

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

UNIVERSITE BLIDA 1
FACULTE DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique
Option : **Systeme de production agro-écologique**



**Evaluation de l'effet allélopathique de la moutarde des champs
(*Sinapis arvensis* L.) sur la germination et la croissance de l'orge
(*Hordeum vulgare* L.) en conditions contrôlées**

Présenté par :

OULD M'HAMED MIRA
AMIMOUSSI NESRINE

| | | | |
|---------------------------|------------|--------------------|------------------|
| Mr BOUTAHRAOUI SA. | MCB | USD. Blida1 | Président |
| Mr ABBAD M. | MCA | USD. Blida1 | Promoteur |
| Mr DEROUCHE B. | MCB | USD. Blida1 | Examineur |

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

En premier lieu nous remercions Dieu de nous avoir donné la force et la santé pour bien réaliser ce modeste travail malgré toutes les difficultés qu'on a vécues.

Notre gratitude s'adresse à Dr. **ABBAD MOHAMED**, pour son encadrement, ses conseils qu'elle nous a témoignés pour nous permettre de mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à Mr **BOUTAHRAOUI SA** qui a accepté de présider le jury de soutenance et nous remercions également Mr **DEROUICHE B** pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.

Ce travail a été réalisé au laboratoire de recherche de culture maraîchère de notre département, nous tenons à remercier Mr **ABD EL RAHMAN** l'ingénieur de ce laboratoire pour sa présence durant les jours de la réalisation de notre mémoire.

Nous ne pourrons jamais oublier qu'il y a un professeur qui nous a toujours soutenus tout au long de notre carrière universitaire et qui est décédé il y a quelques mois à cause du virus Corona Docteur **HAMOUCHE BACHIR**, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

Enfin on remercie tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Grâce à toi mon bon dieu, je m'incline devant ta puissance et ta miséricorde,

Pour te remercier de l'aide et du courage que tu m'as donné au cours de la

Réalisation de ce modeste travail, que je dédie :

A ma mère : Fatma

A mon père : Ameur

A mes frères : Brahim ; Salim

A ma sœur : Wiam

A toute ma famille

A tous mes amis : sarah ; Nawel ; Yasmine ; Asma ; Rania ; Meriem ; Rima ; et

Nouha

A mon binôme Nesrine

Mira

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parents pour leur encouragement, leur présence, leur éducation et leur
patience durant mon parcours scolaire*

Ce travail a pu voir le jour grâce à leur soutien

À mes 2 frères Khaled et Ibrahim ainsi à toute ma famille

À mon binôme Mira avec qui j'ai travaillé avec amour

*À tous mes amis que j'aime trop, sources de joie, de bonheur, d'espoir et de
motivation (Tiziri, Aïcha, Houria, Nawel, Sarah, Yasmine et Nouha.)*

Nesrine

Table des matières

| | |
|------------------------|---|
| Résumé | |
| Abstract | |
| الملخص | |
| Liste des abréviations | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des figures | |
| Introduction..... | 1 |

PARTIE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

| | |
|---|----------|
| Chapitre I: L'orge (<i>Hordeum vulgare</i> L.) | 5 |
| 1. Généralité..... | 5 |
| 2. Origine | 5 |
| 3. Description général de la plante | 5 |
| 4. Classification | 6 |
| 5. Cycle de développement de l'orge | 7 |
| 5.1. Période végétatif..... | 7 |
| 5.1.1. Phase semis-levée | 7 |
| 5.1.2. Phase levée-début tallage..... | 7 |
| 5.1.3. Phase début tallage-début monté..... | 7 |
| 5.2. La période reproductrice | 7 |
| 5.3. La période de maturation | 8 |
| 6. Exigences de la culture d'orge..... | 8 |
| 6.1. Eau..... | 8 |
| 6.2. Température | 8 |
| 6.3. Photopériode..... | 8 |
| 6.4. Type de sol | 9 |
| 6.5. Semis..... | 9 |
| 6.6. Fertilisation..... | 9 |

| | |
|---|-----------|
| 6.7. Entretien..... | 9 |
| 7. Production de l'orge | 10 |
| 7.1. Dans le monde..... | 10 |
| 7.2. En Algérie | 10 |
| 8. Principales zones de production en Algérie | 10 |
| 9. Les variétés cultivées en l'Algérie..... | 11 |
| 10. Importance et utilisation de l'orge..... | 12 |
| Chapitre II : La germination..... | 15 |
| 1. Définition..... | 15 |
| 2. Les types de germination | 15 |
| 3. Les différentes phases de la germination | 15 |
| 4. Facteurs de la germination | 16 |
| 4.1. Conditions externes..... | 16 |
| 4.1.1. Eau..... | 16 |
| 4.1.2. Oxygène..... | 16 |
| 4.1.3. Température | 16 |
| 4.2. Conditions internes de la germination..... | 16 |
| 4.2.1. Maturité..... | 17 |
| 4.2.2. Longévité..... | 17 |
| 4.2.3. Dormance..... | 17 |
| 5. La levée de la dormance et germination | 17 |
| 6. La croissance..... | 17 |
| 7. Amélioration de la capacité germinative | 18 |
| 7.1. Traitements humides | 18 |
| Chapitre III : Généralité sur les mauvaises herbes | 21 |
| 1. Introduction | 21 |
| 2. Définition des adventices | 21 |
| 2.1. Impact sur la production agricole | 21 |
| 2.2. Biologie des adventices..... | 22 |
| 2.2.1. Plantes annuelles..... | 22 |
| 2.2.2. Les bisannuelles..... | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.3. Les vivaces | 23 |
| 2.3. Les effets des adventices | 24 |
| 2.3.1. Effets nuisibles | 25 |
| 2.3.2. Effets positifs | 25 |
| 2.4. Méthodes de lutte contre les adventices..... | 26 |
| 2.4.1. Désherbage..... | 26 |
| 2.4.2. Composition de la rotation culturale..... | 26 |
| 2.4.3. Travail du sol et désherbage mécanique | 26 |
| 2.4.4. Désherbage chimique..... | 27 |
| 2.4.5. Lutte intégrée et autre approche..... | 27 |
| 3. Exemple d'adventice : La moutarde des champs (<i>Sinapis arvensis</i> L.)..... | 27 |
| 3.1. Description de la moutarde des champs | 27 |
| 3.2. Classification..... | 28 |
| 3.3. Ecologie..... | 28 |
| 3.4. Nuisibilité et utilité..... | 29 |
| 3.5. Vertus médicinales de la moutarde des champs..... | 29 |
| 3.6. Méthode de lutte..... | 29 |
| Chapitre IV: Le phénomène d'allélopathie..... | 32 |
| 1. Introduction..... | 32 |
| 2. Historique | 32 |
| 3. Définition | 32 |
| 4. Les composés allélopathique | 33 |
| 5. Mécanisme d'action des substances allélopathiques | 33 |
| 6. Facteurs influant la production des composés allélopathiques | 35 |
| 7. Facteurs influant d'activité des composés allélopathiques..... | 35 |
| 8. Allélopathie et la maîtrise des mauvaises herbes..... | 36 |
| 9. Etapes d'étude de l'allélopathie..... | 36 |
| 10. Exemples d'allélopathie..... | 37 |
| 10.1. Allélopathie chez les adventices | 37 |
| 10.2. Allélopathie chez les légumineuses..... | 37 |
| 10.3. Allélopathie chez certaines graminées..... | 37 |

PARTIE 2: PARTIE EXPÉRIMENTALE

| | |
|---|-----------|
| Chapitre V : Matériels et méthodes | 40 |
| 1. Objectif de l'essai..... | 40 |
| 2. Matériels utilisés..... | 40 |
| 2.1. Matériels techniques..... | 40 |
| 2.2. Matériels végétaux | 40 |
| 2.2.1. Plante adventice..... | 41 |
| 2.2.2. La plante cultivée | 41 |
| 3. Préparation des extraits de l'adventice..... | 42 |
| 3.1. Séchage..... | 42 |
| 3.2. Broyage..... | 42 |
| 3.3. L'extraction par macération au laboratoire..... | 43 |
| 3.3.1. Macération de la matière sèche..... | 43 |
| 3.3.2. Préparation d'essai de germination | 45 |
| 3.3.3. Dispositif expérimental..... | 46 |
| 4. Paramètres mesurés | 46 |
| 4.1. Taux de germination (TG%) | 46 |
| 4.2. Longueur de radicule et de tige | 46 |
| 4.3. Mesure de la biomasse fraîche et la biomasse sèche..... | 47 |
| 4.4. Analyse statistique..... | 47 |
| Chapitre VI : Résultats et discussions..... | 50 |
| 1. Impact des extraits aqueux de la partie aérienne et racinaire de (<i>Sinapis arvensis</i> L.) sur les paramètres de germination..... | 50 |
| 1.1. Effet sur le taux de germination de la culture d'orge (FG%) | 50 |
| 1.2. Effet sur le taux d'inhibition de germination de la culture d'orge (TI%) | 50 |
| 2. Impact des extraits aqueux de la partie aérienne et racinaire de (<i>Sinapis arvensis</i> L.) sur les paramètres de croissance | 51 |
| 2.1. Impact de la partie aérienne sur la longueur des hypocotyles et les radicules..... | 51 |
| 2.2. Impact de la partie racinaire sur la longueur des hypocotyles et les radicules..... | 52 |
| 2.3. Impact de la partie aérienne sur la biomasse fraîche des hypocotyles et les radicules..... | 53 |

| | |
|---|----|
| 2.4.Impact de la partie racinaire sur la biomasse fraiche des hypocotyles et les radicule.. | 53 |
| 2.5.Impact de la partie foliaire sur la biomasse sèche des hypocotyles et les radicules.... | 54 |
| 2.6.Impact de la partie racinaire sur la biomasse sèche des hypocotyles et les radicules.. | 55 |
| 3. Discussion..... | 57 |

Conclusion

Références bibliographie

Résumé

L'étude de l'activité allélopathique d'extraits aqueux de *Sinapis arvensis* L. a été évaluée dans des conditions expérimentales contrôlées sur la culture d'orge *Hordeum vulgare* L. Les concentrations 25, 50, 75, 100% comparées à un témoin ont été testées sur la germination et la croissance de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) de variété Exito. Les résultats obtenus montrent l'existence d'un effet allélopathique dépressif sur le pourcentage de germination. Le taux de réduction est de 38.09 et 79.19% pour 75 et 100% de l'extrait de partie foliaire, la longueur des racines et les hypocotyles le taux de réduction varient entre 21.83 et 10.51%, alors qu'il varie entre 33.33 et 5 % pour la biomasse fraîche et entre 47.61 et 68.96 % pour la biomasse sèche de ces organes. Cet effet est exercé par des substances allélopathiques présentes dans la partie foliaire mais aussi dans les racines. Il dépend de la concentration de l'extrait mais aussi de l'organe utilisé pour l'extraction. En général, les solutions obtenues par la partie foliaire de cette plante ont un effet allélopathique plus important que celles obtenues par la partie racinaire.

Mots clés : Allélopathique, extrait aqueux, *Sinapis arvensis*, *Hordeum vulgare*, germination.

Abstract

The study of the allelopathic activity of aqueous extracts of *Sinapis arvensis* L. was evaluated under controlled experimental conditions on the barley culture *Hordeum vulgare* L. Concentrations of 25, 50, 75, 100% compared to a control were tested on the germination and growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) of the Exito variety. The results obtained show the existence of an allelopathic depressive effect on the germination percentage. The rate of reduction between 38.09 and 79.19% for 75 and 100% of the leaf part extract, root length and hypocotyls the rate of reduction varies between 21.83 and 10.51%, while it varies between 33.33 and 5% for the fresh biomass and between 47.61 and 68.96% for the dry biomass of these organs. This effect is exerted by allelopathic substances present in the leaves but also in the roots. It depends on the concentration of the extract but also on the organ used for extraction. In general, the solutions obtained from the leaf part of this plant have a greater allelopathic effect than those obtained from the root part.

Key words: Allelopathic, aqueous extracts, *sinapis arvensis* L, *Herdeum velgare* L, barley, germination.

المخلص

تم تقييم دراسة نشاط الكيمياء للمستخلص المائي لنبات الخردل الاصفر في ظل ظروف تجريبية مضبوطة على الشعير. تم اختبار التراكيز 25، 50، 75، 100% مقارنة بمجموعة تحكم على إنبات ونمو الشعير. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود تأثير اكتنابي كيميائي على نسبة الإنبات. معدل التخفيض بين 38.09 و 79.19% لـ 75 و 100% من مستخلص جزء العلوي. طول الجذور والساق يتراوح معدل التخفيض بين 21.83 و 10.51% بينما يتراوح بين 33.33 و 5% للكتلة الحيوية الطازجة وما بين 47.61 و 68.96% للكتلة الحيوية الجافة لهذه الأعضاء. يحدث هذا التأثير من خلال المواد الكيميائية الموجودة في الجزء العلوي ولكن أيضًا في الجذور. يعتمد ذلك على تركيز المستخلص وأيضًا على العضو المستخدم في الاستخراج. بشكل عام، فإن المحاليل التي تم الحصول عليها بواسطة جزء العلوي من هذا النبات لها تأثير أكبر من تلك التي تم الحصول عليها بواسطة جزء الجذر.

