

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



Université Frères Mentouri Constantine -1-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Ecologie Végétale

N° d'ordre :

N° de série :

Thèse

En vue de l'obtention du

DIPLOME DE MASTER 2ème CYCLE

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétal

Présentée par :

Blikaz Racha

Berkane Racha

Thème :

**Effet d'allélopathie de l'extrait d'armoïse sur la
croissance et le développement des céréales**

Soutenue le : 22/06/ 2023

Devant le jury

Président : Kara Youcef

Professeur

UFMCI

Rapporteur : Chaïb Ghania

Professeur

UFMCI

Examinatrice : Zoghmar Meriem

MCB

UFMCI

Année universitaire 2022-2023

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et qui nous a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Tous d'abord, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude au Professeur GHANIA CHAIB pour avoir dirigé ce mémoire.

Nous avons eu le plaisir de travailler sous votre direction. Nous vous remercions pour votre gentillesse et spontanéité avec lesquelles vous avez dirigé ce travail, ainsi que pour votre disponibilité et vos conseils grâce auxquels nous avons pu améliorer notre travail.

Nous espérons que la confiance que vous nous avez accordée pour la réalisation de ce mémoire est à la hauteur de vos espérances.

Nous tenons aussi à remercier le Professeur Kara Youcef de l'honneur qu'il nous a fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nous remercions également Docteur Zoghmar Meriem d'avoir accepté d'être examinatrice et membre du jury.

Veillez croire, chers Professeurs, à tout notre respect et nos reconnaissances.

À nos professeur(e)s, Mme ZOGHMAR, Mr DJEROUNI, Mr BOULACEL, Mme ATOUI, Mr ZEGHBID, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude pour votre engagement et votre dévouement envers notre éducation. Votre expertise, vos conseils éclairés et vos encouragements ont été d'une valeur inestimable. Vous nous avez poussés à repousser nos limites intellectuelles, à explorer de nouvelles idées et à développer notre pensée critique. Votre passion pour l'enseignement et votre volonté de partager vos connaissances ont été une source d'inspiration constante. Nous vous sommes extrêmement reconnaissantes pour tout ce que vous avez fait pour nous.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire, Mme RATIBA, Mr BOUDERSA NABIL, Mr BILAL, Mr AMMAR. Vos conseils, vos commentaires et vos encouragements ont joué un rôle crucial dans notre cheminement académique. Nous sommes reconnaissantes pour chaque conversation, chaque échange d'idées et chaque moment partagé.

Ce mémoire est le résultat d'un effort collectif, et nous sommes profondément reconnaissantes d'avoir été entourées d'une si merveilleuse communauté. Votre soutien nous a donné la force et la confiance nécessaires pour surmonter les défis et atteindre nos objectifs. Nous vous serons éternellement reconnaissantes pour votre présence constante.

Dédicaces



À mes parents aimants et dévoués, je ne saurais jamais vous remercier assez pour tout ce que vous avez fait pour moi. Votre amour incommensurable, votre confiance en moi et votre soutien indéfectible ont été ma source d'inspiration quotidienne. Ce mémoire est également vôtre, car elle est le fruit de nos efforts et de notre collaboration.

À ma sœur Wanissa et mon frère Chahine, je vous dédie ce mémoire en reconnaissance de vos mots d'encouragement et vos sourires chaleureux ont illuminé mon chemin et m'ont donné la force nécessaire pour continuer à avancer. Je suis fière de vous avoir comme membres de ma famille et je suis reconnaissante pour les liens indestructibles que nous partageons.

À mes amies chères, je souhaite vous témoigner ma reconnaissance pour votre soutien inébranlable et votre amitié sincère. Vos encouragements, vos discussions stimulantes et votre présence dans ma vie ont été un véritable baume pour mon esprit, et vous m'avez rappelé l'importance de profiter de chaque instant. Ce mémoire est un hommage à notre amitié et à tous les souvenirs que nous avons créés ensemble.

Enfin, à tous les membres de ma famille élargie, Khouila, à mes proches, à mes enseignants et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à mon parcours académique, je vous adresse ma plus profonde reconnaissance.

Que cette dédicace reflète la profonde gratitude que j'éprouve envers chacun d'entre vous. Votre impact sur ma vie est inestimable et ce mémoire est dédiée à vous tous. Puisseons-nous continuer à partager de merveilleux moments ensemble et à nous soutenir mutuellement dans nos futurs projets.

Avec tout mon amour et ma gratitude sincère.

Blikaz Racha

Dédicaces

A la plus belle créature que dieu a créé sur terre, à cette source de tendresse, de patience et de générosité, à ma chère maman DJEMAA que dieu la garde.

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, garni mon chemin avec force et lumière, a toi mon père DOUDJEMAA.

A mes chères sœurs Karima, Nedjma, Ahlem et safia, Je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers vous, je vous souhaite la réussite dans votre vie, avec tout le bonheur qu'il faut pour vous combler.

A mes chers frères NABIL, SOFIANE, HOUSSEM ET DJALLEL Puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

A mes amies je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur. Son oublie mon binôme et mon amie RACHA.

A TOUTE MA FAMILLE Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur. A tous ceux qui m'ont aidé

Berkane Racha

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Listes des figures

Résumé

Introduction

Revue bibliographique

Définition de l'allélopathie.....	5
1.1 Histoire	5
1.2 Mécanisme d'action de l'allélopathie.....	6
1.2.1 Définition des composés allélochimiques	6
1.2.2 Mécanisme touché par l'allélopathie.....	6
1.3 Moyen d'émission des composés allélopathiques	7
1.4 Type de composés allélopathiques :	8
1.4.1 Composés azotés :	8
1.4.2 Composés phénoliques :	10
1.4.3 Terpènes :	11
1.5 Importance de l'allélopathie dans le contrôle des mauvaises herbes :	12
1.6 Composés Allélochimiques en tant que bio herbicides :	12
1.6.1 Importance :	12
1.6.2 Inconvénients :	13
I Le blé dur (<i>Triticum durum</i>)	16
1.1 Origine	16
1.2 Origine génétique	16
II	16
1.3 Répartition géographique	16
1.4 Classification et taxonomie	17
1.5 Morphologie et stades de développement	17
1.5.1 Morphologie	17
1.5.2 Stades de développement	19
1.5.3 Période de formation et maturation du grain.....	20
2_L'avoine (<i>Avena sativa</i>).....	21
2.1 Description.....	21

2.2	Origine	21
2.3	Origine génétique :	21
2.4	Répartition géographique :	22
2.5	Classification et taxonomie	22
2.6	Morphologie :	22
3	Lentille cultivée (<i>Lens culinaris</i>)	24
3.1	Origine :	24
3.2	Classification et taxonomie :	24
3.3	Morphologie :	24
3.3.1	Appareil végétatif	24
3.3.2	Appareil reproducteur	26
3.3.3	Génétique de la lentille	26
4	L'armoise (<i>Artemisia alba</i>)	27
4.1	Origine	27
4.2	Répartition géographique	27
4.3	Classification et taxonomie	28
4.4	Description botanique	28
4.5	Composition chimique	29
4.5.1	Composés polyphénoliques	29
1	Définition des bio agresseurs	31
2	Les adventices (mauvaises herbes)	31
2.1	Origine des mauvaises herbes et propagation :	32
2.2	La compétition entre les adventices et les cultures :	33
2.3	Gestion des adventices :	33
2.3.1	Gestion préventive :	34
2.4	Gestion de culture	34
2.4.1	Contrôle physique :	34
2.4.2	Contrôle mécanique :	34
3	Lutte biologique :	35
3.1	Contrôle chimique :	35
3.2	Bio herbicides :	36
	Lieu de réalisation de l'expérience :	39
	Echantillons botaniques :	39
1.1	Type d'échantillon végétaux étudiés	39
1.2	Lieu de collecte des échantillons	40

1.3	Mise en place de l'expérience	40
1.4	Préparation de la solution aqueuse a l'armoise	41
	42
	Suivi de l'expérience (du 21 décembre au 24 avril) :	42
1.5	L'étude phénologique et morphologique	43
	Taux de germination.....	43
	Date d'épiaison.....	43
	Longueur de la plante	43
	Surface foliaire	44
	L'étude physiologique.....	44
	Teneur Relative en Eau (TRE)	44
	L'étude biochimique	45
	Dosage de la proline (Pro).....	45
	Dosage des sucres solubles	46
	Etudes morphologique :	49
1.1	Taux de germination	49
1.2	Hauteur de la plante :	50
1.3	Espèces plantées séparément :	50
1.4	Espèce plantée en combinaison.....	51
1.4,1	La surface foliaire	54
1.4.2	Teneur en chlorophylle	56
1.4.3	La Teneur en eau.....	58
	Etude biochimique.....	59
1.1	La proline	59
1.2	Les sucres solubles.....	61
	Traitements et analyse statistiques	63
1.1	Analyse en composantes principales (ACP)	63
1.2	Au traitement de 0%	63
1.2.1	Etude de la corrélation des variables :	63
1.2.2	Analyse en composantes principales (ACP)	64
1.3	Au traitement de 3%	65
1.4	Au traitement de 6%	67
	Discussion	71
	Conclusion :.....	73
	Références	74

Liste des figures

Figure 1 : schéma résumant les moyens d'émission des composés allélopathiques incluant les facteurs qui influent sur leur libération (Belz 2007)	7
Figure 2 : Exemple de produits naturels ayant une action allélopathique.....	9
Figure 3 : structure des composés phénoliques avec un potentiel allélopathique (Borelli et Trono 2016).....	10
Figure 4 : morphologie de <i>Triticum durum</i>	18
Figure 5 : <i>Avena sativa</i>	23
Figure 6 : <i>Artemisia alba</i>	28
Figure 7 : Graine de lentille.....	39
Figure 8 : Graine d'avoine	39
Figure 9 : Graines de blé dur.....	39
Figure 10 : Armoise séchée	39
Figure 11 : répartition des espèces plantés en combinaison.....	40
Figure 12 : répartition des espèces plantés séparément.....	41
Figure 13 : étapes de la préparation de la solution d'armoise aux concentrations 3% et 6% ...	42
Figure 14 : phase de tallage.....	42
Figure 15 : premiers épis du blé et de l'avoine	43
Figure 16 : mesure au planimètre de la surface foliaire	44
Figure 17 : dosage de la proline	45
Figure 18 : dosage de la proline	46
Figure 19 : dosage des sucres solubles.....	47
Figure 20 : taux de germination des trois espèces A : plantées séparément ; B : Combinaison blé avoine ; C : combinaison blé- lentille.....	49
Figure 21 : Hauteur des espèces séparément plantées traité avec la solution aqueuse d'armoise : A : témoin à 0%, B : traité à 3%, C : traité à 6%	50
Figure 22 : Hauteur des espèces combinées (blé –avoine) traitées avec la solution aqueuse d'armoise : A : témoin à 0%, B : traité à 3%, C : traité à 6%	51
Figure 23 : Hauteur des espèces combinées (blé –Lentille) traitées avec la solution aqueuse d'armoise : A : témoin à 0%, B : traité à 3%, C : traité à 6%	52
Figure 24 : La surface foliaire chez les trois espèces blé, avoine, lentille sous trois traitements d'armoise ,A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille.....	52

Figure 25 : La surface foliaire chez les trois espèces blé, avoine, lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille.....	54
Figure 26 : Teneur en chlorophylle chez les trois espèces blé, avoine Lentille sous traitement d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille.....	56
Figure 27 : Teneur Relative en eau chez les trois espèces blé, avoine Lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille	58
Figure 28 : Teneur en proline chez les trois espèces blé, avoine Lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé-lentille.....	59
Figure 29 : Teneur en sucres solubles chez les trois espèces blé, avoine Lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille	61
Figure 30 : analyse des composantes principales a 0%	65
Figure 31 : analyse des composantes principales au traitement 3%	67
Figure 32 : analyse des composantes principales au traitement 6%	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : exemple de composés phénoliques et leur action.....	11
Tableau 2 : lieu de collecte des échantillons végétaux.....	40
Tableau 3 : analyse de la variance du paramètre de la hauteur de la plante.....	53
Tableau 4 : analyse de la variance du paramètre de la surface foliaire de l'espèce et du traitement.....	55
Tableau 5 : analyse de la variance pour la chlorophylle	57
Tableau 6 : analyse de la variance pour la teneur en eau	58
Tableau 7 : analyse de la variance pour la proline	60
Tableau 8 : analyse de la variance pour les sucres solubles.....	62
Tableau 9 : matrice de corrélation au traitement 0%	63
Tableau 10 : représentation des variables sur les axes 1 et 2	64
Tableau 11 : matrice de corrélation au traitement 3%	66
Tableau 12 : représentation des variables sur les axes 1 et 2	66
Tableau 13 : matrice de corrélation au traitement 6%	68
Tableau 14 : représentation des variables sur les axes 1 et 2	68

Résumé

Les mauvaises herbes sont des végétaux indésirables qui se développent dans les cultures et les jardins, entraînant une concurrence pour les ressources essentielles comme l'eau, les nutriments, la lumière solaire et l'espace. Leur présence peut causer des dégâts considérables et réduire les rendements agricoles.

Afin de lutter contre les mauvaises herbes de manière écologique, les bio herbicides se présentent comme une solution prometteuse. Ces produits dérivent de micro-organismes tels que des bactéries, des champignons ou des virus, et ont la capacité de supprimer la croissance des mauvaises herbes sans porter atteinte aux cultures.

Les bio herbicides agissent selon divers mécanismes pour inhiber la croissance des mauvaises herbes. Ils se caractérisent souvent par leur sélectivité, ce qui signifie qu'ils n'affectent pas les plantes cultivées lorsqu'ils sont utilisés correctement, c'est pour cela que nous nous sommes dirigés dans notre étude chez les plantes médicinales et plus particulièrement l'Armoise, ou notre objectif est la recherche de l'effet allélopathique de ladite plante sur la croissance du blé dur avec deux espèces concurrentes.

L'expérience a été menée en serre dans un premier temps où nous avons observé la croissance des espèces plantées en combinaison et plantées séparément, puis nous nous sommes attelés à faire des analyses phytochimiques et biochimiques.

Nous avons observé la croissance des espèces sous le traitement de la solution d'armoise aux concentrations de 0%, 3%, 6%. Ou nous avons constaté le dépérissement de l'avoine et de la lentille aux concentrations de 3% et 6%, mais nous n'avons observé aucune incidence sur le blé.

Suite aux résultats obtenus de par le suivi de l'effet d'allélopathie entre les espèces ainsi que les résultats obtenus par les analyses, nous avons pu conclure qu'il est possible d'utiliser l'armoise comme bio herbicides avec des concentrations élevées.

Mots-clés : effet d'allélopathie, phytochimie, *Artemisia alba*, *Lens culinaris*, *Triticum durum*, *Avena sativa*

المخلص

تعتبر الأعشاب الضارة نباتات غير مرغوب فيها التي تنمو في المحاصيل والحداثق، وتتسبب في التنافس على الموارد الأساسية مثل الماء والمغذيات وأشعة الشمس والمساحة. وبالتالي، يحدث تدهور في الغلة الزراعية

للتصدي للأعشاب الضارة بطرق صديقة للبيئة، يعتبر استخدام المبيدات الحيوية للأعشاب بديلاً واعداً. تتمثل هذه المنتجات في مشتقات من الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والفطريات والفيروسات، وتتمتع بالقدرة على قمع نمو الأعشاب الضارة دون الإضرار بالمحاصيل.

تعمل المبيدات الحيوية للأعشاب بطرق متعددة لمنع نمو الأعشاب الضارة. وتتميز بالانتقائية غالباً، مما يعني عدم تأثيرها على النباتات المزروعة عند استخدامها بشكل صحيح.

تمت دراسة تأثير نبات الشيح على نمو القمح وجمع نتائج التحليلات النباتية والكيميائية. وقد تم ملاحظة نمو الأنواع المعالجة بمحلول نبات الشيح بتركيزات 0% و3% و6%، ولاحظنا أن الشوفان والعدس يتأثران عند التعرض لتركيزات 3% و6%، في حين لم نشهد أي تأثير على القمح بناءً على نتائج المراقبة لتأثير الأليوباتي بين الأنواع والتحليلات المحصلة، تم التوصل إلى استنتاج أنه يمكن استخدام نبات الشيح كمبيد للأعشاب الحيوي بتركيزات مرتفعة

كلمات مفتاحية القمح الصلب الخرطال الشيح التضاد البيوكيميائية الاليلوباتي

Abstract

Undesirable plants, known as weeds, proliferate in agricultural fields and gardens, leading to intense competition for vital resources such as water, nutrients, sunlight, and space. Their presence poses a significant threat, resulting in extensive damage and reduced agricultural productivity.

To address weed-related issues in an environmentally friendly manner, bio herbicides emerge as a promising solution. These products are derived from micro organisms such as bacteria, fungi, or viruses and possess the ability to suppress weed growth while preserving the well-being of cultivated crops.

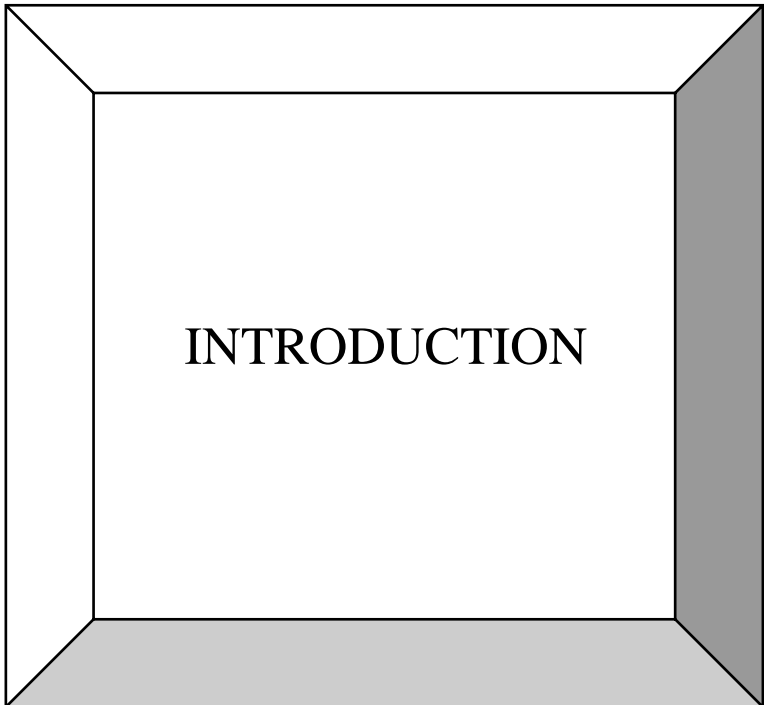
Bio herbicides employ various mechanisms to impede the growth of weeds. Notably, their selectivity is a distinguishing feature, ensuring that they selectively target weeds without adversely affecting the desired plants, given proper application. Consequently, our research focuses on studying the allelopathic effects of *Artemisia* on the growth of durum wheat in the presence of two competing species.

Initially, the experiment was conducted within a green house environment, where we observed the growth patterns of species cultivated both in combination and separately. Subsequently, phytochemical and biochemical analyses were performed to gather valuable insights.

Through our experimentation, we observed the growth of species treated with *Artemisia* solutions at concentrations of 0%, 3%, and 6%. Interestingly, we noted stunted growth and deterioration in oat and lentil plants at concentrations of 3% and 6%, respectively. However, we did not observe any discernible impact on the growth of wheat.

Based on the comprehensive analysis of allelopathy between species and the results obtained from our analyses, we have determined that *Artemisia* can be utilized as an effective bio herbicide when applied at higher concentrations.

Key words : bio herbicides, weeds, Allelopathy, *Avena sativa*, *Lens culinaris*, allelochemicals, *Triticum durum*



INTRODUCTION

L'allélopathie, un phénomène biologique complexe, se réfère à l'influence positive ou négative d'une plante sur une autre, par le biais de substances chimiques libérées dans l'environnement. Ces composés chimiques, appelés allélochimiques, peuvent avoir des effets significatifs sur la croissance, le développement et la survie des espèces végétales voisines. L'armoise (*Artemisia spp.*) est une plante réputée pour sa capacité à produire une variété de composés allélopathiques qui peuvent influencer les plantes cultivées, telles que les céréales.

Le blé, est une des cultures alimentaires essentielle dans de nombreuses régions du monde. L'amélioration de son rendement et de sa qualité est donc d'une importance capitale pour assurer la sécurité alimentaire mondiale. Cependant, divers facteurs biotiques et abiotiques peuvent entraver sa croissance et son développement, notamment les interactions allélopathiques avec d'autres espèces végétales.

Ces plantes indésirables peuvent causer des problèmes en étouffant la croissance des cultures, en réduisant leur accès aux ressources nécessaires et en produisant des substances toxiques. Leur élimination est donc cruciale pour assurer le succès des cultures.

L'objectif de cette recherche est d'explorer les effets spécifiques de l'armoise sur le blé (*Triticum durum*), l'avoine (*Avena sativa*), la lentille (*Lens culinaris*) ainsi que d'étudier les interactions entre ces espèces végétales. L'identification et la caractérisation des composés allélopathiques produits par l'armoise seront examinées en détail, afin de comprendre comment ces substances chimiques influencent la germination des graines, la croissance des plantules, la photosynthèse et d'autres processus clés liés à la productivité agricole.

En outre, il sera essentiel d'analyser les mécanismes sous-jacents de compétition entre le blé et les autres espèces, en mettant en évidence les voies biochimiques et physiologiques impliquées dans les réponses des plantes exposées aux allélochimiques. L'étude des interactions entre ces espèces végétales permettra également de déterminer si des stratégies de culture spécifiques peuvent être mises en place pour minimiser les effets négatifs de l'allélopathie ou même exploiter les interactions positives.

En fin de compte, cette recherche contribuera à améliorer notre compréhension de l'allélopathie de l'armoise sur le blé, l'avoine et la lentille et les interactions entre ces espèces, en identifiant les mécanismes clés impliqués et en fournissant des informations précieuses pour le développement de pratiques agricoles durables. Les résultats obtenus dans cette étude pourront être utilisés pour orienter les stratégies de gestion des cultures, favorisant ainsi une coexistence harmonieuse entre l'armoise et ces cultures vitales pour notre alimentation.



Partie 1

Revue bibliographique



Chapitre 1
L'allélopathie

Définition de l'allélopathie

L'allélopathie désigne l'action biologique interspécifiques entre plante en incluant les microorganismes (**Molisch, 1937**) une définition plus moderne décrit l'allélopathie comme l'effet positif ou négatif direct ou indirect d'une plante (y compris les micro-organismes) sur une autre plante à travers le développement de la plante » (**Rice, 1984**).

Cette définition montre aujourd'hui clairement que ce type d'interaction se distingue du parasitisme et de la symbiose ainsi que de la compétition (**Chiapusio et al., 1997**). En 1996, la Société Internationale d'Allélopathie (IAS) a défini l'allélopathie comme : "tout processus positif ou négatif impliquant des métabolites secondaires produits par les plantes, les micro-organismes, les virus et les champignons qui affectent la croissance et le développement d'autres plantes » (**Torres et al., 1996**).

1.1 Histoire

Les prouesses de l'allélopathie existent, depuis plus de 2000 ans. Sa compréhension, est le fruit de maintes recherches scientifiques au cours des dernières décennies (**Weston, 2005**). Les premières observations sur les mauvaises herbes et l'allélopathie des cultures ont été notées par Théophraste, « le père de la botanique », qui en 300 avant J.-C. a écrit dans ses ouvrages botaniques sur la façon dont le pois chiche « a épuisé » le sol et détruit les mauvaises herbes (**Khalid, Ahmad et Shad, 2002**). (**Willis, 1985**) a attiré l'attention sur le fait que Théophraste (300 av. J.-C.) a vu pour la première fois l'impact délétère du chou sur une vigne et a soutenu que c'était à cause des odeurs. Cato the Elder (234–140 avant J.-C.) a écrit dans son livre comment le pois chiche et l'orge « brûlent » les terres de maïs. Il a également mentionné les effets néfastes des noyers sur différentes plantes (**Zeng, Mallik et Luo, 2008**). Le contexte historique de l'allélopathie pourrait être divisé en trois périodes de sa croissance (**Singh, Batish et Kohli., 2001**).

1. Phase De Candolle : La période s'étendant entre 1785 et 1845
2. Phase préparatoire : La période s'étendant de 1900 à 1920, connu par les travaux de Pickering et Scheiner.
3. Phase post-Molisch : après 1937, notamment les recherche de Rice 1984.

