce sativa* L.).

I.11.2. Les plantes médicinales :

Les recherches sur les plantes médicinales ont fait ressortir un certain nombre de plantes qui synthétisent des substances chimiques pouvant empêcher la croissance et baisser le rendement des plantes voisines. Asad et Bajwa (2005) ont étudié le potentiel allélopathiques du séné (*Senna occidentalis* (L.) Link) sur la partenelle (*Tanacetum*

parthenium (L.) Sch. Bip.), et ont conclu que les substances extraites de cette espèce peuvent éliminer quelques mauvaises herbes.

I.12. L'allélopathie et la lutte contre les mauvaises herbes :

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

D'après Ben Meddour (2009), les phénomènes d'allélopathie peuvent concerner le contrôle de la croissance des mauvaises herbes dans les différentes cultures, ceci, par des plantes de grande culture comme le blé, le riz et certaines légumineuses ou par d'autres espèces dans lesquelles peuvent intervenir des acides phénoliques et des flavonoïdes ou leurs produits d'oxydation. Ces propriétés peuvent trouver des applications agronomiques et écologiques, en permettant la stimulation ou l'inhibition sélective de la germination et de la croissance des plantes intéressantes pour l'homme. L'allélopathie a un intérêt majeur pour les chercheurs qui s'intéressent aux systèmes agricoles. Des effets allélopathiques des plantes de cultures à l'égard des mauvaises herbes pourraient être très bénéfiques (Ricklefs et Miller, 2005 ; Duke et al., 2002). L'allélopathie du riz est un mécanisme de défense qui se produit naturellement contre les adventices du riz, qui implique plusieurs facteurs, particulièrement la dynamique des allélo-chimiques et l'activité microbienne spécifique dans le sol (Kong et al., 2008).

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

II. Généralités sur les plantes Adventices ou Mauvaises herbes :

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

En agronomie, on appelle adventice toute plante poussant dans un champ cultivé, sans y avoir été intentionnellement mise par l'agriculteur cette année-là : « Adventice. Pris du mot latin qui veut dire advenir, qui advient, ou qui vient après coup, par surcroît,

qui est surajouté. On dit plantes adventices, celles qui croissent sans avoir été semées. Les mauvaises herbes, entre autres, sont des plantes adventices ; les bonnes qui viennent, comme on dit, de Dieu grâce, sont autant de plantes adventices. » (Schabol, 1767).

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 (Anonyme1 , 2006). Ce sont des plantes qui se propage naturellement (sans l'intervention de l'homme) dans des habitat naturel ou semi naturel (Brunel et al., 2005).

II.2. Facteurs de développements et distribution de la flore adventice

Selon Barrallis (1976) in Haouara (1997), la connaissance de l'écophysiologie des mauvaises herbes ou espèces adventices est indispensable et cela pour une meilleure 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 montrent 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 quand au peuplement des sols en végétation adventices. La classification de Montegut (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.*

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

Le rôle des facteurs de l'environnement dans le développement des adventices a été montré par un certain nombre d'auteurs. Le bourgeois (1993), Fried et al., 2008 .Ils observent que certains facteurs sont responsable de la distribution et de l'abondance des espèces au sein des communautés de mauvaises herbe .

II.3.1. Le climat :

Au cours d'une même année, la flore varie en fonction du cycle de développement des espèces en relation avec les variations climatiques saisonnières. Dans les champs cultivés, ces

variations sont également déterminées par la croissance de la culture et les pratiques culturales associées Barralis et Chadoeuf, (1980) in (Freid et al., 2008).

Selon Halimi (1980) le régime pluvial joue un rôle essentiel non seulement dans le rythme des phases de développement des plantes, germination bourgeonnement, feuillaison ...etc mais également sur l'abondance.

La température est certainement le facteur le plus important de germination parce qu'elle joue un rôle dans la vitesse des réactions biochimiques (Chaussat et al.,1975).

La classification de Montegut (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.

II.3.2. Le sol :

Le sol intervient plus particulièrement par ses propriétés texturales et chimiques (Bremner et Stroosnijder 1982). La texture conditionne la disponibilité en eau pour la végétation et contribue à l'expression du climat du sol, parfois plus important pour les végétaux que le climat proprement dit. En effet en région sèche, l'eau est plus rapidement disponible dans les sols ferrugineux sableux à texture grossière que dans vertisole à texture très argileuse, surtout au début de saison des pluies .En revanche la capacité de rétention en eau est beaucoup plus faible dans les sols à texture grossière, qui sont sujets à un dessèchement très rapide en fin de cycle ou lors d'un arrêt des précipitation .(Seghieri,1990)

II.3.3. Les effets de l'environnement agronomique sur les adventices :

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

plus, un milieu favorable au développement des maladies cryptogamiques, des virus, des insectes et des nématodes (INPV, 2007).

II.3.4. Impact agro -économique des mauvaises herbes :

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 débiter pendant les dernières récoltes (Thibault, 2004). Les habitats des mauvaises herbes sont plus ou moins ouvert et perturbé. Elles trouvent dans des itinéraire technique nouveaux et des conditions favorable qui permet de s'étendue a partir des milieux voisins des parcelles (Chauval et al., 2004).

II.4. Caractéristiques biologiques des adventices des cultures :

II.4.1. Les plantes annuelles (thérophytes) :

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

II.4.1.1. Les annuelles d'été :

Les plantes annuelles d'été germent au printemps et en été, produisent des organes végétatifs, des fleurs et des graines et meurent la même année. Les mauvaises herbes annuelles d'été ont en commun la propriété de pousser très rapidement et de produire beaucoup de graines. Les nouvelles plantes qui poussent à l'automne sont habituellement détruites par le gel (McCully et al., 2004).

II.4.1.2. 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

II.4.2. Les espèces bisannuelles :

Ces espèces complètent leur cycle au cours de deux années. Les mauvaises herbes bisannuelles germent au printemps, développent leurs organes végétatifs durant la première année et passent l'hiver à l'état de rosette puis fleurissent, produisent des graines et meurent la deuxième année (McCully et al.,2004).(figure 08) .

Les bisannuelles sont : Hémicryptophyte (ou géophyte) la première année, puis Thérophyte la seconde.

II.4.3. Les vivaces (géophytes) :

Ces espèces vivent au moins 03 ans et peuvent vivre longtemps ou presque indéfiniment, ce type d'adventices se propage par ses organes végétatifs (bulbes, rhizomes, stolons...) mais peut aussi se multiplier par graines (Safir, 2007).

Certaines plantes vivaces poussent en solitaire et on les appelle les vivaces simples, qui se multiplient principalement par graines, mais elles 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)(figure 07).

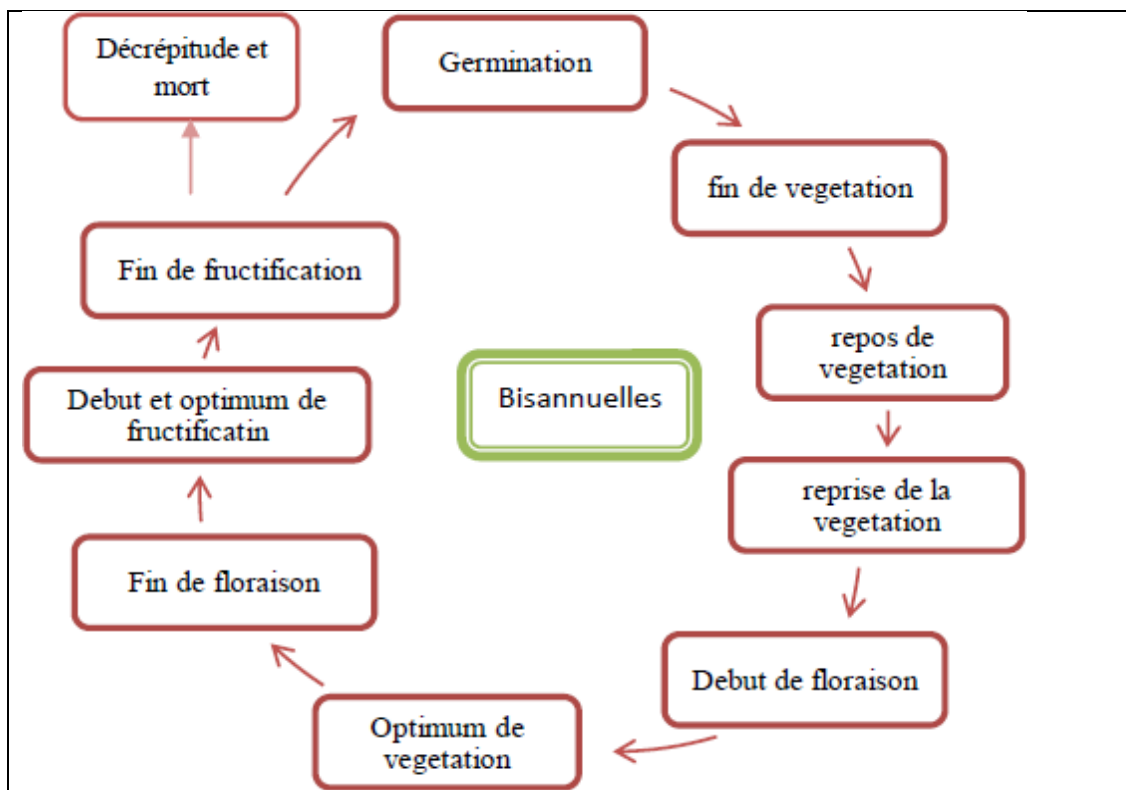
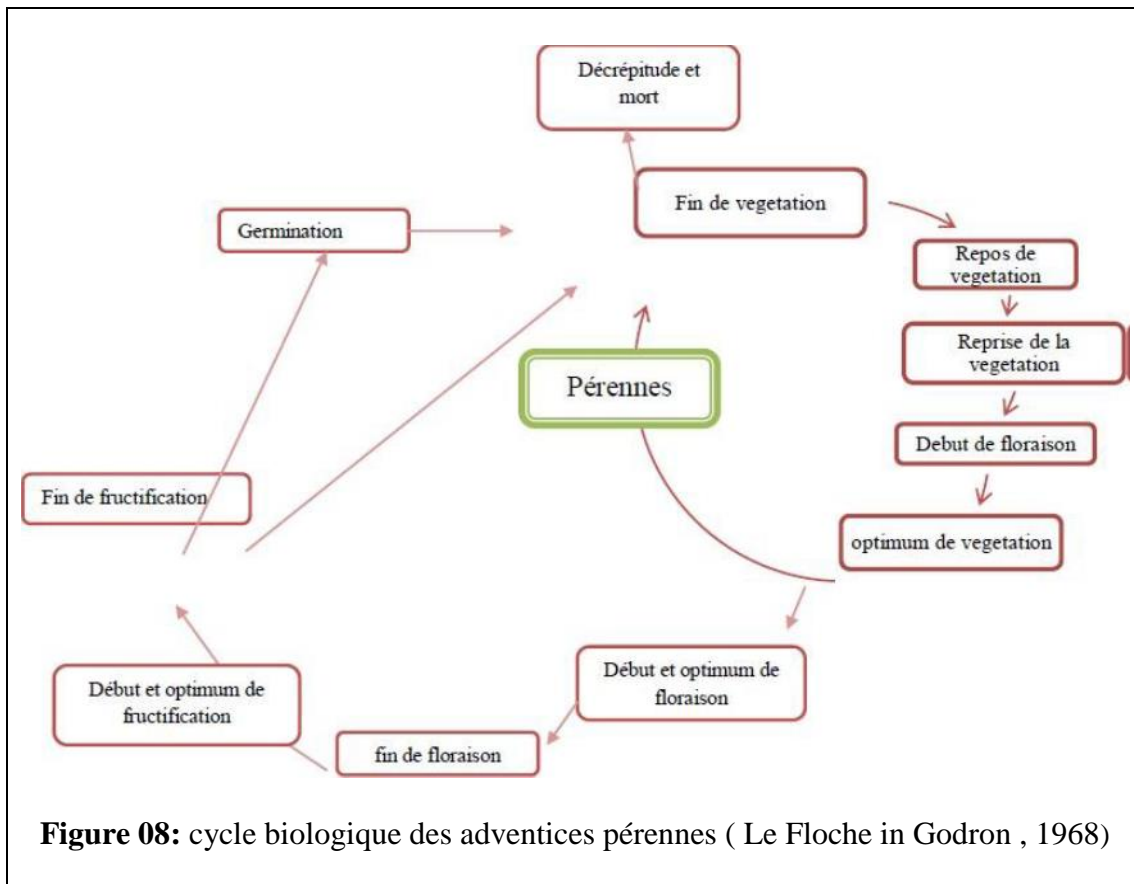


Figure 07 : Cycle biologique des adventices bisannuelles (Le Floche in Godron, 1968)



II.5. Phase conceptuelles de l'invasion d'une mauvaise herbe :

Selon Williams (1997) in Labrada (2005) les différentes phases d'invasion des adventives sont (figure 09) :

II.5.1. Phase de migration :

L'espèce doit atteindre premièrement la limite de la zone. Une fois qu'elle y est arrivée, elle peut, ou peut ne pas, entrer, ce qui dépend de différents facteurs.