الكلمات المفتاحية: النشاط الكيميائي، الخردل الاصفر، الشعير، إنبات، نمو.

Liste des abréviations

Av. J-C : avant Jésus-Christ

IAS : La Société internationale d'alléopathie (The International Alleopathy Society)

MS : matière sèche

Ca : Calcium

Mg : Magnésium

P : Phosphores

Fe : Fer

Zn : Zinc

TG% : Le taux de germination

% : Pourcentage.

C° : Degré Celsius.

Kg/ha : Kilogramme / hectare

g : Gramme.

mg : Milligramme

m : Mètre.

cm : Centimètre.

mm : Millimètre.

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1. Les 10 premiers producteurs de l'orge dans le monde..... | 10 |
| Tableau 2. La production de l'orge en Algérie (tonne)..... | 10 |
| Tableau 3. Les principales variétés d'orge cultivées en Algérie et leurs caractères..... | 11 |
| Tableau 4. Matériels techniques utilisés | 40 |
| Tableau 5. Différentes concentrations de l'extrait..... | 44 |
| Tableau 6. La faculté germinative (FG%) de la culture d'orge traitée | 49 |
| Tableau 07. Le taux d'inhibition (TI%) de la culture d'orge traitée..... | 50 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1. Cycle biologique des plantes annuelles..... | 23 |
| Figure 2. Cycle biologique des plantes bisannuelles..... | 23 |
| Figure 3. Morphologie de la moutarde des champs (<i>Sinapis arvensis L.</i>)..... | 28 |
| Figure 4. La moutarde jaune (<i>Sinapis arvensis L.</i>)..... | 41 |
| Figure 6. Fiche technique de l'orge de la variété Exito..... | 41 |
| Figure 7. Séchage des différents organes à l'abri de la chaleur et de la lumière..... | 42 |
| Figure 8. Broyage des différents organes (tiges, feuilles et racines) à l'aide d'un broyeur électrique..... | 43 |
| Figure 9. Macération de la solution mère à l'aide d'un agitateur..... | 45 |
| Figure 10. L'extrait aqueux des feuilles et des racines..... | 45 |
| Figure 11. Préparation de l'essai de germination..... | 45 |
| Figure 12. Mesure de la longueur de différentes parties de la plantule | 46 |
| Figure 13. Mesure de la biomasse fraîche à l'aide d'une balance de précision..... | 47 |
| Figure 14. Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie aérienne de (<i>Sinapis arvensis L.</i>) sur la longueur des hypocotyles et les racines de la culture d'orge (<i>Hordeum vulgare L.</i>) après 8 jours de germination..... | 50 |
| Figure 15. Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie racinaire de (<i>Sinapis arvensis L.</i>) sur la longueur des hypocotyles et les racines de la culture d'orge (<i>Hordeum vulgare L.</i>) après 8 jours de germination..... | 51 |
| Figure 16. Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie aérienne de (<i>Sinapis arvensis L.</i>) sur la biomasse fraîche des hypocotyles et les racines de la culture d'orge (<i>Hordeum vulgare L.</i>) après 8 jours de germination..... | 52 |

Figure 17. Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie racinaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur la biomasse fraîche des hypocotyles et les racicules de la culture d’orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.....53

Figure 18. Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie foliaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur la biomasse sèche des hypocotyles et les racicules de la culture d’orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.....54

Figure 19. Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie racinaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur la biomasse sèche des hypocotyles et les racicules de la culture d’orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.....55

Introduction

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup des pays en développement, particulièrement dans les pays Maghrébins (**DJERMOUN, 2009**). La filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie, elles occupent une place primordiale dans le système alimentaire et dans l'économie nationale.

La présence des adventices dans un champ de céréales peut être nuisible à plusieurs titres : La compétition pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière, affecte directement la croissance de la culture et son rendement. L'infestation massive des adventices gêne les outils de labour et de moisson et rend la réussite de ces opérations problématique. Le mélange de graines des adventices avec les graines de la céréale déprécie la qualité commerciale du produit récolté. Il convient donc de lutter efficacement contre les adventices des céréales (**OUATTAR et AMEZIANE, 1989**). Les phénomènes de compétition entre les mauvaises herbes et les cultures interviennent également dans les pertes de rendement (**LE BOURGEOIS et MERLIER, 1995**). La présence de ces mauvaises herbes affecte le rendement de l'ordre de 20 à 30%. Ceci entraîne un déficit monétaire très important surtout dans les cultures céréalières (**HUSSAIN et al., 2007**).

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

La lutte biologique offre une approche alternative pour les ravageurs, les maladies et les mauvaises herbes en agriculture (**MASON et SPANNER, 2006**). En revanche, l'application du contrôle biologique des mauvaises herbes s'est souvent révélée difficile en pratique (**MÜLLER-SCHÄRER et al., 2000**).

L'allélopathie c'est un ensemble d'interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives d'une plante sur une autre (**MACIAS et al., 2007**). Par contre, son contrôle des mauvaises herbes est controversé. En effet, les effets allélopathiques directs et la pertinence écologique est sont difficiles à prouver (**INDERJIT, 2006**). Néanmoins,

l'allélopathie présente des capacités élevées de la lutte contre les mauvaises herbes en conditions réelles (**OLOFSDOTTER, 2001**). Dans la littérature, plusieurs études ont montré que la capacité à supprimer les adventices par une culture est très différente (ou variable) d'une variété à une autre. Cette différence est expliquée en partie par la capacité de ces cultures à sécréter des substances chimiques affectant la croissance des mauvaises herbes à savoir l'allélopathie (**OLOFSDOTTER et al., 2002**). **SANCHEZ-MOREIRAS et al., (2004)** ont expliqué que l'activité allélopathique est particulièrement élevée chez les céréales. L'utilisation des herbicides a un effet nocif sur l'environnement. Cet effet a poussé les recherches vers des méthodes biologiques afin de lutter contre les mauvaises herbes.

Dans cette optique, l'objectif de cette étude est de tester le pouvoir allélopathique de différentes concentrations d'un extrait aqueux de la moutarde jaune (*Sinapis arvensis L.*) sur la croissance et la germination des cultures céréalières cas d'orge (*Hordeum vulgare L.*) et ce pour répondre aux hypothèses suivantes :

- Y-a-t-il un effet allélopathique entre les adventices et les plantes cultivées ?
- Si oui, quelle est l'organe qui exerce plus cet effet ?
- Quelle est la concentration qui exerce plus cet effet ?

Afin de répondre à notre étude le travail a été structuré en quatre parties comme suit :

- La première partie a été essentiellement consacrée aux données bibliographiques sur la culture de l'orge et la mauvaise herbe la moutarde jaune, ensuite le phénomène d'allélopathie
- La deuxième partie traite la partie expérimentale, incluant les différentes techniques (Matériels, méthodes, matériels biologiques).
- La troisième partie a été consacrée à la présentation des résultats obtenus et leurs interprétations, suivie de la discussion.
- Enfin, une conclusion avec une perspective devant faire l'objet de futurs travaux.

Chapitre I: L'orge (*Hordeum vulgare* L.)

1. Généralité

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est une des plus importantes cultures céréalières à l'échelle mondiale. Elle représentait 15% de la consommation mondiale de céréales, devancée uniquement par le blé, le riz et le maïs (FAO, 2010). Elle est l'une des premières cultures domestiquées et utilisées pendant des siècles pour l'alimentation humaine (BADR et al., 2000) et pour l'alimentation animale en période hivernale lorsque le déficit fourragé est grand et le prix du fourrage élevé (KHALDOUN, 1989). En Algérie, l'orge est la deuxième céréale cultivée après le blé. L'orge occupe avec le blé dur 80% de la surface ensemencée en céréale chaque année (BOUZERZOUR et BENMOHAMED, 1995). Les deux variétés locales (Saïda 1983 et Tichedrett) occupent respectivement 72 et 17% de sols semencière d'orge.

2. Origine

C'est l'une des plus anciennes céréales cultivées sur terre. Les études génétiques, incluant les analyses récentes en Biologie moléculaire confirment que l'orge cultivée actuellement a évolué à partir de *Hordeum spontaneum* L. (NEVO, 1992), espèce d'orge spontanée présente encore au Proche et Moyen-Orient qui porte des épis à deux ou six rangs (BONJEAN et PICARD, 1990).

La domestication des orges était plus ancienne que celle du blé puisque les études archéologiques effectuées en Syrie et en Irak ont mis en évidence la présence de caryopses d'orge datant de 10.000 ans avant J-C (BADR et al., 2000). Ainsi, pendant l'Antiquité et jusqu'au deuxième siècle avant J-C, l'orge était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine dans les régions du croissant fertile, d'Europe et du bassin méditerranéen. Quant aux pays du Maghreb son introduction s'est faite depuis le croissant fertile en passant par l'Égypte (BOULAL et al., 2007). De nos jours, c'est la céréale dont l'aire de culture couvre les zones écologiques les plus diverses (VON BOTHMER, 1992), depuis 70° Nord en Norvège jusqu'à 44° Sud en Nouvelle-Zélande. Sa culture se pratique sur les flancs des montagnes à des altitudes bien supérieures à celles des autres céréales (CECCARELLI et GRANDO, 1996).

3. Description générale de la plante botanique

L'orge commune (*Hordeum vulgare* L.) est une céréale à paille. C'est une monocotylédone qui appartient à la famille des *Poacées* et à la sous-famille des *Festucoïdées*. Le genre *Hordeum*, auquel l'orge cultivée appartient, se caractérise par des épillets uniflores groupés par trois, avec un central, flanqué de deux latéraux, disposés alternativement à chaque étage du rachis (VON

BOTHMER et JACOBSEN, 1985). Sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (**GRILLOT, 1959**).

4. Classification

BOULAL et al., (2007), ont classés l'orge selon la taxonomie suivante :

| | |
|--------------------|---------------------------------|
| Règne | <i>Plantae</i> |
| Division | <i>Magnoliophyta</i> |
| Embranchement | <i>Spermaphytes</i> |
| Sous embranchement | <i>Angiospermes</i> |
| Classe | <i>Monocotylédone</i> |
| Ordre | <i>Glumellées (Gramineales)</i> |
| Famille | <i>Poacées</i> |
| Sous famille | <i>Festucoidées</i> |
| Genre | <i>Hordeum</i> |
| Espèce | <i>Hordeum Vulgare L.</i> |

Il existe deux types d'orge :

Hordeum vulgare distichum celle à épis plats à 2 rangs de grains ; sur chaque article du rachis sont insérés, aux mêmes points, trois épillets : l'épillet central et seul fertile et ne comporte qu'une fleur, les épillets latéraux sont stériles.

Hordeum vulgare hexastichum, celle à épis cylindriques à 6 rangs de graines communément appelées esourgeon ; elle présente trois épillets fertiles, comportant un seul grain chacun par niveau d'insertion. Les grains latéraux sont légèrement dissymétriques. L'ensemble des grains constitue alors six rangées autour du rachis (**BOYELDIEU, 2002**).

Les épillets latéraux peuvent se développer normalement et ainsi conférer la morphologie orge à "6 rangs" ou être stériles, réduits à des vestiges et caractériser les orges à "2 ou 4 rangs" (**VON BOTHMER et al., 1995**). L'espèce *H. vulgare* L. est diploïde et possède sept paires de chromosomes (**THOMAS et PICKERING, 1988**). Elle peut être annuelle ou vivace. Parmi les variétés cultivées, il existe des orges d'hiver et des orges de printemps. Les orges d'hiver nécessitent d'être vernalisées pour fleurir, c'est-à-dire qu'une exposition au froid et une photopériode plus courte sont indispensables pour induire leur floraison. Ces variétés sont donc semées en début d'hiver. Les variétés de printemps quant à elles, ne résistent pas au froid et ne nécessitent pas de vernalisation, elles sont par conséquent semées au printemps (**VON BOTHMER et al., 1995**).

5. Cycle biologique de l'orge

Le cycle de développement de l'orge comprend trois grandes périodes :

5.1. Période végétative : Celle-ci comprend trois phases :

5.1.1. Phase semis-levée

La germination de l'orge se traduit par la sortie des racines séminales de la coléorhize et à l'opposé, par la croissance d'une pré-feuille, la coléoptile. Selon **MOULE (1971)**, cette phase est sous la dépendance de deux groupes de facteurs :

- Facteurs intrinsèques : la valeur biologique de la semence, caractérisée par sa faculté et son énergie germinative.
- Facteurs extrinsèques : la température et l'humidité du sol.