1.2 Mécanisme d'action de l'allélopathie

1.2.1 Définition des composés allélochimiques

Un allélochimique est un métabolite secondaire bioactif sans fonction majeure connue dans le métabolisme primaire mais avec la capacité d'affecter la croissance, la survie ou le comportement des organismes cibles. De nombreux allélochimiques agissent comme des agents de défense chimiques, bien qu'ils puissent également favoriser des interactions bénéfiques avec les cibles.

Les allélochimiques qui opèrent entre les plantes et les microbes présentent une variété d'activités différentes. Dans certains cas, des types chimiquement différents de composés affectent la même enzyme ou voie, et dans d'autres cas, un composé attaque diverses enzymes.

1.2.2 Mécanisme touché par l'allélopathie

Les plantes synthétisent différents composés allélochimiques grâce au métabolisme secondaire, et cela dépend de nombreux facteurs : les molécules précurseurs, des gènes spécifiques, ainsi que le stress environnemental tel que le rayonnement ultraviolet, le manque de nourriture, le stress biotique (Croteau et al. 2000), peuvent favoriser l'accumulation des allélochimiques dans les plantes (**Dixon et Paiva, 1995**).

Le mode d'action des allélochimiques pourrait être divisé en actions directes et indirectes (**Blum, 2002**).

1. **Absorption minérale** : les allélochimiques peuvent modifier le taux d'absorption des ions par les plantes (Baar, Ozinga, Sweers et Kuyper, 1994).
2. **Cytologie et ultrastructure** : un assortiment d'allélochimiques semble réprimer la mitose dans les racines des plantes (Celik et Aslanturk, 2010; Gulzar et coll., 2016; Mohamadi et Rajaie, 2009; Mushtaq et coll., 2019; Teerarak, (**Laosinwattana et Charoenying, 2010**).
3. **Phytohormones** : les hormones de croissance des plantes, l'AIA (acide acétique indole) et l'AG (gibbérélines) contrôlent l'élargissement cellulaire chez les plantes.
4. **Perméabilité membranaire** : Divers composés organiques exercent leur influence par la modification de la perméabilité membranaire (**Galindo et al., 1999**).
5. **Photosynthèse** : Les inhibiteurs de la photosynthèse peuvent être des inhibiteurs ou des stimulateurs d'électrons (**Batish, Singh et Kaur, 2001**)

6. **Respiration** : les allélochimiques peuvent avoir un effet négatif ou positif sur la respiration de la plante (**Batish et col, 2001**)
7. **Synthèse des protéines** : Des études utilisant des sucres C14 ou des acides aminés radiomarqués, et leur incorporation dans les protéines, ont rapporté que les composés allélopathiques obstruent la synthèse des protéines (**Bertin et coll, 2007**).
8. **Activité enzymatique** : (**Rice, 1984**) a donné un compte rendu de divers allélochimiques qui limitent l'activité enzymatique dans les plantes (**Muscolo et al., 2001**).
9. Teneur en proline : l'exposition au stress peut conduire à l'accumulation de proline dans la plante (**Hayat et al., 2012**).
10. **Croissance et amélioration** : Les impacts visibles comprennent un taux de germination réprimé; des graines voilées et gonflées; une extension réduite de la racine ou de la radicule et des pousses; un gonflement ou une pourriture de l'extrémité des racines; une torsion de l'axe des racines; une décoloration, l'absence de poils des racines; augmentation du nombre de racines séminales, diminution de l'accumulation de biomasse sèche et réduction du potentiel de reproduction (**Wu, Pratley, Lemerle, Haig et Verbeek, 1998**).

1.3 Moyen d'émission des composés allélopathiques

La voie de libération des composés allélochimiques dans l'environnement varie selon les espèces :

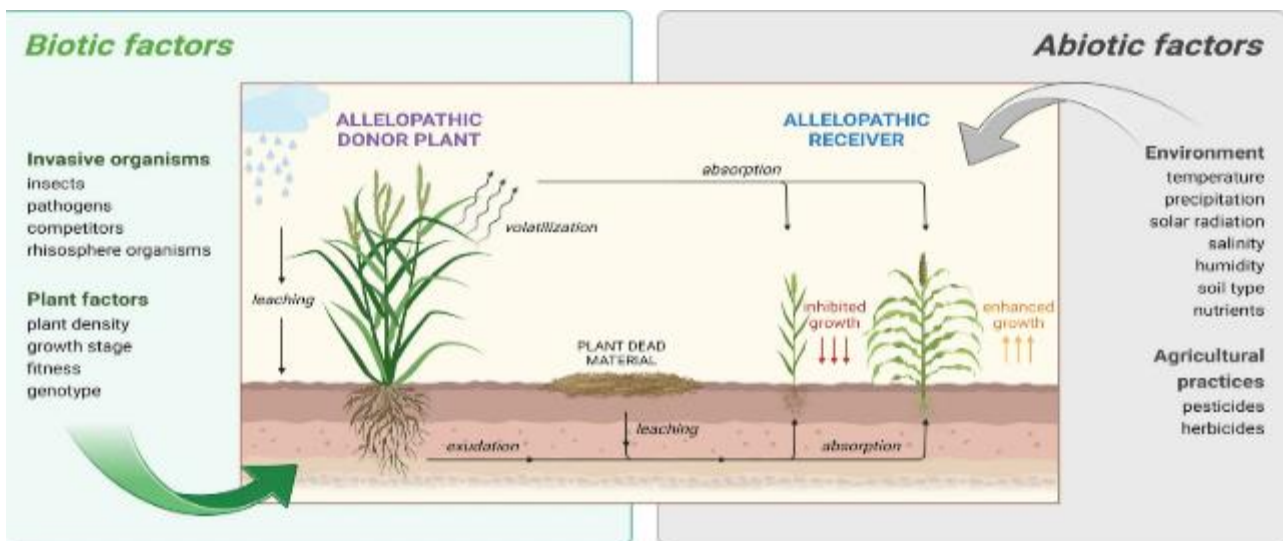


Figure 1 : schéma résumant les moyens d'émission des composés allélopathiques incluant les facteurs qui influent sur leur libération (**Belz 2007**)

1. **Volatilisation** : en milieux arides et semi-arides les composés allélopathiques sont absorbés sous forme de vapeurs, ou peuvent être absorbés par le condensat de ces vapeurs sous forme de rosée, ou le condensat peut atteindre le sol et être absorbé par les racines (**Kassam et al., 2019**).
2. **Exsudations racinaires** : La source directe d'entrée des allélochimiques dans la rhizosphère du sol est l'exsudation des racines. C'est une méthode complexe qui consiste à produire des substances toxiques pendant la décomposition des résidus végétaux ou à les former par transformation chimique de matériaux de départ des microorganismes en raison de la présence d'enzymes microbiennes (**Mehdizadeh et Mushtaq, 2019**).
3. **Le lessivage de tissus végétaux** : Un autre mode d'action est le lessivage par irrigation, rosée, précipitation, ou résidus végétaux qui transportent des composés allélopathiques des parties aériennes de la plante vers le sol ou d'autres plantes.

1.4 Type de composés allélopathiques :

1.4.1 Composés azotés

- Les alcaloïdes sont des composés hétérocycliques d'origine végétale et font partie du plus grand groupe de métabolites secondaires, (**Parthasarathy et al., 2021**). Les alcaloïdes sont principalement des dérivés d'acides aminés, mais ils peuvent aussi être synthétisés par des terpénoïdes ou formés à partir de voies de polycétate (Macías et al. 2019). Ils peuvent être différenciés en fonction de leur origine biosynthétique en plusieurs groupes : alcaloïdes indoles dérivés du tryptophane, alcaloïdes de pyrrolizidine issus de l'ornithine ou de l'arginine, alcaloïdes de quinolizidine issus de la lysine (**Latif et al., 2017**). Ils sont synthétisés dans le cytoplasme, les vésicules ou les chloroplastes, mais peuvent également être stockés dans des vacuoles en raison de leurs capacités hydrosolubles (**Macías et al., 2019**).

L'activité de ces composés se produit à des concentrations relativement élevées (> 0,1 %), comparativement aux composés phénoliques, qui sont déjà toxiques à des concentrations de 10 à 200 ppm (**Yoneyama et Natsume, 2010**). Les alcaloïdes inhibent la croissance des plantes en interférant avec l'ADN, provoquant des changements dans l'activité enzymatique, le métabolisme des protéines et l'intégrité des membranes cytoplasmiques, entre autres (**Latif et al., 2017**).

- Les benzoxazinoïdes, qui présentent un potentiel allélopathique important, constituent un autre groupe de composés abondants dans les espèces de grandes cultures du

monde, comme le seigle, le blé, le maïs et le riz (**Hussain et al., 2022**). Ils ont été soigneusement testés pour leur efficacité allélopathique et leur phytotoxicité sur les mauvaises herbes.

Les benzoxazinones sont stockées sous forme glucosidique dans des vacuoles, par conséquent, des déclencheurs externes sont libérés dans le cytoplasme et ils sont hydrolysés par les β -glucosidases augmentant leur réactivité et leur activité biologique (**Gawronska et Golisz, 2006**). Les aglycones instables de benzoxazinone (DIBOA et DIMBOA) qui en résultent sont toxiques, et leurs produits de dégradation de benzoxazolinone (MBOA et BOA) sont considérés comme moins bioactifs que les molécules de départ. Malgré cela, il a été démontré que les glucosides de DIBOA et de DIMBOA, avec leurs aglycones et produits de dégradation respectifs, suppriment les mauvaises herbes (**Gawronska et Golisz, 2006**).

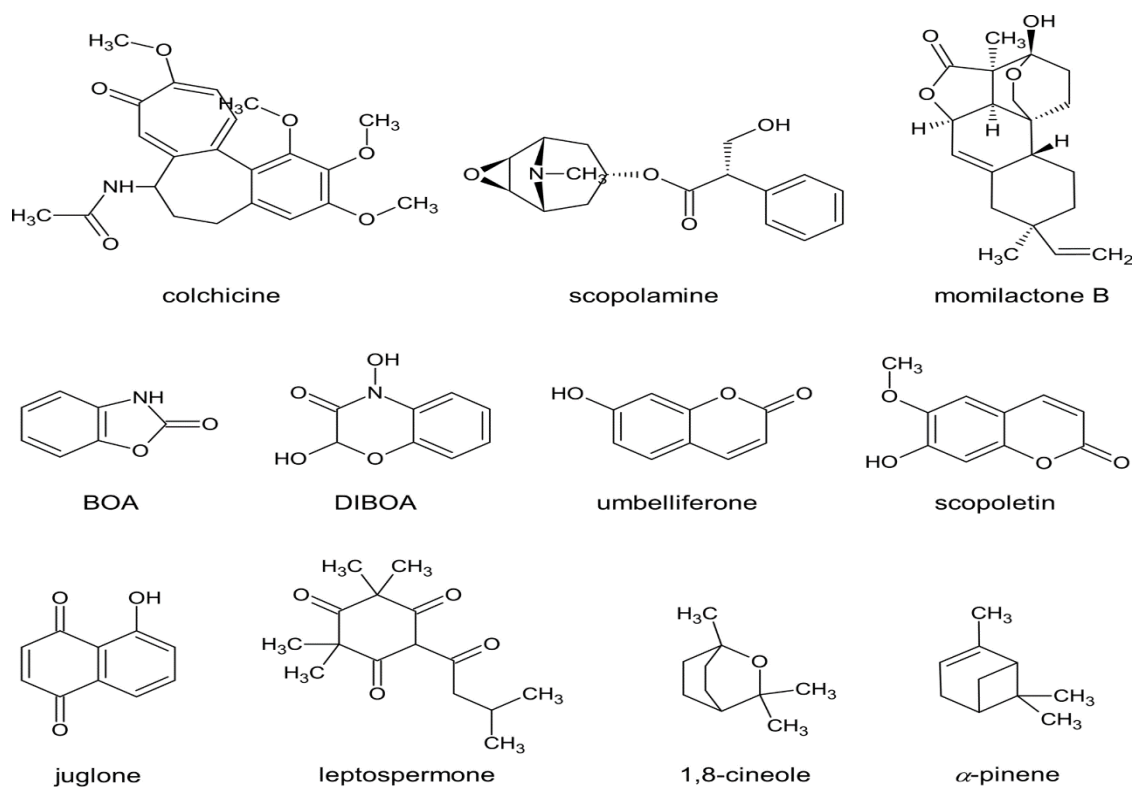


Figure 2 : Exemple de produits naturels ayant une action allélopathique

1.4.2 Composés phénoliques

Les composés phénoliques végétaux sont un groupe diversifié de composés organiques, leur caractéristique commune consiste en un cycle aromatique possédant au moins un groupe hydroxyle. Ils sont synthétisés par les voies phénylpropanoïdes et shikimate, tandis que la combinaison de la voie shikimate avec la voie mévalonate conduit à la synthèse de flavonoïdes. Ils peuvent être classés en acides phénoliques, flavonoïdes, coumarines, lignines, tannins et stilbènes (Latif et al., 2017). Ils peuvent exister sous forme libre, conjugués avec des sucres ou des protéines, sous forme d'esters, et par polymérisation et condensation à partir de tanins, de lignanes, de lignine, de cutine et de subérine (Borrelli et Trono, 2016). Le mécanisme d'allélopathie associé aux composés phénoliques comprend l'interférence avec l'activité hormonale, la perméabilité membranaire, la photosynthèse, la respiration et la synthèse des composés organiques dans les plantes sensibles (Latif et al., 2017). Les composés phénoliques libres nuisent à la croissance des plantes parce qu'ils s'accumulent dans la rhizosphère, ce qui influe sur l'accumulation et la disponibilité des nutriments du sol (Li et al., 2010). L'identification précise et l'analyse quantitative des composés phénoliques allélopathiques sont à la base de la mise au point d'outils de lutte contre les mauvaises herbes et les ravageurs à valeur nutraceutique élevée (Kumar et al., 2020).

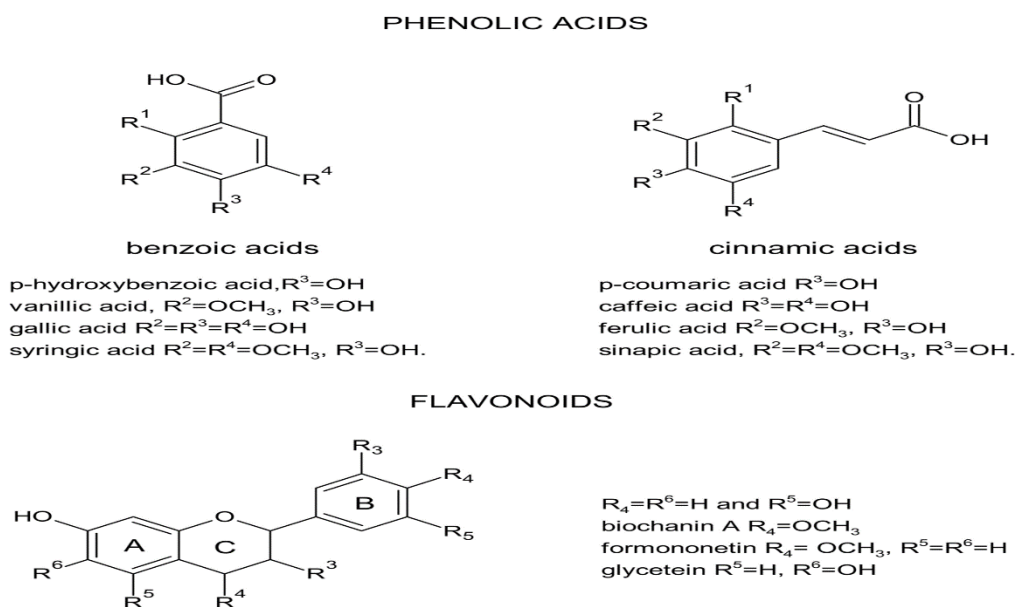


Figure 3 : structure des composés phénoliques avec un potentiel allélopathique (Borelli et Trono 2016)

Tableau 1 : exemple de composés phénoliques et leur action

Composé phénolique	Source	Action
Flavonoïdes	Puissant anti oxydant présent dans tous les organes végétaux et floraux	Délocalisation électronique
Coumarine	Liée a un sucre dans les vacuoles des cellules végétales	Parfumerie Aromatisation des aliments Bio herbicides
Juglon	Racines du noyer	Inhibiteur de croissance
Leptospermone	Racines	Herbicide

1.4.3 Terpènes

Les terpénoïdes sont classés en fonction du nombre d'unités d'isoprène dans leur squelette de carbone, p. ex., monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, sesterpènes et triterpènes (**Nair et al., 2022**). Deux voies distinctes sont en cause dans la production des unités de base d'isoprène — le diphosphate d'isopentényle (IDP) et le diphosphate de diméthyllall (DMADP) — nécessaires à la synthèse terpénoïde. Dans les plastides, la voie du phosphate de méthylérythritol (MEP), tandis que dans le cytosol, le réticulum endoplasmique et les peroxydes, la voie de l'acide mévalonique (MVA) a lieu (**Corso et al., 2021**). Les terpénoïdes ont de multiples activités biologiques chez les plantes en tant qu'agents photo protecteurs, médiateurs de l'assemblage polysaccharidique, hormones reproductrices, allélochimiques et agents de communication et de défense. Plusieurs études confirment la nature allélopathique des terpénoïdes, provoquant des effets inhibiteurs et autotoxiques sur la germination et la croissance des semis. Ces effets sont dus à des interactions caractéristiques telles que la perturbation de la formation d'ATP et de l'activité endocrinienne, la complexation avec les protéines et l'obstruction de la respiration (**Bachheti et al., 2020**). Compte tenu de ces propriétés, les terpénoïdes ont un fort potentiel comme agents d'attraction des pollinisateurs, dans la défense des plantes contre les herbivores et les pathogènes microbiens (**Borrelli et Trono., 2016**).

1.5 Importance de l'allélopathie dans le contrôle des mauvaises herbes

L'interaction allélopathique joue un rôle important dans les écosystèmes agricoles en raison de son influence sur le développement des plantes cultivées. Plusieurs variables doivent être prises en considération lors de l'utilisation de l'allélopathie pour la lutte contre les mauvaises herbes, comme l'espèce, les conditions climatiques, le type de pratiques agricoles et les aspects économiques. Le phénomène de l'allélopathie peut créer un nouveau front dans la lutte intégrée contre les mauvaises herbes en les incluant dans des séquences de rotation ou de culture intercalaire près d'une culture commerciale, en faisant de la culture de couverture comme paillis vivants ou morts et en incorporant des résidus de culture dans le sol (**Scavo et Mauromicale, 2021**).

1.6 Composés Allélochimiques en tant que bio herbicides

1.6.1 Importance

L'évolution des préférences des consommateurs et la demande d'aliments produits de façon biologique font des bio herbicides des alternatives aux herbicides artificiels. Dans le but de réduire l'utilisation d'herbicides synthétiques, de surmonter les phénomènes de résistance des mauvaises herbes et de minimiser leur impact environnemental, les bio herbicides allélochimiques à base de plantes gagnent en popularité (Scavo et Mauromicale, 2021). Les produits naturels se dégradent rapidement, ce qui les rend beaucoup plus sûrs à utiliser dans l'environnement (**Lengai et Muthomi, 2018**).

La plupart des composés allélopathiques sont totalement ou partiellement hydrosolubles, ce qui les rend plus faciles à appliquer sans tensioactifs supplémentaires. Les allélochimiques ont une structure chimique écologique comparativement aux équivalents synthétiques (**Scavo et Mauromicale, 2021**).

La mise au point de bio herbicides est beaucoup plus compliquée que les herbicides synthétiques, car les substances bioactives doivent d'abord être correctement isolées à partir d'extraits végétaux et la masse extractible des composés récupérés est habituellement faible par rapport au simple processus de production de grosses quantités d'herbicides synthétiques par synthèse chimique (**Soltys et coll., 2013**).

Avant qu'un allélochimique puisse être utilisé comme herbicide, il doit répondre à certains critères. Il est nécessaire d'identifier sa structure chimique, de connaître son mécanisme d'action sur les plantes, de déterminer son temps de séjour dans le sol, son effet sur l'environnement et les plantes non ciblées, sa toxicité possible pour la santé humaine ainsi que

sa toxicité pour les formes de vie terrestres et aquatiques, ainsi que la rentabilité de la production à l'échelle commerciale (**Soltys et al., 2013**).

Les bio herbicides sont préparés à partir de parties de plantes obtenues de l'environnement ou d'origine humaine — entièrement synthétiques, ou créés sur le modèle de substances naturelles, qui sont nettoyées de la saleté ou de matières étrangères. La matière végétale ainsi préparée est ensuite extraite à l'aide de solvants ou distillée pour obtenir les extraits ou huiles essentielles respectifs (Lengai et Muthomi 2018).

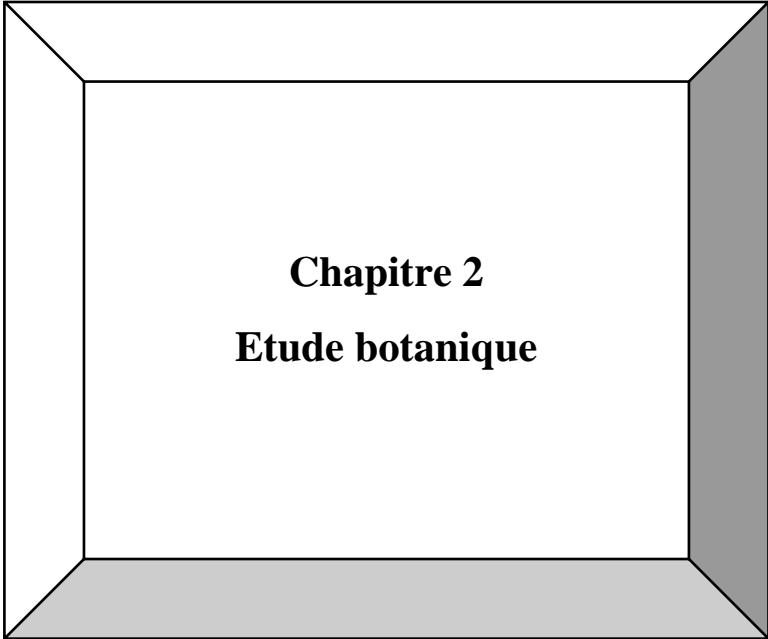
La qualité des extraits obtenus est influencée par le type de solvant utilisé et la méthode d'extraction. Les parties de plantes séchées sont généralement préférées en raison des rendements plus élevés de la matière active. Les solvants à faible toxicité, à haute capacité de dissolution de grandes quantités de composés, à évaporation facile et à propriétés de conservation devraient être utilisés pour l'extraction. Les solvants organiques comme l'éthanol et le méthanol sont les plus efficaces, comparativement à l'eau qui, bien que très polyvalente, extrait beaucoup moins de composés (**Lengai et Muthomi, 2018**).

Il ne faut pas oublier que le coût des bio herbicides doit être concurrentiel pour devenir une solution de rechange réaliste aux herbicides conventionnels. Ainsi, de nouvelles méthodes de protection des plantes devraient être développées de manière à minimiser le coût de la production végétale (**Glaḡ et al., 2017**). Compte tenu des raisons susmentionnées, l'impératif est de trouver une solution optimale qui simplifierait les procédures et permettrait le développement de nouveaux bio herbicides à un prix concurrentiel acceptable pour les producteurs agricoles et donc d'augmenter leur application (**Šunjka et Mechora, 2022**).