II.5.2. Phase d'échappement :

Une fois dans la zone elle peut ne s'échapper qu'occasionnellement, ou finalement devenir entièrement acclimatée.

II.5.3. Phase d'établissement :

Pendant cette phase, la plante peut se reproduire dans le nouvel environnement, et la population commence lentement à se développer.

II.5.4. Phase d'expansion :

Finalement, le nombre de sites occupés s'étend au-delà des sites initiaux. L'expansion est plus rapide là où il y a plusieurs sites initiaux. Les causes de cette expansion diffèrent selon les

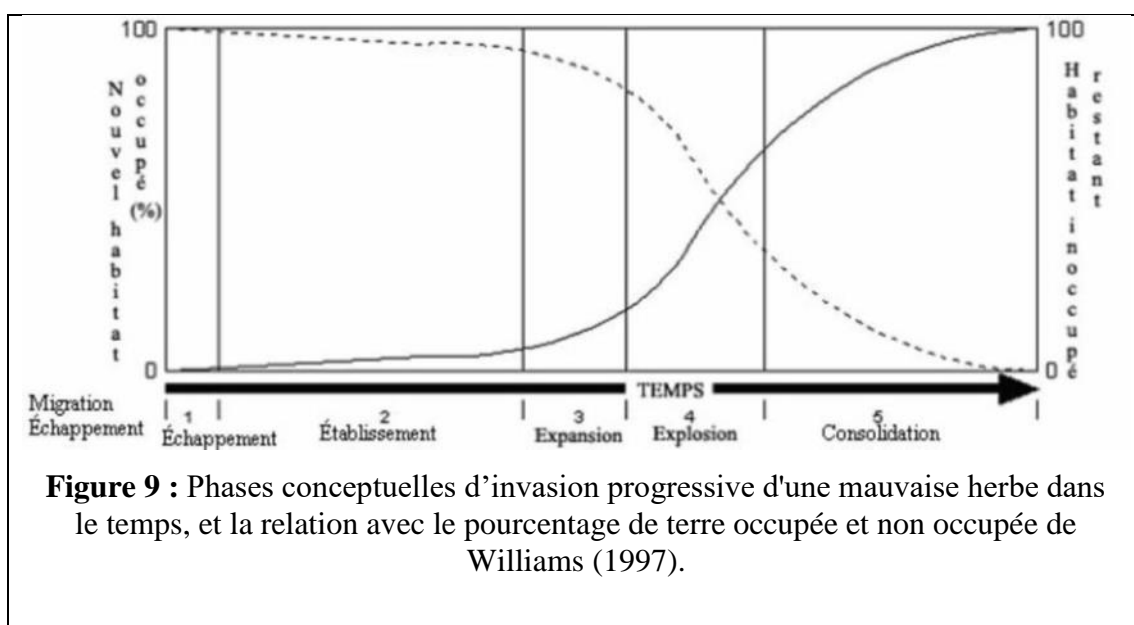
espèces et ne sont pas bien connues. Les facteurs sont divers, y compris les saisons de croissance particulièrement favorables, l'arrivée de nouveaux pollinisateurs ou d'agents de dispersion, l'espèce s'adaptant à son nouvel environnement par la formation de nouveaux dispersion, l'espèce s'adaptant à son nouvel environnement par la formation de nouveaux génotypes. Bien souvent c'est seulement à cette étape que la plante commence à être perçue comme un organisme nuisible.

II.5.5. Phase d'explosion :

C'est la période où l'aire occupée par l'organisme nuisible s'étend rapidement et souvent il commence à faire l'objet d'inquiétude officielle.

II.5.6. Phase de retranchement :

L'aire de l'organisme nuisible s'étend lentement aux derniers habitats qui restent pour couvrir la totalité de son aire de distribution dans la zone. Ceci ne signifie pas que l'espèce se rencontre sur toute terre propice à tout moment, mais que la probabilité que cela arrive est élevée.



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

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

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

II.7. 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. Ces deux concepts montrent clairement les dégâts causés par les mauvaises herbes, et leur effet sur la productivité et le rendement des cultures.

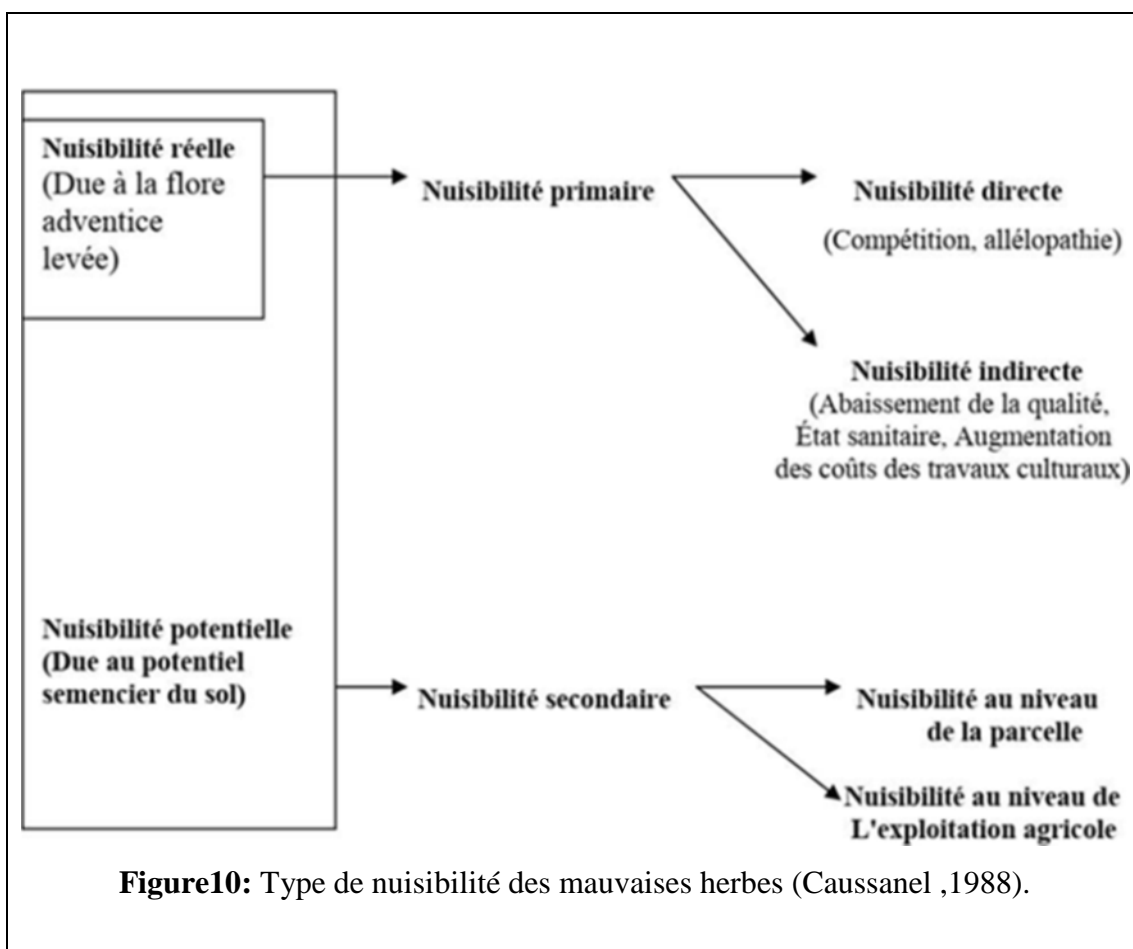
II.7.1. La nuisibilité due à la flore potentielle :

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

II.7.2. 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 (Caussanel, 1988).



II.7.3. Seuil de nuisibilité :

II.7.3.1. Seuil biologique de nuisibilité :

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

II.7.3.2. Seuil économique de nuisibilité :

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

II.8. Méthodes de lutte contre les Mauvaises Herbes :

L'incidence d'une mauvaise maîtrise des adventices est particulièrement négative sur la production agricole (Vall et al, 2002). La mise en point des techniques de désherbage approprié nécessite une connaissance de la composition de la flore adventice (Lebreton et al., 2005).

II.8.1. 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)

III. Généralités sur *A. canescens*:

III.1. Classification :

Tableau N°1 : classification de plante *A. canescens* (Benmansour, 2014)

Règne:	Plante
Embranchement:	Spermaphytes
Sous embranchement:	Angiospermes
Classe:	Dicotylédones
Famille:	Chénopodiacée
Genre:	<i>Atriplex</i>
Espèce	<i>Atriplex canescens</i>

III.2. Répartition et habitat :

Selon (Franclet & Houerou, 1971) *L'A. canescens*, est d'origine d'Amérique du nord, on la trouve au Colorado, Utah, Wyoming, Nevada, New Mexico, Ouest du Texas et le Nord du Mexique (Berri, 2008). Elle existe dans les étages bioclimatiques semi arides et aride supérieur et moyen à hiver chaud et froid, elle peut résister également à la sécheresse (Franclet & Houerou, 1971). Selon Oudina & Selfaoui, (2014) la plante est particulièrement intéressante en raison de sa plus grande résistance au froid.

Selon (Sanderson, Stewart, & Arthur, Durant, 2004) l'espèce est appelée Occidentalise plutôt que Canescens est que le nom de la variété canescens doit donner aux plantes de la localité de type (site à partir duquel l'espèce a été d'abord recueillies et décrites). Le type localité pour la plante est une zone de badlands le long de la rives de la rivière Missouri Big Bend dans le Dakota du Sud, où la plante a été recueilli par les explorateurs Lewis et Clark (???) et décrit par Frederick Pursh (???)

III.3.Exigences édapho-climatiques :

L'espèce *A. canescens*, se trouve dans les étages bioclimatique semi-aride et aride supérieur et moyen, à hiver chaud et froid (Franclet et Le Houérou, 1971) entre des isohyètes de 150 à 200mm dans son aire d'origine d'optimum et de température qui peut aller de -2°C jusqu'à +35°C. Elle peut résister également à la sécheresse, et tout cela explique la grandeur de l'aire de répartition de cette espèce dans le monde (Franclet et Le Houérou, 1971).

L'implantation et la croissance de l'Atriplex sont favorisées par une salure faible en surface mais plus importante en profondeur (Pouget, 1980). Cette espèce ne semble pas avoir d'exigences particulière et accepte tout type de sols (Froment, 1972).

III.4. Morphologie :

C'est un arbuste buissonneux de 1 à 3m de haut, formant des touffes de 1 à 3m de diamètre. Le port est plus au moins intriqué, les rameaux blanche, les feuilles courtement pétiolées, entières, alternes, linéaires, lancéolées, un innervées, et grisâtre, de 3 à 5cm sur 0,3 à 0,5cm accompagnées de feuilles axillaires plus petites (0,5 à 1,5 sur 0,1 à 0,3cm) L'inflorescence est dioïque, en épis simples ou paniculés au sommet des rameaux pour les mâles, axillaires ou en épis sub-terminaux (Bouchoukh, 2010; Benmansour, 2014) pour les fleurs femelles les graines vêtues de 4 ailes à bords denticulé sont des dimensions (de 10 à 20 mm). C'est une plante dioïque (Berri, 2008).