5.1.2. Phase levée-début tallage

Dès que la première feuille a percé l'extrémité de la coléoptile, celle-ci s'arrête de croître et peu à peu se dessèche. Cette première feuille fonctionnelle s'allonge, puis apparaît quatre feuilles. Chacune d'elles est imbriquée dans la précédente, partant toutes d'une zone proche de la surface du sol et constituée de l'empilement d'un certain nombre d'entre-nœuds : le plateau de tallage. Celui-ci est formé de 4 à 5 nœuds, sa hauteur ne dépassant pas 3 à 4 mm (**MOULE, 1971**).

5.1.3. Phase début tallage-début monté

Elle est caractérisée par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit donc d'un simple processus de ramification. La première talle (t1) apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade « 4 feuilles ». Cette talle est constituée d'un portefeuille entourant la première feuille fonctionnelle de la talle, qui elle-même encapuchonne les autres. Elle s'insère sur le nœud d'où part la première feuille, par la suite apparaissent les talles de 2e, 3e, 4e feuilles formées à partir des bourgeons ayant pris naissance à l'aisselle des feuilles correspondantes. Ces talles des quatre premières feuilles sont dites talles primaires (**MOULE, 1971**).

5.2. Période reproductrice

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex, ce stade marque la transformation du bourgeon végétatif en bourgeon floral. On remarque l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes. Dès le début de la montaison, on assiste à une différenciation des pièces florales : glumelles (inférieure et supérieure), organes sexuels (étamines et stigmates), au stade gonflement,

l'inflorescence monte en grossissement dans les gaines des différentes feuilles. Ainsi, la gaine de la dernière feuille s'allonge et gonfle. Peu après, l'inflorescence l'épi sort de la gaine de la dernière feuille : c'est le stade épiaison. La fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours l'épiaison (MOULE, 1971).

5.3. Période de maturation

Au cours de cette dernière période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserves. On observe une augmentation du volume et du poids des grains. La phase se termine par le stade laiteux. Ensuite, le pois frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Le grain à ce stade s'écrase en formant une pâte. Enfin, le grain devient dur et de couleur jaunâtre (MOULE, 1971).

6. Exigences de la culture de l'orge

L'orge est la culture céréalière la plus rustique, elle est peu exigeante du point de vue climat, eau et sol. Cependant, sa rapidité de croissance entraîne la nécessité pour celle-ci de bénéficier de favorables conditions pédoclimatiques (MISSAOUI, 1991).

6.1. Eau

L'orge a besoin de beaucoup d'humidité, au moins 500 mm de pluie, pendant la végétation pour bien produire, les orges sont plus exigeantes en eau au début du cycle mais elles supportent les sécheresses de fin de cycle à cause de leur cycle court. L'orge subit des déficits hydriques qui affectent plusieurs variables physiques de la plante et se répercutent sur la croissance et le développement et entraînent une baisse des rendements en grains. Il faut noter que les orges ont plusieurs types de sécheresse qui les affectent au cours de leur cycle de développement : il s'agit de la sécheresse au début, du milieu et de fin de cycle végétatif (BOULAL et al., 2007).

6.2. Température

Le zéro de germination de l'orge est de 0°C. L'orge est plus sensible au froid que le blé et selon la sensibilité variétale, le seuil thermique de mortalité varie entre -12 et -16°C (IN BOULAL et al., 2007). En fonction des stades phénologiques, les effets des températures sur le rendement final sont variables. Au début montaison (stade épi à 1 cm), une seule journée avec une température minimale $\leq -4^{\circ}\text{C}$ (sous abri) est suffisante pour la destruction partielle ou totale des épis. Ceci a pour conséquence de réduire la mise en place du nombre de grains (BOULAL et al., 2007).

6.3. Photopériode

On désigne par photopériode, l'influence de la durée d'éclairement journalier sur le développement de la plante. L'orge est adaptée aux jours longs (donc la floraison s'effectue plus rapidement en jours longs) (**BOULAL et al., 2007**). Il faut que la durée d'éclairement soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à monter dans la tige. La durée du jour en dessous de laquelle il n'y a pas de développement se situe aux alentours de 6 à 7 heures. A l'opposé, la durée du jour à partir de laquelle le développement s'effectue le plus rapidement est de l'ordre de 18 heures (**GATE et GIBAN, 2003**).

6.4. Type de sol

Les espèces de l'orge poussent sur une gamme assez variée de sols et l'optimum semble être des terres neutres, profondes et de texture équilibrée. En sol peu profond, le rendement en grains des céréales est réduit (**BOULAL et al., 2007**). L'orge demande des terrains sains, bien pourvus en chaux. Les terres légères, calcaires ou siliceuses conviennent bien, tandis que les terres lourdes, humides, tourbeuses sont défavorables (**GRONDE et JUSSIAUX, 1980**). La préparation du sol doit être bien faite avec extirpation de toutes les mauvaises herbes. Le semis se fait en continu sur des lignes distantes de 20 cm. La quantité des semences nécessaire est de 60-90 kg/ha (**NYABYENDA, 2005**).

6.5. Semis

Il est peut commencer dès la fin d'octobre avec un écartement entre lignes de 18 à 20 cm et une profondeur de 3 à 4 cm. La dose de semis varie entre 140 à 160 Kg/ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol (**TOUTAIN, 1977**).

6.6. Fertilisation

Elle est très importante dans les régions sahariennes face à des sols squelettiques, elle sera fonction des potentialités de la variété ; le fractionnement de l'azote est une nécessité du fait de la grande mobilité de cet élément. Les besoins en potassium sont peu importants, on estime que l'eau d'irrigation et le sol sont suffisamment pourvus (**TOUTAIN, 1977**). L'orge tolère très bien le calcium et se développe en sols calcaires (**MISSAOUI, 1991**)

6.7. Entretien

Il se résume essentiellement en la lutte contre les principaux adventices ; les plus rencontrées sur l'orge soit la folle-Avoine, le Phalaris, le ray-grass, le brome, ...etc. (**SOLTNER, 1988**) mais aussi contre les maladies propres à cette culture.

7. Production de l'orge

7.1. Dans le monde

En 2016, la production mondiale d'orge atteindre 145,8 millions de tonnes avec une augmentation de 1,6% par rapport à la production en 2015 (FAO 2016). On distingue 3 producteurs majeurs qui sont : Australie, l'Union Européenne et l'Ukraine qui exportent chacun plus de 3 millions de tonnes par an et assurent les 2/3 des exportations (USDA 2016).

Tableau 1 : Les 10 premiers producteurs de l'orge dans le monde

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Russie | 15388704 | 20444258 | 17546155 | 17992517 | 20598807 |
| France | 10315285 | 11728556 | 13098234 | 10306008 | 10545427 |
| Allemagne | 10343600 | 11562800 | 11629900 | 10730500 | 10853400 |
| Australie | 7471592 | 9174417 | 8646321 | 8992274 | 13505990 |
| Ukraine | 7561640 | 9046060 | 8288380 | 9435710 | 8284890 |
| Canada | 10281600 | 7116800 | 8256600 | 8839400 | 7891300 |
| Espagne | 10005000 | 6983109 | 6705106 | 9176159 | 5785944 |
| Turquie | 7900000 | 6300000 | 8000000 | 6700000 | 7100000 |
| Royaume-Uni | 7092000 | 6911000 | 7370000 | 6655000 | 7169000 |
| Etats-Unis | 4719070 | 3952610 | 4665770 | 4338850 | 3090010 |

(FAO, 2017)

7.2. En l'Algérie

Suite à des contraintes technico-climatiques, la production algérienne d'orge est faible et surtout variable dans l'espace et le temps (BOUZERZOUR et BENMAHAMMED, 1993). MENAD et al., (2011) montre que 35% de la superficie céréalière est consacrée à la culture de l'orge qui est concentrée entre les isohyètes 250 et 450 mm.

Tableau 2 : La production de l'orge en Algérie (tonne) (FAO,2017)

| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------|---------|--------|---------|--------|--------|
| Production | 1498639 | 939401 | 1030556 | 919907 | 969696 |

8. Principales zones de production en Algérie

La culture de l'orge est pratiquée en Algérie, essentiellement sur les Hauts plateaux. Cette espèce est cultivée dans les zones où les rendements du blé sont faibles (zones marginales à sols assez pauvres) (MONNEVEUX et BENSALÉM, 1993).

Selon BOULAL *et al.*, (2007), les principales zones de production sont :

✚ **La zone semi-aride des plaines telliennes** où la pluviométrie est comprise entre 350 et 500mm avec une distribution des précipitations irrégulière (Constantine, Bouira, Tlemcen, Mila, Souk Ahras, Ain Defla, Chleff, Ain Témouchent, Sidi-Bel-Abbès).

✚ **La zone subaride des Hauts plateaux** caractérisée par une faible pluviométrie (200-350mm), à prédominance agro-pastorale à des altitudes supérieures à 1000m (Tissemsilet, Tiaret, Sétif, Saida, Bordj Bou Arreridj).

✚ **La zone humide et subhumide** des régions littorales et sub-littorales Centre- Est du pays (Tipaza, Skikda, Guelma, Bejaïa, Annaba).

9. Les variétés cultivées en l'Algérie

L'orge est cultivée en Algérie dans la région semi-aride. Elle occupe les zones marginales à sols plus au moins pauvres (OUFROUK et HAMIDI, 1988).

Tableau 3 : les principales variétés d'orge cultivées en Algérie et leurs caractères :

| Variétés | Caractéristiques |
|---------------------|--|
| Jaidor (dahbia) | A paille courte, fort tallage, bonne productivité, tolérante aux maladies et à la verse, sensible au gel. |
| Rihane 03 | A paille courte, précoce, fort tallage, bonne productivité, à double exploitation. |
| Ascad 68 (Remada) | Précoce, à fort tallage et bonne productivité, tolérante aux rouilles et à la verse, adaptée aux zones des plaines intérieures. |
| Barberousse (Hamra) | A paille moyenne, précoce, tallage moyen, bonne productivité, tolérante à la verse, à la sécheresse et au froid |
| Ascad 60 (Bahria) | A paille courte et creuse, précoce, fort tallage, bonne productivité, sensible à la jaunisse nanisante et résistante à la verse. |
| Ascad 176 (Nailia) | Variété précoce, résistante à la verse et tolérante à la sécheresse, sensible aux maladies (rouille brune, oïdium helminthosporiose, rhynchosporiose). |
| Saida 183 | Variété locale, semi-tardive, à paille moyenne et creuse, tallage moyen, bonne productivité, sensible aux maladies. |
| Tichedrette | Variété locale, à paille moyenne, précoce, tallage moyen, bonne productivité et rustique. |

| | |
|-----------|--|
| El-Fouara | A paille courte ou moyenne, fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse, adaptée aux Hauts-plateaux. |
|-----------|--|

10. Importance et utilisation de l'orge

A l'échelle mondiale, l'orge est utilisée en alimentation du bétail et en alimentation humaine. De nos jours, et particulièrement dans les pays de l'Europe de l'Est, la farine d'orge est généralement mélangée à celle du blé et d'autres céréales pour la fabrication de galettes et de pain. En Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest, 20-25 % de la production est utilisée directement pour la préparation de farine destinée à la confection de pain et d'autres mets pour l'alimentation humaine. Environ 45-50 % de la production annuelle d'orge sont utilisées pour l'alimentation animale, et comme semences pour la production de l'année 23 suivantes. **(CECCARELLI et GRANDO, 1996)**.

En Algérie, la culture d'orge était très importante car elle était destinée à l'auto consommation humaine et servait de complément fourrager pour les troupeaux dans les régions steppiques **(HAKIMI, 1993)**. Actuellement, l'orge est utilisée dans l'alimentation humaine selon les régions sous forme de galette, de couscous et de soupe **(RAHAL-BOUZIANE et ABDELGUERFI, 2007)**. C'est une espèce fourragère importante par sa production en vert, en foin, en ensilage et par son grain et sa paille **(BELAID, 1986)**. Dans toutes les régions, elle reste l'une des plus importantes sinon la plus importante ressource fourragère **(BOULAL et al., 2007)**.

La composition chimique de l'orge pour 100 g de partie comestible est la suivante : 9,4 g eau, 354 kcal d'énergie, 12,5 g de protéines, 2,3 g de lipides, 73,5 g de glucides, 17,3 g de fibres alimentaires, 33 mg de Ca, 133 mg de Mg, 264 mg de P, 3,6 mg Fe, 2,8 mg de Zn, 22 UI de vitamine A, 0,65 mg de thiamine, 0,29 mg de riboflavine, 4,6 mg de niacine, 0,32 mg de vitamine B6. **(USDA, 2004)**.