1.6.2 Inconvénients

Bien que les bio herbicides offrent des avantages tels qu'un environnement sûr et des aliments sains pour la consommation humaine, certains facteurs limitent leur utilisation dans la lutte contre les mauvaises herbes. L'effet allélopathique désiré dépend de la bio dégradation, de la concentration et du type d'allélochimiques, ainsi que les facteurs environnementaux (**Scavo et Mauromicale, 2021**). La demi-vie environnementale relativement courte des substances allélochimiques est bonne du point de vue de la toxicologie environnementale. Toutefois, un herbicide doit persister suffisamment longtemps pour produire l'effet désiré et être efficace (**Motmainna et al., 2021**). La conception de nouveaux bio herbicides doit également tenir compte du fait que les effets allélopathiques varient selon les variétés ou les génotypes, car il n'est pas nécessaire que les plantes ayant une proximité taxonomique étroite

aient des effets allélopathiques semblables (**Motmainna et al., 2021**). Il convient également de rappeler que, par rapport à l'herbicide synthétique, l'herbicide botanique libère dans l'environnement un mélange d'allélochimiques, avec une composition qualitative et quantitative difficile à prédire avec précision. Un seul composé allélopathique peut ne pas montrer l'activité allélopathique individuellement dans une certaine situation, mais pourrait augmenter l'allélopathie en association avec d'autres allélochimiques. Il est donc important d'évaluer les interactions telles que la synergie, l'antagonisme et les effets incrémentiels entre les différents allélochimiques (**Motmainna et al., 2021**). Les allélochimiques ont une action multi-site chez les plantes sans la forte spécificité obtenue dans le cas des herbicides synthétiques et sont également fortement dépendants de la dose. Sur le terrain, des doses élevées d'allélochimiques sont nécessaires pour atteindre l'efficacité souhaitée, et la concentration de ces composants bioactifs est dictée par l'environnement dans lequel ils poussent (**Scavo et Mauromicale, 2021**).



Chapitre 2
Etude botanique

1 Le blé dur (*Triticum durum*)

1.1 Origine

L'apprivoisement du blé représente une étape cruciale dans l'évolution des sociétés humaines, marquant le début de l'ère néolithique caractérisée par l'adoption d'une économie agricole et d'élevage. Vers 10 000 ans av. J.-C., le blé a été domestiqué dans la région du "croissant fertile" entre le Tigre et l'Euphrate, comme en témoignent les recherches archéologiques (**Shewry, 2009**). Ces découvertes fournissent des preuves concrètes de la corrélation entre l'apparition de la culture du blé et l'émergence de sociétés sédentaires, marquant ainsi la fin de la période nomade où la chasse et la cueillette étaient les principales sources de subsistance (**Diamond, 2002**).

En effet, l'histoire de l'humanité est étroitement liée à celle des céréales, que l'homme a rapidement appris à apprivoiser, cultiver et sélectionner (**Bonjean et Picard, 1991**). Les céréales sont considérées comme le fondement des grandes civilisations, car elles ont été parmi les premières cultures agricoles à fournir une source régulière de nourriture, autour de laquelle l'activité humaine a pu s'organiser.

1.2 Origine génétique

Il a été rapporté que le blé (*Triticum* spp.) provenait de la région du Levant au Proche-Orient, selon Lev-Yadun et al. (2000). Les premières formes cultivées de blé étaient l'einkorn (diploïde, génome AA) et l'emmer (tétraploïde, génome AABB). Les relations phylogénétiques entre ces variétés suggèrent qu'elles proviennent du sud-est de la Turquie, comme l'indiquent **Heun et al. (1997)**, **Nesbitt (1998)** et **Ozkan et al. (2002)**. Les fouilles archéologiques près des premiers établissements agricoles prouvent que la domestication du blé einkorn a commencé près des montagnes Karacadağ, comme l'ont décrit (**Heun et al., 1997**). La culture du blé s'est étendue au Proche-Orient il y a environ 9000 ans, avec l'introduction du blé panifiable hexaploïde, comme l'a déclaré (**Feldman, 2001**). De nos jours, le blé est largement cultivé dans les régions tempérées du monde entier.

1.3 Répartition géographique

La culture du blé est une pratique très ancienne, remontant à environ 7000 ans en Colombie-Britannique. Son origine est située au Moyen-Orient, où des traces ont été découvertes. Des vestiges de blé ont également été trouvés dans les tombes des anciens Égyptiens, ainsi qu'en Turquie, en Irak, en Syrie et en Palestine, datant d'environ 3000 ans avant J.-C. Il est largement accepté que la culture du blé ait débuté en Syrie et en Palestine, pour ensuite se propager en

Égypte, en Iran, en Inde, en Chine et en Russie, et finalement s'étendre en Europe du Sud, puis en Amérique grâce aux immigrants européens. Aujourd'hui, le blé est l'une des cultures les plus importantes et les plus cultivées à travers le monde (**Abdul Hamid Mohammed Hasasin, 2019**)

1.4 Classification et taxonomie

Le blé est une plante herbacée monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* des graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec indéhiscence appelé caryopse constitué d'une graine et de téguments (**Feillet, 2000**).

Classification de Cronquist	
Règne	Plantae
Sous règne	Viridiplantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous classe	Commélinidées
Ordre	Cypéales
Famille	Poacées
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i>

Classification phylogénétique APG III	
Règne	Plantae
Clade	Angiospermes
Clade	Monocotylédones
Clade	Commelinidae
Ordre	Poales
Familles	Poaceae
Sous famille	Pooideae
Super tribu	Triticodae
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticineae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i>

1.5 Morphologie et stades de développement

1.5.1 Morphologie

1.5.1.1 Grain

Le caryopse est le fruit du blé. À l'intérieur d'un grain de blé, on peut généralement distinguer l'amande et les enveloppes qui protègent la graine. Le caryopse assure la protection de la première feuille et de l'apex caulinaire. Sa taille augmente davantage dans les plantes cultivées dans l'obscurité. En revanche, les premières feuilles ont une croissance globalement similaire en présence de lumière ou d'obscurité, la principale différence réside dans la couleur (synthèse de chlorophylle et photosynthèse) (**Soltner, 2005**).

1.5.1.2 Appareil végétatif

L'appareil végétatif est constitué de deux parties, l'une aérienne et l'autre racinaire. Le système aérien est formé de la tige issue du caryopse et des talles partant du plateau de tallage. La tige ou chaume est constituée d'entre-nœuds séparés par des nœuds ou zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds et servent comme point d'attache des feuilles. Les feuilles sont alternées, comportant chacune une portion supérieure et une portion inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine (Hubert, 1998 ; Jouve et Daoudi, 2001). L'appareil racinaire, chez le blé est formé de deux systèmes racinaires successifs, un système séminal dont les racines fonctionnent au cours du cycle de la plante (Grignac, 1965). Les racines séminales sont au nombre de 6 (Colnenne et al., 1988). Ce système est secondé par le système racinaire adventif qui assure la nutrition de la plante pendant la période active.

1.5.1.3 Appareil reproducteur

Les fleurs du blé sont regroupées en inflorescences formant des épis. L'unité morphologique fondamentale de l'épi est l'épillet, qui est constitué d'une grappe de fleurs enveloppées par leurs glumelles et insérées entre deux bractées appelées glumes (inférieure et supérieure) (Gate, 1995).

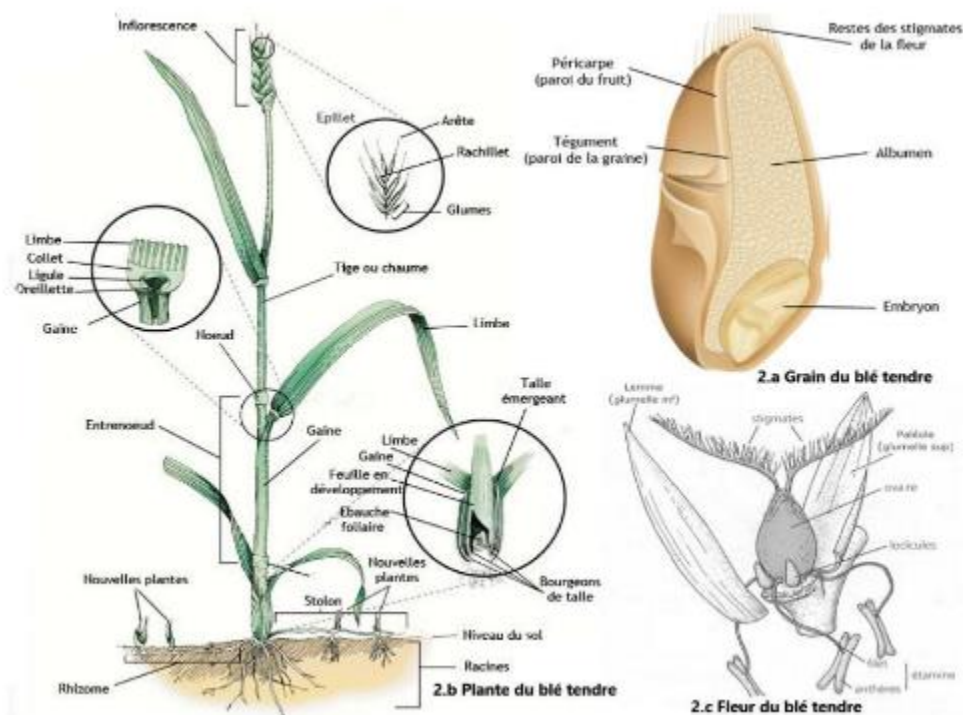


Figure 4 : morphologie de *Triticum durum*

1.5.2 Stades de développement

1.5.2.1 Période végétative

Elle se caractérise par le développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin du tallage. Elle se divise en deux étapes :

Phase de germination-levée : La germination de la graine se caractérise par l'émergence de coléorhize donnant naissance à des racines séminales et du coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle.

La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (**Gate, 1995**). Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine. Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (**Eliard, 1979**). Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant. En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (**Masle-Meynard, 1980**). De plus, la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination-levée (**Evans et Rawson, 1975**).

Phase levée-tallage : La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (**Moule, 1971**). L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier égal à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que la densité de semis (**MasleMeynard, 1980**). La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (**Austin et Jones, 1975**).

1.5.2.2 Période reproductrice

Dite aussi période de montée, elle est dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain. Elle comprend :

Phase montaison : La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain

nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (**Grancourt et Prats, 1971**). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoque les épis dans la gaine.

Phase épiaison-floraison : Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50% des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (**Gate, 1995**). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de graines par épi (**Masle-Meynard, 1980**).

1.5.3 Période de formation et maturation du grain

Durant cette période les substances de réserve (amidon, matières protéiques) s'élaborent et migrent dans l'albumen ; parallèlement l'embryon se forme. Cette période comprend :

Grossissement du grain : Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de $\frac{3}{4}$ de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (**Boulelouah, 2002**). A l'issue de cette phase, 40 à 50% des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade " grain laiteux.

Maturation du grain : La phase de maturation succède au stade pâteux (45% d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (**Gate, 1995**). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient, et passera progressivement aux stades "rayables à l'angle" (20 % de l'humidité) puis, "cassant sous la dent" (15-16% d'humidité).

L'avoine (*Avena sativa*)

1.1 Description

L'Avena sativa (Avoine cultivée, Avoine commune) est une espèce végétale appartenant à la famille des Poacées (sous-famille des Pooïdées, tribu des Poées, sous-tribu des Avéninées) ayant probablement pour origine la culture accidentelle d'une espèce sauvage depuis environ 1 siècle avant J.C. en Asie occidentale (Asie Mineure, Transcaucasie, Iran, Turkménistan).

Sa culture s'est peu à peu étendue à l'Europe de l'est et du nord où elle a d'abord été utilisée à des fins médicinales (dépendance à l'opium, troubles nerveux, rhumatismes, gale et lèpre), puis pour l'alimentation animale (principalement équine) et humaine.

La mécanisation de l'agriculture (à la place de l'utilisation du cheval) lui a fait connaître une forte régression. Toutefois, depuis environ 2 décennies, son usage à des fins thérapeutiques humaines et vétérinaires, lié à ses nombreuses propriétés, et la démocratisation du cheval d'agrément, ont réactivé sa culture.

1.2 Origine

L'avoine cultivée, également connue sous le nom scientifique *Avena*, tire son nom du mot grec "Avea" qui signifie "désirer". Parfois appelée "avoine commune", "avoine byzantine" ou simplement "avoine", elle est originaire du nord-est de l'Europe (Autriche et Russie), ainsi que des plateaux de l'Éthiopie et de la Chine. Les plus anciennes traces d'avoine cultivée ont été découvertes dans des grottes en Suisse, remontant à l'âge de bronze (Peer Schilperoord, 2017). Des vestiges d'avoine ont également été retrouvés en Égypte, datant de la 12^e dynastie, vers 2000 avant J.-C., et provenant probablement de plantes sauvages, car l'avoine n'était pas encore cultivée à cette époque (**Wissam et Madiha, 2017**).

L'avoine a été introduite en Amérique en 1609, sur les îles Elizabeth, sur les côtes de l'État du Massachusetts. On dit que George Washington, le premier président des États-Unis d'Amérique, a semé 234,71 hectares d'avoine en 1786 (**Sirodot, 2016**).

1.3 Origine génétique :

Avena sativa L. est la seule espèce du genre *Avena*, qui comprend environ 33 espèces réparties. Tout comme le genre *Triticum*, le genre *Avena* comprend des espèces diploïdes ($2n=14$), tétraploïdes ($2n=28$) et hexaploïdes ($2n=42$). Les mécanismes et le schéma évolutif de la polyploïdie sont essentiellement les mêmes que ceux décrits pour le blé. Cependant,

contrairement au blé, le processus de domestication et de culture de l'avoine n'implique que les espèces hexaploïdes.

Deux autres espèces, *A. byzantina* (avoine rouge) et *A. nuda*, sont mentionnées dans la littérature comme ayant été cultivées à l'origine en Méditerranée orientale. Cependant, ces taxons sont maintenant considérés comme faisant partie d'*Avena sativa* car ils partagent le même génome. Leur forte similarité génétique avec *A. sativa* ne justifie pas de leur attribuer un statut spécifique (Sirodot, 2016 ; Madiha et Wissam, 2017).

1.4 Répartition géographique :

L'avoine est aujourd'hui cultivée dans les régions tempérées du monde, principalement aux Etats-Unis, au Canada, en Russie, en Allemagne et en France.

La culture de l'avoine était très importante en Europe et ce, bien avant la découverte de l'Amérique. En effet, jusqu'au XIXe siècle, l'avoine est restée un aliment de base de l'alimentation en Ecosse, en Scandinavie, en Allemagne et en Bretagne. Cette céréale fut introduite en Amérique du Nord au début du XVIe siècle par les premiers colons écossais. La Russie est maintenant le plus important pays producteur d'avoine suivi des Etats-Unis, puis du Canada, de l'Allemagne, de la Pologne et de la Finlande. Les départements produisant le plus d'avoine sont ceux du Nord de la France. Elle ne pousse guère en milieu méditerranéen ou les printemps sont trop secs.

1.5 Classification et taxonomie

Classification de Cronquist	
Règne	Plantae
Sous règne	Viridiplantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous classe	Commélinidées
Ordre	Cypérales
Famille	Poacées
Genre	<i>Avena</i>
Espèce	<i>Sativa</i>

Classification phylogénétique APG III	
Règne	Archéplastides
Clade	Angiospermes
Clade	Monocotylédones
Clade	Commélinidées
Ordre	Poales
Familles	Poacées
Sous famille	Pooidées
Genre	<i>Avena</i>
Espèce	<i>Sativa</i>

1.6 Morphologie :

C'est une plante herbacée annuelle haute d'environ 1,50 mètre. Etablie sur un système racinaire fasciculé très puissant se dispersant jusqu'à 1,50 mètre autour du pied, elle présente des chaumes nombreux (en conséquence du tallage) ou solitaires, lisses, dressés (parfois pliés à la base),

pourvus de nœuds et portant des feuilles disposées de façon alterne. Ces feuilles vertes à gris vert ou à vert bleuté, linéaires, glabres (quelquefois pubescentes), embrassent la tige au niveau des nœuds. Non pourvues d'oreillettes à leur base, elles possèdent toutefois une ligule membraneuse blanchâtre tronquée et dentée. Leur contour est entier à légèrement cilié, leur apex est aigu et leur nervation est parallèle.

L'Avoine cultivée fleurit 7 à 8 semaines après le semis des graines, de mai (semis en fin février/début mars) à juillet (semis en fin mai/début juin). Son inflorescence terminale lâche est une panicule longue de 15 à 40 centimètre composée d'épillets retombants portés par de minces pédoncules et protégés par 2 glumes elliptiques très pointues. Chaque épillet regroupe 2 à 3 fleurs hermaphrodites a sépales et apétales (rarement stériles) constituées de 3 étamines et d'un pistil uni carpelle abritant un ovaire supère à une seule loge protégés par 2 glumelles. Ses fruits longs et étroits, rainurés longitudinalement sur une face, hermétiquement enfermés dans les glumelles, sont appelés caryopses (grains dans le langage courant).



Figure 5 : *Avena sativa*

Lentille cultivée (*Lens culinaris*)

1.7 Origine

La lentille (*Lens culinaris*) est une plante cultivée depuis très longtemps en Asie occidentale, en Égypte et en Europe méridionale. Les premières traces archéologiques de cette culture remontent aux débuts de l'âge de pierre. Appartenant à l'importante famille des légumineuses, la lentille est reconnue pour ses qualités nutritionnelles élevées (Costa et al., 2006). Ses zones d'origine sont le Proche-Orient et l'Asie de l'Ouest (Mc Vincer et al., 2010). Dans l'Antiquité, la lentille faisait régulièrement partie du régime alimentaire des Grecs, des Juifs et des Romains, et elle était considérée comme un plat de base pour les pauvres en Égypte. Elle est associée à de nombreuses légendes, contes et coutumes. Les plus anciens restes archéologiques de lentille ont été découverts en Grèce, datant de 11 000 ans avant J.-C., et en Syrie, datant de 8500 avant J.-C. Cependant, il n'était pas clair s'il s'agissait de plantes sauvages ou cultivées. Ce n'est qu'à partir du 5^{ème} millénaire avant J.-C. que l'on trouve des graines clairement identifiées comme étant domestiquées (Yunnus et Jackson, 1991). La lentille a reçu son nom scientifique (*Lens culinaris*) en 1787 par le botaniste allemand Medikus (Cubero, 1981 ; Sehirali, 1988 ; Henelt, 2001).

1.8 Classification et taxonomie :

Classification de cronquist	
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Lens</i>
Espèce	<i>Lens culinaris</i>

Classification phylogénétique APG III	
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédone
Clade	Rosidées
Clade	Fabidées
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabacées</i>

1.9 Morphologie :

1.9.1 Appareil végétatif

1.9.1.1 Les racines

La lentille possède un système racinaire pivotant mince avec une quantité importante de racines latérales fibreuses. On observe de grandes variations génétiques dans la croissance des racines, notamment en termes de longueur de la racine pivotante, nombre de racines latérales, longueur

totale des racines et poids des racines (**Sarker et al., 2005**), ainsi que le nombre de poils racinaires par unité de surface (**Gahoonia et al., 2005**). Les lentilles ont un système racinaire restreint (**Street et al., 2008**). Les racines latérales portent de gros nodules qui permettent la fixation de l'azote atmosphérique, satisfaisant ainsi 80 % des besoins en azote de la plante. Cette fixation symbiotique est à son maximum pendant la floraison et diminue rapidement par la suite (**Slama, 1998**).

1.9.1.2 La tige

La tige de la lentille est initialement herbacée, mais elle se lignifie progressivement à mesure que la plante se développe. Le degré de pilosité varie selon les génotypes, allant d'une quasi-absence de poils à une forte pilosité. Les tiges sont généralement de couleur verte, bien que certains génotypes puissent présenter des pigments anthocyaniques. La hauteur de la plante peut varier de 15 à 75 cm en fonction des génotypes et des conditions de croissance (**Saxena, 2009**).

1.9.1.3 Les feuilles

Les feuilles de la lentille sont composées de plusieurs paires de folioles disposées de manière pennée. La première fleur de la tige principale se trouve à l'aisselle du 11^{ème}, 12^{ème} ou 13^{ème} nœud (**Slinkard, 1990, Street et al., 2008**).

1.9.1.4 Les gousses

Chaque gousse de lentille est attachée à un court pédicelle et contient une ou deux petites graines en forme de loupes. La couleur du tégument des graines varie, allant du blanc (sans présence de tannins) au vert pâle, au gris, au brun et au noir, et présente souvent des taches violacées de différentes tailles (**Vandenberg et Slinkard, 1990**).

1.9.1.5 Les graines

Les graines de lentilles ont généralement la forme d'une lentille et leur diamètre varie de 2 à 9 mm (**Barulina, 1930**). La lentille cultivée est classée en deux groupes en fonction de la taille des graines (**Brink et Belay, 2006**) :

- Les grosses lentilles (*Macro sperma*) : Principalement présentes en Afrique du Nord, en Europe et en Amérique (diamètre supérieur à 6 mm).
- Les petites lentilles (*Micro sperma*) : Prédominantes en Asie, en Égypte et en Éthiopie (diamètre inférieur à 6 mm).

La couleur du testa des graines peut varier, allant du rose, jaune, vert, vert foncé, gris, marron au noir. Certains génotypes présentent des taches brunes ou noires, des mouchetures ou des

marbrures sur le testa (**Muehlbauer et al., 2002**). La surface de la graine est généralement lisse, mais dans certains types de grosses graines, elle peut être ridée. Le hile, de forme elliptique étroite, est de couleur blanche ou brun terne.

1.9.2 Appareil reproducteur

La lentille est principalement une plante autogame, avec un taux de pollinisation croisée inférieur à 1 % selon (**Wilson et Law, 1972**). L'androcée de la fleur est composé de dix étamines minuscules, dont neuf sont fusionnées entre elles. Le pistil est constitué d'un stigmate, d'un style et d'un ovaire, qui contient généralement deux ovules. La pollinisation se produit normalement juste avant l'ouverture de la fleur (**Muehlbauer et al., 1980**).

1.9.3 Génétique de la lentille

Lens culinaris est une plante diploïde avec 14 chromosomes ($2n=14$) et possède un vaste génome de plus de 4 Gb (**Arumuganathan et Earle, 1991**). La plupart des génotypes de *L. orientalis* peuvent facilement s'hybrider avec *L. culinaris*. *L. culinaris* peut également se croiser avec d'autres espèces du genre *Lens*, mais ces croisements entraînent souvent un taux élevé d'embryons avortés, d'embryons albinos, de plantules albinos et de réarrangements chromosomiques, ce qui rend les hybrides stériles à maturité (**Ladizinsky, 1993**).

De nos jours, les programmes d'amélioration de la lentille se concentrent principalement sur l'obtention d'un rendement élevé et sur la résistance aux stress biotiques et abiotiques. L'ICARDA (Centre international de recherche agricole dans les zones arides) est chargé de mener des recherches sur l'amélioration de la lentille à l'échelle mondiale. Les programmes nationaux d'amélioration de la lentille dans les pays producteurs utilisent leurs propres collections de ressources génétiques, ainsi que des introductions provenant d'autres instituts. Ces programmes nationaux dans les pays producteurs de lentilles ont permis de commercialiser de nombreux cultivars (**ICARDA, 2001**).

L'armoise (*Artemisia alba*)

1.10 Origine

Depuis des millénaires, on connaît l'*Artemisia alba*, également appelée Armoise blanche. Xénophon, un historien grec, l'a décrite dès le début du IV^e siècle av. J.-C. dans les steppes de la Mésopotamie. Cette plante est principalement utilisée comme fourrage et est très appréciée par le bétail en tant que pâturage d'hiver (**khireddine et al., 2015**).

L'Armoise blanche est une plante qui pousse dans les terres arides ou semi-arides de l'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et de l'Espagne (**Mohamed et al., 2010**). Elle porte différents noms tels que thym des steppes, absinthe du désert, etc. En Afrique du Nord et au Moyen-Orient, on l'appelle communément shih ou shih khorasani selon les régions. Au Maroc occidental, elle est également appelée kaysoum. En tamazight (berbère), l'Armoise est connue sous le nom "izerg".

L'Armoise blanche est largement connue depuis l'Antiquité. Le terme anglais "Worm Wood" (qui est attribué à toutes les armoises) fait référence à son pouvoir vermifuge bénéfique pour l'homme et le bétail (**Messai et al., 2011**).

1.11 Répartition géographique

L'Armoise blanche est largement répandue depuis les îles Canaries et le sud-est de l'Espagne jusqu'aux steppes d'Asie centrale, notamment en Iran, au Turkménistan et en Ouzbékistan. Il existe plus de 300 espèces différentes de ce genre, principalement présentes dans les zones arides et semi-arides d'Europe, d'Amérique, d'Afrique du Nord (Maroc, Tunisie, Algérie) ainsi que dans les déserts du Moyen-Orient (**Lamari, 2018**).

En Algérie, l'*Artemisia alba* couvre près de six millions d'hectares dans les steppes. Elle se présente sous forme de buissons blancs, laineux et espacés (**Eloukili, 2013**).