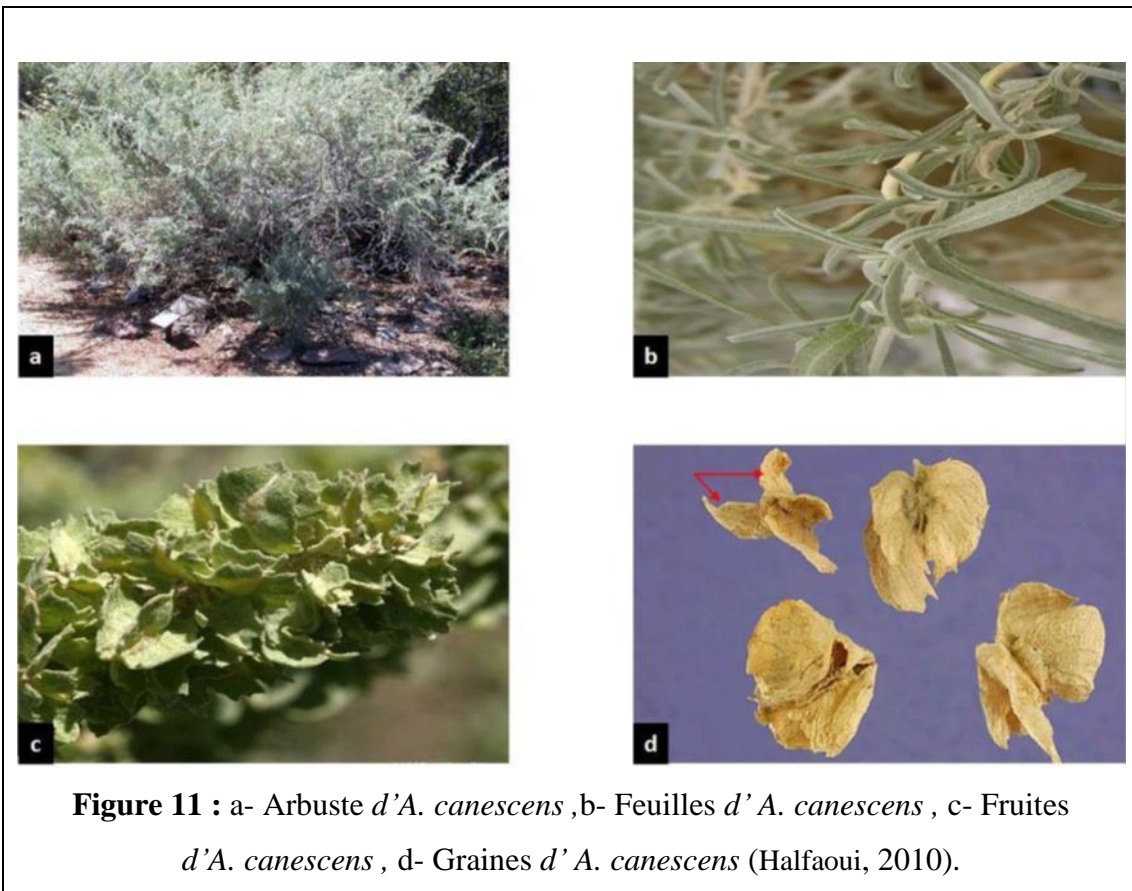


Figure 11 : a- Arbuste d'*A. canescens* ,b- Feuilles d' *A. canescens* , c- Fruites d'*A. canescens* , d- Graines d' *A. canescens* (Halfaoui, 2010).

Chapitre II

Matériel et méthodes

I. Préparation du matériel végétal :

A) Le fauchage :

Les échantillons de l'*Atriplex canescens* ont été collectés dans la région de Laghouat en fin Novembre 2023. A l'aide d'un sécateur nous avons coupé les feuilles de la plante.

B) Le séchage :

Les échantillons collectés de l'*Atriplex canescens* ont été étalés sur un linge propre pendant 60 jours dans une pièce aérée.

C) Le broyage

Les feuilles séchées de l'*Atriplex canescens* sont déchiquetées à l'aide d'une paire de ciseaux en petits morceaux afin de faciliter leur broyage. Elles sont par la suite directement broyées à l'aide d'un broyeur électrique (Figure 12) Le broyat de l'*Atriplex canescens* constitue le matériel végétal final que nous avons utilisé pour l'extraction des groupements moléculaires des métabolites (Alcaloïdes, Flavonoïdes et Triterpénoïdes).



Figure 12 : Broyage de la plante (*Atriplex canescens*), (Cliché Originale, Février 2024).

II. Caractérisation chimique de l'*Atriplex canescens*:

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

Afin de confirmer l'existence des interactions intermoléculaires au sein des systèmes binaires, nous avons procédé à une analyse par infra-rouge en utilisant un spectrophotomètre de type jasco FT/IR-4200 (figur13.). Cette technique d'analyse consiste à soumettre un échantillon à un rayonnement infrarouge. Les molécules organiques soumises à ce rayonnement absorbent ces radiations en modifiant leurs énergies de vibration. La technique recouvre une large gamme de techniques, la plus commune étant celle que nous avons utilisé. Comme pour toutes les techniques de spectroscopie, elle peut être employée pour l'identification de composés ou pour déterminer la composition d'un échantillon.



Figure 13 : Spectrophotomètre jasco FT/IR-4200.

La spectroscopie infrarouge est principalement, utilisée pour étudier les interactions entre les molécules, en analysant le profil du mode vibratoire, à savoir : la position, la largeur et l'intensité des bandes spectrales. La position du pic ou de la

bande indique non seulement la présence d'un groupe particulier, mais donne également une bonne idée de l'environnement qui l'affecte.

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

La formation de la liaison hydrogène est d'une importance capitale dans de nombreux procédés industriels, elle joue un rôle central dans les processus biologiques au niveau moléculaire.

Elle est responsable de la réorganisation structurale des molécules de mélanges, elle détermine également la structure et les propriétés de beaucoup de molécules et macromolécules biologiques.

La spectroscopie infrarouge joue un rôle crucial dans l'étude de la liaison hydrogène. Les spectres IR ont été enregistrés afin d'examiner les différentes interactions présentes dans les mélanges étudiés au niveau moléculaire. Les spectres ont été enregistrés entre 4000 cm^{-1} et 2000 cm^{-1} et révèlent tous la présence de bandes intenses et larges entre 3500 et 3000 cm^{-1} .

Pour l'identification des composés une table (Annexe I) de corrélation de spectroscopie infrarouge est utilisée pour déterminer les composés de l'*Atriplex canescens*

II.2. Tests phytochimiques de l'Atriplex :

Les tests phyto-chimiques ont été effectués en même temps sur le broyats de l'*Atriplex canescens* par (Benyahia et al., 2024) et confirment la présence des métabolites retenus pour mener cette étude (Tableau N°2).

Tableau N° 02 : Résultats des tests phytochimiques (Benyahia et al., 2024)

Molécules	<i>Atriplex canescens</i>
Flavonoïdes	++++
Alcaloïdes	+++
Stérols et tri terpènes	++++

Notations : +++ : Positif ; ++++ : Fortement positif.

II. 3. Extraction des groupements moléculaires de l'Atriplex

L'extraction des groupements moléculaires retenus pour la réalisation de ce travail est effectuée aux laboratoires de l'université de Laghouat, en nous basons sur des méthodes décrites par (Quettier-Deleu., 2000 ; Mojab *et al.*, 2003).

III.3.1. Flavonoïdes :

30 g de poudre de plante sont mis 90 ml d'eau pendant 24 h ; le mélange est ensuite filtré ; le filtrat récupéré est évaporé au Rotavapor, après évaporation, on met en œuvre une série d'extraction liquide par le butanol qui donnent la majorité des flavonoïdes glycosidiques.

On ajoute 80 ml de butanol dans l'ampoule décantation La solution organique est alors évaporée à température ambiante.

III.3.2 Tri terpènes (méthode de Ferguson 1956) :

10 g poudre de plante sont mis 100 ml d'éthanol pendant 24 heures ; le mélange est filtré et soumis à une extraction liquide-liquide avec l'éther de pétrole. La phase organique est récupérée puis évaporée sous pression réduite à sec à une température ambiante (Singh *et al.*, 2015).

III.3.3. Alcaloïdes:

Une masse de 2 g de la poudre végétale a été macérée dans 50 ml d'acide chlorhydrique 1% pendant une nuit. Après filtration, on ajoute de l'ammoniac afin d'alcaliser le filtrat. Une extraction liquide-liquide avec du chloroforme est réalisée trois fois (Figure 14). La phase organique est récupérée puis évaporée sous pression réduite à sec à une température de 55°C.



Figure 14 : Extraction liquide-liquide avec du chloroforme, (Cliché Original, 2024)

III. Travail Expérimental du test alléopathique:

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

III.1. La préparation des solutions Extraits aqueux des groupements moléculaires de l'Atriplex canescens:

Les solutions des métabolites extraits de l'*A. canescens* sont préparées à la température ambiante du laboratoire (20-25°C). Deux différentes doses sont considérées pour chacun des trois groupements moléculaires de l'*Atriplex canescens*. Pour cela, à l'aide d'une balance électronique nous avons pesé (3 g) de chacun des trois extraits, qui sont ajoutés chacun à 250 ml d'eau distillée; après cela les solutions (qu'on appellera solutions mères), sont agitées pendant 40 min à l'aide d'un agitateur. Ces solutions sont ensuite diluées pour obtenir à partir de chacune d'elle, deux autres solutions filles de concentrations respectives C1= 0,0006 ($6 \cdot 10^{-4}$) g/l et C2= 0,0009 ($9 \cdot 10^{-4}$) g/l.

III.3. Matériel végétal (semences) utilisées pour le test de l'allélopathie:

Les semences de la mauvaise herbe utilisée pour réaliser ce travail ont été récoltées dans les champs cultivés dans la région de Laghouat entre les périodes de Mai et Juin 2023, il s'agit de l'espèce: orge des rats (*Hordeum mucinum*). Celles de la plante cultivée nous a été fournie par l'OAIC, il s'agit de semences de blé dur (*Triticum durum*).

III.3.2. Description générale des espèces cibles utilisées durant le test de l'allélopathie :

III. 3.2.1. Orge des rats (*H. murinum*) :

Cette plante herbacée, cespiteuse, annuelle, à racines fibreuses, à tige pouvant atteindre 40 à 50 cm de hauteur est très commune dans les régions tempérées. Ses épillets se caractérisent par de nombreuses arêtes ou barbes pouvant atteindre 5 cm de long. Glumes et lemmes sont aristées (garnies d'arêtes).

III.3.2.2. Blé dur *Triticum durum* (Variété Sémito)

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

IV. Dispositif expérimental du test du pouvoir allélopathique :

IV.1. Dispositif expérimental

Le protocole expérimental adopté au cours de notre expérience est une randomisation complète avec trois facteurs à différents niveaux :

- ✓ Facteur 1 est la plante cultivée cible avec 2 niveaux (blé et orge des rats) ;
- ✓ Facteur 2 est le groupement moléculaire utilisés avec 4 niveaux (Alcaloïdes, Flavonoïdes, Triterpenoids et Eau de robinet considérée comme témoin) ;
- ✓ Facteur 3 est la concentration utilisée avec 3 niveaux ou traitements (T, C1, et C2).

Le plan totalement randomisé (PTR) est réalisé avec trois répétitions pour chaque traitement utilisé et à raison de 10 plants par alvéoles. L'avantage majeur du PTR est la simplicité des calculs et de l'analyse de la variance (ANOVA), notamment lorsque le nombre de répétitions n'est pas uniforme pour tous les traitements (Fieberg et al. 2020).

IV.2. Conduite de l'expérience et notations des mesures

IV.2. 1. La pré-germination

La pré-germination des graines de l'orge des rats et du blé dur est réalisée sur un papier absorbant humidifié avec de l'eau de robinet, dans une boîte de pétri, en étuve à une température de 25 ± 1 (°C) jusqu'à l'apparition des racicules (Figure 15).



Figure 15 : Représentation de graines germées (Cliché originale2024).

IV.2. 2. La levée et le repiquage

Le taux de germination des semences pour les deux plantes a été de 100%. Quinze jours après leur germination (un temps qui nous avons considéré assez suffisant pour pouvoir facilement manipuler les plantules sans les endommager), les plantules sont ensuite repiquées dans des alvéoles expérimentale d'une contenance de 100 g, remplies au $\frac{3}{4}$ de tourbe. Le repiquage dans la tourbe est effectué à une profondeur de 2 à 3 mm environ et à raison de dix graines germées (plantules), par alvéoles.

IV.2.3. L'arrosage des plantules repiquées dans les alvéoles

Les jeunes plants ont été arrosés régulièrement avec les solutions préparées à partir des trois extraits, avec une dose similaire (10 ml), pour chaque plant et une fréquence de 2 à 3 fois par semaine.

IV.2.4. Description des différents traitements utilisés dans ce travail

Pour le test de l'allélopathie, nous avons opté pour 3 doses (Traitements) comme suit :

➤ Le traitement noté (T) : qui représente le substrat tourbe arrosé à l'eau du robinet, ou témoin.

➤ Le traitement (C1) : qui représente la concentration 6.10^{-3} g/l de l'extrait de chaque groupement moléculaire utilisé. Et selon le groupement moléculaire, les notations sont les suivantes : Flavonoïdes C1 (Fl C1), Alcaloïdes C1 (Al C1) et Triterpenoids C1 (Tt C1).

➤ Le traitement noté (C2) : qui représente la concentration 9.10^{-3} g/l de l'extrait de chaque groupement moléculaire utilisé. Et selon le groupement moléculaire, les notations sont les suivantes : Flavonoides C2 (Fl C2), Alcaloides C2 (Al C2) et Triterpénoids C2(Tt C2).