L'orge contient huit acides aminés essentiels (tryptophane, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, valine, leucine et isoleucine) **(ANONYME, 2009)**. Ses principaux acides gras sont : l'acide linoléique, l'acide palmitique, l'acide oléique, et l'acide linoléique **(USDA, 2004)**. Selon **ARBOUCHE et al., (2008)**, les variétés d'orge européennes importées ont des valeurs nutritives moins importantes que celles des variétés locales. Leur teneur moyenne en matières azotées totales est de 13,3% de MS avec une valeur maximale pour la variété Tichedrett de 15,5% de MS. Le taux de cellulose brute est de 7,8% de MS et celui de la lignine est le double de celui des orges européennes. Par ailleurs, l'orge est riche en fibres solubles, dont la

consommation peut contribuer à une normalisation des concentrations sanguines de cholestérol, de glucose et d'insuline (**MCINTOSH et al., 1991**). Ces fibres sont donc des composés intéressants dans le traitement nutritionnel des maladies cardiovasculaires. Cette céréale contient des tocotriénols, une forme de vitamine E particulièrement bénéfique (**CECCARELLI et GRANDO, 1996**). L'orge est également fortifiante, 24 régénératrice, bénéfique pour le système respiratoire, et anti-diarrhéique. En tisane, elle est utilisée pour soulager la toux (**ANONYME, 2009**).

Chapitre II : La germination

1. Définition

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (**DEYSSON, 1967**), à l'état de vie active, que les réserves qui jusqu'à l'assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (**JEAM et al., 1998**). Selon **GUYOT (1978)**, la germination, phase première de la vie de la plante, assure la naissance d'une jeune plantule aux dépens de la graine. Une semence a germé lorsqu'elle a donné une plantule capable de croître normalement (**COME, 1970**). Cependant, la germination est aussi décrite comme l'émergence et le développement à partir de l'embryon de structures essentielles qui sont indicatrices de la capacité de la graine à produire une plante normale sous des conditions favorables (**WILLAN, 1984**).

2. Types de germination

Elle peut s'effectuer de deux manières, dans la manière la plus courante, la radicule fait émerger les cotylédons ou premières feuilles, la photosynthèse commence alors, et les véritables feuilles se forment, le sycomore et le frêne sont des exemples d'arbres courants qui utilisent ce type de germination (**BOUALEM, 2014**). Dans l'autre manière, les cotylédons demeurent sous le sol, dans la cosse de la semence, et une pousse portant de vraies feuilles sorties à travers le sol, le chêne et le marronnier d'Inde en sont des exemples (**KINNET, 1983**). Selon, **MEYER (2004)**, on distingue deux types de germination au sens large :

- Germination épigée « germination épicotyle » : au cours de laquelle l'allongement de la tige porte les cotylédons au-dessus du niveau du sol ;
- Germination hypogée « germination hypocotyle » : au cours de laquelle, la tige ne s'allonge pas et les cotylédons restent en terre.

3. Les différentes phases de germination

D'après **EVENARI (1957)**, la germination est validée par des mesures d'imbibition et d'activité respiratoire effectuée sur des semences en cours de germination. Elle est ainsi démontrée selon **BINNET et BRUNNEL (1968)** et **COME (1970)**, que la germination comprend trois phases successives :

- Phase d'imbibition qui correspond à réhydratation de la graine par une prise d'eau rapide à l'état liquide, mais l'excès d'eau peut gêner la germination ;
- Phase de germination stricto sensu (la germination au sens strict) qui correspond à l'activation physiologique de la semence après l'imbibition et s'achève avec le début de l'allongement de la radicule ;
- Phase caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle. Alors, la germination au sens strict comme étant la phase de réactivation du métabolisme après réhydratation de la graine est semblé sans changement morphologique apparent (MEYER *et al.*, 2004).

4. Facteurs de la germination

Ce sont toutes facteurs interviennent au moment de la germination. En fait, c'est l'influence combinée de ses différents facteurs qui rend possible ou non la germination. D'après **BOUALEM (2014)**, elle est dépendue aux : facteurs externes et internes

4.1. Conditions externes

Selon **SOLTNER (2007)**, la graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, et la température.

4.1.1. Eau

Selon **CHAUSSAT *et al.*, (1975)**, la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide, elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division (**SOLTNER, 2007**).

4.1.2. Oxygène

Selon **MAZLIAK (1982)** une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination. D'après **MEYER *et al.*, (2004)**, l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

4.1.3. Température

C'est certainement le facteur le plus important de germination parce qu'elle joue un rôle dans la vitesse des réactions biochimiques (**AMMARI, 2011**). La température a deux actions : Soit directes par l'augmentation de vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il

suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (MAZLIAK, 1982). Soit indirect par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (CHAUSSAT *et al.*, 1975).

4.2. Condition interne de la germination

D'après CHAUSSANT et DEUNFF (1975) la germination est influée par la maturité et la longévité des semences :

4.2.1. Maturité

C'est l'état complet de la morphologie et la physiologie des semences, lorsque toutes ses parties constitutives sont différenciées, il y a des semences, bien que vivantes et morphologiquement mures ne germe pas, même en présence des conditions favorables pour la germination, parce qu'elles ne sont pas physiologiquement mures

4.2.2. Longévité

C'est la durée dont laquelle les semences restent vivantes et capables de garder leur pouvoir germinatif. Elle varie selon l'espèce et la variété (HELLER, 1990). Lorsque des graines arrivées à maturité sont placées dans des conditions optimales de température, d'humidité et d'oxygénation pour leur croissance et qu'elles ne germent pas, plusieurs types de causes sont à envisager (BOUALEM, 2014).

4.2.3. Dormance

C'est une inaptitude de la graine à germer correctement lorsque toutes les conditions de l'environnement sont apparemment favorables, présence d'eaux, bonne oxygénation, température ni trop basse ni trop élevée, etc. (MAZLIAK, 1982). La majorité des auteurs l'emploient indifféremment pour désigner l'état physiologique dans lequel se trouve une semence ou un embryon, soit qu'ils sont placés dans des conditions favorables à leur germination ou non (COME, 1975).

5. Levée de la dormance et la germination

Dans les conditions naturelles l'exposition au froid peut lever la dormance des graines. Artificiellement, elle peut être levée par des traitements physiques (stratification et scarification) ou hormonaux (régulateurs de croissance) (DJENIDI, 2011). Lorsque des semences, placées dans les conditions habituellement les plus favorables à leur germination, ne germent pas immédiatement, on dit qu'elles présentent un « délai de germination ». La germination peut être seulement différée, elle peut également être impossible sans un traitement préalable convenable des semences réside soit dans l'embryon qui est dormant, soit dans les enveloppes qui inhibent la

germination de l'embryon. Lorsqu'on parle de capacité de germination, il faut donc préciser très clairement les conditions de germination et les traitements préalables subis par les semences (COME, 1970).

6. La croissance

Selon HELLER *et al.*, (1995), la croissance est l'ensemble des modifications quantitatives qui interviennent au cours du développement, et qui se traduisent par une augmentation des dimensions, sans changement appréciable dans les propriétés qualitatives. Selon MAZLIAK (1982) la croissance met en jeu habituellement l'augmentation du nombre et de la taille des unités existantes (organes, cellules) et la formation d'unités nouvelles qui se modifient à leur tour progressivement. Selon MOROT-GAUDRY (2009), la racine émerge au travers des téguments de la graine, et la racine et la tigelle s'allongent et donnent naissance à une plantule montrant ses premières feuilles, les cotylédons.

7. Amélioration de la capacité germinative

Afin d'améliorer le pouvoir germinatif des semences, certains traitements sont utilisés, les plus efficaces :

7.1. Traitements humides : C'est l'utilisation de l'eau bouillante ou chaude, des acides, des solvants organiques, l'alcool, etc. il est réalisé comme suivant :

➤ Trempage dans l'eau permet la lixiviation d'une partie des composés phénoliques. Un trempage des semences dans des liquides tels que l'eau oxygénée ou l'hypochlorite de sodium peut se révéler efficace (CLEMENS *et al.*, 1977).

➤ Eau chaude favorise généralement la germination et un trempage dans de l'eau chaude (entre 60 et 90°C) est aussi efficace que le trempage à 100°C, mais il y a moins de risques de dommages aux températures moins élevées (CLEMENS *et al.*, 1977).

➤ Eau bouillante consiste à immerger les graines dans 4 à 10 fois leur volume d'eau bouillante (100°C), à arrêter le chauffage et à les laisser tremper dans l'eau qui se refroidit progressivement pendant 12 à 24 heures (DELWAULLE, 1979).

➤ Traitement à l'acide est employé pour lever la dormance tégumentaire par l'acide sulfurique concentré (KEMP, 1975).

L'amélioration de la germination des graines pourrait s'expliquer par le fait qu'en scarifiant chimiquement à l'acide sulfurique les téguments des graines permettent d'augmenter leur perméabilité à l'air et à l'eau, ce qui favoriserait rapidement le processus de la germination

(**SOUMAHORO et al., 2014**). Un trempage des semences dans l'eau oxygénée ou l'acide sulfurique suffit pour dissocier les enveloppes sans tuer l'embryon et peut fournir pour certaines graines de bons résultats (**COME, 1970**).

Chapitre III : Généralité sur les adventices

1. Introduction

L'instabilité du rendement de l'orge est due aux contraintes techniques (itinéraire technique), à des facteurs abiotiques (conditions climatiques) et à des facteurs biotiques. Ils sont représentés essentiellement par les maladies et les insectes qui causent des pertes de rendement non négligeables surtout lorsque les conditions leur sont favorables et lorsque les variétés utilisées sont sensibles à l'expansion des maladies et aussi les mauvaises herbes qu'exerce la compétition pour l'eau, les éléments nutritifs et la lumière diminuent largement le rendement, en Algérie ces pertes de rendement n'ont presque jamais été évaluées (**LALLAM, 2009**)

2. Définition des adventices

En agronomie, ce mot désigne une plante herbacée ou ligneuse qui se trouve dans un agro-écosystème sans y avoir été intentionnellement installée (**ANONYME, 2016**). Elle correspond à peu près aux expressions « mauvaises herbes » ou « herbes folles » dans le langage courant. Le terme « adventice » a été introduit par les agronomes à partir de la fin du XVIII^{ème} siècle pour remplacer celui de « mauvaise herbe », considéré comme non neutre. En effet, les espèces de plantes adventices peuvent s'avérer bénéfiques, neutres ou néfastes pour les activités humaines suivant le contexte dans lequel elles poussent. Le terme « mauvaise herbe » désigne plus spécifiquement une plante dont la présence est indésirable à un endroit donné. Ce terme est parfois utilisé hors du domaine agronomique : on trouve l'appellation « adventice des cours d'eau » pour des plantes qui entravent par leur développement les activités nautiques ou « adventice des prairies permanentes ».

On considère généralement comme de mauvaises herbes toutes les plantes qui, d'une façon ou d'une autre, nuisent à l'homme, mais ces plantes nuisent des maintes façons. Ou bien elle présente divers niveaux de toxicité et affecte la santé humaine, ou bien elles affectent la qualité des produits agricoles et menacent directement notre alimentation, ou bien elles concurrencent les cultures agricoles pour les champs et jouent sur le rendement ou leur qualité. (**ROGER, 2013**). Les mauvaises herbes sont aussi présentes sur les gazons et les plates-bandes où leur simple présence déprécie davantage l'harmonie et la beauté des lieux que la santé des plantes ornementales (**ROGER, 2013**)

2.1. Impact sur la production agricole

Les adventices nuisent aux produits agricoles de différentes manières. Plusieurs espèces de *brassicacées* et d'*astéracées* altèrent le goût du lait et des produits laitiers.

Certaines espèces d'adventices sécrètent des substances toxiques pour certaines cultures hébergent des insectes qui consentent des maladies attaquant les cultures. D'autres, comme les cuscutes, parasitent directement l'espèce cultivée. Enfin, de nombreuses mauvaises herbes obstruent les cours d'eau et les fosses agricoles, où elles nuisent à la circulation d'eau et à l'irrigation. De ce fait, elles risquent de se transformer en foyer d'infestation pour certains insectes nuisibles.