1.12 Classification et taxonomie

Classification de Cronquist	
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Genre	Artemisia
Espèce	<i>Artemisia alba</i>

Classification phylogénétique APG III	
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones vraies
Clade	Asteridées
Clade	Campanulidées
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae

1.13 Description botanique

Artemisia alba est une plante vivace herbacée d'une teinte vert argenté mesurant entre 30 et 60 cm de longueur (Chaabna, 2014). Cette plante dégage une odeur distinctive rappelant l'huile de thymol et a un goût amer, ce qui lui confère des propriétés astringentes (Anonyme, 2005).



Figure 6 : *Artemisia alba*

La partie aérienne de la plante présente les caractéristiques suivantes :

- Les tiges sont rigides et dressées, abondamment feuillées avec une couche épaisse. La densité de la touffe de tiges varie en fonction de la quantité de pluie reçue.
- Les feuilles sont de petite taille, sessiles, pubescentes et ont une apparence argentée. Elles sont divisées en fines languettes blanches et laineuses (Lamari, 2018).

- Les fleurs se regroupent en grappes et forment de petits capitules ovoïdes mesurant entre 1,5 et 3 mm de diamètre. Elles sont de couleur jaune à rougeâtre (**Bezza et al., 2010**).

La partie racinaire de la plante se caractérise par :

- Une racine principale, ligneuse et épaisse, clairement différenciée des racines secondaires. Elle s'enfonce dans le sol comme un pivot.
- La racine principale pénètre profondément jusqu'à une profondeur de 40 à 50 centimètres et ne se ramifie qu'à cette profondeur.

1.14 Composition chimique

La matière sèche de l'Armoise blanche contient entre 6 et 11 % de matière protéique brute, dont 72 % est constitué d'acides aminés. En termes de valeur énergétique, elle présente une faible teneur en hiver (0,2 à 0,4 UF/kg MS), qui augmente rapidement au printemps (0,92 UF/kg MS), puis diminue à nouveau en été (0,6 UF/kg MS). En automne, les pluies de septembre stimulent une nouvelle période de croissance, entraînant une augmentation de la valeur énergétique (0,8 UF/kg MS) (**Messai, 2011**).

La plante présente un équilibre harmonieux entre le calcium (0,5 %) et le phosphore (0,07 %). Elle est également assez riche en cellulose (26,73 %) (**Ayed et al., 2007**).

Selon Khafagy et al. En 1971, plusieurs métabolites secondaires ont été isolés de l'armoise, parmi lesquels les sesquiterpènes lactones semblent être les plus importants. D'autres études ont été menées sur les flavonoïdes et les huiles essentielles de la plante.

1.14.1 Composés polyphénoliques

La plante est abondante en composés polyphénoliques, qui sont des antioxydants de premier ordre, tels que les flavonoïdes et les tanins. Le terme "flavonoïde" englobe une vaste gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont largement répandus dans le règne végétal et sont souvent responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Parmi les principaux flavonoïdes isolés à partir de l'armoise herbe blanche, on trouve la hispiduline et la cirsimaritrine. Des flavones glycosidiques tels que la 3-rutinoside, la quercétine et l'isovitexine ont également été identifiés (**Moufid et Eddouks, 2012**).



CHAPITRE 03 :
LUTTE BIOLOGIQUE

Définition des bio agresseurs

Les bioagresseurs sont des organismes dont les populations dépassent un seuil critique, engendrant ainsi des pertes économiques pour les cultures, les fruits et les produits stockés. Cette augmentation de population peut être saisonnière, annuelle ou persistante. On peut classer les ravageurs selon leur taxonomie, tels que les insectes, les nématodes, les acariens, les mollusques, les oiseaux, les rongeurs, les mauvaises herbes, etc. Ils peuvent également être classés en tant que ravageurs clés ou majeurs, ravageurs potentiels, ravageurs occasionnels et ravageurs migrants. En outre, ils peuvent être catégorisés en fonction de leur spécialisation sur certaines plantes hôtes ou de leur capacité à infester un large éventail de cultures, tels que les criquets, *Helicoverpa*, termites, pucerons, rongeurs, etc.

Les adventices (mauvaise herbes)

Au fil du temps, les mauvaises herbes ont développé des mécanismes de survie leur permettant de prospérer malgré les diverses contraintes environnementales. Ces mécanismes clés comprennent leur capacité à concurrencer pour les ressources, à produire des propagules, à retarder la germination, à maintenir la viabilité des propagules dans des conditions défavorables, à se reproduire de manière alternative, à faciliter la dispersion des propagules, ainsi qu'à croître rapidement et se développer précocement (**Brighenti et Oliveira, 2011**).

Dans les écosystèmes agricoles, forestiers, animaux et ornementaux, les mauvaises herbes ont généralement des effets néfastes sur les activités humaines. Toutefois, elles peuvent également avoir des effets bénéfiques sur les êtres humains, les animaux et l'environnement, tels que la production de composés médicinaux, la conservation des sols et de l'eau, ainsi que la préservation des ennemis naturels. Ainsi, une gestion durable des mauvaises herbes devient essentielle pour éviter les dommages et maintenir l'équilibre des agroécosystèmes.

Pour une gestion efficace des mauvaises herbes, il est important de comprendre leur comportement à la fois à l'intérieur et à l'extérieur des zones cultivées. Des facteurs tels que la reproduction, la dispersion, la dormance, la longévité et la viabilité des banques de semences/propagules (comme les graines ou les diaspores) dans le sol sont essentiels pour comprendre la dynamique des mauvaises herbes dans les agros écosystèmes (**Barrat-Segretain 1996, Vivian et al. 2008, Chauhan et Abugho 2013, Hossain et Begum 2015, Saeed et al. 2020**).

En plus de connaître la biologie et l'écophysiologie des mauvaises herbes, il est important de comprendre certaines caractéristiques qui permettent de les regrouper. La classification joue un

rôle essentiel dans la science et le contrôle des mauvaises herbes, en utilisant des clés de classification basées sur les caractéristiques de la plante adulte, son habitat, son cycle de vie et sa structure (**Brighenti et Oliveira, 2011**). Dans certains cas, les techniques de gestion et la sélectivité des herbicides reposent sur les différences morphologiques et physiologiques entre les espèces de mauvaises herbes.

1.15 Origine des mauvaises herbes et propagation :

Depuis l'avènement de l'agriculture, les humains ont fait face à des plantes qui ont entravé leurs efforts de gestion de l'environnement. De nombreux termes faisant référence à ces plantes se retrouvent dans des livres anciens fait référence à ces plantes.

De nos jours, ces plantes qui nuisent aux activités agricoles humaines sont appelées mauvaises herbes (**Ellstrand et al., 2010**). Les mauvaises herbes sont issues principalement de perturbations naturelles telles que les périodes glaciaires, les mouvements tectoniques et l'action des cours d'eau et des mers (**Musik, 1970**). Le concept même de mauvaises herbes est apparu lorsque les humains ont cessé d'être nomades et ont commencé à pratiquer l'agriculture dans des territoires fixes, en séparant les plantes bénéfiques (cultivées) des plantes sans intérêt (mauvaises herbes).

Certaines espèces végétales deviennent des mauvaises herbes car elles sont compétitives et adaptables, capables de coloniser des habitats naturellement perturbés ou perturbés par l'activité humaine. En modifiant l'environnement pour répondre à leurs besoins de survie, les humains créent des conditions favorables à certaines espèces végétales qui peuvent prospérer dans de telles circonstances. Les mauvaises herbes sont en réalité des espèces opportunistes qui sont bien adaptées pour se développer sur des sites ayant subi des perturbations (**Chandrasena, 2014**). Les mauvaises herbes sont devenues totalement domestiquées de manière inconsciente, évoluant simultanément avec les cultures et bénéficiant des conditions de croissance. En raison de leur adaptation supérieure par rapport aux cultures, elles sont devenues la cible de la sélection humaine. Les mauvaises herbes évoluent dans des habitats artificiels de trois manières principales (**De Wet et Harlan 1975**) :

1. Par le biais de l'établissement de populations sauvages, de la sélection et de l'adaptation aux perturbations continues de l'habitat.
2. Par hybridation entre les races sauvages et cultivées d'espèces domestiques.
3. Par l'abandon d'espèces domestiquées par l'homme.

1.16 La compétition entre les adventices et les cultures :

La croissance et le développement des plantes nécessitent la présence adéquate de ressources naturelles telles que l'eau, la lumière, les nutriments et le CO₂. Lorsque ces ressources sont limitées, il peut y avoir une compétition entre les plantes de la même espèce ou de différentes espèces. On peut définir la compétition comme une relation biotique dans laquelle différents individus utilisent la même ressource de l'environnement, mais celle-ci n'est pas suffisante pour répondre aux besoins de toutes les espèces (**Pitelli 2014**).

Dans les systèmes agricoles, la sélection de cultivars plus productifs a souvent conduit à une diminution de leur capacité concurrentielle, ce qui limite leur capacité à acquérir des ressources lorsque celles-ci sont limitées, ce qui nuit à leur développement. En revanche, les mauvaises herbes possèdent des caractéristiques qui leur permettent de survivre dans des environnements soumis à divers types d'interférences et de limitations de croissance et de développement, ce qui leur confère un avantage compétitif par rapport aux cultures en milieu agricole (**Brighenti et Oliveira, 2011**).

L'effet de la compétition des mauvaises herbes sur les cultures dépend de trois variables principales. La première variable, et la plus importante, est le moment d'émergence des mauvaises herbes par rapport à la culture d'intérêt. Les mauvaises herbes qui émergent avant la culture sont plus compétitives et entraînent des pertes de rendement plus importantes. La deuxième variable est la densité des mauvaises herbes, et il existe une relation étroite entre la densité des mauvaises herbes et l'intensité et la durée de l'interférence. La troisième variable est liée aux espèces de mauvaises herbes prédominantes dans la région, qui diffèrent dans leur capacité à concurrencer les cultures (**Swanton et al., 2015**).

1.17 Gestion des adventices :

Les méthodes de gestion peuvent être considérées comme des approches indirectes de contrôle, car elles ne ciblent pas directement les mauvaises herbes. Elles sont mises en œuvre par les agriculteurs pour d'autres raisons que la lutte contre les mauvaises herbes, telles que la fertilisation, le chaulage, l'utilisation de semences certifiées, l'adoption de systèmes d'irrigation localisée, la rotation des cultures, et bien d'autres encore. Ces méthodes de gestion offrent des avantages supplémentaires à la culture, en plus de réduire la compétition avec les mauvaises herbes. Elles permettent notamment une préparation du sol adaptée à la croissance des cultures, une disponibilité en eau et en nutriments, ainsi qu'une productivité accrue. En revanche, les

méthodes de contrôle sont considérées comme des mesures directes, car elles agissent après l'apparition des mauvaises herbes, lorsque celles-ci ont le potentiel de causer des interférences.

1.17.1 Gestion préventive :

La gestion préventive implique l'utilisation de pratiques visant à éviter l'introduction, l'établissement et/ou la propagation de certaines espèces de mauvaises herbes dans des zones qui ne sont pas encore infestées. Nous pouvons citer parmi elles :

1. Nettoyage de l'équipement et des machines
2. Utilisation de semences et de plants certifiés
3. Nettoyage des canaux d'irrigation
4. Quarantaine et circulation des animaux et des personnes
5. Inspection du fumier et des mottes de semis
6. Coupe-vent

1.18 Gestion de culture

La gestion culturelle englobe un ensemble de pratiques visant à favoriser une émergence rapide, une croissance vigoureuse et un bon développement des cultures. Elle implique l'utilisation de techniques telles qu'une préparation minutieuse du sol, la suppression de la végétation en cas de semis direct, l'utilisation de semences de haute qualité sur le plan génétique, physiologique et sanitaire, une gestion appropriée de l'eau et du sol, telle que la rotation des cultures, un espacement adéquat en fonction du cultivar utilisé, ainsi que l'utilisation de couvertures végétales, entre autres. Ces pratiques contribuent à réduire la présence de graines de mauvaises herbes dans le sol. En utilisant les caractéristiques écophysologiques propres aux cultures et aux mauvaises herbes, la gestion culturelle favorise l'établissement et le développement des cultures tout en limitant la croissance des mauvaises herbes.

1.18.1 Contrôle physique :

Le contrôle physique englobe l'utilisation de barrières physiques qui empêchent la germination ou le développement des mauvaises herbes. Parmi les exemples de contrôle physique, on trouve le paillage (utilisation de matériaux de couverture), l'incendie contrôlé, l'inondation et l'utilisation de l'électricité.

1.18.2 Contrôle mécanique :

La lutte mécanique implique l'utilisation d'outils, d'équipements ou de techniques pour combattre les mauvaises herbes. Les pratiques de contrôle mécanique visent à arracher ou à

couper la partie aérienne de la plante afin d'empêcher sa croissance. Cependant, un inconvénient de cette méthode est qu'il est possible que les parties restantes de la plante se régénèrent dans le sol, ce qui peut entraîner une augmentation de l'infestation. Les méthodes mécaniques de lutte contre les mauvaises herbes comprennent l'arrachage manuel, le désherbage manuel, la fauche et les techniques de culture mécanisée.

1.19 Lutte biologique :

La lutte biologique implique l'utilisation d'ennemis naturels tels que des champignons, des bactéries, des virus, des insectes, des oiseaux, des poissons, etc., pour réduire les populations de mauvaises herbes et atténuer leur compétitivité. Cela est maintenu grâce à un équilibre entre la population de l'ennemi naturel et la plante hôte. L'inhibition allélopathique des mauvaises herbes peut également être considérée comme une forme de lutte biologique. Ce type de contrôle est efficace lorsque le parasite est très spécifique, c'est-à-dire qu'il n'attaque pas d'autres espèces une fois l'hôte éliminé. En général, l'efficacité de la lutte biologique est incertaine lorsqu'elle est utilisée seule, car elle ne contrôle qu'une seule espèce tandis qu'une autre peut être favorisée, ce qui est une tendance normale dans les conditions sur le terrain.

1.19.1 Contrôle chimique :

Les mauvaises herbes sont souvent combattues par des herbicides, qui sont des substances biologiques ou chimiques capables de tuer ou d'inhiber leur croissance (**Roman et al., 2007**). Il s'agit de la méthode de lutte contre les mauvaises herbes la plus largement utilisée. À la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle, des chercheurs tels que Bonnet (France), Shultz (Allemagne) et Bolley (États-Unis) ont mené des recherches sur la lutte chimique contre les mauvaises herbes. En 1908, Bolley a évalué l'utilisation du sulfate ferreux pour contrôler les mauvaises herbes à larges feuilles dans les cultures de blé aux États-Unis. Ce n'est qu'en 1942 que Zimmerman et Hitchcock ont synthétisé le 2,4-D, un herbicide qui a servi de base à de nombreux autres produits chimiques synthétisés en laboratoire tels que le 2,4-DB et le 2,4,5-T. Cela a marqué le début de l'utilisation commerciale généralisée des herbicides dans la lutte chimique contre les mauvaises herbes. À partir des années 1950, de nouveaux groupes chimiques d'herbicides ont été développés, tels que les amides (1952), les carbamates (1951), les triazines symétriques (1956), et d'autres encore (**Oliveira Junior, 2011**).

Actuellement, les efforts de recherche à travers le monde dans le domaine des mauvaises herbes visent à développer des technologies à faible coût et respectueuses de l'environnement qui garantissent la durabilité des cultures. Une attention particulière est portée à la biotechnologie

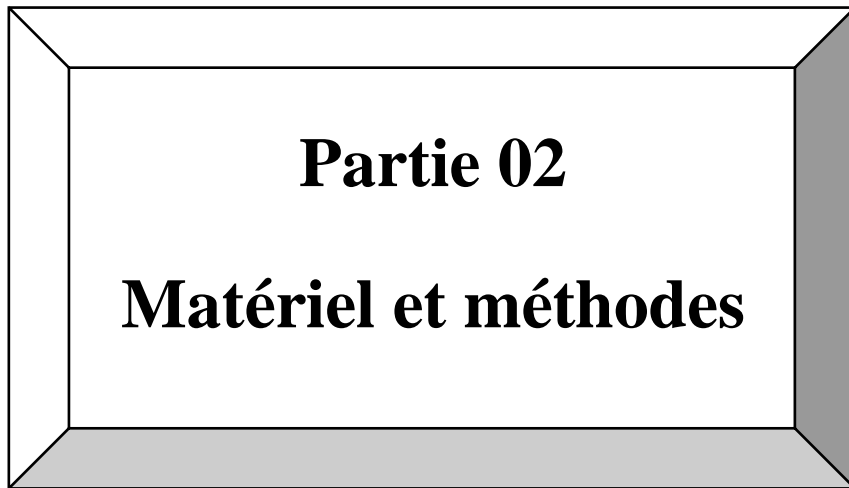
pour développer des cultures tolérantes aux herbicides, tout en évaluant l'impact de ces technologies sur l'environnement. L'objectif est de trouver des solutions qui permettent de maîtriser les mauvaises herbes de manière efficace tout en minimisant les effets néfastes sur l'écosystème.

1.19.2 Bio herbicides :

Les pesticides synthétiques utilisés à travers le monde présentent de nombreux inconvénients, tels que des coûts élevés, des risques pour les organismes non ciblés, l'accumulation de résidus de pesticides dans l'environnement, l'émergence de souches de parasites résistantes et des impacts négatifs sur la santé humaine. En revanche, les pesticides biologiques offrent une alternative plus sûre pour lutter contre les maladies des cultures. De nombreux agents sont considérés comme des biopesticides, tels que des virus, des microbes, des champignons, des insectes prédateurs, des parasitoïdes, des prédateurs et des substances produites par des organismes vivants tels que des bactéries, des champignons, des plantes, des algues, des animaux, etc.

Au cours de l'évolution, les plantes ont développé divers mécanismes pour se défendre contre les prédateurs et les maladies en produisant des substances bactéricides, fongicides, insecticides, nématocides ou répulsives. Actuellement, ces produits chimiques naturels sont explorés comme agents de lutte biologique dans le cadre de la gestion intégrée des parasites dans l'agriculture. Les composés végétaux sont moins coûteux, plus sûrs pour les agriculteurs, moins toxiques pour les organismes non ciblés et se dégradent rapidement dans l'environnement.

Dans ce contexte, de nombreux chercheurs se sont intéressés aux plantes du genre *Artemisia* comme sources potentielles de nouveaux biopesticides. Étant donné que la plupart des espèces de ce genre sont odorantes, la majorité des recherches se sont concentrées sur les propriétés biologiques des huiles et des composés volatils qu'elles contiennent.



Partie 02
Matériel et méthodes

Objectif de la recherche

Notre étude a comme objectif d'évaluer l'effet d'allélopathie de l'armoise comme bio herbicides sur blé tendre pour cela nous avons utilisés l'avoine et la lentille comme mauvaises plantes.

Pour atteindre cet objectif nous avons divisé notre travail en deux parties :

Dans une première partie, nous avons planter dans des pots une combinaison de blé avoine et une combinaison de blé lentille ainsi que chaque espèce séparément.

Dans une deuxième partie, nous avons étudié l'effet de bio herbicide de l'armoise, et évalué son effet sur la germination et la croissance des plantes combinées et des plantes seuls.

Afin que la présentation de nos résultats soit cohérente, nous allons présenter successivement :

1. La germination et la croissance des espèces
2. La croissance des espèces sous l'effet de l'armoise

Lieu de réalisation de l'expérience :

L'expérience a été réalisée dans un premier temps dans la serre Chaabat Errasas puis dans un second temps dans les laboratoires pédagogiques de l'université des Frères Mentouri 1

Laboratoire 13 : sciences écologiques

Laboratoire 2 : physiologie végétale

Echantillons botaniques :

1.20 Type d'échantillon végétaux étudiés

Dans cette étude nous avons utilisé les graines de 3 espèces différentes qui sont le blé tendre *Triticum durum* l'avoine *Avena sativa* et le lentille *Lens culinaris* ainsi qu'une solution aqueuse de l'armoise.



Figure 9 : Graines de blé dur



Figure 8 : Graine d'avoine



Figure 7 : Graine de lentille



Figure 10 : Armoise séchée

1.21 Lieu de collecte des échantillons

Tableau 2 : lieu de collecte des échantillons végétaux

Espèce	Lieu de collecte
<i>Triticum durum</i>	Apporter par la professeure Chaib Ghania
<i>Avena sativa</i>	Apporter par la professeure Chaib Ghania
<i>Lens culinaris</i>	Acheter dans un magasin d'alimentation
<i>Artimisia alba</i>	Achter chez un herboriste a Chelghoum el Aid

1.22 Mise en place de l'expérience

Le 21 décembre 2022 a la serre de Chaabat Erassas nous avons préparé 21 pots contenant un mélange d'un quart de gravier qui aide au drainage de l'eau, avec 3 quarts de terre.

Nous avons reparti les 21 pots de la manière suivante :

- Blé-avoine : 6 pots contenant chacun 18 graines, 9 graines de blé et 9 graines d'avoine
- Blé-lentille : 6 pots contenant chacun 18 graines, 9 graines de blé et 9 graines de lentille
- Blé : 3 pots contenant chacun 18 graines de blé
- Avoine : 3 pots contenant chacun 18 graines d'avoine
- Lentille : 3 pots contenant chacun 18 graines de lentille

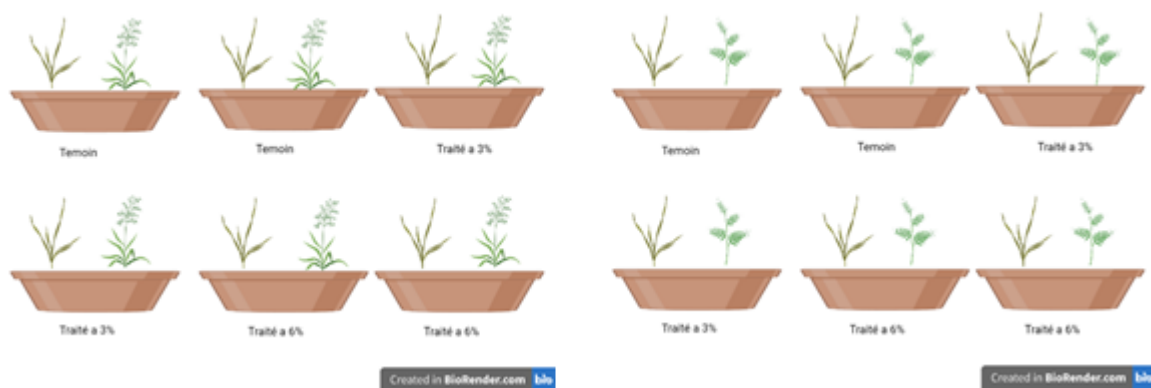


Figure 11 : répartition des espèces plantés en combinaison

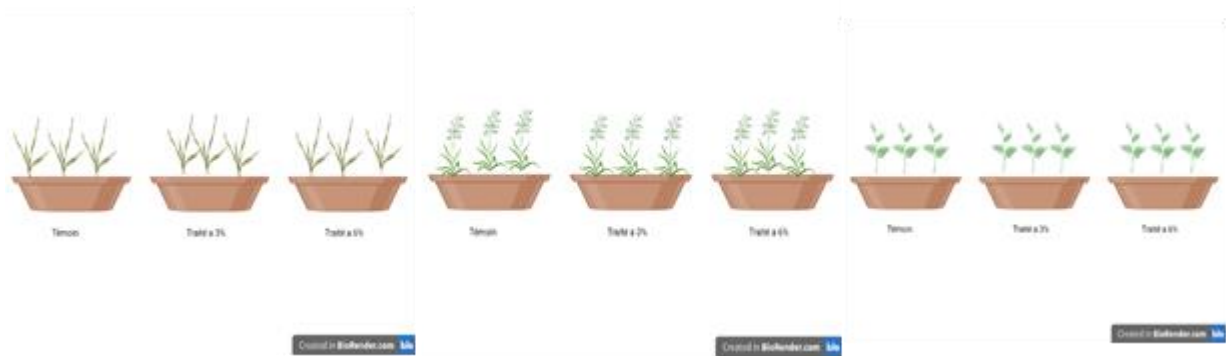


Figure 12 : répartition des espèces plantées séparément

1.23 Préparation de la solution aqueuse à l'armoise

Après avoir obtenu l'armoise séchée, nous avons conservé celle-ci dans des sacs de stockage. Nous avons pesé 30 g de poudre, que nous avons ensuite trempée dans 1 l d'eau distillée pour la concentration à 3%, puis nous avons procédé à la même étape cette fois-ci en pesant 60 g de poudre pour 1 l d'eau pour la concentration à 6%. Tout d'abord en remuant soigneusement à la main, puis nous avons utilisé un agitateur pendant deux heures. Ensuite, nous avons laissé la poudre tremper pendant 24 heures afin de permettre une extraction optimale des substances actives. Le jour suivant, nous avons filtré la suspension de d'armoise à travers de la gaze médicale deux ou trois fois afin de retirer toute la poudre. Nous avons ensuite sauvegardé le filtrat en le plaçant dans un Becher recouvert de papier d'aluminium, que nous avons ensuite mis au réfrigérateur en vue de son utilisation ultérieure.