Pour rappel, le plan utilisé est totalement randomisé (PTR) est réalisé avec trois répétitions pour chaque traitement utilisé et à raison de 10 plants par alvéoles



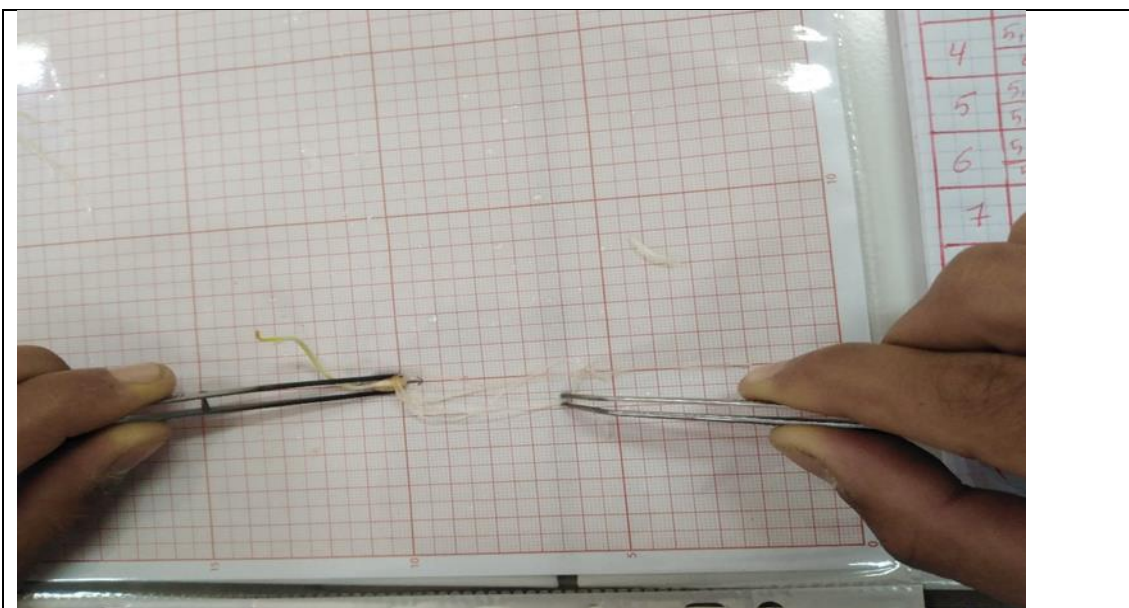
Figure 16 : Représentation du dispositif expérimental (Alvéoles de culture)

V. Suivi de la croissance, du comportement physiologique des plantes et notations :

V.1. Mesures des longueurs de croissance des tiges et des racines :

Cette opération est réalisée pour évaluer la croissance des plantes vis-à-vis du traitement. Elle est réalisée à l'aide d'un papier millimétré (Figure17), quinze jours (15 jours) après le repiquage des plantules dans les alvéoles et leur arrosage respectif avec les solutions des groupements moléculaires aux différentes concentrations. Les

longueurs de croissance la racine que nous notons : (LR) et la longueur de croissance de la tige que nous notons : (LT).



Figure(17) : Mesure des longueurs des tiges et des racines (Cliché originale 2024).

V.2. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF) :

Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100 mg d'échantillon de feuilles fraîches des plants de tomate, coupées en petits fragments, 5ml d'acétone à 80% et on laisse macérer pendant 48 heures. Les concentrations de la chlorophylle totale sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 663 et 645 nm. L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 80%. La concentration de la chlorophylle totale dans les feuilles fraîches est alors calculée à l'aide de formule suivante :

$$\text{La chlorophylle totale (mg/ g MF)} = 20,2 \text{ DO}(645) + 8,02 \text{ DO}(663)$$

D_0 : est la densité optique Spectre-photométrique.

V. 3. Dosage de la proline (mmol/g MF) :

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley, (1955), simplifiée et mise au point par Rasio et *al.*, (1987).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-Marie pendant 60 mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

- ❖ 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ;
- ❖ 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ;
- ❖ 1 ml de mélange contenant :
 - -120 ml d'eau distillée ;
 - -300 ml d'acide acétique ;
 - -80 ml d'acide ortho phosphorique (H_3PO_4 , d=1.7).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On détermine la densité optique (Do) à l'aide d'un spectrophotomètre (type 20D) sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe étalon préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

VI. Analyses statistiques des données

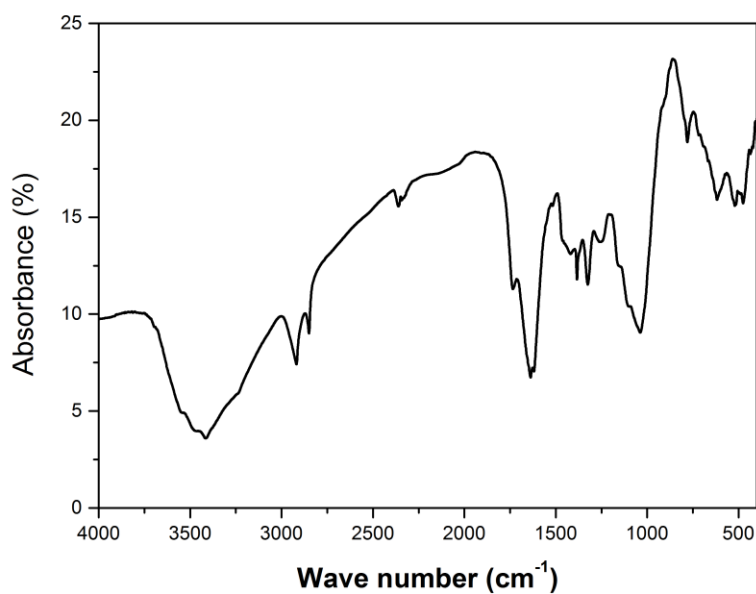
Les données collectées ont été soumises à des analyses de la variance (ANOVA) intra et intergroupes, à trois facteurs avec un risque de 5% et ensuite à une analyse en composante principale (ACP) par utilisation du Logiciel XLStat version 2016.

Chapitre III :

Résultats et Discussion

I. Résultats de la caractérisation chimique de l'*A. canescens* par spectroscopie IR (FT-IR)

La figur(18), montre l'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR) d'*A. canescens*, elle révèle une signature chimique distincte. Des bandes d'absorption intenses et larges entre 3200 et 3550 cm^{-1} indiquent la présence de groupes hydroxyles, caractéristiques des alcools. Une bande d'intensité moyenne à 2800-3000 cm^{-1} indique des vibrations d'étirement C-H d'alcane. D'autres caractéristiques comprennent un pic important à 1680-1700 cm^{-1} correspondant au mode d'étirement C=O des acides conjugués ou des aldéhydes, et des bandes intenses à 1000-1070 cm^{-1} attribuables à l'étirement C-O dans les alcools primaires..



Figure(18): Caractérisation chimique de l'*A. canescens* par spectroscopie IR.

II. Résultats du Suivi de la croissance, du comportement physiologique des plantules cibles:

II.1. Longueurs de croissance des tiges

L'ANOVA effectuée sur la longueur de la tige, a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$), l'interaction entre le facteur de la culture cible, groupement moléculaire utilisé et la concentration de l'extrait de l'arrosage est assez bonne et est de 64,62%.

II.1. 2 Longueurs de croissance des tiges du blé

La figure N° (19), présente la hauteur de la tige du blé en fonction des groupements moléculaires appliquées et de leurs concentrations. On observe, la plus longue tige 17.83 cm avec l'application de l'extrait des alcaloïdes à la concentration **C1**. L'application de l'extrait des flavonoïdes avec une concentration **C1** enregistre la plus faible hauteur de tige 8.33cm chez le blé.

Des longueurs de tige intermédiaires sont observées chez le blé après application des extraits des autres groupements moléculaires avec différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence non significative ($p = 0,057$) et la formation d'un seul groupe statistique.

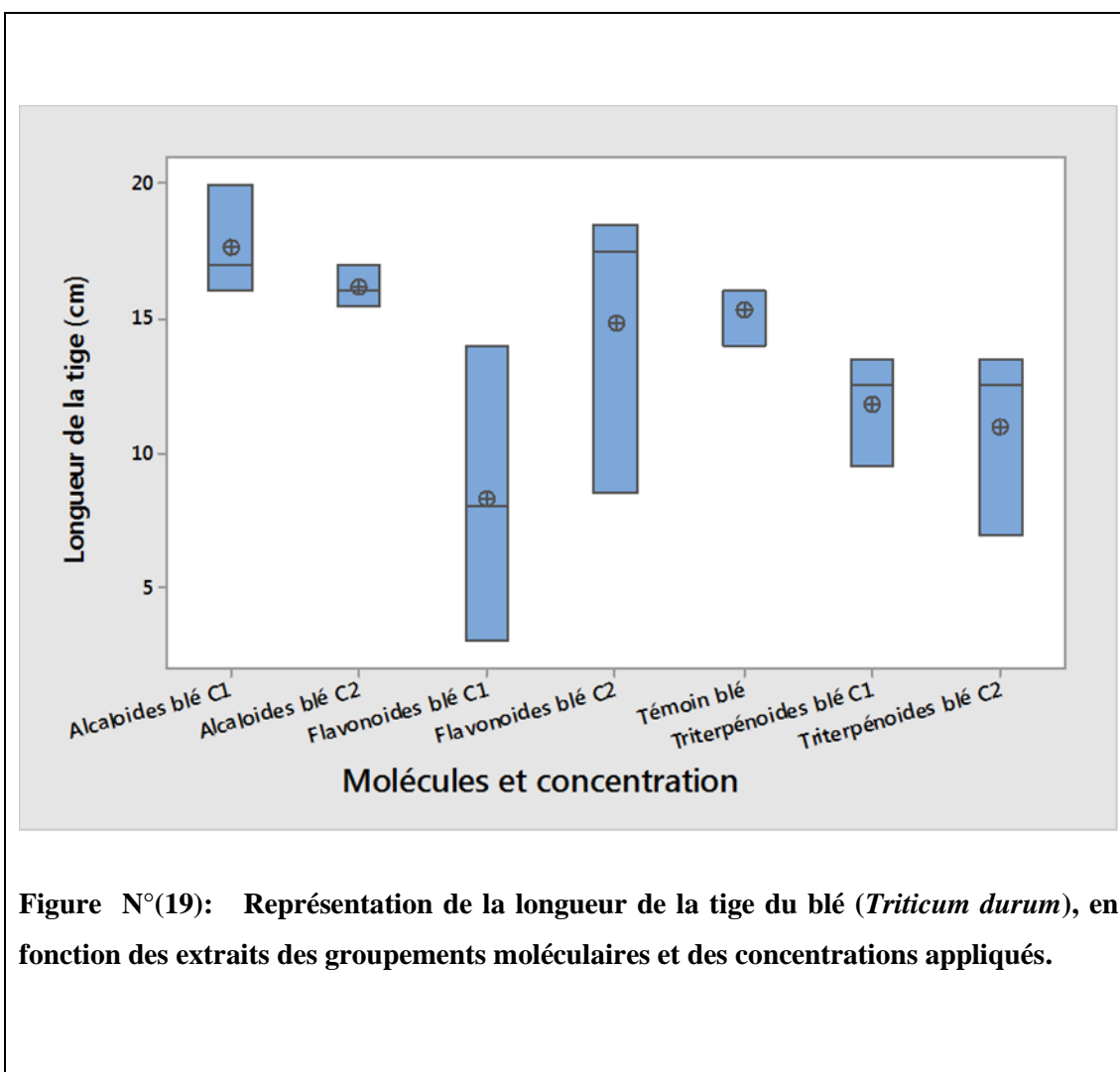


Figure N°(19): Représentation de la longueur de la tige du blé (*Triticum durum*), en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliqués.

II.1. 2 Longueurs de croissance des tiges de l'orge des rats

La figure N°(20), présente la hauteur de la tige de l'orge des rats en fonction des groupements moléculaires appliquées et de leurs concentrations. On observe, la plus longue tige 15,57 cm avec l'application de l'extrait témoin (H20). L'application de l'extrait des flavonoïdes avec une concentration **C1** enregistre la plus faible hauteur de tige 4,83cm chez l'orge des rats.

Des longueurs de tige intermédiaires sont observées chez l'orge des rats après application des extraits des autres groupements moléculaires avec différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence non significative ($p= 0,007$) et la formation de cinq (5) groupes statistique.