Cependant, dans la majorité des cas, les adventices dites agricoles réduisent les rendements ou compromettent les cultures en entrant en compétition avec les plantes cultivées pour l'eau, la lumière et les minéraux du sol. En règle générale, elles sont plus dommageables aux semis qu'aux transplants, et davantage aux semis de plantes vivaces qu'aux semis de plantes annuelles. La concurrence dépend évidemment de la densité des mauvaises herbes, mais aussi de leur nature. Les mauvaises herbes qui ont un port étalé et qui germent tôt sont plus agressives ; c'est le cas de la moutarde des champs, du chénopode blanc, de l'échinochloa pied-de-coq, de l'ortie royale et quelques autres. Le plus souvent, les mauvaises herbes annuelles occupent déjà le terrain quand les semences des cultures pérennes germent, et les plantules de ces dernières, au départ des avantager par la lenteur de leur croissance, sont plus vulnérables à l'agressivité des mauvaises herbes annuelles.

Des pertes peuvent être important au cours de l'année du semis de la luzerne, des trèfles et autres plantes fourragères vivaces ; comme leur vigueur est alors affaiblie, les plantes résistant moins bien à l'hiver. Au cours de la deuxième année et des suivantes, les jeunes mauvaises herbes vivaces ce développement rapidement. Leur importance, parfois considérable, dépend du taux de mortalité des cultures causées par les mauvaises herbes annuelles, et les ravages de l'hiver des mauvaises herbes vivaces, selon les espèces présentes et leur nombre, peuvent être responsables d'une perte de la qualité du fourrage plutôt que d'une baisse du rendement. (ROGER, 2013)

2.2. Biologie des adventices

2.2.1.Plantes annuelles

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

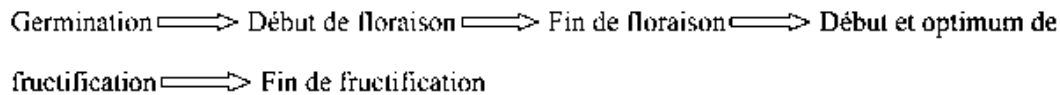


Figure 01 : Cycle biologique des plantes annuelles (HANITET, 2012).

2.2.2. Les bisannuelles

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

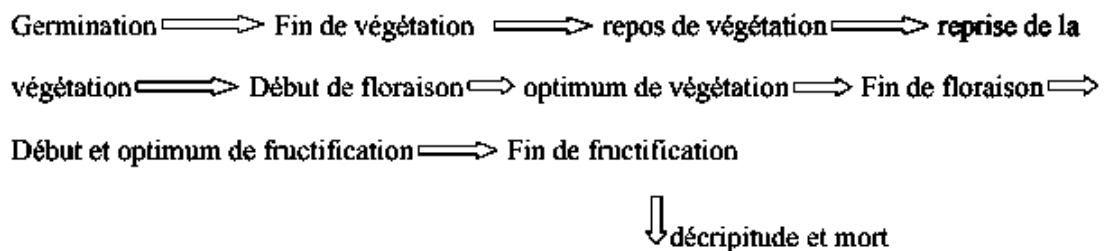


Figure 02 : Cycle biologique des plantes bisannuelles (HANITET, 2012).

2.2.3. Les vivaces

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

2.3. Effets des adventices sur la production agricole

2.3.1. Effets nuisibles

Selon **ZIMDAHL, (2007)**, les adventices s'alimentent au détriment des cultures. Cette concurrence est fonction de la nature des adventices, de la densité de population, de l'influence de la fumure et des conditions climatiques favorables aux mauvaises herbes. Elles peuvent :

- Provoquer des pertes de rendement par parasitisme (les orobanches, par exemple) ou par allélopathie.

- La dépréciation des récoltes en raison de graines ou fragments d'adventices qui diminuent la qualité de la production. Les graines d'adventices comme la morelle ou la nielle sont respectivement toxiques ou susceptibles de donner un mauvais goût. Dans l'ensilage ou la récolte en sec d'herbage, la présence de renoncules, de prêles, de fougères, de colchiques, ou de mercuriales peut provoquer des accidents, alors qu'elles ne sont pas consommées en vert par les animaux.

- Des difficultés de ramassage (bourrage des machines) peuvent être provoquées par le gaillet ou le chénopode lors de la récolte des betteraves.

- Certaines graminées adventices peuvent favoriser la verse des céréales et ainsi affecter la mise en œuvre de la récolte.

- Développement de certains ravageurs et de certaines maladies peut être favorisé par le microclimat créé par des adventices envahissants, ou par leur rôle de réservoir ou de plantes relais pour des virus, bactéries, champignons, acariens ou insectes.

- La nuisibilité secondaire est liée à la capacité des adventices à se disperser dans l'espace et dans le temps, en constituant des stocks de semences dont la persistance de la capacité germinative s'étale sur plusieurs années (**CAUSSANEL, 1989**).

- Il s'agit d'une nuisibilité potentielle entraînant des contraintes sur le choix des cultures et des pratiques agricoles à l'échelle de la rotation.

Les adventices sont les organismes responsables de la plus grosse perte de rendement potentiel et sont responsables d'une perte de rendement de 10% en moyenne à l'échelle mondiale (**OERKE, 2006**). Toutes les espèces adventices n'ont pas la même nuisibilité (**ROMILLAC, N, 2015**). Les adventices de grande taille, de grande étendue latérale, ayant une forte biomasse et, pour les graminées, un grand nombre de talles, sont plus susceptibles de capturer les ressources avant la culture. Dans le cas de la compétition pour l'eau, la profondeur d'enracinement est également un

facteur de nuisibilité (**VIOLLE et al., 2009**). Un fort taux de croissance en début de cycle et une phénologie similaire à celle de la culture sont également des facteurs qui permettent aux adventices de s'installer et de se développer dans la culture et donc de rentrer en compétition (**ROMILLAC, N., 2015**).

Le niveau de compétition exercée par les adventices dépend également de la quantité de ressources disponibles par rapport à la demande des adventices et de la culture.

2.3.2. Effets positifs

Les adventices ont également des effets sur le fonctionnement de l'agro-écosystème qui sont neutres ou positifs pour les humains (**MAMAROT et RODIGUEZ, 2011**). Elles servent de nourriture aux invertébrés, aux oiseaux et aux microorganismes, dont certains sont des auxiliaires de culture (**WILSON et al., 1999**). Le liseron joue ainsi plusieurs rôles importants, quand on sait le gérer, dont celui de maintenir les mycorhizes pendant l'hiver. Elles peuvent limiter l'érosion ou fixer de l'azote. Elles peuvent avoir une utilité directe comme engrais, fourrages, aliments, teintures ou source de médicaments. Elles sont également des espèces potentielles pour la domestication : plusieurs cultures actuelles, comme l'avoine et le seigle, sont d'anciens adventices. L'amarante et le chénopode, considérées en dans l'Europe contemporaine comme des adventices problématiques, étaient cultivés par certaines cultures précolombiennes et pourraient constituer des sources de nourritures intéressantes (**VIOLLE et al., 2009**).

DUCERF et THIRY (2003), ont montré que l'observation des adventices permet de déterminer très finement la nature d'un sol, ses carences et ses excès (matière organique végétale ou animale, tassement, dégradation, excès en nitrates, etc.). Les naturalistes chinois ont depuis longtemps observé les caractéristiques des adventices en reliant « utilement leurs connaissances minéralogiques et botaniques, donnant jour à ce que l'on appelle la prospection géobotanique. Ils avaient remarqué que l'occurrence de certaines plantes en un endroit donné pouvait être indicatrice de la présence souterraine de gisements de zinc, de sélénium, de nickel ou de cuivre (**ROBERT et al., 2007**).

2.4. Méthodes de lutte contre les adventices

2.4.1. Désherbage

Diverses mesures préventives sont possibles. Toutes les pratiques agricoles influençant la composition et l'abondance des communautés d'adventices, elles peuvent toutes être utilisées pour

gérer leur nuisibilité. Le désherbage manuel est ou a été également utilisé pour certaines cultures (cultures potagères, Riz).

2.4.2. Composition de la rotation culturale

L'espèce cultivée a un fort impact sur la composition de la communauté d'adventices. Certaines espèces sont fréquemment associées à une culture donnée : chénopode et Amarante dans les betteraves, gaillet et Véronique dans les céréales, brassicacées dans le colza etc. (**FRIED et al., 2009**). Ainsi, les cultures sont généralement dominées par des adventices dont la saison de germination est similaire à la saison de semis de la plante cultivée (automne, printemps ou été) (**GUNTON et al., 2011**). Les cultures pérennes comme la luzerne présentent également une plus grande proportion d'adventices pérennes que les cultures annuelles (**MIESS et al., 2010**). La composition de la rotation de culture est levier agronomique majeur permettant de contrôler la composition de la communauté d'adventice et d'empêcher l'implantation d'une flore adventice très spécialisée vis-à-vis de la culture et donc très compétitive.

2.4.3. Travail du sol et désherbage mécanique

Il détruit les parties aériennes des adventices, fragmente et expose à l'air leurs systèmes racinaires. C'est le principe du désherbage mécanique. Il détruit préférentiellement les espèces pérennes et les monocotylédones (**MYERS et al., 2005**). Il peut être combiné avec le faux semis : un léger travail du sol permet d'activer les graines en surface, qui peuvent ensuite être détruites mécaniquement ou chimiquement. Le travail du sol modifie également la disposition des graines dans le sol. Le semis direct ou le travail du sol sans retournement entraînent une accumulation des graines dans les premiers centimètres du sol (**CARDINA et al., 2002**), elles ont alors une forte probabilité de germer, ce qui peut être un avantage s'il est possible d'effectuer un désherbage. Elles sont également plus sensibles à la prédation (**BALL et MILLER, 1990**). Ceci favorise les graines sans dormance ou de faible longévité. En revanche, en cas de labour avec retournement, les graines sont distribuées de manière homogène dans le sol (**MARTINEZ-GHERSA et al., 2000**) Leur probabilité de germination est faible mais elles peuvent conserver leurs capacités germinatives plusieurs années et germer si le sol est à nouveau retourné (**CARDINA et al., 2002**) ; (**ALBRECHT et AUERSWALD, 2009**).

2.4.4. Désherbage chimique

Il existe des désherbants totaux et des molécules très spécifiques qui sont très efficaces pour désherber des champs avant mise en culture. Afin d'éviter des traitements inutiles et ne pas tuer la plante cultivée, l'agriculteur doit pouvoir identifier les herbes folles présentes dans ses parcelles. Les herbicides sont plus ou moins spécifiques. On distingue deux grandes classes d'herbicides, les anti-dicotylédones, utilisables sur les cultures de monocotylédones et les anti-monocotylédones, utilisables sur les cultures de dicotylédones. Néanmoins, il existe des herbicides dont la spécificité est plus fine. De manière générale, les herbicides favorisent les adventices appartenant à la même famille que la culture, qui y sont moins sensibles (CIRUJEDA *et al.*, 2011).

2.4.5. Lutte intégrée

La lutte intégrée ou les méthodes de culture modernes s'inspirant des mécanismes naturels - la permaculture, l'agroforesterie, l'agriculture naturelle - limitent le besoin de désherbage en utilisant une combinaison de techniques et d'approches (biologiques, chimiques, physiques, culturelles variétales) qui peuvent comprendre une couverture du sol permanent, un paillage de matériaux organiques, l'utilisation d'engrais verts, la densification des cultures de manière à ne pas laisser la lumière atteindre le sol et ainsi empêcher la croissance des mauvaises herbes.

3. Exemple d'adventice : La moutarde des champs (*Sinapis arvensis* L.)

3.1. Description de la moutarde des champs

La moutarde des champs est une plante annuelle, velue hérissée, sa hauteur est de 30 à 60 cm, elle possède de nombreuses tiges, rameuses. La plante se divise en plusieurs tiges vers le haut. Les feuilles sont dentées, mesurent de 5 à 10 cm, terminées par une pointe. Les feuilles inférieures sont très découpées soit à double rangée de lobes et avec un gros lobe terminal. La floraison s'échelonne d'avril à octobre, elle fleurit tard dans l'année dès la fin des gelées. Les fleurs sont jaunes vives, à 4 pétales et 4 étamines. Alors que le fruit est sous forme de petites graines rouge-brun rondes portées dans une gousse pointue de 3 à 4 cm. Elles ont un très grand pouvoir germinatif et peuvent germer après retournement d'un terrain 50 ans plus tard (FUNK *et al.*, 2007).



Figure 3 : Morphologie de la moutarde jaune (*Sinapis arvensis* L.) **FUNK et al., (2007)**

3.2. Classification :

ABDELJALIL (2014), a classé cette espèce selon la taxonomie suivante :

| | |
|--------------------|------------------------------------|
| Embranchement | <i>Spermaphytes (Phanérogames)</i> |
| Sous embranchement | <i>Angiospermes</i> |
| Classe | <i>Eudicots (dicotylédones)</i> |
| Sous- classe | <i>Dialypétale</i> |
| Ordre | <i>Pariétales</i> |
| Famille | <i>Brassicacées</i> |
| Genre | <i>Sinapis</i> |
| Espèce | <i>Sinapis arvensis</i> L. |

3.3. Ecologie

La moutarde des champs est typique des sols neutres à calcaires. Elle pousse peu en sol acide. Elle préfère les sols argileux à limoneux mais peut aussi se retrouver en sol léger ou en terre noire. Elle est moins compétitive que les céréales quand le sol est sec. Elle est sensible au gel et demande beaucoup de lumière (**BOND et al., 2006**).