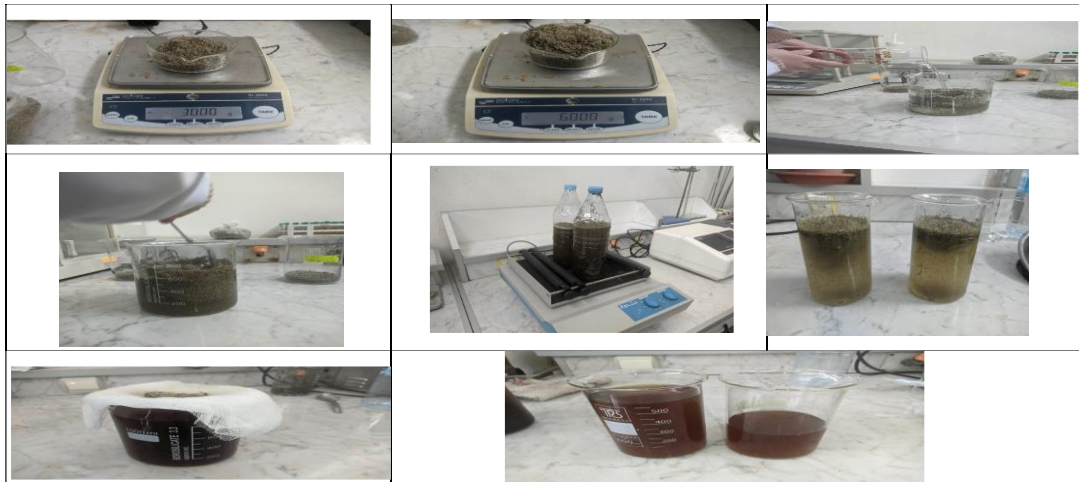


Figure 13 : étapes de la préparation de la solution d'armoise aux concentrations 3% et 6%

Suivi de l'expérience (du 21 décembre au 24 avril) :

Après avoir semer les graines nous avons attendu la phase de tallage pour traiter les différentes espèces à la solution en deux phases : la 1ere phase qui s'étend du 1^{er} mars au 10 avril ou nous avons pulvériser les solutions aux concentrations de 3% et 6% à 8h du matin sur la partie aérienne des plantes.

Ensuite la deuxième phase ou nous avons arroser les plantes de la solution, sur une période qui s'étend du 10 avril aux 24 avril.



Figure 14 : phase de tallage

1.24 L'étude phénologique et morphologique

1.24.1 Taux de germination

C'est le point de départ de la croissance d'une plante à partir d'une graine dormante. Pendant la germination, la graine absorbe de l'eau, ce qui active des processus biochimiques internes, et l'embryon à l'intérieur de la graine se réveille et commence à se développer. Il est déterminé par le nombre de graine germé sur la superficie du pot ensuite il est calculé par la formule suivante

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{graines germées}}{\text{nombre total de graine}} \times 100$$

1.24.2 Date d'épiaison

La date d'épiaison correspond à la durée, en jours, entre la germination des plantes et l'apparition des premiers signes de développement des épis. Pour établir précisément la période d'épiaison, il est nécessaire de noter la date à laquelle la moitié des plantes atteignent le stade où la moitié de l'inflorescence est dégagée et où le premier épi devient visible.



Figure 15 : premiers épis du blé et de l'avoine

1.24.3 Longueur de la plante

Nous prenons des mesures sur 4 échantillons aléatoires par variété, en utilisant une règle graduée, du ras de la terre jusqu'au sommet de la plante, au stade de maturité. Ensuite, nous calculons la moyenne de ces mesures, exprimée en centimètres.

1.24.4 Surface foliaire

Nous utilisons un planimètre pour mesurer les feuilles de 3 échantillons aléatoires par variété, au stade initial de remplissage du grain. Ensuite, nous calculons la moyenne de ces mesures, exprimée en centimètres carrés.



Figure 16 : mesure au planimètre de la surface foliaire

1.25 L'étude physiologique

1.25.1 Teneur Relative en Eau (TRE)

La méthode utilisée pour déterminer la teneur relative en eau des feuilles est basée sur la technique décrite par Barrs (1968). Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe et immédiatement pesées pour obtenir leur poids frais (PF). Ensuite, ces feuilles sont placées dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et sont maintenues à l'obscurité dans un endroit frais. Après 24 heures, les feuilles sont retirées, tamponnées avec du papier buvard pour éliminer l'excès d'eau en surface, puis pesées à nouveau pour obtenir leur poids en pleine turgescence (PT).

Les échantillons sont ensuite séchés dans une étuve réglée à 80°C pendant 48 heures, puis pesés pour obtenir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée en utilisant la formule suivante, connue sous le nom de formule de Clark et McCaig (1982) :

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

Cette formule permet de déterminer la quantité d'eau relative contenue dans les feuilles par rapport à leur pleine turgescence.

1.26 L'étude biochimique

1.26.1 Dosage de la proline (Pro)

La proline, également connue sous le nom d'acide pyrrolidine-2-carboxylique, est l'un des vingt acides aminés principaux constituant les protéines. Elle peut être facilement oxydée par la ninhydrine ou le tricétoglutaraldéhyde. C'est sur cette propriété que repose le protocole de détection de la proline dans les échantillons foliaires, tel que décrit par El Jaafari (1993). La méthode utilisée est basée sur le protocole simplifié de Troll et Lindsey (1955), qui a été amélioré par (Rasio et al., 1987).

La mise en pratique de cette méthode consiste à :

- Pendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 02 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 ou fermés par des bouchons pendant le chauffage pour éviter l'évaporation de l'alcool.) ;

Après refroidissement ; prélever 01ml d'extrait auquel il faut ajouter :

- 01 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ;
- 25 mg de Ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ;
- 01 ml de mélange contenant [120 ml d'eau distillée ; 300 ml d'acide acétique et 80 ml d'acide ortho phosphorique (H_3PO_4 . D=1.7)] ;

-Après refroidissement, ajouter 05 ml de toluène à la solution et agiter à l'aide d'un vortex. Deux phases se séparent (une phase supérieure à une couleur rose clair vire vers le rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline) ;

-Éliminer la phase inférieure, et récupérer la phase supérieure ;

-Ajouter une infime quantité de sulfate de sodium (Na_2SO_4) anhydre pour la déshydratée (pour éliminer l'eau qu'elle contient) ;

-La densité optique est déterminée à une longueur d'onde de 528 nm ;

-Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe d'étalonnage (voir annexe), préalablement établie à partir d'une série de solutions de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

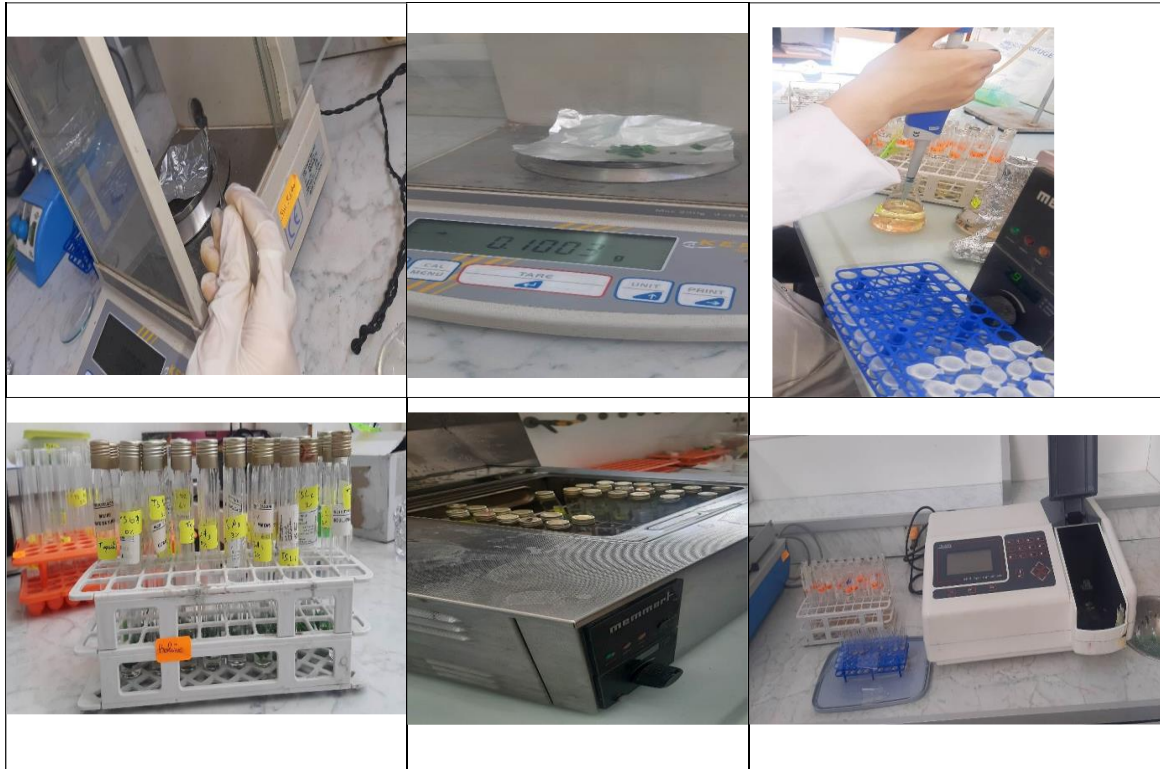


Figure 18 : dosage de la proline

1.26.2 Dosage des sucres solubles

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois *et al.* (1956). Les étapes à suivre sont :

- prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais ;
- Puis ajouter 03 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres ;
- Laisser les tubes à température ambiante pendant 48 h à l'obscurité ;

Au moment du dosage, les tubes sont placés dans l'étuve à 80 °C pour faire évaporer l'alcool.

- Dans chaque tube, ajouter 20 ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser ;
- Mettre dans des tubes à essais propres, 02 ml de la solution à analyser ;
- Ajouter 1ml de phénol à 05% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ;
- Puis ajouter rapidement 05 ml d'acide sulfurique concentré (96%) tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface ;

MATERIELS ET METHODES

- Agiter au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution ;
- laisser les tubes pendant 10 mn à l'aire libre et les placer au bain-marie pendant 10 à 20 mn à une température de 30 °C (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures).
- Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 490 nm ;
- Enfin les résultats des densités optiques sont rapportés sur une courbe d'étalonnage des sucres solubles exprimés en glucose (voir annexe).

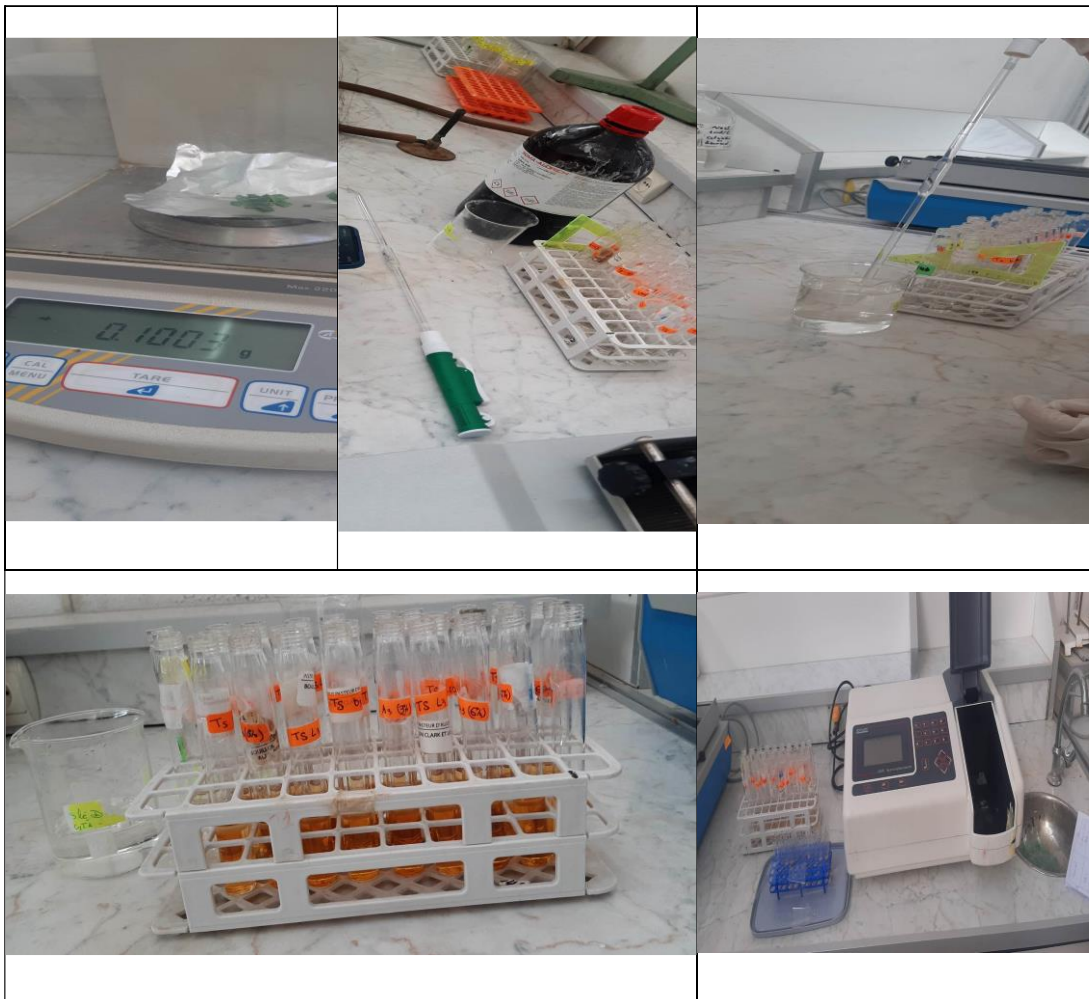
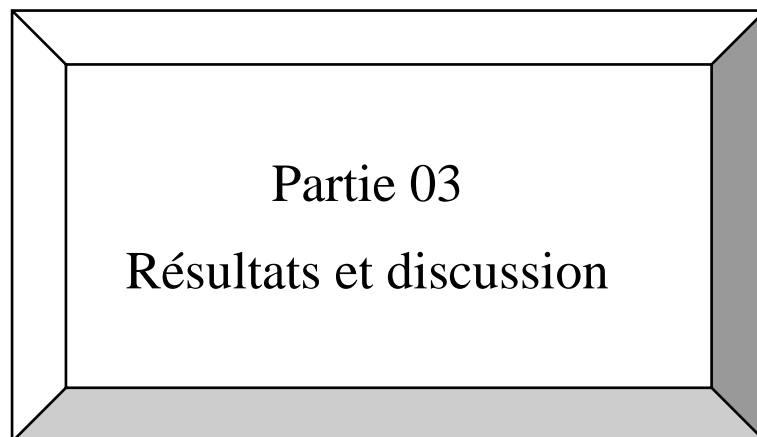


Figure 19 : Dosage des sucres solubles



Partie 03

Résultats et discussion

Etudes morphologique

1.27 Taux de germination

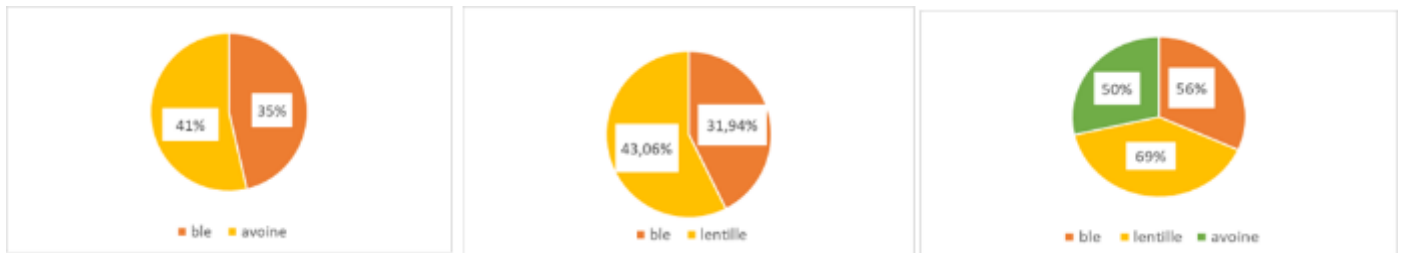


Figure 20 : taux de germination des trois espèces A : plantées séparément ; B : Combinaison blé avoine ; C : combinaison blé- lentille

Le taux de germination du blé chez les espèces combinées est de 41% et 43,06% chez les deux combinaison blé-avoine, et blé-lentille respectivement. Il est plus faible que le taux de germination du blé planté séparément avec un taux de 56%.

Parallèlement, le taux de germination de lentille (31,94%) et d'avoine (35%) chez les espèces combinées est largement inférieur en comparaison des espèces planté séparément (lentille 69%, avoine 50%).

En comparant le taux de germination des espèces combinées et des espèces plantées séparément, nous apercevons l'effet de compétition allélopathique des espèces d'avoine et lentille sur le blé, en effet quand le blé est planté seule, le taux de germination est nettement plus élevé (56%) que quand il est planté avec l'avoine et la lentille (une moyenne de 40%), ce qui s'explique par la compétition entre les espèces pour les nutriments.

1.28 Hauteur de la plante

1.28.1 Espèces plantées séparément

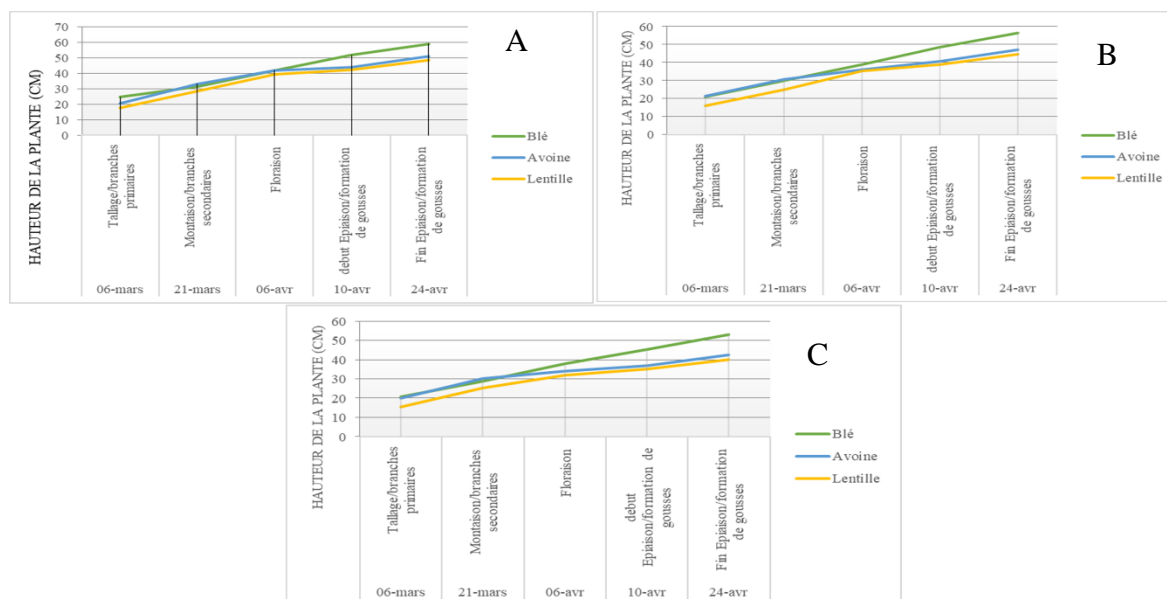


Figure 21 : Hauteur des espèces séparément plantées traité avec la solution aqueuse d'armoise : A : témoin à 0%, B : traité à 3%, C : traité à 6%

On observe chez les espèces témoins et plantées séparément, que la croissance du blé, de l'avoine et de la lentille est la même jusqu'au stade floraison puis nous remarquons que le blé est plus long d'environ 9 cm que l'avoine et la lentille (figure 21 A).

Or, au cours du traitement à la solution d'armoise à 3%, dès la montaison la croissance des espèces commence à varier, on peut constater que la lentille est plus courte que l'avoine et le blé d'une valeur de 10 cm (figure 21 B).

Finalement à 6%, et arrivant au stade de floraison il y'a une nette différence entre la hauteur du blé, de l'avoine et de la lentille d'une valeur de 14 cm (figure 21 C).

1.28.2 Espèce plantée en combinaison

1.28.2.1 Combinaison de blé-avoine

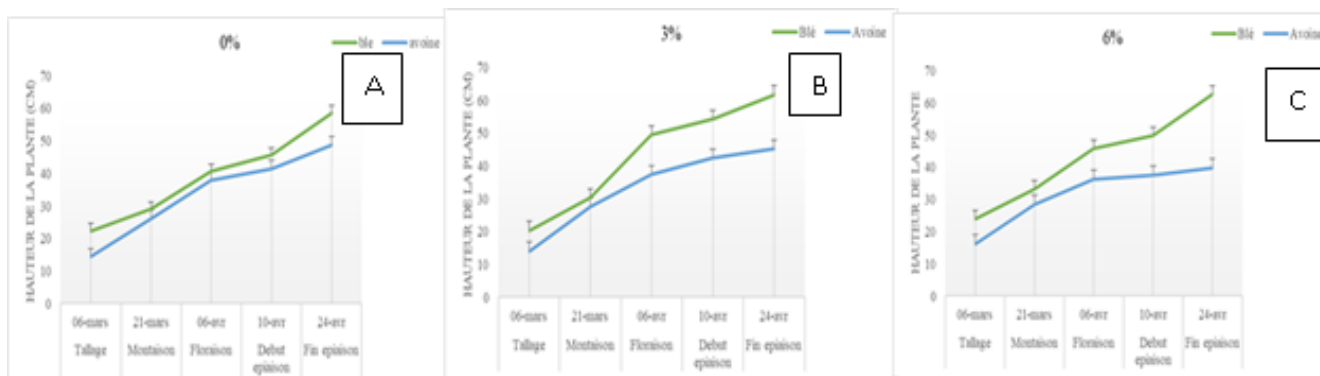


Figure 22 : Hauteur des espèces combinées (blé –avoine) traitées avec la solution aqueuse d’armoise : A : témoin à 0%, B : traité à 3%, C : traité à 6%

Nous observons chez les espèces témoins (0%), au stade de tallage que la croissance du blé dépasse celle de l’avoine, arrivé à la montaison jusqu’au début de l’épiaison leur hauteur est similaire, puis au cours de l’épiaison nous remarquons que le blé est plus long que l’avoine d’environ 12 cm (figure 22 A).

Par contre, lors du traitement à la solution d’armoise a 3%, au stade de montaison le blé dépasse déjà l’avoine au niveau de la hauteur et continue de le dépasser de façon significative jusqu’à arrive au stade de floraison ou on commence à remarquer le dépérissement de l’avoine avec une différence d’environ 16 cm (figure 22 B).

Lors du traitement à 6%, le dépassement de croissance du blé sur l’avoine commence déjà au stade de tallage et le dépérissement du l’avoine commence au stade de montaison avec une différence distinctive de 23 cm (figure 22 C).