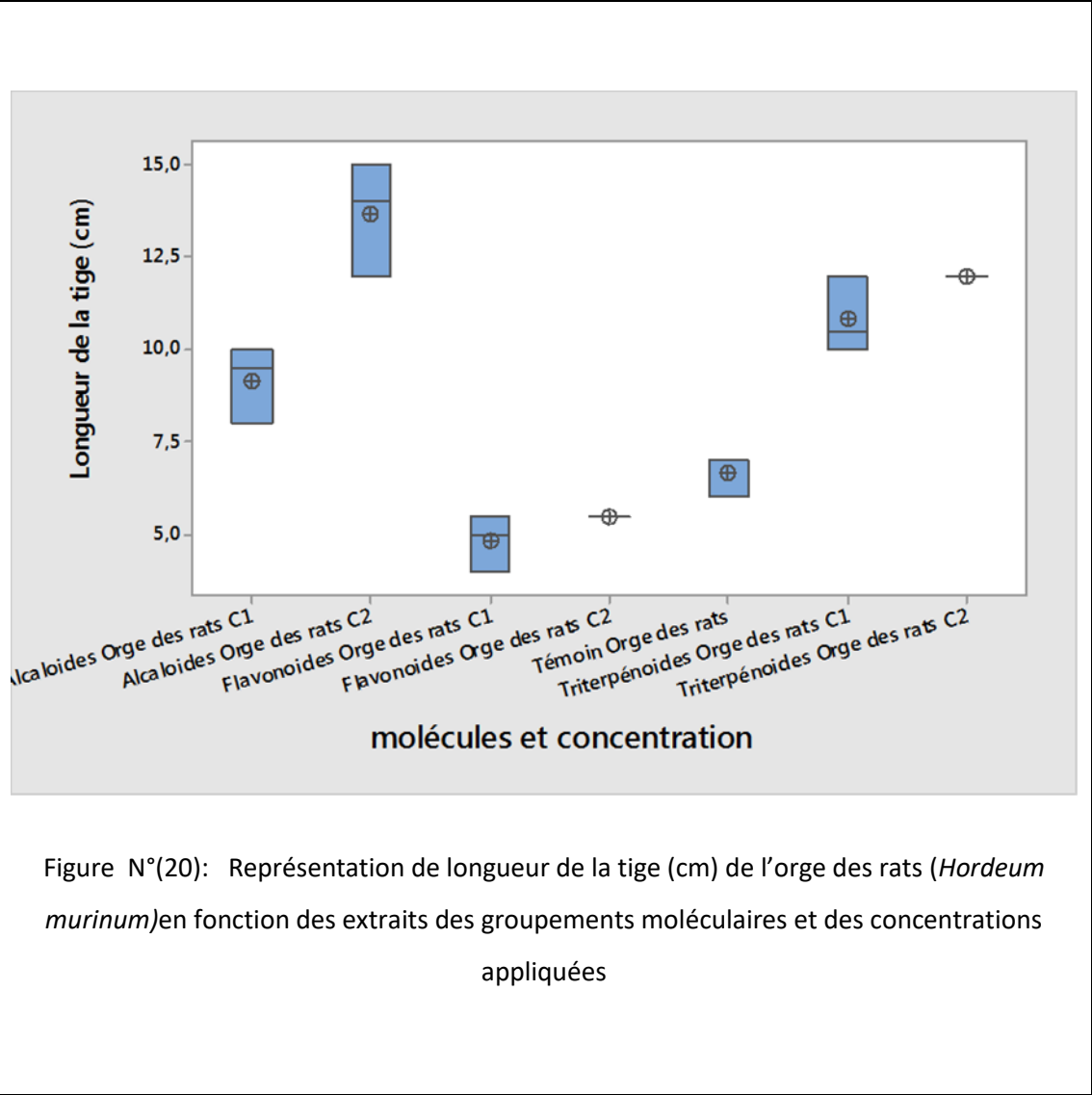


Figure N°(20): Représentation de longueur de la tige (cm) de l'orge des rats (*Hordeum murinum*) en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliquées

II.2. Longueurs de croissance des racines des plantes cibles

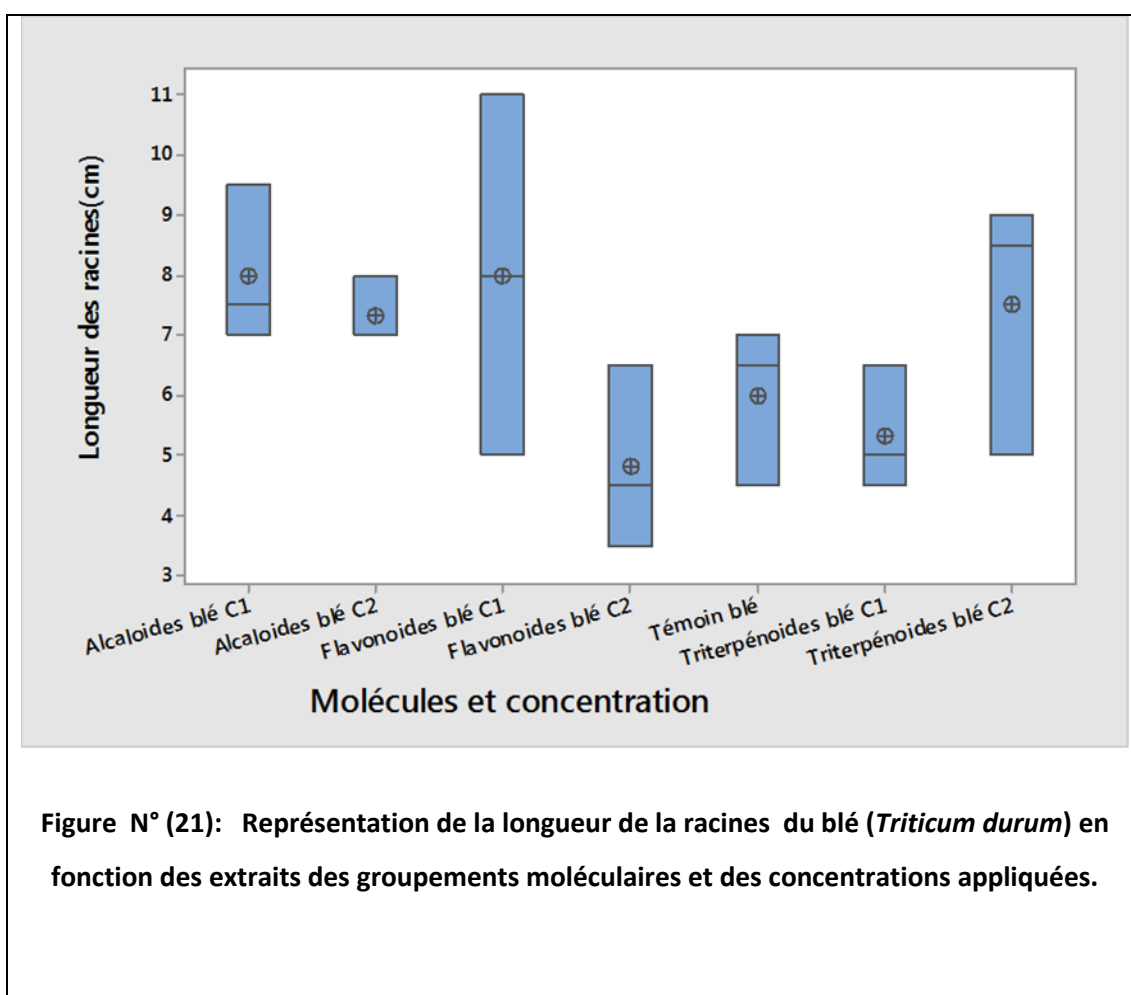
L'ANOVA effectuée sur la longueur de la racine, a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,001$), l'interaction entre le facteur culture cible, groupement moléculaire utilisé et la concentration de l'extrait de l'arrosage est bonne et est de 86,34%.

II.2.1. Longueurs de croissance des racines du blé

La figure N°(21) Représente la longueur des racines du blé (*Triticum durum*) en fonction des extraits des groupements moléculaires appliqués et de leurs concentrations. On observe, la plus longue racine du blé 7,33 cm, avec l'application de l'extrait des alcaloïdes à la concentration C2. Avec l'application de l'extrait des flavonoïdes à la concentration C2 on observe la plus faible longueur de racine chez le blé 4,84 cm.

Des longueurs des racines intermédiaires sont observées chez le blé après application des extraits des autres groupements moléculaires avec différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence non significative ($p= 0,191$) et la formation d'un seul groupe statistique.

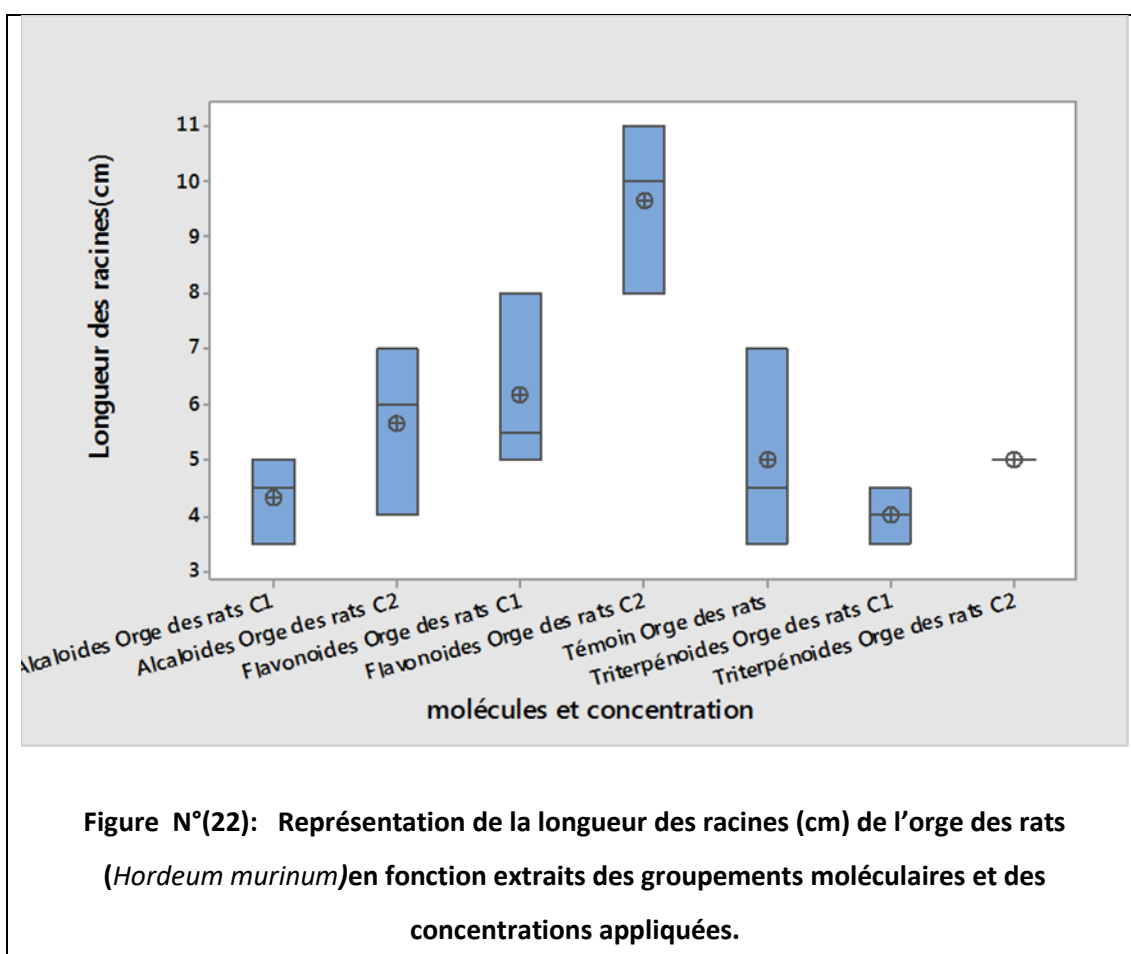


II.2. 2. Longueurs de croissance des racines de l'orge des rats

La figure N°(22) Représente la longueur des racines de l'orge des rats (*Triticum durum*) en fonction des extraits des groupements moléculaires appliqués et de leurs concentrations. On observe, la plus longue racine de l'orge des rats 9,67 cm, avec l'application de l'extrait des flavonoïdes à la concentration C2. Avec l'application de l'extrait des Triterpenoïdes à la concentration C1 on observe la plus faible longueur moyenne de racine chez l'orge des rats 4,00 cm.

Des longueurs moyennes des racines intermédiaires sont observées chez cette mauvaise herbe après application des extraits des autres groupements moléculaires avec différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence significative ($p= 0,02$) et la formation de 3 groupes statistiques.



II.3. Teneur en chlorophylle totale chez les plantes cibles

L'ANOVA effectuée sur la teneur en chlorophylle totale chez les plantes cibles, a révélé qu'il existe une différence significative ($P < 0,0001$), l'interaction entre le facteur culture cible, groupement moléculaire utilisé et la concentration de l'extrait de l'arrosage est très bonne et est de 91,13%.

II.3. 1. Teneur en chlorophylle totale du blé

La figure N°(23) représente la chlorophylle totale du blé (*Triticum durum*) en fonction des groupements moléculaires et des concentrations appliquées. On observe chez le blé, la plus faible teneur en chlorophylle totale 13,2 mg/g MF, sous application de l'extrait des flavonoïdes avec concentration C2.