3.4. Nuisibilité et utilité

La moutarde des champs est considérée comme adventice qui représente un sérieux problème pour les céréales de printemps où elle peut causer des pertes de rendement importantes qui varient en fonction du moment de son apparition et de sa densité. Cette diminution est particulièrement importante dans les légumineuses comme les haricots et les pois si la moutarde lève une semaine avant la culture. En plus, la moutarde des champs est l'hôte de plusieurs insectes comme l'altise, la mouche du chou, et la punaise, les lépidoptères et maladies comme la hernie des crucifères qui affectent les crucifères cultivées. Cette plante est une source importante de pollen pour les abeilles, c'est une plante mellifère. C'est aussi une source de nectar pour certains parasites de la fausse-teigne des crucifères. Les graines de la moutarde sont riches en une huile qui peut avoir des applications industrielles mais qui n'est pas comestible en raison de sa haute teneur en glucosinolate (CLOUTIER, 2007).

3.5. Vertus médicinales de la moutarde des champs

Elle est couramment utilisée en phytothérapie pour sa richesse en vitamine C. Elle est donc particulièrement indiquée dans le cadre de cures tonifiantes et dépuratives. La moutarde est également utilisée depuis des générations pour traiter le scorbut, causé par un déficit en vitamine C. elle est particulièrement indiquée dans les troubles digestifs, atonie de l'estomac et des intestins, douleurs menstruelles. (GRUNWALD et JANCKE, 2004)

3.6. Méthode de lutte

Puisque c'est une plante annuelle qui ne se reproduit que par graines, on peut la détruire par binage quand les plants sont jeunes. Cependant, la graine germe en même temps que celle des plantes cultivées que l'on sème au printemps, si bien que le binage est souvent impossible. Si c'est le cas, ou si l'on préfère employer des méthodes chimiques, on choisira parmi les traitements recommandés des herbicides appartenant aux groupes chimiques des sulfonilurées, des herbicides renfermant des composés phénoxylés, des urées substituées ou à des mélanges en cuve de ces produits (BUCHANAN, 2003).

Chapitre IV : Le phénomène d'allélopathie

1. Introduction

Les plantes présentes dans une parcelle cultivée interfèrent entre elles de différentes manières. Souvent, cette interférence est attribuée principalement à des effets de compétition pour les ressources de l'environnement tel que l'eau, la lumière ou les substances nutritives. Depuis quelques années, un autre volet de cette interférence est postulé par certains chercheurs (DELABAYS, 2005).

2. Historique

Dès l'antiquité, l'homme a observé que certains végétaux gênaient le développement d'autres espèces voisines : Théophraste (III^e av.JC) remarquait que le pois chiche détruisait les mauvaises herbes et Pline (après J.C) avait noté dans son temps que le noyer ne laissait pousser aucune plante sous son feuillage. Au siècle dernier, de Candolle suggéra que la fatigue des sols pourrait être due à des exsudats des cultures. En 1937, MOLISCH précisa le phénomène et créa le terme d'allélopathie (RIZVI et RIZVI, 1991)

3. Définition

Le terme allélopathie a été présenté pour la première fois par MOLISCH en 1937. Ce terme est dérivé du mot grec « allélo » les uns des autres (Ang. of one another) et de « patheia » de souffrir (Ang. suffering) et indique l'effet préjudiciable de l'une sur l'autre (HEISEY, 1997). Toutefois, le terme est généralement accepté pour couvrir à la fois des effets de stimulation et d'inhibition d'une plante sur une autre (RICE, 1984). Certains biologistes utilisent le terme dans un sens plus large, les entomologistes l'utilisent dans les interactions plante-insecte et les microbiologistes dans les interactions plante-microorganisme. En 1996, la société internationale d'allélopathie (IAS) définit l'allélopathie comme suit : « *tout processus impliquant des métabolites secondaires produits par les plantes, micro-organismes, virus et champignons qui ont une incidence sur la croissance et le développement de l'agriculture et les systèmes biologiques (à l'exclusion des animaux), y compris les effets positifs et négatifs* » (TORRES et al., 1996)

L'allélopathie est définie par DELAVEAU (2001) en tant maladie (de pathos : maladie), elle signifie l'interaction des substances chimiques bio synthétisées par une plante avec d'autres organismes. L'allélopathie selon MACHEIX et al., (2005) représente la compétition chimique qui peut exister entre des plantes de différentes espèces à l'intérieur d'une communauté végétale. Dans la suite de ce mémoire, le terme est utilisé conformément à la définition de RICE (1984)

4. Les composés allélopathiques

Les allélochimiques sont les métabolites secondaires des plantes tel que les acides organiques hydrosolubles et insolubles simples les acides gras et phénoliques, les alcools de chaîne droite, les aldéhydes et cétones aliphatiques, les lactones insaturées simples, les naphthoquinones acétyléniques de composés, les anthraquinones, les quinones complexes ; les phénols, les flavonoïdes et tannins simples, les terpénoïdes ; les alcaloïdes et les saponines (**ELREFAI et MOUSTAFA, 2004**). Ces substances varient qualitativement et quantitativement dans les différentes parties de la plante (fleurs, feuilles, épines, racines, tiges) et selon les saisons. Elles peuvent persister dans le sol et donc affecter plusieurs successions de végétation et les plantes voisines. La majorité de ces composés ont un effet inhibiteur sur la germination des graines et sur la croissance des germes ; leurs effets peuvent être synergiques ou additifs. Ces composés, ajoutent **DOBREMEZ et al. (1995)** ne jouent aucun rôle dans le métabolisme de base de la plante émettrice. Il s'agit de :

- **Gaz toxiques** : le cyanure ou l'ammoniac inhibe la germination et la croissance des plantes, alors que l'éthylène stimule la germination.
- **Acides organiques** : l'acide citrique inhibe la germination à (0,1%) ; les acides oxalique ou acétique, très abondants, peuvent inhiber la germination.
- **Composés aromatiques** : acides phénoliques, coumarines (parmi les composés naturels les plus phytotoxique) ; alcaloïdes (caféine et nicotine) ; flavonoïdes, tannins (peu efficace) ; quinone (la jugulons du noyer, inhibe la croissance des plantes herbacées comme la luzerne, mais également des arbres comme le pommier) ; terpénoïdes : *Salvia* et *Eucalyptus* (camphre).

5. Mécanismes d'action des substances allélopathiques

Les effets visibles des substances allélopathiques sur les plantes (réduction de croissance, échec de germination des semences) ne sont que des effets secondaires des changements qui ont lieu à l'échelle cellulaire. De ce fait, il est nécessaire de distinguer les effets allélopathiques primaires (sites d'action cellulaires des molécules allélopathiques) des effets allélopathiques secondaires (conséquences des premiers, au niveau des organes ou de la plante dans son entier). Le lien existant entre l'effet biologique du composé allélopathique et les symptômes observables chez la plante-cible n'est pas toujours facile à établir. Une telle relation a été étudiée chez la laitue mettant en évidence une cible mitochondriale pour certains phénols et se traduisant par un

ralentissement, voir une inhibition de la germination des semences cibles. (**CHIAPUSIO et al., 1997**).

La majorité des effets secondaires sont testés sur la germination et/ou la croissance de jeunes plantules car ces stades physiologiques correspondant à des phases du développement particulièrement sensibles (**AN et al., 1997**). Des tests de germination, des mesures de biomasses ou de taille d'organes sont les méthodes prédominantes employées (**HAUGLAND et BRANDSAETER, 1996**). Parmi les effets primaires :

➤ Les mécanismes allélopathiques influencent les processus fonctionnels et la dynamique de la végétation, ils peuvent modifier le cycle de l'azote (**RICE, 1992**).

➤ Facilite la maintenance ou la disparition d'un stade de végétation (**RICE, 1984**).

➤ L'invasion des espèces exotiques et effet sur les mosaïques de végétation. (**EINHELLIG, 1993**).

➤ La division et l'élongation cellulaire, phases essentielles pour le développement, sont sensibles à la présence des composés allélopathiques (**MULLER, 1966**).

➤ Une inhibition de la synthèse d'ADN dans les noyaux du méristème apical des racines est soupçonnée (**KOITABABASHI et al., 1997**).

➤ La synthèse des protéines et des acides nucléiques peut aussi être affectée par plusieurs composés phénoliques qui ralentissent l'incorporation des acides aminés (**BAZIRAMAKENGA et al., 1997**).

➤ Des composés phénoliques peuvent être impliqués dans le contrôle de l'activité des hormones végétales (**BLUM, 2005**).

➤ La synthèse ou le fonctionnement de plusieurs enzymes liées à la croissance sont aussi parfois perturbés (**CHIAPUSIO et al., 1997**).

➤ L'activité respiratoire des mitochondries isolées, des organismes monocellulaires ou des tissus excisés peuvent être perturbés par plusieurs agents allélopathiques (**CHIAPUSIO et al., 2002**).

➤ La réduction de l'activité photosynthétique de diverses espèces végétales a été mise en évidence en présence de substances allélopathiques. La photosynthèse peut être altérée par différents mécanismes directement au niveau des chloroplastes (**EINHELLIG et al., 1993**) ou indirectement sur l'ouverture des stomates (**CHIAPUSIO et al., 2002**).

➤ Les substances allélopathiques influant sur le taux d'oxygène dans les plantes (**INDERJIT et DUC, 2003 ; BLUM, 2005**). Par exemple, l'acide cinnamique et l' α pinène abaissent le taux d'oxygène dans les tissus de soja, et ce probablement lors de la glycolyse (**PENUELAS et al., 1996**).

➤ Les substances allélopathiques influent les relations plante-eau. Par exemple, l'acide salicyclique influence les relations plante-eau (transpiration, prélèvement) chez le soja, ce qui expliquerait notamment l'inhibition de croissance observée par **BARKOSKY et EINHELLIG (1993)**.

➤ Le prélèvement d'éléments minéraux peut aussi être perturbé. Il s'agit dans ce cas d'un dérèglement de l'absorption minérale, en particulier du potassium et du phosphore, qui résulte probablement d'effets sur la perméabilité des membranes cellulaires (**CHIAPUSIO et al., 1997**).

6. Facteurs influant la production des composés allélopathiques

Plusieurs facteurs de divers types peuvent intervenir ou influencer la synthèse de ces composés tel que : Les stress physiologiques et environnementaux peuvent moduler l'allélopathie (**FERGUSON et al., 2003**). En règle générale, les stress ont tendance à augmenter la production de composés allélopathiques (réponse à l'agressivité du milieu), mais on observe de nombreuses exceptions (**RICE, 1984**). De plus, on peut citer :

- **Conditions du milieu** : La qualité et intensité de photopériodisme (la lumière), la température, et le stress hydrique.
- **Éléments minéraux** : une déficience en azote ou en phosphate augmente la production de scopolétine chez le tabac
- **Espèces productrices** : variétés, organes (racines, feuilles, fleurs, fruits).
- **Facteurs biotiques** : attaques parasitaires (et emploi de pesticides).

7. Facteurs influant l'activité des composés allélopathiques

D'après **THOMSON (1985)**, les facteurs influant l'activité des composés allélochimiques sont :

➤ **Nature du sol** : les composés allélopathiques ont une activité réduite lorsqu'ils sont fixés par les argiles ou la matière organique, alors qu'ils sont totalement disponibles dans un sol très sableux ; un amendement calcaire aurait la propriété de lier ces composés et de les inactiver.

➤ **Eau** : un apport d'eau dilue les substances et diminue leur activité (rôle du drainage). **BOURGOIN (1999)** a indiqué que les effets sont moindres lorsque les éléments toxiques sont

lessivés, par exemple dans des régions connaissant des pluies abondantes. On peut en déduire que les effets allélopathiques nuisent davantage à la production herbacée dans les régions semi-arides que dans d'autres régions.

- **Etat de la plante réceptrice** : stress.
- **Substance active** : durée de vie des substances (décomposition, migration) - synergie.