1.28.2.2 Combinaison de blé-lentille

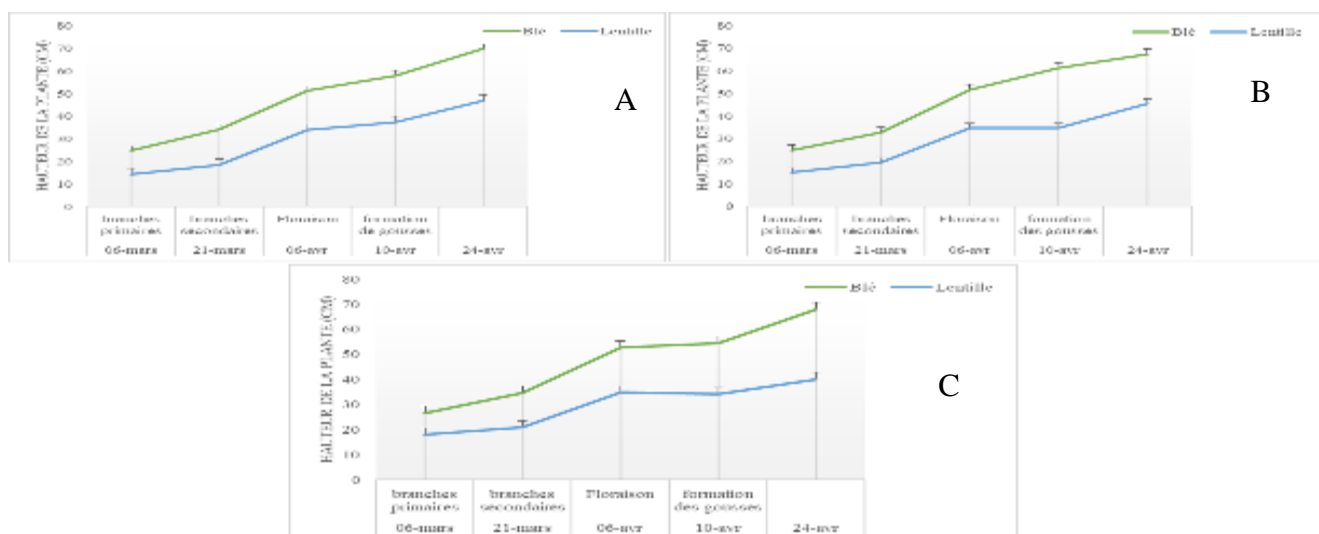


Figure 23 : Hauteur des espèces combinées (blé –Lentille) traitées avec la solution aqueuse d'armoise : A : témoin à 0%, B : traité à 3%, C : traité à 6%

Nous constatons chez les espèces témoins que le blé grandit plus que la lentille dès le stade de tallage avec une différence de 10 cm, et leur croissance se poursuit de cette façon jusqu'à la fin du cycle de la vie de la plante par la formation de gousse (figure 23 A).

En revanche à 3% nous constatons le dépérissement de la lentille au début de la formation de gousse, puis vers la fin de cette même étape (figure 23 B) la lentille se redresse légèrement, ce qui n'est pas le cas lors du traitement à la concentration de 6% où nous remarquons le dépérissement de la lentille continue même vers la fin de la formation de gousse avec une différence de longueur d'environ 27 cm (figure 23 C).

Nous pouvons résumer ces résultats dans un histogramme qui regroupe les différences de longueur de toutes les espèces chez toutes les concentrations :

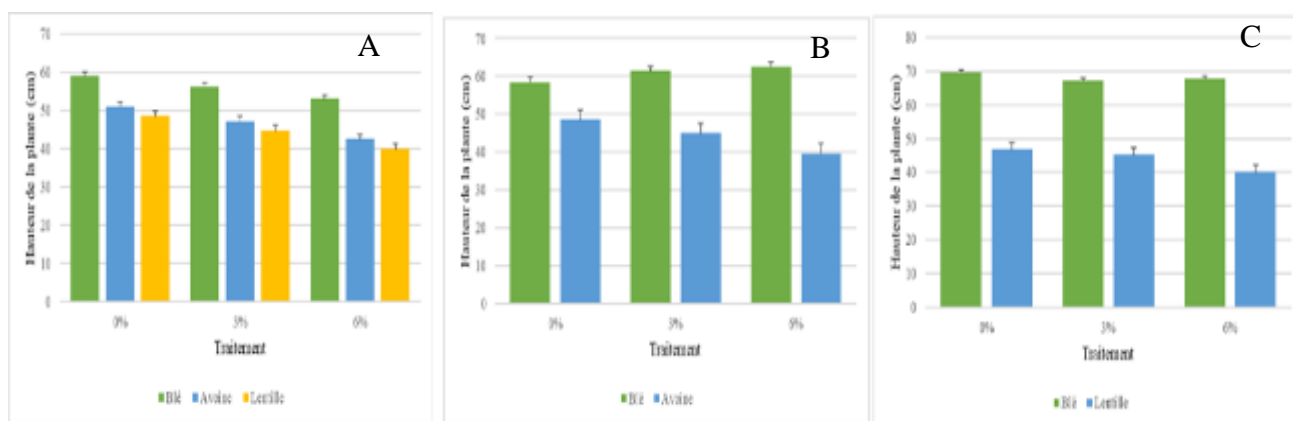


Figure 24 : La surface foliaire chez les trois espèces blé, avoine, lentille sous trois traitements d'armoise ,A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les espèces soit plantées séparément ou combinées, entre les trois traitements et également hautement significative pour l'interaction espèce-traitement (Tableau 3).

Tableau 3 : analyse de la variance du paramètre de la hauteur de la plante

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
Espèce	10	4311,540	431,154	122,797	< 0,0001	***
Traitement	2	97,746	48,873	13,920	< 0,0001	**
Espèce*Traitement	20	309,032	15,452	4,401	0,000	***

*** Très hautement significatif, ** hautement significatif, * significatif, NS : non significatif.

Le test Newman-Keuls partage les trois phases en cinq groupes bien différenciés. Les quatre premiers groupes englobent le blé soit planté combiner ou séparément avec hauteurs les plus élevés. Alors que le deuxième groupe regroupe les deux autres espèces (blé et avoine) soit planté combiner avec le blé ou séparément avec les moyennes les plus faibles.

A>B>C>D > E $\leftarrow\rightleftharpoons$ (BL) B>(BA) B >blé >(BL) L > avoine ; lentille ;(BL) L ;(BA) A ;

$\leftarrow\rightleftharpoons$ 70,667>65,333>56,222>48,333>47,778>47,167>45,167

Le test Newman-Keuls partage les trois traitements en deux groupes bien différenciés. Le premier groupe englobe respectivement les deux traitements 0% et 3% avec une moyenne de 54,571 et 53,762 cm respectivement. Le deuxième groupe présente la traitement 6% avec une moyenne de 51,619 cm.

A > B $\leftarrow\rightleftharpoons$ 0% ; 3% > 6% $\leftarrow\rightleftharpoons$ 54,571 ; 53,762 >51,619

1.29 La surface foliaire

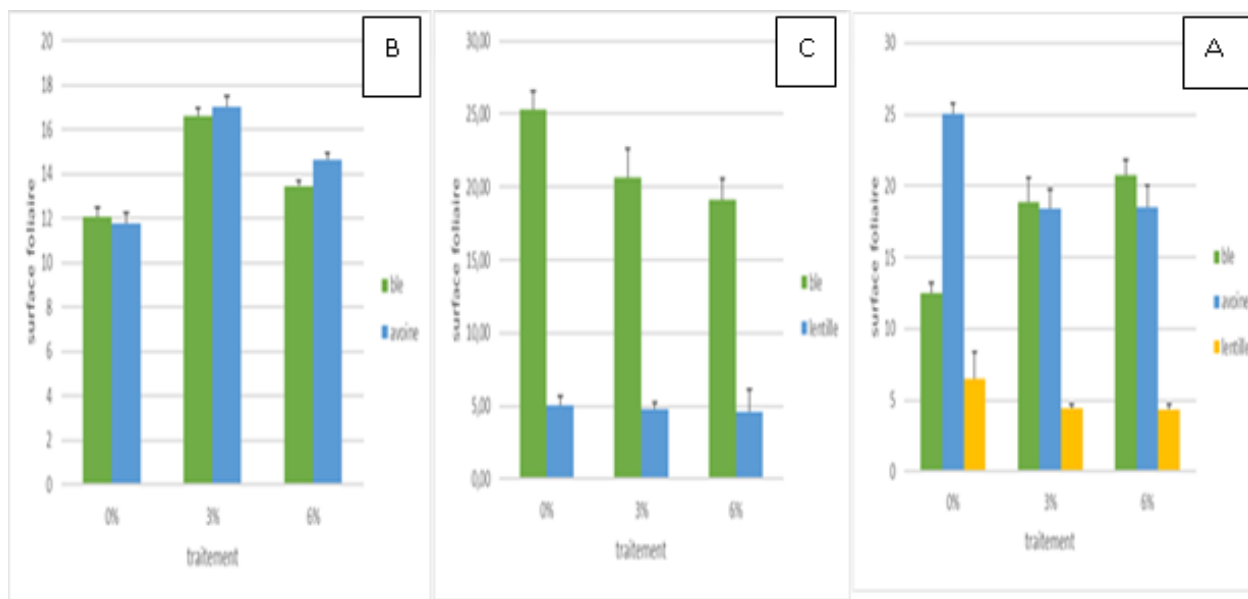


Figure 25 : La surface foliaire chez les trois espèces blé, avoine, lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille

La variation de la surface foliaire des espèces a été distingué clairement au cours du traitement a la solution d'armoise :

Nous observons chez les espèces témoins combinées de blé-avoine, que la surface foliaire du blé est plus faible que celle de l'avoine d'environ 2 cm², mais nous observons le contraire chez les espèces combinées de blé-lentille, en effet la surface foliaire du blé est plus élevée que celle de la lentille de 8 cm².

Nous avons le même constat chez les espèces témoins plantées seules.

Lors du traitement des espèces avec la solution, la surface foliaire de l'avoine et de la lentille diminue significativement par rapport à la surface foliaire du blé que ce soit chez les espèces seules ou combinées

Le paramètre de la surface foliaire constitue un indicateur sensible de la tolérance des variétés aux stress de l'environnement, sa diminution sous le traitement de l'armoise est un mécanisme adaptatif des plantes visant à limiter leur transpiration foliaire. En effet, la réduction de la surface foliaire lorsque le stress s'installe est une stratégie développée par les plantes pour réduire de leurs besoins et pertes en eau.

Analyse de la variance de la surface foliaire

Nous remarquons une nette différence au niveau de la surface foliaire entre les espèces, mais pas de différence significative entre les traitements et l'interaction entre les deux facteurs

Tableau 4 : analyse de la variance du paramètre de la surface foliaire de l'espèce et du traitement

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Significatio n
Espèce	10	2520,934	252,093	20,202	< 0,0001	***
Traitement	2	6,149	3,074	0,246	0,783	NS
Espèce*Traitement						*
t	20	475,651	23,783	1,906	0,054	

*** Très hautement significatif, ** hautement significatif, *significatif, NS : non significatif

Le test Newman-Keuls partage les trois phases en 3 groupes bien différenciés. Le premier groupe englobent le blé soit planté combiner ou séparément avec hauteurs les plus élevés. Alors que le deuxième groupe regroupe les deux autres espèces (blé et avoine) soit planté combiner avec le blé ou séparément avec les moyennes les plus faibles.

A>B>C>←===→(BL) B>(BA) B >blé >(BL) L > avoine ; lentille ;(BL) L ;(BA) A ;

←===→22,342>20,668>20,410>17,367>14,597>14,557>5,106>4,517

Le test Newman-Keuls partage les trois traitements en deux groupes bien différenciés. Le premier groupe englobe respectivement les deux traitements 0% et 3% avec une moyenne de 14,399 et 14,040 cm respectivement. Le deuxième groupe présente la traitement 6% avec une moyenne de 13,634 cm.

A > B ←===→ 0% ; 3% > 6% ←===→ 14,399 ; 14,040>13,634

L'interaction entre les deux facteurs (espèce –traitement) ressort sept grands groupes très différents groupes.

Selon les recherches menées par (Belkharchouche et al., 2009), la taille des feuilles d'une plante influence progressivement la quantité d'eau perdue par transpiration et la quantité de carbone fixée par photosynthèse. La surface foliaire joue un rôle important dans la résistance à la sécheresse, car une surface foliaire plus grande entraîne une plus grande perte d'eau par transpiration par rapport à une surface foliaire plus petite. Dans des environnements variables,

la réduction de la surface foliaire peut avoir des avantages en limitant à la fois la surface exposée à l'évaporation et à la radiation solaire.

1.30 Teneur en chlorophylle

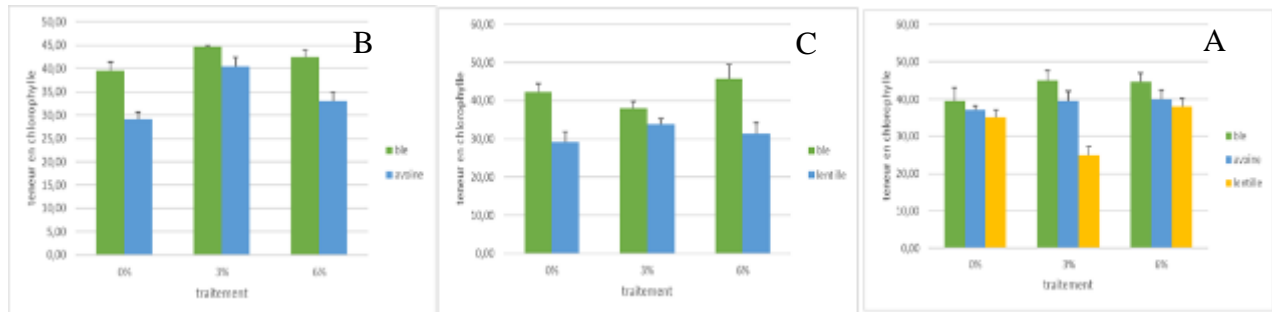


Figure 26 : Teneur en chlorophylle chez les trois espèces blé, avoine Lentille sous traitement d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille

Chez les espèces plantées séparément la teneur totale en chlorophylle chez le blé, est en augmentation d'une moyenne de $\pm 6 \mu\text{g.ml-1/MF}$ ce qui diffère de l'avoine qui faiblit d'une moyenne de $\pm 3 \mu\text{g.ml-1/MF}$ et de la lentille d'une moyenne de $\pm 11 \mu\text{g.ml-1/MF}$.

Nous observons le même phénomène au niveau des espèces combinées d'une manière plus poussé, en effet chez les espèces témoins de blé ainsi qu'à la concentration de 3% et 6% la chlorophylle totale est en augmentation de $\pm 6,5 \mu\text{g.ml-1/MF}$ et de $\pm 7,37 \mu\text{g.ml-1/MF}$, pour la combinaison blé-avoine et blé-lentille respectivement.

En revanche la moyenne de chlorophylle totale de l'avoine faiblit chez l'espèce témoin et le dosage a 6% d'une moyenne de $\pm 4 \mu\text{g.ml-1/MF}$ et augmente de $\pm 10 \mu\text{g.ml-1/MF}$ pour la concentration a 3%, ainsi que pour la lentille qui faiblit d'une moyenne de $\pm 5 \mu\text{g.ml-1/MF}$ pour l'espèce témoin et consécutivement de $\pm 7 \mu\text{g.ml-1/MF}$ et $14 \mu\text{g.ml-1/MF}$ pour la concentration de 3% et 6%.

L'analyse de la variance à deux facteurs de la chlorophylle totale révèle une signification hautement très significative entre les espèces, significative entre le traitement et hautement significative pour l'interaction de deux facteurs espèce et traitement (Tableau 5).

Tableau 5 : analyse de la variance pour la chlorophylle

Source	Ddl	Somme des carrés	des Carré moyen	F Fisher	de Pr > F	Signification
Espèce	10	1494,569	149,457	9,667	< 0,0001	***
Traitement	2	115,104	57,552	3,723	0,036	*
Espèce*Traitement	20	829,053	41,453	2,681	0,007	**

*** Très hautement significatif, ** hautement significatif, *significatif, NS : non significatif.

Le test Newman-Keuls (SNK) regroupe les espèces séparément plantés ou combinées en deux groupes distincts.

A>AB> B ←==→(BL) B; (BA) B; blé; (BL) B >(BA) B; avoine; (BA) A >lentille ; (BA) A>(BL)L>45,633>43,667>43,067>40,150>39,200>38,867>38,767>32,700>31,967>30,500

Le test Newman-Keuls (SNK) classe les trois traitements en trois groupes

A >AB> B ←==→6 % > 3% > 0% ←==→39,286>38,062>36,010.

Le même test SNK classe les groupes d'interaction espèce –traitement en cinq groupes (voir annexe).

La chlorophylle joue un rôle fondamental dans les mécanismes de la photosynthèse en absorbant l'énergie solaire. De plus, elle abrite des enzymes dans les chloroplastes, agissant comme des catalyseurs qui rendent les réactions chimiques nécessaires aux différentes étapes de la photosynthèse possibles (Hopkins, 2003).

Plusieurs études ont utilisé la teneur en chlorophylle pour détecter les variations génétiques en réponse au stress chez les céréales (Khayatnezhad et al., 2011 ; Bousba et al., 2013). Selon Hikosaka et al. (2006), la quantité de chlorophylle dans les feuilles peut être influencée par divers facteurs tels que l'âge des feuilles, leur position sur la plante, ainsi que des facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau. La diminution observée dans les niveaux de pigments de chlorophylles totales, des espèces combinées et seules traitée à l'armoise est probablement due à la combinaison de deux facteurs : compétition entre les espèces de blé, avoine et lentille ainsi que l'effet herbicide de l'armoise (Bousba et al., 2009 ; Qiao et al., 2010).

1.31 La Teneur en eau

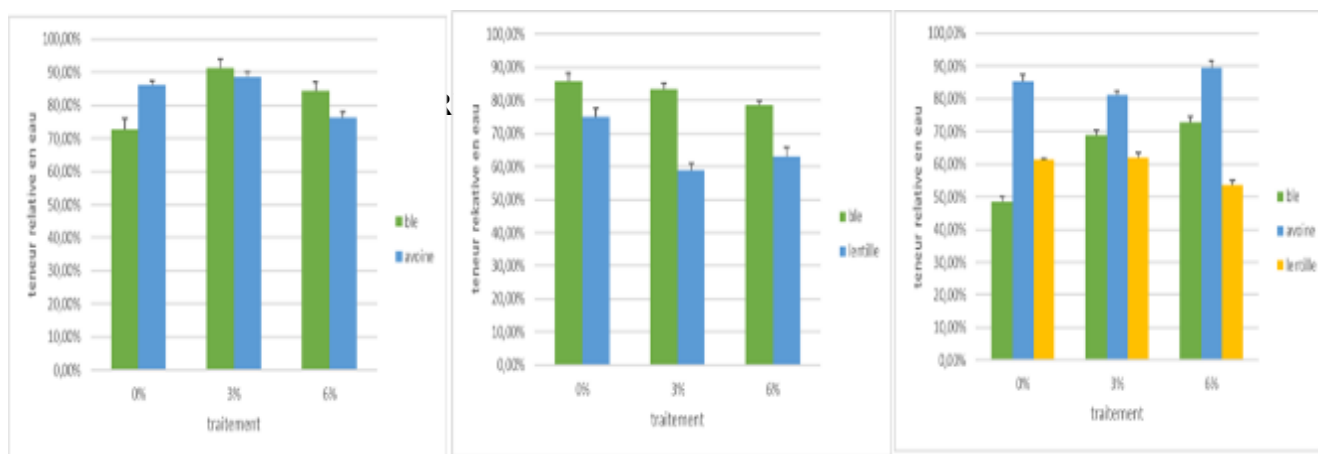


Figure 27 : Teneur Relative en eau chez les trois espèces blé, avoine, Lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille

Nous remarquons une fluctuation notable au niveau de la teneur relative en eau chez toutes les espèces quelles soit combinées ou seules.

La teneur relative en eau du blé chez les espèces seules est plus faible que celle de l'avoine et de la lentille dans l'espèce témoin et le dosage de 3% et 6% d'une moyenne de 20%, mais elle est plus élevée que la lentille d'une moyenne de 19% pour la concentration a 6% et de 7% pour la concentration de 3%.

Chez les espèces combinées, on observe le contraire de ce qui s'est passé chez les espèces seules, en effet la teneur relative en eau du blé est légèrement plus importante que celle de l'avoine d'une moyenne de 2% pour les concentrations de 3% et 6%, nous remarquons un résultat similaire pour la combinaison blé-lentille ou le blé surpasse la lentille de 3% suite au traitement.

Tableau 6 : analyse de la variance pour la teneur en eau

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	Signification
espece	10	0,733	0,073	5,776	< 0,0001	***
Traitement	2	0,009	0,005	0,369	0,694	**
espece*Traitement	20	0,457	0,023	1,802	0,070	*

*** Très hautement significatif, ** hautement significatif, * significatif, NS : non significatif

Le test Newman-Keuls (SNK) regroupe les espèces séparément plantés ou combinées en deux groupes distincts.

A > AB > B $\leftarrow \rightleftharpoons$ (BL) B; (BA) B; blé; (BL) B > (BA) B; avoine; (BA) A > lentille; (BA) A > (BL) L > 0,877 > 0,853 > 0,842 > 0,837 > 0,817 > 0,810 > 0,790 > 0,720 > 0,633 > 0,590

Le test Newman-Keuls (SNK) classe les trois traitements en trois groupes

A > AB > B $\leftarrow \rightleftharpoons$ 6 % > 3% > 0% $\leftarrow \rightleftharpoons$ 0,763 > 0,740 > 0,735.

L'évaluation de la teneur en eau relative permet de fournir une description globale de la capacité d'une plante à maintenir son hydratation en cas de conditions de stress hydrique (Pirzad et al., 2011). Cette approche présente un intérêt particulier car ce trait peut être facilement et rapidement mesuré (Oukarroum, 2007), offrant ainsi une alternative pratique.

La comparaison de la variation de l'évolution du pourcentage de la teneur en eau, démontre un stress hydrique entre les espèces qui est du dans un premier temps à la compétition entre les espèces combinées puis nous constatons que le traitement à la solution d'armoise fait baisser la turgescence cellulaire de l'avoine et de la lentille pour laisser le champ libre au blé.

Etude biochimique

Notre étude biochimique se base sur deux biomarqueurs, la teneur en sucres solubles et le dosage de proline.

1.32 La proline

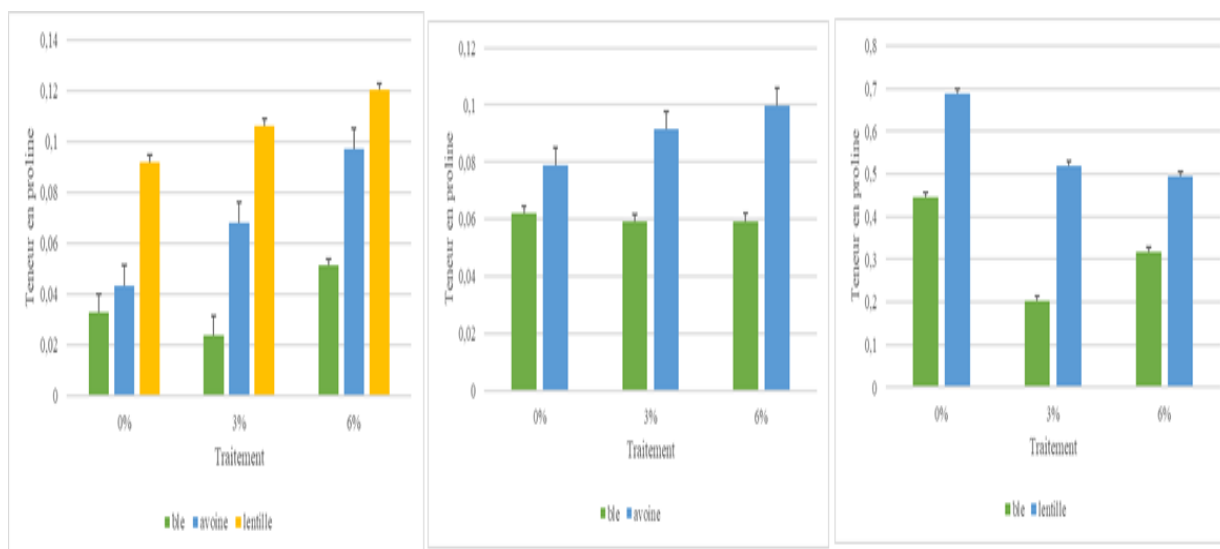


Figure 28 : Teneur en proline chez les trois espèces blé, avoine, Lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé – lentille

Une nette augmentation de la teneur en proline est observée chez les différentes espèces.

Les valeurs de la proline du blé sont nettement inférieures à celle de l'avoine et de la lentille, qui est de 0,011 mg/g MF pour les espèces témoins seules, puis nous constatons une augmentation de la valeur de proline suite au traitement avec la solution d'armoise sur l'avoine avec une moyenne de $\pm 0,034$ mg/g MF et sur la lentille, avec une moyenne de 0,057 mg/g MF, mais le blé reste toujours inférieur.