L'application du témoin enregistre la plus faible teneur de la chlorophylle chez le blé 2,3 mg/g MF.

Des teneurs en chlorophylle totale intermédiaires sont observées chez le blé après application des autres extraits des groupements moléculaires avec différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence significative ($p = 0,001$) et la formation des 6 groupes statistiques.

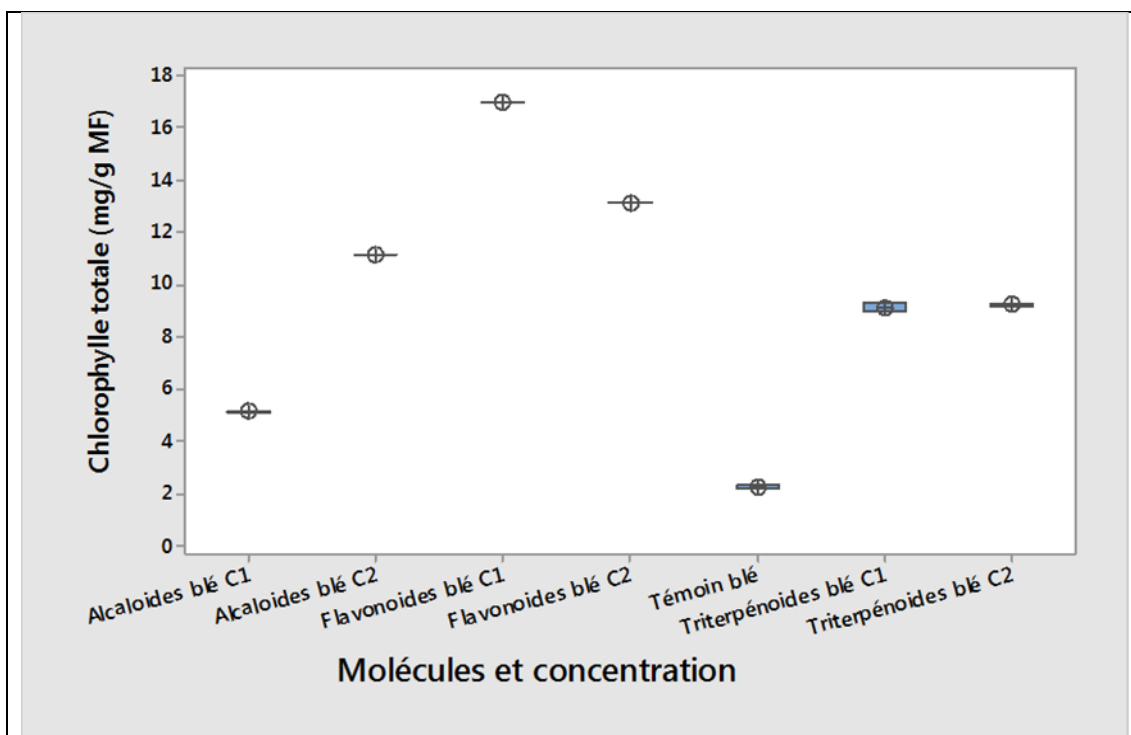


Figure N°(23): Représentation de la teneur en chlorophylle totale (mg/g MF) du blé (*Triticum durum*) en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliqués.

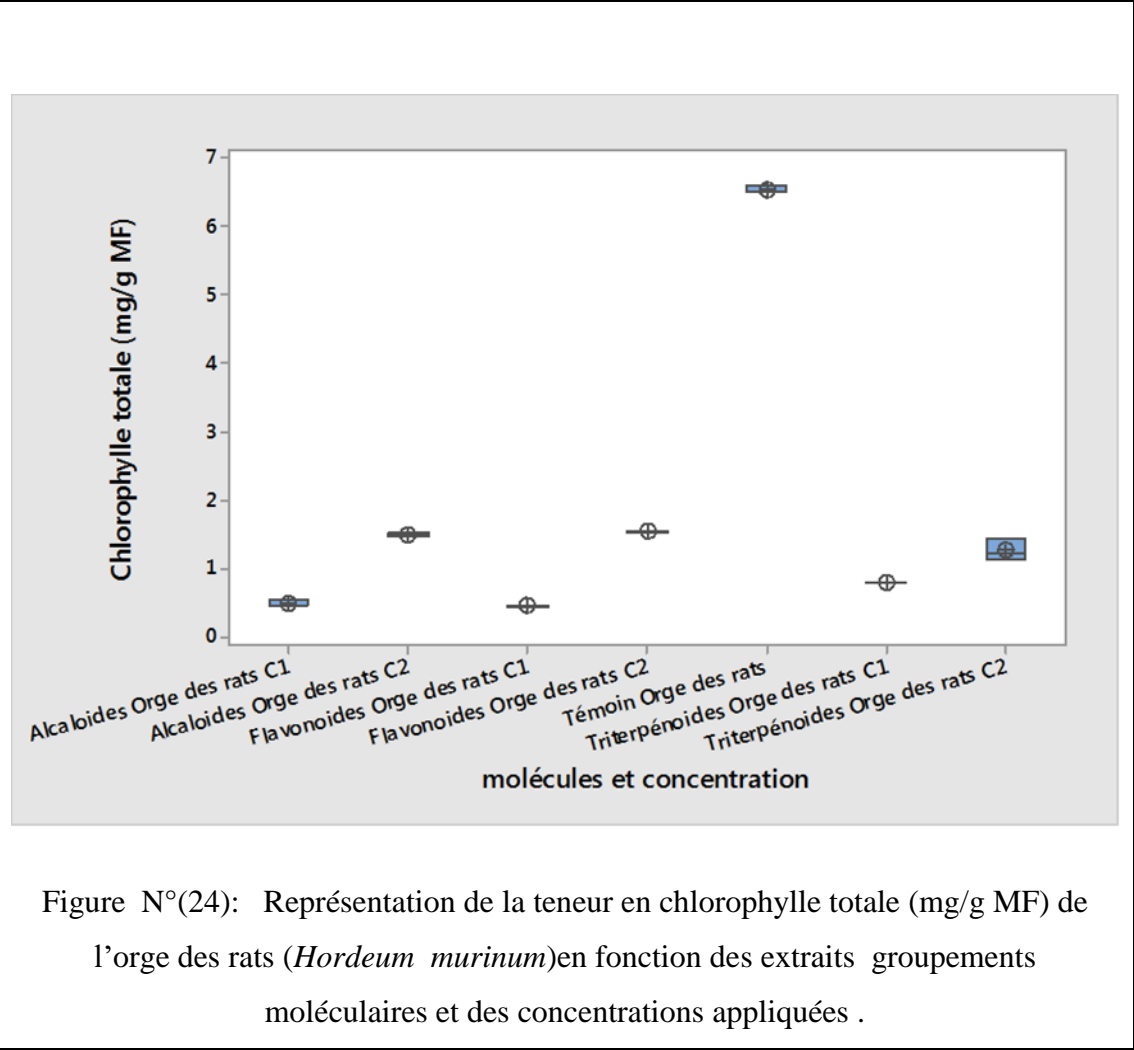
II.3. 2.Teneur en chlorophylle totale de l'orge des rats

La figure N°(24) représente la chlorophylle totale du orge des rats (*Hordeum murinum*) après application des extraits des groupements moléculaires et des concentrations. On observe chez le orge des rats, la plus faible teneur en chlorophylle totale 0,46 mg/g MF, sous application de l'extrait des flavonoïdes avec concentration C1.

L'application du témoin H₂O, enregistre la plus forte teneur de la chlorophylle chez le orge des rats 6,54 mg/g MF.

Des teneurs en chlorophylle totale intermédiaires sont observées chez le orge des rats après application des autres extraits des groupements moléculaires avec différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence significative ($p=0,001$) et la formation des 5 groupes statistiques.



II.4. Proline accumulée par les deux plantules

L'ANOVA effectuée sur la proline accumulée par les plantes cibles , a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr<0,001$), l'interaction entre le facteur culture cible, groupement moléculaire utilisé et la concentration de l'extrait de l'arrosage est très bonne et est de 89, 23%

II.4. 1. Proline accumulée par le blé

La figure N°(25) représente de la proline accumulée chez le blé (*Triticum durum*) en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliqués.

On observe, que le plus de proline accumulée 0,92 mmol/g MF, sous application de l'extrait des Triterpenoïdes à la concentration C2.

On observe aussi que l'application de l'extrait des flavonoïdes à la concentration C1 marque la plus faible accumulation de proline chez le blé 0,46 (mmol /g MF). Des valeurs intermédiaires de proline sont accumulées chez le blé avec application des autres extraits aux différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence significative ($p= 0.001$) et la formation des 5 groupes statistiques.

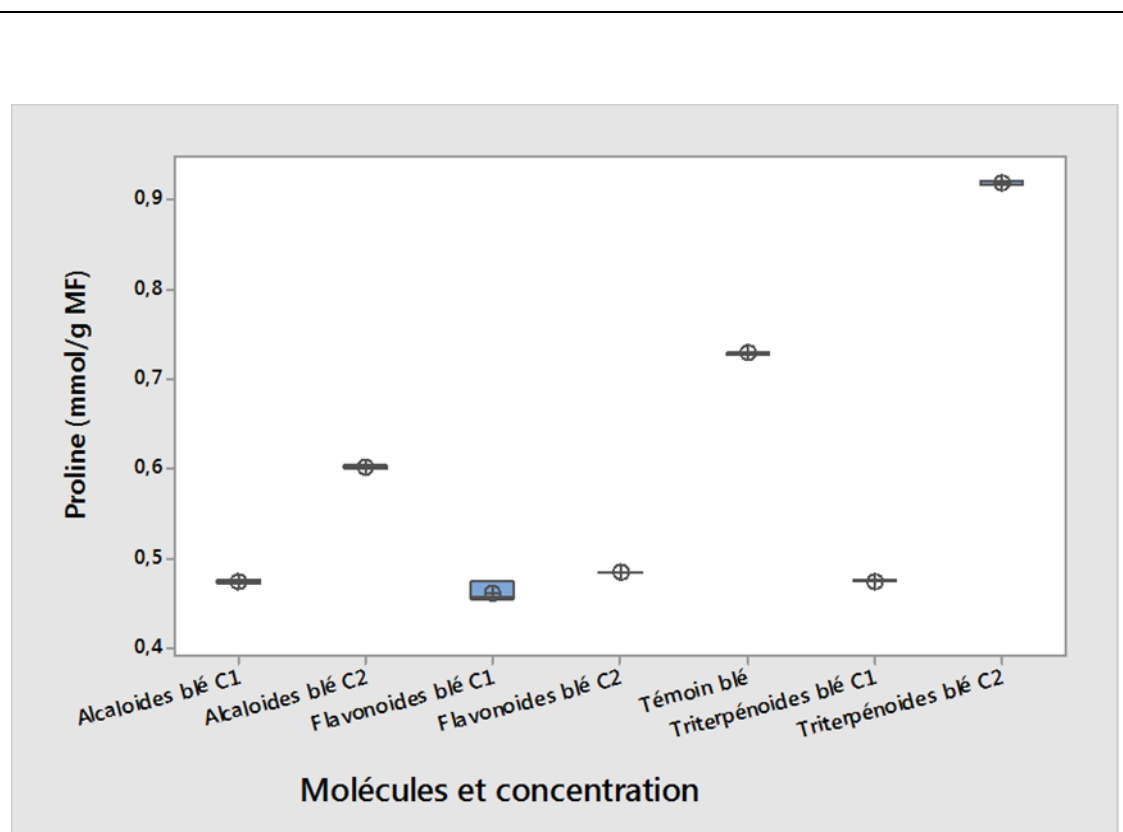


Figure N°(25): Représentation de la proline (mmol/g MF)accumulée chez le blé (*Triticum durum*) en fonction extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliqués.

II.4. 2. Proline accumulée par l'orge des rats

La figure N°(26) représente de la proline accumulée chez le orge des rats (*Hordeum murinum*), en fonction des extraits des groupements moléculaires et des concentrations appliqués. On observe, que le plus de proline accumulée 0,85 mmol/g MF, sous application de l'extrait des Flavonoïdes à la concentration C2.

On observe aussi que l'application des extraits du témoin H2O et celui des Triterpénoïdes à la concentration C1 marquent les plus faibles accumulations de proline chez le orge des rats 0,45 (mmol /g MF). Des valeurs intermédiaires de proline sont accumulées chez l'orge des rats avec application des autres extraits aux différentes concentrations.

L'ANOVA a révélé l'existence d'une différence significative ($p= 0.001$) et la formation des 6 groupes statistiques.