8. Allélopathie et la maîtrise des adventices

Bien que l'allélopathie soit connue et décrite depuis longtemps, son importance réelle dans les agro-écosystèmes fait encore l'objet de vifs débats scientifiques. Une meilleure connaissance de ce phénomène pourrait offrir des perspectives intéressantes dans le contexte du difficile problème de la maîtrise des mauvaises herbes, notamment en agriculture biologique (**LIANCOURT, 2005**). Cependant, malgré cette complexité, la réalité de l'allélopathie et son influence significative sur le développement et l'évolution de la flore de parcelles cultivées ont maintenant été démontrées à plusieurs reprises, notamment dans des situations où les molécules impliquées ont pu être déterminées. Ce constat justifie l'intérêt grandissant que l'agronomie porte aujourd'hui à l'allélopathie, en particulier dans le cadre de la production intégrée, ainsi qu'en agriculture biologique. En effet, les alternatives aux herbicides demeurent peu nombreuses, et elles sont souvent coûteuses (**DELABAYS, 2005**).

DELABAYS et MERMILLOD (2002), indiquèrent qu'en agriculture, en particulier en production intégrée et en agriculture biologique, ces propriétés pourraient évidemment constituer des moyens intéressants pour la gestion des mauvaises herbes, par exemple en utilisant des plantes allélopathiques comme couverture végétale, en sous semis ou comme cultures intercalaires «nettoyant» dans ce contexte, la prise en compte des phénomènes d'allélopathie dans les réflexions menées autour de la gestion de la flore spontanée des parcelles cultivées constitue certainement une démarche constructive.

9. Etapes d'étude de l'allélopathie

Pour montrer qu'une plante exerce une action allélopathique phytotoxique envers une autre plante, plusieurs étapes sont essentielles. La première consiste à identifier et à quantifier les composés sécrétés par les plantes productrices (terpènes, stéroïdes, phénols...), puis d'étudier leur devenir dans le sol. Ces composés allélopathiques doivent ensuite être absorbés par la plante cible où ils peuvent alors avoir des effets phytotoxique (**CHIAPUSIO, 2000**).

10. Exemples d'allélopathie

10.1. Allélopathie chez les adventices

L'incorporation des traits allélopathiques des espèces sauvages ou cultivées dans les plantes cultivées par les croisements traditionnels ou par les méthodes de modification génétiques pourrait induire la biosynthèse et la libération de composés allélochimiques dans le sol. Une espèce au pouvoir allélopathique peut également être plantée avec la variété cultivée (si elle-même est insensible) afin de la protéger contre les mauvaises herbes (**FERGUSON et al., 2003**). Les produits allélochimiques sont libérés de certains adventices dans le sol et réduisent la croissance de récolte. Autour 6700 espèces, hors d'environ 300.000 espèces des plantes fleurissantes sont enregistrées comme adventices dans l'agroécosystème du monde (**HOQUE et al., 2003**)

10.2. Allélopathie chez les légumineuses

Certaines cultures céréalières d'Afrique et d'Asie sont envahies par une angiosperme du genre *Striga* abritant des parasites racinaires qui diminuent la productivité des céréales. Pour empêcher ce problème, une légumineuse du genre *Desmodium uncinatum* est souvent plantée avec les céréales en raison du fait qu'elle soit capable de supprimer par ses effets allélopathiques, les angiospermes nuisibles aux cultures de graminées (**FANNY, 2005**).

10.3. Allélopathie chez certaines graminées

KIM (2004), a indiqué que l'emploi des résidus des récoltes telles que l'orge, le blé et le seigle afin d'utiliser leur potentiel allélopathique :

- Les résidus du seigle introduits ont réduit de manière significative toute la biomasse de mauvaises herbes.
- L'orge utilisée comme récolte d'étouffement peut être réussie dans l'élimination des mauvaises herbes parce qu'elle empêche la germination de graine et la croissance de l'espèce choisie de la plante cultivée.
- Le blé semble également offrir des possibilités intéressantes allélopathiques en réprimant la germination de beaucoup de graines d'adventices et également la croissance des jeunes plantes de mauvaises herbes

Chapitre V : Matériels et méthodes

1. Objectif de l'essai

Le but de cette étude est basé sur l'examen de l'effet allélopathique de différentes concentrations d'extraits aqueux de (*Sinapis arvensis L.*) Obtenu par broyage des organes aériens et souterrains sèche sur la germination et la croissance de l'orge (*Hordeum vulgare L.*) pendant la phase de germination qui est considéré comme une phase critique pour la plus part des espèces cultivées.

2. Matériels utilisés

2.1. Matériels techniques

Dans cette étude nous avons utilisé le matériel présenté dans le tableau ci-dessous :

| Les verreries | Les appareils | Les produits | Autres |
|---------------------|----------------------|---------------|--------------------|
| Entonnoir | Broyeur électrique | Eau distillée | Boites de pétri |
| Béchers | Balance de précision | Eau de javel | Papier filtre |
| Broyeur | Etuve | | Eprouvette graduée |
| Erlenmeyer en verre | | | Agitateur |

2.2. Matériels végétaux

2.2.1. Plante adventice

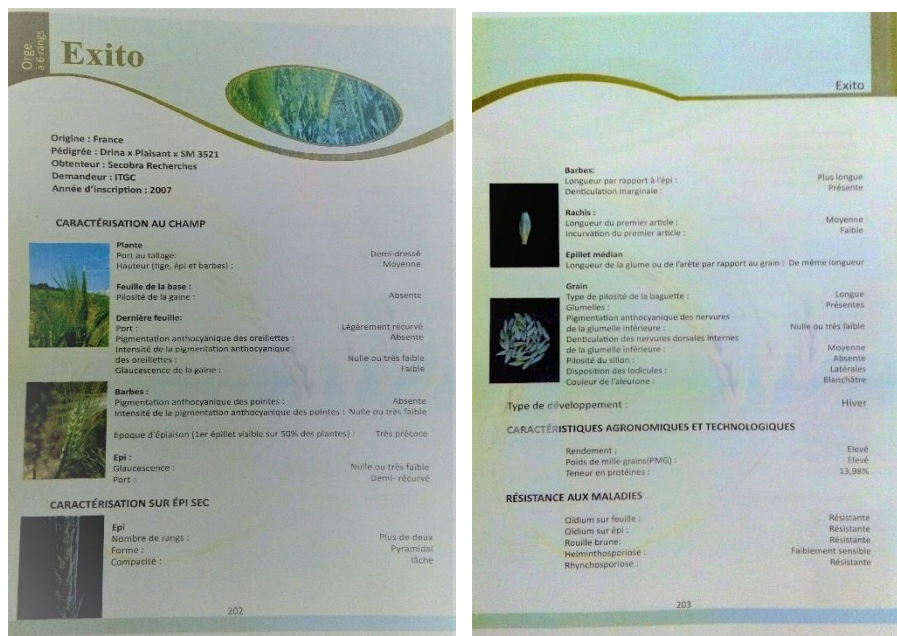
Le matériel végétal sélectionné pour obtenir des extraits aqueux est la moutarde jaune (*Sinapis arvensis L.*). La récolte de cette espèce a été faite au niveau de la station expérimentale de département de Biotechnologies de l'université de Blida 1.



Figure 4 : La moutarde jaune (*Sinapis arvensis* L.) (Source personnelle, 2020).

2.2.2. La plante cultivée

La semence utilisée comme matériel végétal cultivé durant notre essai est l'orge (*Hordeum vulgare* L.) de la variété Exito. Elle est d'origine de France avec un épi à 6 ranges, demi dressé et sa forme est pyramidale. La paille de hauteur moyenne dont la graine, leur développement est en hiver. Exito présente les caractères agronomique et technologique suivants : rendement élevé et poids de mille grains élevé, riche en protéines, une bonne résistance aux maladies.



Figures 6 : Fiche technique de l'orge de la variété Exito (Source personnelle, 2020).

3. Préparation des extraits de l'adventice

Les adventices utilisés sont récoltés à l'état vert pendant le mois de février au niveau de la station expérimentale du département de Biotechnologies de l'université de Blida-1 - puis elles vont subir les étapes suivantes :

3.1.Séchage

Une séparation des organes (racines, tiges et feuilles) a été faite suivi par séchage de ces organes à l'air libre, à l'abri de la chaleur et de la lumière au niveau du laboratoire de culture maraichère sur un papier pendant 30 jours pour préserver le pouvoir allélopathique de l'adventice testé, on ne les expose jamais au soleil, pour éviter l'oxydation des plantes.



Figure 7 : Séchage des différents organes à l'abri de la chaleur et de la lumière.

A : Partie aérienne ; **B** : Partie racinaire de la moutarde jaune (*Sinapis arvensis L.*) (**Source personnelle, 2020**).

3.2.Broyage

Nous avons initialement coupé l'adventice en petits morceaux pour faciliter leurs broyages, ce dernier a été réalisé à l'aide d'un broyeur électrique pour la matière sèche (une poudre fine est obtenue). Le broyat des tiges, feuilles et racines constitue le matériel végétal final que nous avons utilisé pour la préparation des extraits aqueux.



Figure 8 : Broyage des différents organes (tiges, feuilles et racines) à l'aide d'un broyeur électrique (Source personnelle, 2020).

3.3.L'extraction par macération au laboratoire

La préparation des extraits aqueux ainsi que les tests de germinations sont réalisées au niveau du laboratoire de culture maraîchère du département de Biotechnologie de l'université Blida 1.

3.3.1. Macération de la matière sèche

Nous avons pesé 75 g de poudre (partie foliaire ou racinaire) préparée précédemment pour la plante de la moutarde jaune à l'aide d'une balance de précision. Macéré dans 250 ml de l'eau distillée et agiter pendant 2 heures à l'aide d'un agitateur. Après 2 heures d'agitation nous avons laissé le mélange se décanter pendant 24 heures. Nous avons filtré le mélange à l'aide d'un papier filtre. Après cette filtration nous avons préparé 4 différentes concentrations.

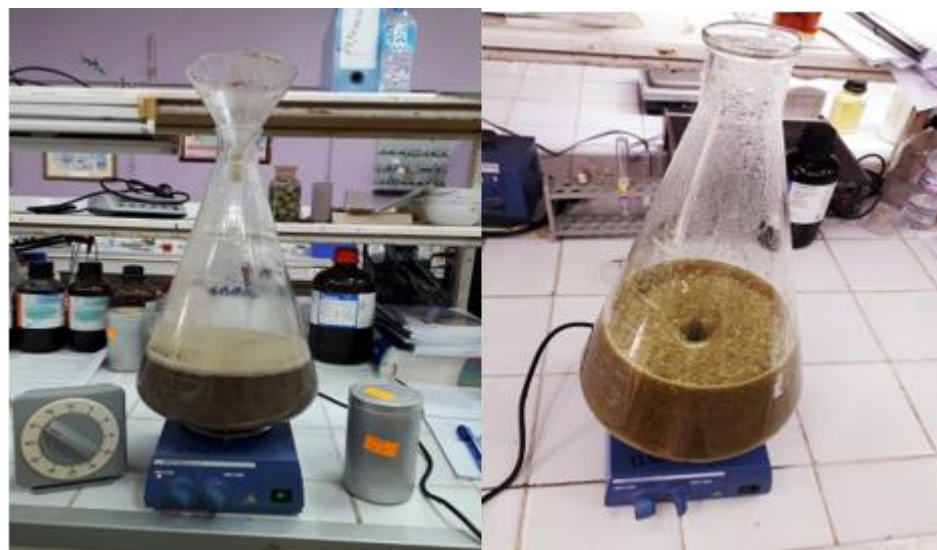


Figure 9 : Macération de la solution mère à l'aide d'un agitateur (Source personnelle, 2020).

✚ Préparation des traitements utilisés

Le tableau suivant résume les différents traitements testés

Tableau 5 : Différentes concentrations de l'extrait (Source personnelle, 2020).

| | Témoin | T1=25% | T2=50% | T3=75% | T4=100% |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|
| Extrait mère (foliaire ou racinaire) | 0 ml | 25 ml | 50 ml | 75 ml | 100 ml |
| Eau Distillée (dilution) | 100 ml | 75 ml | 50 ml | 25 ml | 0 ml |

✚ Description des différents traitements

Matière sèche
(Partie foliaire et racinaire)

- T0 : Eau distillée (témoin)
- T1 : Eau distillée +25 % de l'extrait
- T2 : Eau distillée + 50% de l'extrait
- T3 : Eau distillée + 75 % de l'extrait
- T4 : 100% de l'extrait

L'extrait aqueux de partie foliaire ou racinaire est conservé au réfrigérateur (4 C°) dans des bouteilles bien fermées et étiquetées. Nous avons noté sur chaque bouteille le nom de l'espace et la date de préparation.



Figure 10 : L'extrait aqueux de partie foliaire et partie racinaire (Source personnelle, 2020).