Ce qui change chez les espèces combinées, est l'augmentation de la valeur de la proline du blé dans la combinaison de blé-avoine, ainsi que la combinaison blé-lentille avec une moyenne de $\pm 0,050$ mg/g MF, malgré cela la teneur en proline de l'avoine et de la lentille est largement supérieure à celle du blé, et continue de croître avec le traitement à la solution d'armoise.

En effet, Selon les travaux de **Chaib et al. (2015 ; 2018)**, la proline est considérée comme un agent adaptatif et un marqueur favorable du stress. L'accumulation de proline est l'une des stratégies d'adaptation fréquemment observées chez de nombreuses espèces en réponse à des contraintes environnementales (**Benrejeb et al., 2012**). (**Neffar, 2013**) a démontré que l'accumulation de proline, induite par le stress, peut résulter de trois processus complémentaires : stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. De plus (**Zerrad et al., 2008**) ont révélé que la proline sert également de réserve de composés azotés et carbonés pour répondre aux multiples besoins de croissance de la plante.

Nos résultats, démontre l'effet allélopathique entre les différentes espèces ainsi que l'effet herbicides de l'armoise.

Tableau 7 : analyse de la variance pour la proline

Source	Ddl	Somme des carrés	des Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Espèce	10	1,073	0,107	30,309	< 0,0001
Traitement	2	0,062	0,031	8,692	0,001
Espèce*Traitement	20	0,368	0,018	5,202	< 0,0001

*** Très hautement significatif, ** hautement significatif, * significatif, NS : non significatif

Le test Newman-Keuls (SNK) regroupe les espèces séparément plantés ou combinées en deux groupes distincts.

A>AB> B $\leftarrow\equiv\rightarrow$ (BL) B; (BA) B; blé; (BL) B >(BA) B; avoine; (BA) A >lentille ; (BA) A>(BL)L>0,450>0,386>0,116>0,102>0,081>0,073>0,066>0,045>0,038>0,035

Le test Newman-Keuls (SNK) classe les trois traitements en trois groupes

A >B> B $\leftarrow\equiv\rightarrow$ 6 % > 3% > 0% $\leftarrow\equiv\rightarrow$ 0,161>0,105>0,088

En effet, Selon les travaux de Chaib et al. (2015 ; 2018), la proline est considérée comme un agent adaptatif et un marqueur favorable du stress. L'accumulation de proline est l'une des stratégies d'adaptation fréquemment observées chez de nombreuses espèces en réponse à des contraintes environnementales (**Benrejeb et al., 2012**). (**Neffar 2013**) a démontré que l'accumulation de proline, induite par le stress, peut résulter de trois processus complémentaires : stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. De plus, (**Zerrad et al., 2008**) ont révélé que la proline sert également de réserve de composés azotés et carbonés pour répondre aux multiples besoins de croissance de la plante.

Nos résultats, démontre l'effet allélopathique entre les différentes espèces ainsi que l'effet herbicides de l'armoise.

1.33 Les sucres solubles

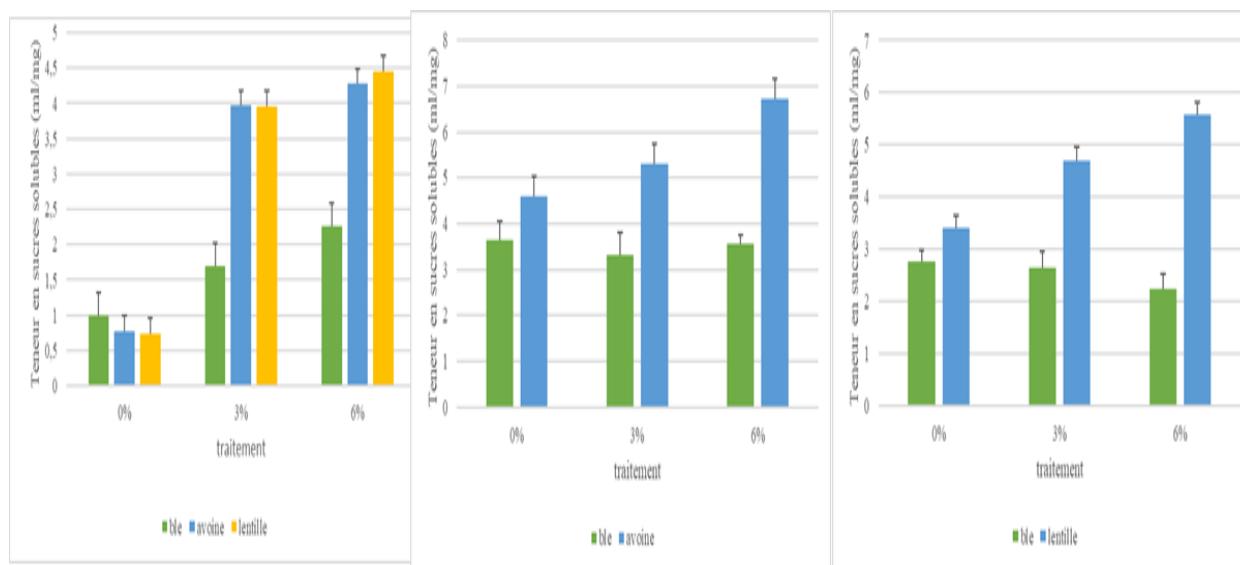


Figure 29 : Teneur en sucres solubles chez les trois espèces blé, avoine Lentille sous trois traitements d'armoise, A : espèces plantées séparément, B : Combinaison blé – avoine ; C : Combinaison blé- lentille

La teneur en sucre solubles chez les espèces seules et combinées, montrent globalement la même tendance observée par l'accumulation de proline.

Tableau 8 : analyse de la variance pour les sucres solubles

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F Fisher	Pr > F	Significatio n
Espèce	10	29,872	2,987	17,584	< 0,0001	***
Traitement	2	20,140	10,070	59,276	< 0,0001	***
Espèce*Traitement	20	61,122	3,056	17,990	< 0,0001	***

*** Très hautement significatif, ** hautement significatif, * significatif, NS : non significatif

Le test Newman-Keuls (SNK) regroupe les espèces séparément plantés ou combinées en trois groupes distincts.

A>B>C $\leftarrow \Rightarrow$ (BL) B; (BA) B; blé; (BL) B > (BA) B; avoine; (BA) A > lentille ; (BA) A > (BL) L > 5,121 > 4,785 > 3,706 > 3,586 > 3,406 > 3,341 > 3,160 > 3,058 > 3,034 > 2,943 > 2,854

Le test Newman-Keuls (SNK) classe les trois traitements en trois groupes

A > A > B $\leftarrow \Rightarrow$ 6 % > 3% > 0% $\leftarrow \Rightarrow$ 3,867 > 3,840 > 2,655

Selon les travaux de Seyyednejad et Koochak (2011), les sucres solubles sont un composant essentiel et une source d'énergie pour tous les organismes vivants. Les plantes produisent cette substance organique lors de la photosynthèse et la dégradent pendant la respiration.

L'obtention des mêmes résultats pour l'accumulation des sucre et l'accumulation de la proline dénote l'effet de compétition entre le blé, l'avoine et la lentille, et avec l'augmentation de la valeur des sucres soluble au dosage de 3% et 6% affirme l'effet herbicides de l'armoise sur ces dites espèces (avoine et lentille).

(Abbaspour et al., 2011) soutiennent que, pour faire face aux stress environnementaux, les plantes accumulent des concentrations élevées de matières organiques de faible masse moléculaire, telles que les sucres solubles ou d'autres acides aminés. Cela permet de réguler le

potentiel osmotique des cellules et d'améliorer l'absorption d'eau dans ces conditions. Par conséquent, l'accumulation de sucres n'est qu'un mécanisme d'adaptation au stress, permettant à la plante de maintenir sa turgescence en ajustant et en réduisant son potentiel hydrique (Nazarli et al., 2011 ; Bouatrouse, 2013).

Traitements et analyse statistiques

1.34 Analyse en composantes principales (ACP)

Afin de mieux comprendre et évaluer les relations entre les différentes variables étudiées, nous avons utilisé l'analyse en composantes principales (ACP) pour les 6 paramètres mesurés chez les 3 concentrations (0%, 3%, 6%) des espèces combinées ainsi que des espèces plantées séparément.

L'ACP offre l'avantage de caractériser chaque paramètre par une valeur numérique, associée à un axe spécifique, qui représente un ensemble de caractéristiques propres à ce paramètre. Ces valeurs numériques peuvent être considérées comme un indice global regroupant plusieurs caractéristiques des paramètres étudiés (Oosterom et al., 1993).

1.35 Au traitement de 0%

1.35.1 Etude de la corrélation des variables :

L'analyse de la matrice de corrélation (Tableau 8), nous a permis de relever :

- Une Corrélation fortement positive est observée entre la variable HP et les deux variables SF et TRE respectivement ($r = 0.725$ et 0.926).
- Une corrélation faiblement positive est enregistrée entre la TRE et la proline ($r = 0.225$) 0.511) et entre la proline et les sucres solubles ($r = 0.257$).
- Une corrélation faiblement négative est enregistrée entre la TRE et la Chlorophylle ($r = -0.200$) et entre la proline et Chlorophylle ($r = -0.257$).

Tableau 9 : matrice de corrélation au traitement 0%

	HP	Surface foliaire	Chlorophylle	Teneur relative en eau	Proline	Sucre
HP	1	0,725	0,926	-0,024	-0,175	0,257
Surface foliaire	0,725	1	0,613	0,511	-0,183	-0,120
Chlorophylle	0,926	0,613	1	-0,200	-0,247	0,120
Teneur relative en eau	-0,024	0,511	-0,200	1	0,225	-0,011
Proline	-0,175	-0,183	-0,247	0,225	1	0,257
Sucre	0,257	-0,120	0,120	-0,011	0,257	1

1.35.2 Analyse en composantes principales (ACP)

- Pour les sept espèces, la part de variabilité est expliquée par les axes F1 (43,43%) et F2 (23,58%), soit un total de 67,01%
- Les variables morphologiques et biochimiques HP, surface foliaire, teneur relative en eau, chlorophylle, sucre et proline sont expliquées par le plan 1 et 2 (Figure 31 A).

Tableau 10 : représentation des variables sur les axes 1 et 2

	F1	F2
LP	0,596	-0,046
Surface foliaire	0,523	0,353
Chlorophylle	0,571	-0,210
Teneur relative en eau	0,059	0,784
Proline	-0,194	0,457
Sucre	0,068	0,071

($r^2 > 0.85$) : très bien expliqué ; ($0.65 < r^2 < 0.80$) : bien expliqué ; ($0.65 < r^2 < 0.57$) : moyennement expliqué ; ($0.20 < r^2 < 0.40$) : mal expliqué ; ($r^2 < 0.10$) très mal expliqué .

- Les variables HP, surface foliaire et chlorophylle sont moyennement expliquées dans l'axe 1 ($r^2 = 0,596, 0,523$ et $0,571$). C'est l'axe morpho-physiologique.
- La variable teneur en eau est bien expliquée dans l'axe 2 ($r^2 = 0.784$) et la proline est moyennement expliquée ($r^2 = 0.457$). C'est l'axe d'adaptation.
- La variable sucres solubles est très mal expliquée.
- Plus de 67.01% des individus présentent une bonne explication dans le plan 1 et 2, leurs répartitions en 2 groupes (Figure 31 B et C) :

Le 1^{er} groupe est représenté par les espèces (BL)B, avoine, (BA)B, blé qui se caractérisent par la majorité des caractères d'adaptation et de production.

Le 2ème groupe englobe les espèces (BL)L, (BA)A, lentille qui présente les caractères de compétition et de dépérissement.

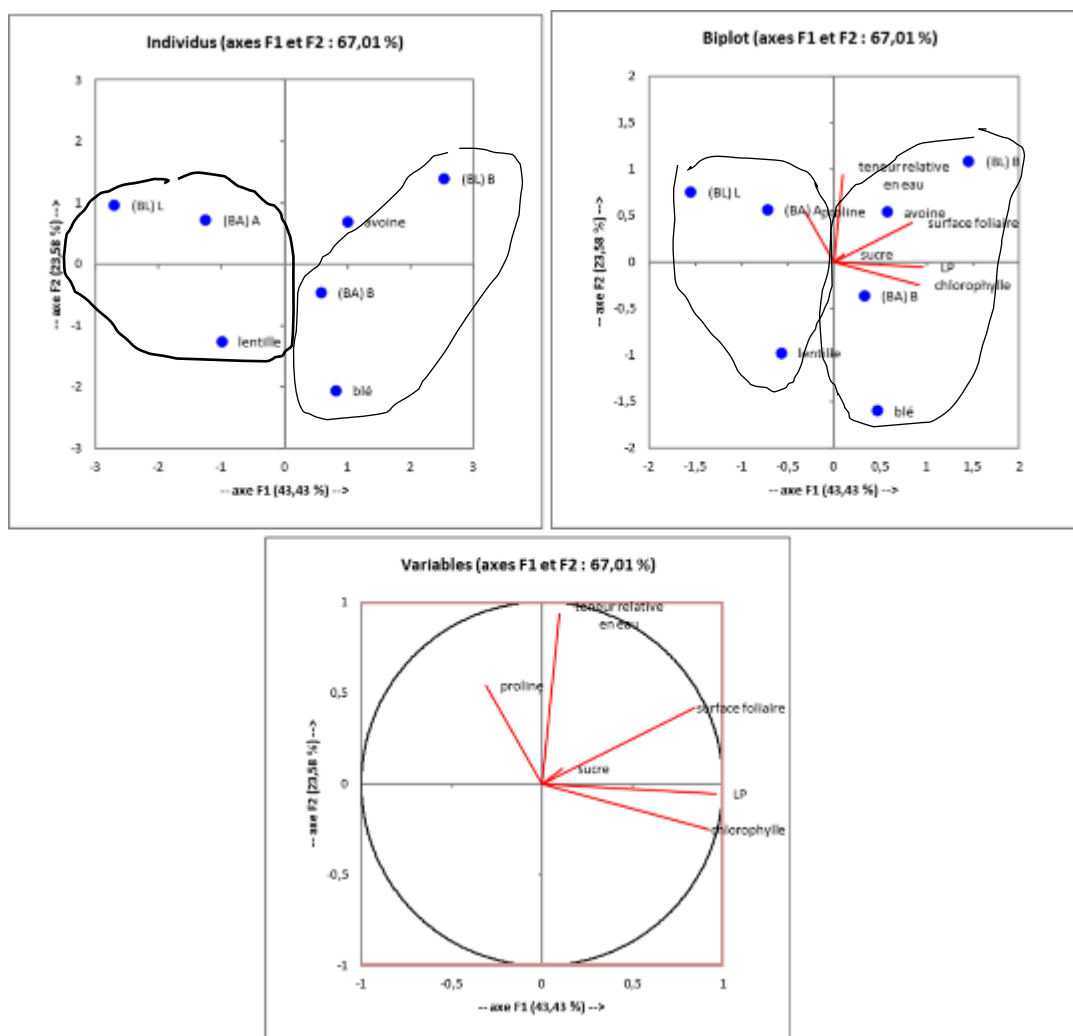


Figure 30 : analyse des composantes principales à 0%

A : cercle de corrélation entre les différentes variables chez sept espèces au traitement 0%.

B : Cycle de représentation des individus, C : Cercle de combinaison variables et espèces

1.36 Au traitement de 3%

Etude de la corrélation des variables :

L'analyse de la matrice de corrélation (Tableau 10), nous a permis de relever :

- Une Corrélation fortement positive est observée entre la variable SF et les deux variables HP et TRE respectivement ($r = 0,727$ et $0,767$). Et aussi entre Chlorophylle et les deux variables SF et TRE ($r = 0,801$ et $0,635$) et entre TRE et les sucres solubles ($r = 0,715$).

- Une corrélation moyennement positive est enregistrée entre la HP et les deux variables Chlorophylle et TRE ($r = 0.515$ et 0.596)
- Une corrélation faiblement négative est enregistrée entre la TRE et la Chlorophylle ($r = -0.065$) et entre la proline et Chlorophylle ($r = -0.433$).

Tableau 11 : matrice de corrélation au traitement 3%

	HP	Surface foliaire	Chlorophylle	Teneur relative en eau	Proline	Sucre
HP	1					
Surface foliaire	0,727	1				
Chlorophylle	0,515	0,801	1			
Teneur relative en eau	0,596	0,767	0,635	1		
Proline	0,335	-0,199	-0,433	-0,065	1	
Sucre	0,122	0,278	-0,040	0,715	0,136	1

Analyse en composantes principales (ACP)

- Pour les sept espèces, la part de variabilité est expliquée par les axes F1 (24,48%) et F2 (53,07,58%), soit un total de 77,56%
- Les variables morphologiques et biochimiques HP, surface foliaire, teneur relative en eau, chlorophylle, sucre et proline sont expliqués par le plan 1 et 2 (Figure 31 A).

Tableau 12 : représentation des variables sur les axes 1 et 2

	F1	F2
HP	0,761	0,260
Surface foliaire	0,942	-0,136
Chlorophylle	0,810	-0,507
Teneur relative en eau	0,922	0,207
Proline	-0,130	0,855
Sucre	0,441	0,594

($r^2 > 0.85$) : très bien expliqué ; ($0.65 < r^2 < 0.80$) : bien expliqué ; ($0.45 < r^2 < 0.65$) : moyennement présent ; ($0.20 < r^2 < 0.40$) : mal expliqué ; ($r^2 < 0.10$) très mal expliqué .

- Les variables HP, SF et chlorophylle et TRE sont très bien expliqués dans l'axe 1 ($r^2 = 0.761, 0.942, 0.810$ et 0.922), C'est l'axe morpho-physiologique.
- Les deux variables Proline et sucres solubles sont très bien et moyennement expliqués respectivement dans l'axe 2 ($r^2 = 0.855$ et 0.594). C'est l'axe d'adaptation.

- Plus de 77,56% des individus présentent une bonne explication dans le plan 1 et 2, leurs répartitions en 2 groupes (Figure 31 B et C) :

Le 1^{er} groupe est représenté par les espèces (BL)B, avoine, (BA)B, blé qui se caractérisent par la majorité des caractères d'adaptation et de production.

Le 2^{ème} groupe englobe les espèces (BL)L, (BA)A, lentille qui présente les caractères de compétition et de stress au bio herbicide.

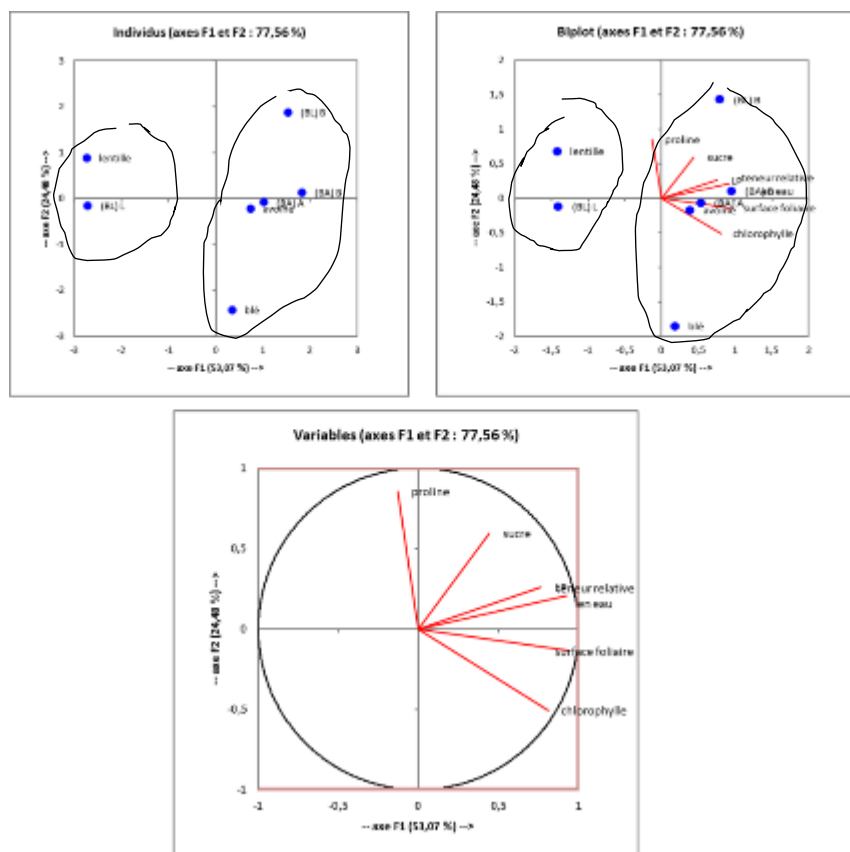


Figure 31 : analyse des composantes principales au traitement 3%

A : cercle de corrélation entre les différentes variables chez sept espèces au traitement 3%.

B : Cycle de représentation des individus, C : Cercle de combinaison variables et espèce

1.37 Au traitement de 6%

Etude de la corrélation des variables :

L'analyse de la matrice de corrélation (Tableau 12), nous a permis de relever :

- Une Corrélation fortement positive est observée entre la variable HP et les deux variables Chlorophylle et SF et la TRE ($r = 0,801$ et 0.760).

- Une corrélation moyennement positive est enregistrée entre la HP et TRE , SF ($r= 0.685$)
- Une corrélation très négative est enregistrée entre la TRE et la proline et sucre solubles respectivement ($r= - 0.510$ et $-0,239$) et entre la proline, sucres solubles et Chlorophylle ($r= - 0,639$ et $-0,412$).

Tableau 13 : matrice de corrélation au traitement 6%

	HP	Surface foliaire	Chlorophylle	Teneur relative en eau	Proline	Sucre
HP	1					
Surface foliaire	0,593	1				
Chlorophylle	0,801	0,685	1			
Teneur relative en eau	0,511	0,760	0,397	1		
Proline	-0,466	-0,704	-0,639	-0,510	1	
Sucre	-0,732	-0,038	-0,412	-0,239	-0,137	1

Analyse en composantes principales (ACP)

- Pour les sept espèces, la part de variabilité est expliquée par les axes F1 (23,53%) et F2 (59,52%), soit un total de 83,06%
- Les variables morphologiques et biochimiques HP, surface foliaire, teneur relative en eau, chlorophylle, sucre et proline sont expliqués par le plan 1 et 2 (Figure 32 A).

Tableau 14 : représentation des variables sur les axes 1 et 2

	F1	F2
HP	0,877	-0,422
Surface foliaire	0,865	0,370
Chlorophylle	0,872	-0,104
Teneur relative en eau	0,751	0,187
Proline	-0,738	-0,519
Sucre	-0,432	0,884

($r^2 > 0.85$) : très bien expliqué ; ($0.65 < r^2 < 0.80$) : bien expliqué ; ($0.45 < r^2 < 0.65$) : moyennement présent ; ($0.20 < r^2 < 0.40$) : mal expliqué ; ($r^2 < 0.10$) très mal expliqué .

- Les variables HP, surface foliaire et chlorophylle sont très bien expliqués dans l'axe 1 ($r^2 = 0,877, 0,865$ et $0,872$).

- La variable teneur en eau est bien expliquée dans l'axe 1 ($r^2 = 0.784$) C'est l'axe morpho-physiologique.
- La variable sucres solubles est très bien expliquée dans l'axe 2 ($r=0,884$). C'est l'axe de la résistance au bio herbicides
- Plus de 83,06 des individus présentent une bonne explication dans le plan 1 et 2, leurs répartitions en 2 groupes (Figure 32 B et C) :

Le 1er groupe est représenté par les espèces (BL)B, avoine, (BA)B, blé qui se caractérisent par la majorité des caractères d'adaptation et de production.

Le 2ème groupe englobe les espèces (BL)L, (BA)A, lentille qui présente les caractères de compétition et de dépérissement.