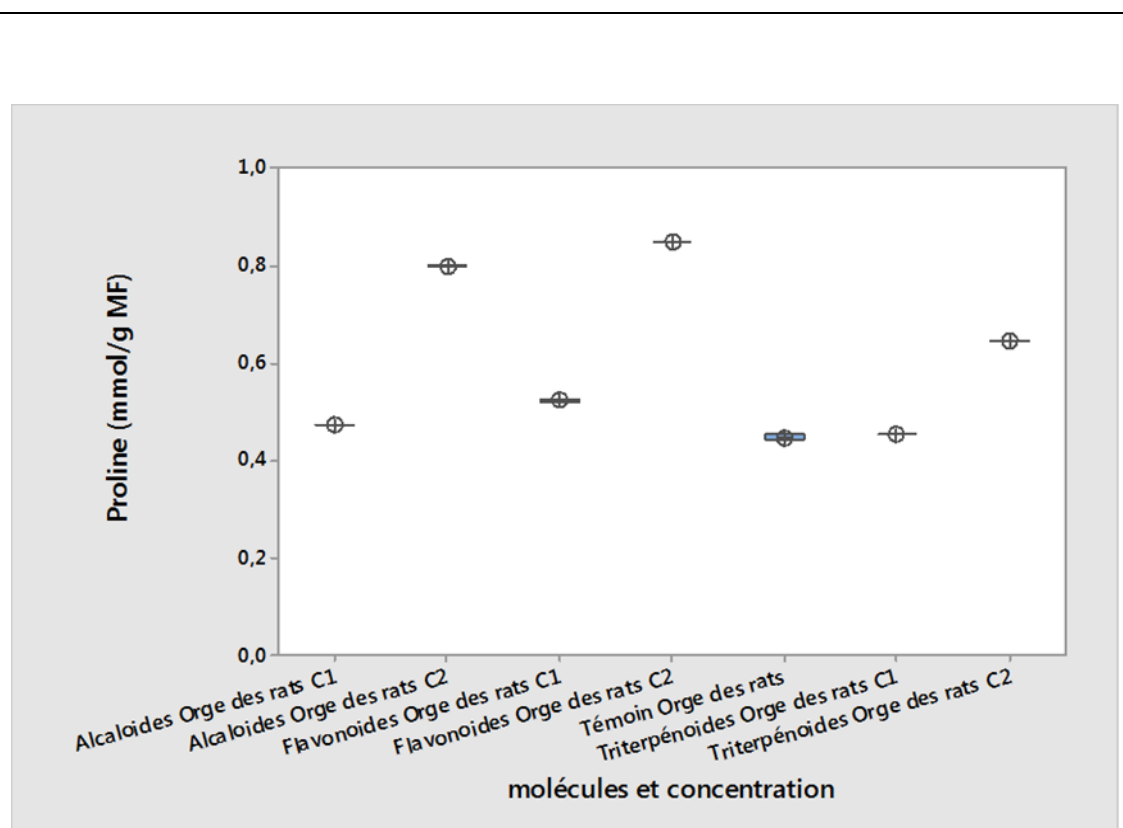


Figure N°(26): Représentation de proline(mmol/g MF) de l'orge des rats (*Hordeum murinum*) en fonction des extraits groupements moléculaires et des concentrations appliquées.

Analyses en composante principale

Analyse en Composante Principale

L'ACP (Figure 27), permet de synthétiser et de compléter le manque d'information sur l'évolution du système en visualisant les meilleures corrélations observables. La composante principale de l'ACP est déterminée selon deux composantes F1 et F2 expliquant respectivement 92,22% et 5,90% de la variance totale 98,12%. Nous remarquons que la plus grande corrélation de 92,12 % est révélée par F1 par rapport à F2. Les deux concentrations des alcaloïdes du blé; les deux concentrations des flavonoïdes et C1 des Triterpenoids de cette culture avec son témoin avec celui de l'orge des rats sont situées à droites ; toutes les autres concentrations de l'orge des rats avec celle C2 des Triterpenoids pour le blé sont situées à gauche. Cette disposition permet d'expliquer les corrélations entre les facteurs de croissance et physiologiques des espèces cibles avec les concentrations des extraits aqueux des groupements moléculaires provenant l'*A. canescens*. D'une part, la corrélation la plus importante est observée entre la teneur de la chlorophylle, et la longueur des racines pour la culture du blé et celle de l'orge des rats traitée par témoin, le blé traité par les deux concentrations des flavonoïdes et par C1 des alcaloïdes. Les longueurs des tiges du blé et de l'orge des rats sont bien corrélées par C1 des Triterpenoids, C1 des alcaloïdes et par la concentration du témoin. L'ACP, montre aussi qu'une importante corrélation de l'accumulation de la proline pour la mauvaise herbe traitée par les deux concentrations du groupement moléculaire Triterpenoids de l'*A. canescens* et la concentration C2 des alcaloïdes lorsqu'elle est appliquée sur l'orge des rats. Les deux concentrations des flavonoïdes et la première concentration C1 des alcaloïdes n'ont apporté aucune information sur la mauvaise herbe. De même la deuxième concentration C2 des Triterpenoids n'a apporté aucune information sur le blé.

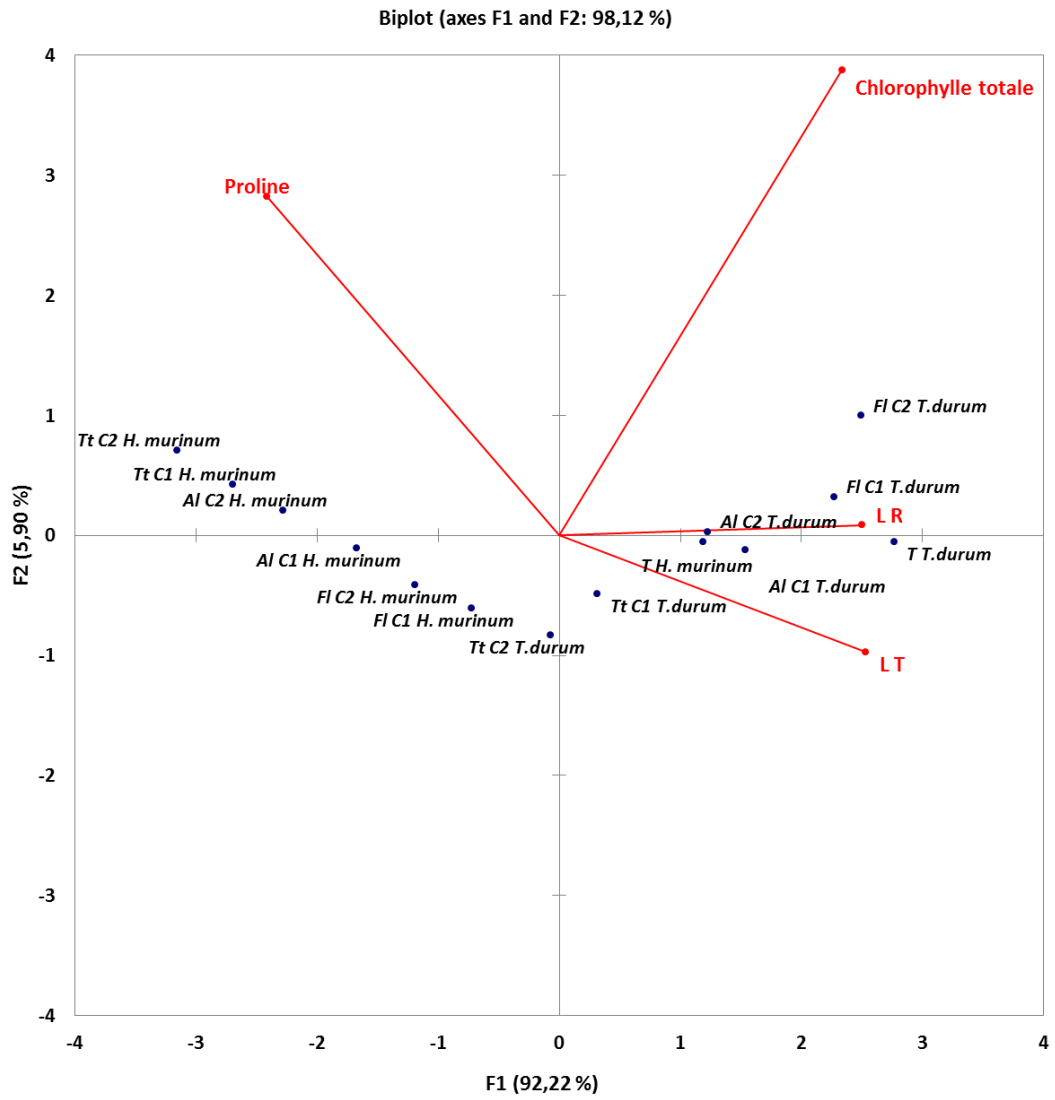


Figure (27) : Analyse en composante principale

Discussion

Les résultats que nous avons obtenus tant sur la chlorophylle que sur les protéines du blé et des plantes R ont montré que chaque groupe de groupes chimiques a un rôle dans chacun d'eux, et qu'ils diffèrent également selon les concentrations du groupe chimique traité avec, en particulier ;

les flavonoïdes : fonctionnait très bien avec le blé. Il aide à l'enracinement et à la germination de la partie végétative du blé, contrairement à ce qu'il faisait avec orge des rats, qui inhibait son enracinement et sa germination. Cela s'est produit à toutes les concentrations et a produit des résultats généraux.

Quant à l'alcanoïde : il était en semis, avec la concentration 1, il agissait avec les deux, tandis qu'en concentration 2, il agissait sur la propagation des racines du blé, et en germination, il jouait le même rôle avec les deux, car il aide à germer. le blé d'une part, et le riz germé également.

Quant aux triterpanoïdes : ils ont joué un rôle efficace dans la germination du blé tant dans les concentrations que dans l'absence d'enracinement chez les bons en concentration 2. Dans sa première concentration, il n'a pas vraiment joué de rôle contre les mauvaises herbes nuisibles, mais dans la deuxième concentration, il n'a contribué à inhiber la germination et le verdissement que dans une certaine mesure. C'est ce que nous avons conclu des courbes statistiques précédentes obtenues de notre expérience pour chaque groupe chimique sur chaque type dans lesquelles nous avons adopté à la fois la valeur P (probabilité), la signification de groupes et combien de groupes statistiques.

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

Donc Les différents effets des extraits sur la germination des graines et le développement des plantules peuvent être expliqués par les différences des quantités (concentration) et des caractéristiques physicochimiques (espèce allélopathique) qui mettent en jeu, des substances allélo-chimiques spécifiques, telles les flavonoïdes alcaloïdes, terpénoïdes , dont la présence a été mise en évidence par les test phytochimiques que nous avons effectués.

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

Conclusion

L'étude du potentiel allélopathique, des extraits aqueux de trois groupements moléculaires : les alcaloïdes, les flavonoïdes et les Triterpenoids de la partie aérienne d'une plante fourragère steppique *A.canescens* sur la croissance et le comportement physiologique des plantules d'une mauvaise herbe des cultures céréalières *Hordeum murinum* et aussi sur le blé dur *Triticum durum*.

- ❖ Les analyse phyto-chimiques sur la poudre de deux plante *A.canescens* ont confirmé la présence de molécules allélopathique dans les feuilles de la plante fourragère ;
- ❖ Ces molécules sont surtout des polyphénols (flavonoïdes), des alcaloïdes et des terpénoïdes, pouvant intervenir dans le processus de l'allélopathie;

Sur la base des résultats des tests de croissance que nous avons obtenus, nous concluons que :

- Les extraits aqueux des métabolites de l'*A.canescens* sont plus inhibiteurs de la croissance des tiges et de la racine de la mauvaise herbe *H. murinum* ;
- L'exception des extraits aqueux des Triterpenoids de l'*A.canescens*; les métabolites de l'*A.canescens* semblent être favorables au développement et à l'activité chlorophyllienne de la culture du blé *T. durum*;
- Pour la concentration 6.10^{-4} g/l, de l'extrait aqueux des Triterpenoids d'*A.canescens* le blé se comporte de façon presque semblable à celle de la mauvaise herbe orge des rats ; cela semble qu'une concentration plus forte provoque un effet contraire ;
- L'application des trois extraits ne semble pas avoir provoqué de stress par accumulation de proline sur le blé;
- La plus importante information apportée par notre travail, est que les extraits aqueux des trois groupements moléculaires : les alcaloïdes, les flavonoïdes et les Triterpenoids de la partie aérienne de la plante fourragère steppique *A.canescens* semblent bien provoquer un ralentissement de la croissance et de

l'activité chlorophyllienne et provoquer un effet de stress chez l'orge des rats et par conséquent l'effet allélopathique de l'*A. canescens* est bien observé.

Perspectives

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

- Tester d'autres concentrations de extraits aqueux des trois groupements moléculaires : les alcaloïdes, les flavonoïdes et les Triterpenoids de la partie aérienne d' *A. canescens* sur la germination et le développement d'autres mauvaises herbes ;

D'autres études devraient être menées avec d'autres plantes en pots et sur champs avec une analyse quantitative plus précise de la composition chimique d'*A.canescens*.

Références bibliographiques

- AAC, 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
- Aldon, Earl F. (1981). Long-term plant survival and density data from reclaimed Southwestern coal mine spoils. *Great Basin Naturalist*. P: 41/271-273.
- Anonyme1 , 2006. Gestion responsable des herbicides des céréales. Agriculture et Agroalimentaire, Canada, Rapport final de recherche E2006-06, 6 p.
- Anjum, T., P. Stevenson, D. Hall and R. Bajwa. 2005. Allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as natural herbicide. 4th World Congress on Allelopathy, 21-26 August 2005, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia.
- Asad, S. and R. Bajwa. 2005. Allelopathic effects of *Senna occidentalis* L. on *Parthenium* weed. 6th National Weed Science Conference, 28-30 March 2005, NWFP Agricultural University, Peshawar. p. 16.
- 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.
- Barralis G., Chadoeuf R., 1980. Etude de la dynamique d'une communauté adventice. I. Evolution de la flore adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. *Weed Res.* 20, 231-237.
- Bajwa, S., & Jindal, S. (2005). Under Achievement in Science in Relation to Intelligence and Socio-economic Status. *Indian Journal of Psychometry and Education*, 36(2), 142-145.
- Ben chacha.A., 2008.-Etude de l'effet aléochimique de l'extrait aqueux de quelques plantes médicinales et aromatiques sur la germination des grains des mauvaises herbes.5-23p.
- Ben chacha.A., 2008.-Etude de l'effet aléochimique de l'extrait aqueux de quelques plantes médicinales et aromatiques sur la germination des grains des mauvaises herbes.5-23p.
- Bencharef. M., Benmoussa.Z., Djeda. A., 1990 , Contribution à l'étude de phytoécologie, pastorale et de l'apport des actions d'améliorations dans deux stations Taadmit (W. Djelfa). Mémoire d'Ingénieur : Université de Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.60 p.
- Benmansour, MY., (2014). Contribution à l'étude physiologique des *Atriplex* aies de la région de l'Emir Abdelkader. (Wilaya d'Ain Té mouchent). Diplôme de master. Université de Tlemcen. P: 18-19.
- Benrbiha F.Z. (1987). Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales et introduites. Thèse magister en sciences agronomiques. INA. p 5-20.
- Berri, R., (2008). Contribution à la détermination de la biomasses consommable d'une halophyte: *atriplex*. Université Kasdi Merbah, Ouargla. -P: 15-19.
- Bertin, C., Yang Xet esWton, IA., (2003). The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant soil.* 256 : 67.
- Blum B-J. 2004. Perspectives pratiques du contrôle biologique des adventices. AFPP-dixneuvième conférence du coloma. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon8-9 et 10 déc 2004.8p.
- Boubdelli et Kherifi, (2013). Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales et introduites. Mémoire de magister : INA. Alger.118 p.
- Bouchikh-Boucif, Y., Labani, A., Benabdeli, K., et Bouhelouane, S., (2014). Allelopathic Effects of Shoot and Root Extracts From Three Alien and Native *Chénopodiaceae* Species on Lettuce Seed Germination. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Biologie. University of Moulay Taher, Saida, Algeria. P: 52-53/55.
- Bouchnan. 2006.- Métabolisme secondaire.

- Bouchoukh I. (2010). Comportement éco physiologique de deux chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire de magister. Université Mentouri Constantine, 16-17p.
- Boudiaf, A et Bebtayeb D.2017. Pouvoir allélopathique et biologique des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* L et *Mentha spicata* L., Mémoire de Master, biodiversité et physiologie végétale. Université Mohamed Boudiaf - m'sila, 88p.
- Bourgois T., 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord- Cameroun (Afrique). These Doc. UNV., Montpellier II, 249 p.
- Bouton F., 2005.- Mise en évidence du potentiel allélopathiques de la graminée *Festuca Panuculata* dans les prairies subalpines. Rapport de stage de master 01 sciences de la vivant-biodiversité écologie environnement, Univ. Joseph Fourier de biologie. 1- 18p.
- Boraud, N.K.M. (2000). Etude floristique et phytoécologique des adventices des complexes sucriers de Côte d'Ivoire : Ferké I, Ferké II, Borotou-koro et Zuénoula. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 186 p.
- Bruher S., 2005. The invasive plant programmed in the French Mediterranean area. Rencontre Environnement, n° 59: 173 – 174p
- Brunel S. et J. Tison, 2005. Study on invasive plants in the Mediterranean Basin. Rencontre Environnement, n° 59 : 49 - 50 p.
- Bruneton.J, 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3^{ème} Ed. Lavoisier. Paris, 199-388.
- Bubel, N. 1988, The new seed-starters handbook. Rodale books, Emmaus. p. 85.
- Caussanel J et Barralis G, 1973. Phénomène de concurrence entre les végétaux en 5^{ème} colloque international sur l'écologie et biologie des mauvaises herbes.Ed.columa.Marseille.France.40p.
- Caussanel J. P., 1989. Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. Agronomie, 9(3), 219-
- Couëdel A , Seassau C Wirth J , Alletto L, (2017). Potentiels de régulation biotique parallélopathie et biofumigation ; services et dis-services produits par les cultures intermédiaires multiservices de crucifères. Innovations Agronomiques, (62) , 71-85p.
- Dehak D, (2013). Méthodes d'extraction et de séparation des substances naturelles.ouargle.16p.
- Delamarre CA, Jouglain P, Deschamp N, Mignot L, Girou S. 2014. Produire des plants en agriculture Biologique .56p ; Cirad France.
- Dems MR, .2016. Etude du pouvoir allélopathique des extraits aqueux des mauvaises herbes sur la croissance et la germination du blé dur (*Triticum durum* Desf.).mémoire de master, phytopathologie et protection des végétaux.biskra :université mohamed khaidar.
- Derdj D, (2017). Effet des actinomycètes sur l'agent phytopathogène (*Fusarium* ssp.) chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.).mémoire de master, biotechnologie des végétaux et métagénomique (BVM).M'sila :université mohamed boudiaf.86p.
- Dessalegne G, Habtamu A,Takele N, (2013). Allelopathic effect of aqueous extracts of major weed species plant parts on germination and growth of wheat. Journal of Agricultural and Crop Research, Vol. 1(3), pp. 30-35.
- Elkolli M, (2017). Structure et activités des substances naturelles : principes et applications.cours maste 2 U sétif.66 p
- Feeny P., 1976.- Plant appetyency and chemical defense. Ed. Plenum Press, New York.
- Ferguson JJ et Rathinasabathi. 2003. Allelopathy: how plants suppress other plants. Cours D'université de Floride : 3.
- Friedman, J. 1995. Allelopathy, Autotoxicity, and germination. In Seed development and germination. CRC Press, Florida. pp 629-643.
- Gagaoua Y., Ouali F.2011. Suivi de la variabilité de l'utilisation des pesticides dans le bassin versant de la Soummam. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master en environnement et Sécurité Alimentaire. Université A. Mira De Bejaïa. p 5.

- Gattás Hallak, A. M., L. C. Davide and I. F. Souza. 1999. Effects of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) root exudates on the cell cycle of the bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.) root. *Genetics and Molecular Biology* 22:95-99.
- Gibbons S., Mathew K.T., Gra A.I., (1999). A caffeic acid ester from *Halocnemum strobilaceum*. *Phytochemistry*, 51, 465-467.
- Goldenman, G., PozoVera, E. 2008. Outils internationaux de prévention des problèmes locaux liés aux pesticides: guide unifié des codes et conventions chimiques. Source <http://www.panuk.org/archive/PDFs/Consolidated%20Guide%20French.pdf>
- Gonzalez, V. M., J. Kazimir, C. Nimbal, L. A. Weston and G. M. Cheniae. 1997. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. *Journal of Agricultural and food Chemistry* 45:1415-1421.
- Hopkins W.g., 2003.-Physiologie végétale. Boeck et Larcier, Bruxelles. 267-283p.
- Inderjit, Keating K.I. 1999. Allelopathy: Principles, Procedures, Processes and Promises for Biological Control, *Advances in Agronomy*, 67, 141-231.
- Iltis, H. H. et Doebley, J. F. (1980). Taxonomy of *Zea* (gramineae). Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis *American Journal of Botany*, 67:994-1004.
- Raven, P. H., R. F. Evert, S. E. Eichhorn et J. Bouharmont. 2003. *Biologie De Boeck Université*, Paris. pp. 32-38.
- Regagba. Z., 2012 , Dynamique des populations végétales halophytes dans la région Sud est de Tlemcen. Aspects phytoécologiques et cartographiques. Thèse de Doctorat Université Abou Bekr Belkaid. 168 p
- Regnault-roger C., Philogene B. JR et Vincent CH., 2008.-Bio pesticides d'origine végétale .Ed.TEC&DOC, Paris : 51-60 p
- Rice, E. L. 1984, Allelopathy. 2nd Edition, Academic Press, New York. 422 P.
- Ricklefs, R. E. and G. L. Miller.(2005). *Écologie*. De Boeck Université, Bruxelles. p. 427..
- Roberts H.A., 1981. Seed banks in soil. *Adv. appl. Biol* 6, 1-557.
- Robles C., Borin G., Garzino S. 1999. Potentialités autotoxiques et allélopathiques de *Citrus albidus* L. *C. R Acad. Sci. Lifes sciences*, 322 : 677-685. Rome : Organisation des nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture P: 249-271
- Safir A., 2007. Approche phénologique de quelques groupements d'adventices des cultures dans la région de Tipaza. 73p.
- Sanderson, Stewart C., and McArthur, E., Durant (2004). Fourwing saltbush *Atriplex canescens* seed transfer zones. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-125*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 10 p.
- Sánchez-Moreiras, A. M., O. A. Weiss and M. J. Reigosa-Roger. 2004. Allelopathic evidence in the Poaceae. *The Botanical Review* 69:300–319.
- Schabol R., 1767. Dictionnaire pour la théorie et la pratique du jardinage et de l'agriculture, par principe et démontrées d'après la physique des végétaux. Paris, Debure Père, 531 p.
- Seghieri J. 1990. - Dynamique saisonnière d'une savane soudano-sahélienne du nord Cameroun, thèse doctorat sciences, université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 200 p.
- Singh, H. P., D. R. Batish and R. K. Kohli. 2003. Allelopathic interactions and allelochemicals: New possibilities for sustainable weed management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22:239-311.
- Singh v., Pandey v. n., Shukla k., 2015. Quantitative Estimation of Secondary Metabolites from *Mimusops elengi* L. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, vol. 5 (7) 13.15.
- Soltys D., Krasuska U., Bogatek R., Gniazdowska A. 2013. Allelochemicals as Bioherbicides – Present and Perspectives. In: Price A.J., Kelton J.A. (Eds) *Herbicides Current Research and Case Studies in Use*. InTech Publisher. P517-542.

- Thomas M., (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification : Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophae rhamnoides*). Thèse. Université d'Orléans.
- Traore K. et Mangara A., 2009. Etude Phyto-écologique des Adventices dans les Agro-Écosystèmes Élaeicoles de la Mé et de Dabou. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol.31 No.4 (2009): 519 - 533.
- Vall E., Dongmo A. L., Abakar O., Meyer C., 2002a. La traction animale dans le nouveau contexte des savanes cotonnières du Tchad, du Nord - Cameroun, et de la Centrafrique. I. Diffusion de la traction animale et sa place dans les exploitations. *Revue. Elev. et Méd. vét. Pays Trop.*, 2002, 55 (2) : 117-128.
- Vall E., Dongmo A. L., Abakar O., Meyer C., 2002a. La traction animale dans le nouveau contexte des savanes cotonnières du Tchad, du Nord - Cameroun, et de la Centrafrique. I. Diffusion de la traction animale et sa place dans les exploitations. *Revue. Elev. et Méd. vét. Pays Trop.*, 2002, 55 (2) : 117-128.
- Weih, M., U. M. E. Didon, A.-C. Rönnberg-Wästljung and C. Björkman. 2008. Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops: a review. *Agricultural Systems* 97(3):99-107.
- WilliamsWoodward, J.L., Pflieger, F.L., Fritz, V.A., Allmaras, R.R., 1997. Green manures of oat, rape and sweet corn for reducing common root rot in pea (*Pisum sativum*) caused by *Aphanomyces euteiches*. *Plant Soil* 188, 43-48.
- Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D. and Haig, T. 1999. *Weed Res.* 39, 171-180.8.
- Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D. and Haig, T. 2000. *Aust J. Agric. Res.* 51, 937-944.

Annexe

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

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

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

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

 1000-650 cm⁻¹

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

 900-700 cm⁻¹

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

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

Contributors and Attributions

- [OChemOnline](#)