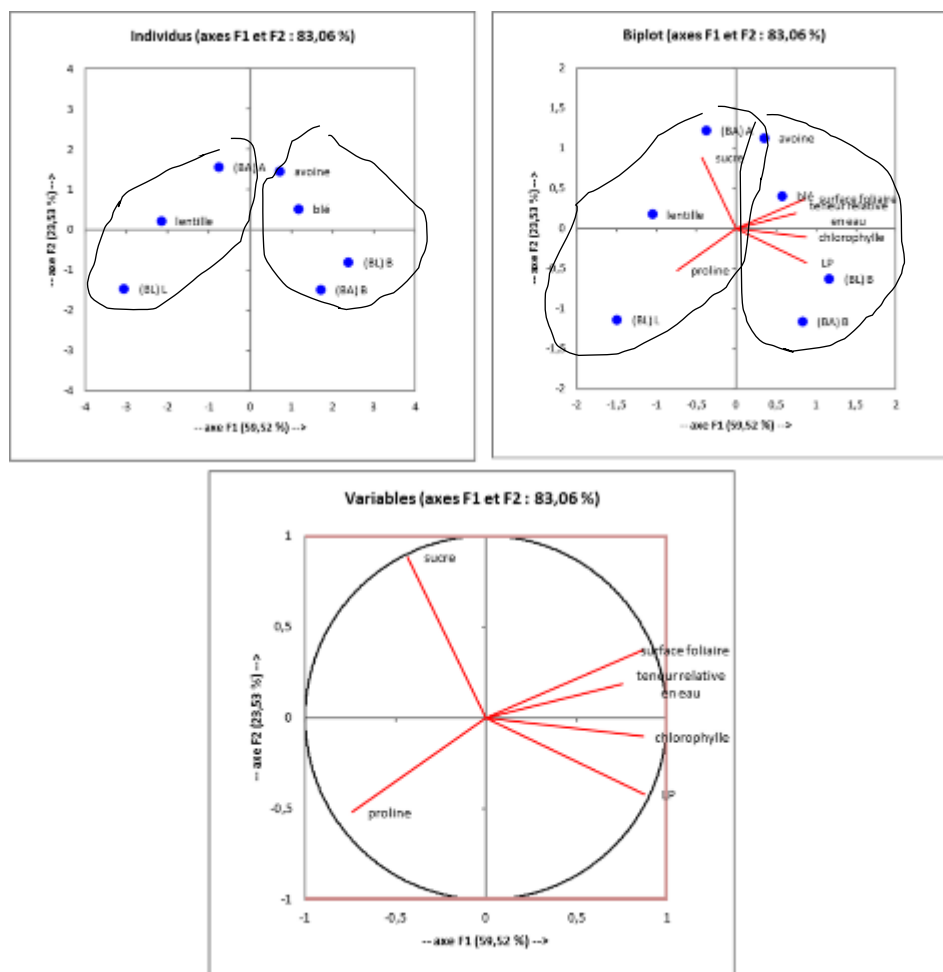


Figure 32 : analyse des composantes principales au traitement 6%

A : cercle de corrélation entre les différentes variables chez sept espèces au traitement 6%.

B : Cycle de représentation des individus, C : Cercle de combinaison variables et espèces

Discussion

L'allélopathie joue un rôle significatif dans les écosystèmes naturels et présente un potentiel prometteur en tant qu'outil essentiel dans la gestion des écosystèmes agricoles (**Olofsdotter 1998 ; Tesio et Ferrero 2011**) De Albuquerque et al. 2011). Xuan et al. (2004) ont suggéré que si l'allélopathie des cultures était correctement exploitée dans les pratiques agronomiques et de production, elle pourrait offrir plusieurs avantages, notamment :

a) Lutte biologique contre les insectes nuisibles, les ravageurs et les maladies ; b) Amélioration de la qualité du sol ; c) Accroissement de la diversité des cultures ; d) Développement de pesticides biologiques à faible coût avec de nouveaux modes d'action pour une lutte durable contre les ravageurs des cultures ; e) Développement de la tolérance des plantes cultivées aux stress abiotiques.

Les interactions biochimiques se produisent lorsque les composés allélopathiques produits par une plante sont libérés dans l'environnement, influençant ainsi la croissance et le développement d'autres plantes. Par conséquent, l'allélopathie peut être définie comme l'interaction entre les plantes et les micro-organismes via des composés chimiques. Ces interactions peuvent avoir des effets stimulants ou inhibiteurs. Dans le contexte des pratiques agricoles, les effets inhibiteurs peuvent être exploités pour lutter contre les ravageurs et les mauvaises herbes (**Khanh et al. 2005 ; Lithourgidis et al. 2011**).

D'après les résultats obtenus, nous avons pu observer l'effet de compétition entre le blé et l'avoine ainsi que le blé et la lentille, en effet à partir de la montaison, la croissance des espèces plantées en combinaison qui sont le blé-avoine et le blé-lentille, sont altérées en comparaison des espèces plantées séparément. Ce qui nous a permis d'utiliser l'avoine et la lentille comme adventices pour le blé.

Après avoir observé la compétition entre les espèces, nous avons traité les dites espèces avec une solution d'armoise à la concentration 3% et 6%.

Les résultats obtenus après ce traitement ont d'abord été observés à l'œil, ce qui nous a permis d'effectuer des analyses phytochimiques et biochimiques. Puis une étude statique nous a permis de conclure que l'avoine et la lentille ont subi un stress pour la concentration de 6%, or pour la concentration de 3% le stress a été minime.

Ce dit stress un retard de croissance des espèces combinées, en comparaison des espèces plantées seules, aux mêmes stades de leurs cycles de vie respectifs, ainsi qu'un dépérissement des plantes.

D'après de récentes études de nombreuses plantes du genre *Artemisia* ont un pouvoir herbicide. Étant donné que la plupart de ces espèces ont un parfum fort, la majorité des études se sont concentrées sur les effets biologiques des huiles et des composés volatils.

Conclusion

Les bio-herbicides jouent un rôle crucial dans l'agriculture moderne en offrant une alternative plus respectueuse de l'environnement aux herbicides chimiques synthétiques. Leur utilisation contribue à la protection de l'environnement en réduisant les risques de pollution et en favorisant la biodégradabilité. De plus, les bio-herbicides permettent de lutter contre les mauvaises herbes résistantes, préservant ainsi la durabilité des pratiques agricoles à long terme. Enfin, ils contribuent également à la sécurité alimentaire en étant utilisés dans les cultures vivrières. En combinant efficacité, durabilité et sécurité, les bio-herbicides sont devenus un outil précieux pour les agriculteurs cherchant à gérer les mauvaises herbes de manière responsable et durable.

C'est dans cette optique que notre recherche a été menée, nous avons choisis l'armoise pour étudier son effet allélopathique sur les mauvaises herbes. Ainsi que trouver la bonne concentration, qui aura l'avantage de ne pas nuire à l'espèce voulue, qui dans notre cas est le blé dur et éliminer les adventices.

Pour cela nous avons suivi la croissance des espèces combinées de blé-avoine et blé-lentille pour constater l'effet de compétition entre ces espèces, et ainsi pouvoir les traiter avec la solution aqueuse d'armoise. Les meilleurs résultats ont été enregistrés à la concentration de 6%, et d'après d'autres études une concentration plus importante serait plus bénéfique comme bio herbicides.

En conclusion de notre étude nous, nous avons pu constater l'importance de l'utilisation des plantes médicinales comme outil de gestion des adventices, tout en sauvegardant notre environnement de l'utilisation abusive des herbicides chimiques, qui sont une menace à long terme pour notre planète et notre santé.

Références

- A R Putnam, a. and W. B. Duke (1978). "Allelopathy in Agroecosystems." Annual Review of Phytopathology **16**(1): 431-451.
- Bouzid, B. and M. Hichem2018/2019 (2019). Sélection de variétés de lentilles adaptées aux conditions locales. master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.
- Hocine, B. (2019/2020). Les avénathramides de l'avoine (*Avena sativa*) avant et après germination de la graine. master, Université Frères Mentouri Constantine 1.
- Kaoutar, B. (2017/2018). SELECTION ASSISTEE PAR MARQUEURS SNP ET ETUDE PHENOTYPIQUE DU BLE TENDRE (*Triticum aestivum*L.). master Faculté des Sciences et Techniques Fès
- Kostina-Bednarz, M., J. Płonka and H. Barchanska (2023). "Allelopathy as a source of bioherbicides: challenges and prospects for sustainable agriculture." Reviews in Environmental Science and Bio/Technology **22**(2): 471-504.
- Marwa, K. N. T. (2017). Identification et caractérisation del'hétérochromatine (GC) chez cinq génotypes de l'espèce *Lens culinaris* Medik, Université des Frères Mentouri Constantine.
- Maryam, A. A. (18/07/2022). Evaluation de paramètres agro-morphologiques et de qualité chez des lignées élites du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) dans trois environnements contrastés, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
- Mushtaq, W., M. Siddiqui and K. Hakeem (2020). Allelopathy Potential of Weeds Belonging to the Family: 37-43.
- Mushtaq, W., M. B. Siddiqui and K. R. Hakeem (2020). Mechanism of Action of Allelochemicals. Allelopathy: Potential for Green Agriculture. W. Mushtaq, M. B. Siddiqui and K. R. Hakeem. Cham, Springer International Publishing: 61-66.
- Nahla, A. and B. H. e. khadidja (2018). Etude phytochimique et activités biologiques de extrait méthanolique d'*Artemisia herba alba*. master, Université des Frères Mentouri Constantine.
- Rizvi, S. J. H., H. Haque, V. K. Singh and V. Rizvi (1992). A discipline called allelopathy. Allelopathy: Basic and applied aspects. S. J. H. Rizvi and V. Rizvi. Dordrecht, Springer Netherlands: 1-10.
- Feuillet P, (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. Ed INRA. Paris : 88-199.
- Feldman, M. (2001). Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. Et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book : a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre : p 3-58.
- Grignac, P. (1978). Amélioration variétale de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Annale de

l'INA (El -Harrach) ,83 -110.

Herve Y., (1979). Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.

Monneveux, P. 1991. Quelle stratégie pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver, In : Chalbi Demarly Y. éd. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. ENSA-INRA,165-186.

Hamed, M. (1979). Plantes et culture des cultures céréalières, les cultures légumineuses. Syria.

FAO, 2006. « Statistiques de blé ».

RUEL. (2006). Citépar Debabsa Rafika et al. En 2008

YVES et de BUYER, 2000. Citépar Debabsa Rafika et al. En 2008.

Godon B.et Willm C.,«Les Industries de Première Transformation des Céréales»,ed.Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 1991,679p.

Bozzini A. 1988. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Dans Fabriani G. et C. Lintas (Ed.). Durum: Chemistry and Technology. AACCC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16.

GateP. Et Giban M. 2003. Stades du blé. Ed. Paris, ITCF, 68p.

Clarke J.M., Novell W.A., Clarke F.R. And Buckley T.W. 2002. Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. Can. J. Plant Sci. Revue canadienne de phytotechnie 82 : 27-33.

Soltner D. 2005. Les grandes productions végétales. 20ème Ed. Collection science et techniques agricoles, pp: 303-308.

Soltner D., 1998. Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles éd. 464p.

Boufenar-zaghoufane F.et zaghofaneO. (2006). Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie(blé dur ,blé tendre, orge et avoine) 1ère édition .alger : ECRIE.154p.

Kantety, R.V., Diab,A., Sorrells, M.E.,(2005). Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre le stress chez le blé dur au Maroc In: Conxita,

Ammar, K., Lage, J., Villegas, D., Crossa, J., Hernandez, E., Alvarado, G., (2006). Association among durum wheat international testing sites and trends in yield progress over the last twenty two years. International symposium on wheat yield potential. Cd. Obregón, Sonora, Mexico, March 20-24th, pp :19-20.

ADE, (2000). Le marché mondial du blé dur et la place de l'Union Européenne. Rapport D'évaluation de la politique Communautaire du blé dur, 30. p.

GIBSON, Lance et Garren BENSON (2002). Origin, History, and Uses of Oat (*Avena sativa*) and Wheat (*Triticum aestivum*). Iowa State University, Department of Agronomy

Klose C, Schehl BD, Arendt EK (2009) Fundamental study on protein changes taking place during malting of oats. *J Cereal Sci* 49 :83–91

Hansen, J., Renfrew, J., (1978). Palaeolithic–Neolithic seed remains at Franchthi Cave, Greece. *Nat. Biotechnol.* 271, 349–352.

Kaf Al-Ghazal et Abbas Mounir Al-Fares. 1993. Grandes cultures, deuxième partie : céréales et légumineuses. Collège de l'Agriculture. Université d'Alep. 293p

Salem Abdullah Younis et Mayssar Muhammad Aziz 2013. Effet des taux de semis sur la croissance et le rendement du fourrage d'avoine. *Diyala Journal des sciences agricoles.* Irak. 5(2).202p

Ghani Ammar Jassim. 2009. Avoine. Commission nationale de la recherche agricole.10 p

Hamid Muhammad Kayal.1979 Plantes et culture des grandes cultures : céréales et légumineuses, Damas, Direction des livres universitaires, 230 p.

Schwartz D. and Langham., 2012.Grows stage of lentil. Disponible sur internet : Service (ARS). Available at: <http://www.ars.usda.gov/is/np/lentils/lentils.htm> (accessed on 28 February 2008)

Yunnus A., G. And Jackson M.T., 1991.The gene pools of the Grasspa. *Plant Breeding* 106 (4) : 319-328

Vandenberg S., 1990.Genetics of seed coats color and pattern in lentil. *Journal of Heredity.*81 : 484–488.

Ulmman., 2005.Botanica. ISBN/ 978-3-8480-3.

Street K., 2008.Directives pour la régénération : Lentille. In : Dulloo M.E., Thormann I.,Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIARSystem-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. P : 10.

Slama F., 1998.Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie, en Arabe ; 300 p.

Saxena M.C., Diekmann J., Erskine W. & Singh K.B., 1987.Mechanization of harvest inlentil and chickpea in semiarid areas. In *Proceedings of Mechanization of Field Experiments*,211-228. Syria: ICARDA.

Schneider A. Et Huyghe, C., 2015. Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Ed. Quae.,

Sarker A., and Erskine., W. 2002. Lentil production in the traditional lentil world. In : Brouwer, J.B. (ed.) Proceedings of Lentil Focus 2002, Horsham, Victoria, Australia. PulseAustralia, Sydney, pp. 35–40.

Ladizinsky G., Braun D., Goshen D. and Muehlbauer F.J. 1984. The biological species in the genus *Lens* L. Bot. Gaz. 145 :253-261.

Muehlbauer F.J., Summerfield R.J., Kaiser W.J., Clement S.L., Boerboom C.M., Welsh-Maddux M.M. and Short R.W., 2002. Principles and Practices of Lentil Production. United States Department of Agriculture (USDA) Agriculture Research Service (ARS).

Henelt., 2001. *Lens* Mill. In P. Hanelt (Ed.), *Manual of agricultural and horticultural crops*. Vol. 2. P : 849–852). *Lens culinaris* Medicus Vorl. Churpf. Phys.-Okon. Ges., 2, 3, 6, 1

Gahoonia T.S., Ali O., Sarker A., Rahman., M.M. And Erskine W., 2005. Root traits, nutrient uptake, multi-location grain yield and benefit-cost ratio of two lentil (*Lens culinaris*, Medik.) varieties. *Plant and Soil* 272, 153–161.

Brink M., Belay G., 2006. Céréales et légumes secs, ressources végétales de l'Afrique tropicale. Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas. P : 102

Begiga., 2006. *Lens culinaris* Medik. Fiche de Protabase. Brink, M. and Belay G. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical African/ Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen. Pays Bas.

Barulina H., 1930. Lentils of the USSR and other countries. Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding Supplement 40. USSR Institute of Plant Industry of the Lenin Academy of Agricultural Science Leningrad, USSR, pp. 265.

Mucciarelli M and Maffei M. (2002). *Artemisia: Introduction to the Genus* Vol. 18 Ed Colin W.W. in Taylor & Francis. Ed. London and New York. pp: 10-16.

Mirjalili. M.H., Tabatabaei S.M.F., Hadian J., Nejad S.E., and Sonboli. A. (2007). Phenological Variation of the essential oil of *Artemisia scoparia* from Iran. *J. Essent. Oil Res.* 19 : 326–329

Kundan S., and Anupam S. (2010). The Genus *Artemisia* : A Comprehensive Review. *J. Pharm. Biol.* pp: 1-9.

Marianne Piochon; 2008 ; Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémisynthèse ; Université Québec à Chicoutimi-Canada

Messai Laid; 2011 ; Etude phytochimique d'une plante médicinale de l'est algérien (*Artemisia herba alba*) ; thèse de doctorat ; université Mentouri- Constantine

Bouchikhi Tani Zoheir ;2011 ; Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelidesobtectus*(Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineolabisselliella*(Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles ; thèse de doctorat ; université Abou bakr Belkaid-Tlemcen

Eloukili Mohamed Amine; 2013 ; Valeur nutritive de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) comparée à l'unité fourragère de l'orge ; mémoire de master ; université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.

Smahi Mohamed Djamal Eddine; 2007 ; Evaluations biométrique et énergétique de la biomasse d'espèces végétales aromatiques spontanées prépondérantes de la région de Tlemcen : *Artemisia herba alba* et *Thymus ciliatus*;Mémoire de magister ; université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen

Khiredine Hamida;2012 ; Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie; Mémoire de Magister ; Université M'hamed Bougara- Boumerdes.

Boudjelal Amel; 2012 ; Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (*Ajuga iva*, *Artemisia herba alba* et *Marrubium vulgare*) de la région de M'Sila, Algérie ; thèse de doctorat ; Université Badji Mokhtar Annaba

Khadija Rhayour ;2002, Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacterium fortuitum*, thèse de doctorat, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah –Fès.

Annexe

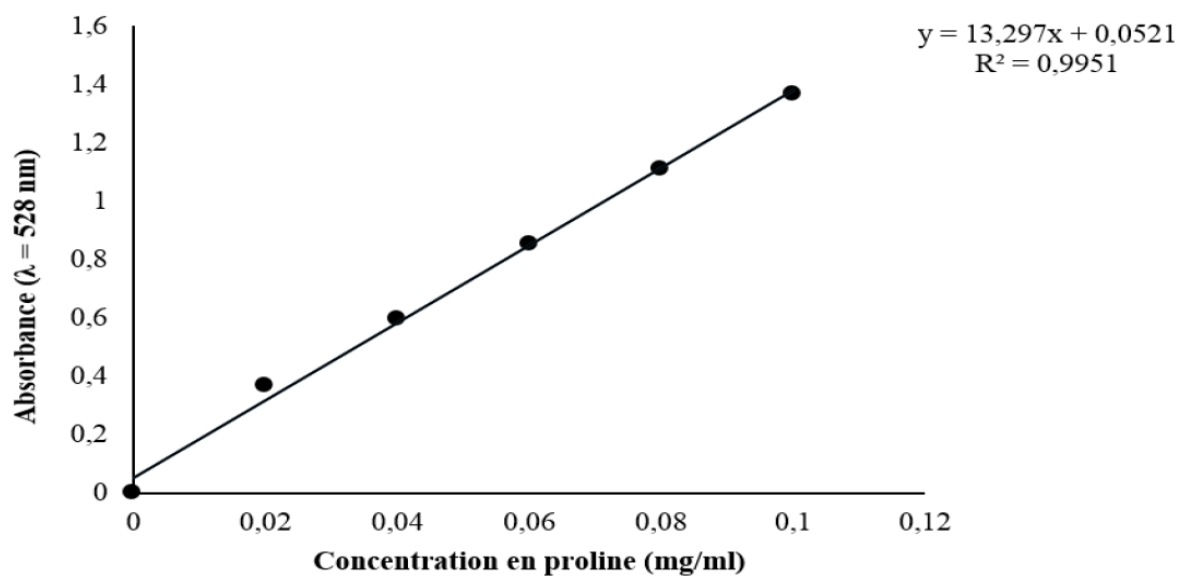


Figure 33 : courbe d'étalonnage de la proline

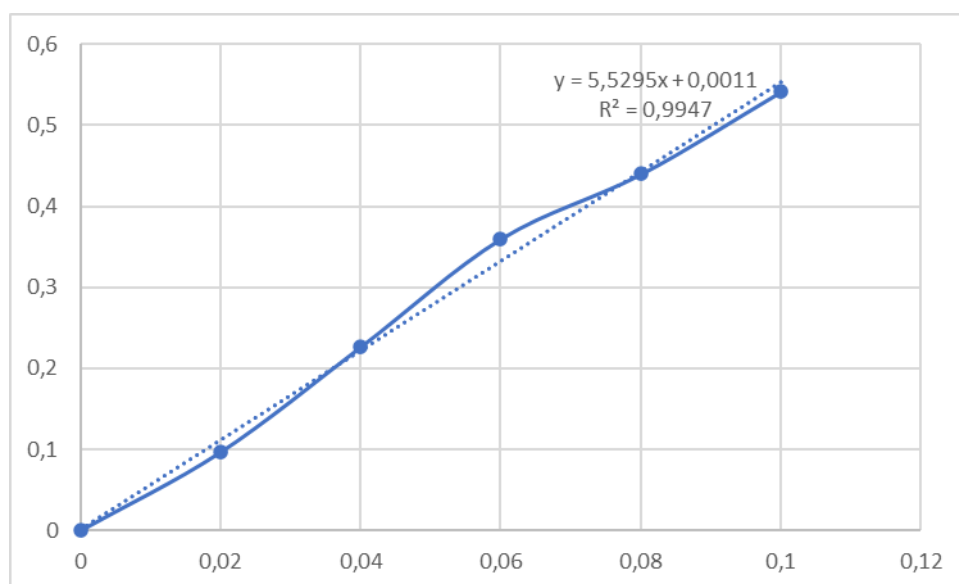


Figure 34 : courbe d'étalonnage des sucres solubles

Année universitaire: 2022/2023	Présenté par : BLIKAZ Racha BERKANE Racha						
Intitulé Effet d'allélopathie de l'extrait d'armoise sur la croissance et le développement des céréales							
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biodiversité et physiologie végétale							
<p>Résumé</p> <p>Les mauvaises herbes sont des végétaux indésirables qui se développent dans les cultures et les jardins, entraînant une concurrence pour les ressources essentielles comme l'eau, les nutriments, la lumière solaire et l'espace. Leur présence peut causer des dégâts considérables et réduire les rendements agricoles.</p> <p>Afin de lutter contre les mauvaises herbes de manière écologique, les bio herbicides se présentent comme une solution prometteuse. Ces produits dérivent de micro-organismes tels que des bactéries, des champignons ou des virus, et ont la capacité de supprimer la croissance des mauvaises herbes sans porter atteinte aux cultures.</p> <p>Les bioherbicides agissent selon divers mécanismes pour inhiber la croissance des mauvaises herbes. Ils se caractérisent souvent par leur sélectivité, ce qui signifie qu'ils n'affectent pas les plantes cultivées lorsqu'ils sont utilisés correctement, c'est pour cela que nous nous sommes dirigés dans notre étude chez les plantes médicinales et plus particulièrement l'Armoise, où notre objectif est la recherche de l'effet allélopathique de ladite plante sur la croissance du blé dur avec deux espèces concurrentes.</p> <p>L'expérience a été menée en serre dans un premier temps où nous avons observé la croissance des espèces plantées en combinaison et plantées séparément, puis nous nous sommes attelés à faire des analyses phytochimiques et biochimiques.</p> <p>Nous avons observé la croissance des espèces sous le traitement de la solution d'armoise aux concentrations de 0%, 3%, 6%. Ou nous avons constaté le dépérissement de l'avoine et de la lentille aux concentrations de 3% et 6%, mais nous n'avons observé aucune incidence sur le blé.</p> <p>Suite aux résultats obtenus de par le suivi de l'effet d'allélopathie entre les espèces ainsi que les résultats obtenus par les analyses, nous avons pu conclure qu'il est possible d'utiliser l'armoise comme bioherbicides avec des concentrations élevées.</p>							
Mots clés : effet d'allélopathie, phytochimie, Artemisia herba alba, lens culinaris, Triticum durum, Avena sativa							
Laboratoire de recherche: Laboratoire d'écologie N° 13, Université Frères Mentouri, Constantine							
<p>Jury d'évaluation:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Président du Jury: Pr. Kara Youcef</td> <td style="width: 50%;">UFMC1</td> </tr> <tr> <td>Rapporteur : Pr. Chaib Ghania</td> <td>UFMC1</td> </tr> <tr> <td>Examinatrice : Dr. Zoughmar Meriem</td> <td>UFMC1</td> </tr> </table>		Président du Jury: Pr. Kara Youcef	UFMC1	Rapporteur : Pr. Chaib Ghania	UFMC1	Examinatrice : Dr. Zoughmar Meriem	UFMC1
Président du Jury: Pr. Kara Youcef	UFMC1						
Rapporteur : Pr. Chaib Ghania	UFMC1						
Examinatrice : Dr. Zoughmar Meriem	UFMC1						