3.3.2. Préparation d'essai de germination

Avant l'ensemencement des graines, une stérilisation par l'hypochlorite de sodium a été réalisée par un premier trempage dans l'eau distillée pendant 2 minutes suivi par une immersion dans l'eau distillée 2 minutes puis en dernière étape, un lavage abondant avec l'eau distillée pendant 5 minutes pour l'élimination de toute trace de l'eau de javel. Ensuite, 10 graines ont été ensemencées dans des boîtes de Pétri contenant un papier filtre pour garder l'humidité des graines pendant la période de germination. Par la suite, les boîtes ont été mises dans une chambre de culture réglée à 25°C et suivie pendant 8 jours en notant régulièrement le nombre des graines germées qui servent par la suite à une analyse de quelques paramètres de germination.



Figure 11 : Préparation de l'essai de germination (Source personnelle, 2020).

3.3.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adapté durant notre expérience est un dispositif complètement randomisé, avec deux facteurs étudiés qui sont respectivement : la position (partie racinaire ou partie foliaire) et la dose de solution (25%, 50%, 75% et 100) comparé à un témoin (solution d'irrigation contenant l'eau distillée). Chaque traitement est répété 04 fois, au total nous avons 40 unités expérimentales (boîte de Pétri).

4. Paramètres mesurés :

De nombreux paramètres sont étudiés :

4.1. Taux de germination (TG%)

Selon **Cherif et al., (2016)**, le taux de germination correspond au pourcentage de graines germées par rapport au total de graines semis, il est calculé par la formule suivante :

$$\text{TG}\% = \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{Nombre de graines semis}} \times 100.$$

4.2. Longueur de racicelle et de tige

La longueur de la racicelle et la tige a mesurée à l'aide d'une règle



Figure 12 : Mesure de la longueur de différentes parties de la plantule
(Source personnelle, 2020).

4.3. Mesure de la biomasse fraîche et la biomasse sèche

Afin de test de germination, nous pesons les plantules à l'aide d'une balance de précision pour mesurer le poids frais. Après séchage des plantules à l'étuve on les mesures de biomasse sèche (75°C pendant 24 heures selon les organes végétaux).



Figure 13 : Mesure de la biomasse fraîche à l'aide d'une balance de précision
(Source personnelle, 2020).

4.4. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide d'ANOVA unidirectionnelle à l'aide du logiciel XLSTAT 2019, 5.5667. Les résultats ont été présentés sous forme de tableau contenant une moyenne \pm erreur type. Ces paramètres sont effectués sur Excel 2016.

Chapitre VI : Résultats et discussions

1. Impact des extraits aqueux de la partie aérienne et racinaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur les paramètres de germination

1.1. Effet sur le taux de germination de la culture d'orge (FG%)

Les résultats relatifs de ce paramètre sont présentés dans le tableau 06.

Tableau 06 : La faculté germinative (FG%) de la culture d'orge traitée pendant les 8 jours de germination par les différentes concentrations d'extrait aqueux de la partie foliaire et racinaire de la moutarde jaune (*Sinapis arvensis* L.)

| | | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
|--------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FG (%) | Partie Aérienne | 67.50 | 75.00 | 25.00 | 50.00 | 0.00 |
| | | ± | ± | ± | ± | ± |
| | | 2.35 | 0.27 | 0.09 | 0.19 | 0.00 |
| | Partie Racinaire | 52.50 | 75.00 | 60.00 | 32.50 | 12.50 |
| | | ± | ± | ± | ± | ± |
| | | 1.86 | 2.62 | 2.08 | 1.14 | 0.46 |

Nous remarquons que le taux de la germination le plus important est enregistré au niveau des plantes irriguées par la solution contenant 25% de la solution aqueuse de *Sinapis arvensis* quel que soit la partie de la plante (foliaire ou racinaire) comparativement aux autres traitements et par rapport au témoin. De plus, l'application de la solution pure réduit significativement le taux de germination finale des garnies d'orge. Cette réduction est plus remarquable pour l'extrait pur de la solution foliaire que la partie racinaire. Les réductions enregistrées sont de 38.09 et 79.19% en présence de 75 et 100% dans le milieu alimentaire des graines d'orge.

1.2. Effet sur le taux d'inhibition de germination de la culture d'orge (TI%)

Les résultats relatifs de ce paramètre sont présentés dans le tableau 07

Tableau 07 : Le taux d'inhibition (TI%) de la culture d'orge traitée pendant les 8 jours de germination par les différentes concentrations d'extrait aqueux de la partie aérienne et racinaire de la moutarde jaune (*Sinapis arvensis* L.).

L'analyse de ces résultats nous a permis de constater que la présence de l'extrait pure ou diluée à 50% de la partie aérienne de *Sinapis arvensis* exerce le taux d'inhibition le plus significativement remarquable comparativement à celle des extraits de la partie racinaire par rapport

au témoin. Les réductions révélées sont de 100 et 130.76% en présence 100 et 50% de la partie foliaire, alors qu'ils étaient 84.21 et 15.78% en présence 100 et 50% de la partie racinaire par rapport au témoin respectivement.

| | | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
|--------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TI (%) | Partie Aérienne | 32.50 | 25.00 | 75.00 | 50.00 | 0.00 |
| | | ± 2.35 | ± 0.27 | ± 0.09 | ± 0.19 | ± 0 |
| | Partie Racinaire | 47.50 | 25.00 | 40.00 | 67.50 | 87.50 |
| | | ± 1.86 | ± 2.62 | ± 2.08 | ± 1.14 | ± 0.46 |

2. Impact des extraits aqueux sur les paramètres de croissance

2.1. Impact de la partie aérienne sur la longueur des hypocotyles et les radiceles (cm)

Les résultats relatifs de l'impact des extraits aqueux des différentes concentrations de la partie aérienne sur la longueur des radiceles et des hypocotyles des plantules d'orge cultivées pendant 8 jours de germination sont illustrées dans la figure 14.

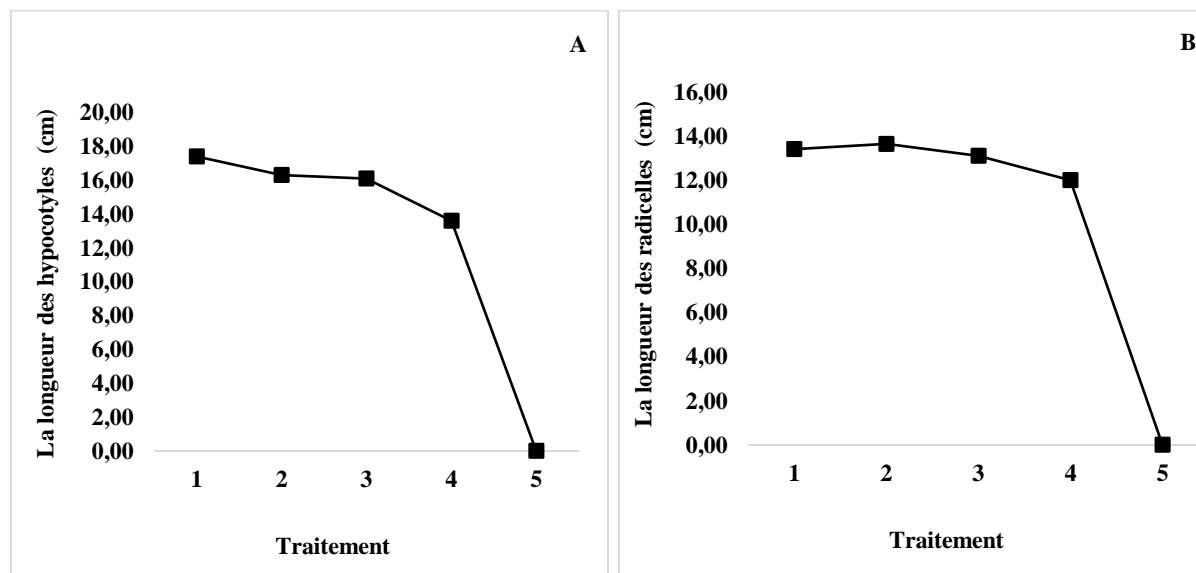


Figure 14 : Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie aérienne de (*Sinapis arvensis* L.) sur la longueur des hypocotyles (A) et les radiceles (B) de la culture d'orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.

L'examen de ces courbes nous a permis de révéler que la longueur de la partie aérienne et racinaire des plantules de la culture d'orge est variable selon la concentration de la solution aqueuse exercée ainsi l'organe utilisé dans l'extraction. Les résultats montrent un effet dépressif significativement remarquable par l'application des extraits aqueux de la partie foliaire sur la longueur des radicelles et des hypocotyles. Ce pouvoir inhibiteur augmente lorsque la concentration des extraits augmente. Les réductions exercées sont beaucoup plus remarquables lorsque nous avons appliqué les extraits aqueux de la partie foliaire comparativement aux celles de la partie racinaire. Les dépressions révélées correspondent à 21.83 et 10.51% pour la concentration 75% (T3) comparativement au témoin pour les extraits foliaire et racinaire respectivement. Il est à noter que l'application de l'extrait pure (100%) exerce un effet allélochimique très remarquable comparativement au témoin quelle que soit la partie utilisée (foliaire ou racinaire).

2.2.Impact de la partie racinaire sur la longueur des hypocotyles et les radicelles (cm)

Les résultats relatifs de l'impact des extraits aqueux des différentes concentrations de la partie racinaire sur la longueur des radicelles et des hypocotyles des plantules d'orge cultivées pendant 8 jours de germination sont illustrées dans la figure 15.

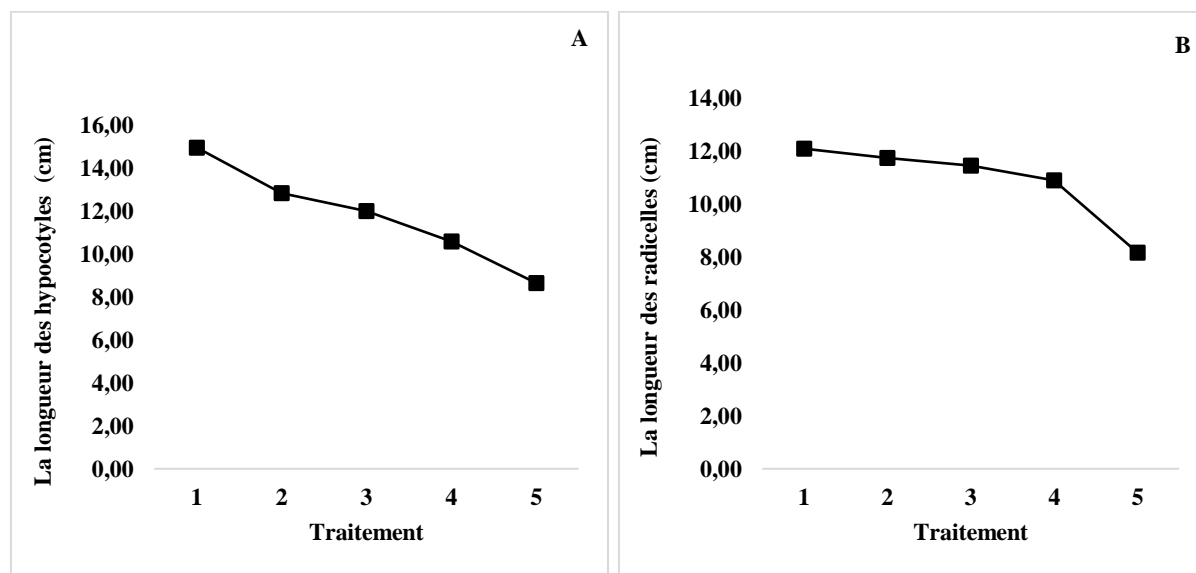


Figure 15 : Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie racinaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur la longueur des hypocotyles (A) et les radicelles (B) de la culture d'orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.

L'examen de ces courbes nous a permis de révéler que la longueur de la partie aérienne et racinaire des plantules de la culture d'orge est variable selon la concentration de la solution aqueuse exercée, les résultats montrent un effet faible par l'application des extraits aqueux de la partie racinaire sur la longueur des radicules et des hypocotyles, ce pouvoir inhibiteur augmente à un taux faible lorsque la concentration des extraits augmente. Les réductions exercées sont beaucoup plus faibles lorsque nous avons appliqué les extraits aqueux de la partie racinaire comparativement aux celles de la partie foliaire qu'elle a été plus remarquable. Les dépressions révélées correspondent à 29.23 et 9.84% pour la concentration (T3), alors qu'ils étaient 42.21 et 32.42% pour la concentration (T4) comparativement au témoin pour les parties foliaires et racinaires respectivement.

2.3. Impact de la partie aérienne sur la biomasse fraîche des hypocotyles et les radicules

Les résultats relatifs de l'impact des extraits aqueux des différentes concentrations de la partie aérienne sur la biomasse fraîche des radicules et des hypocotyles des plantules d'orge cultivées pendant 8 jours de germination sont illustrées dans la figure 16.

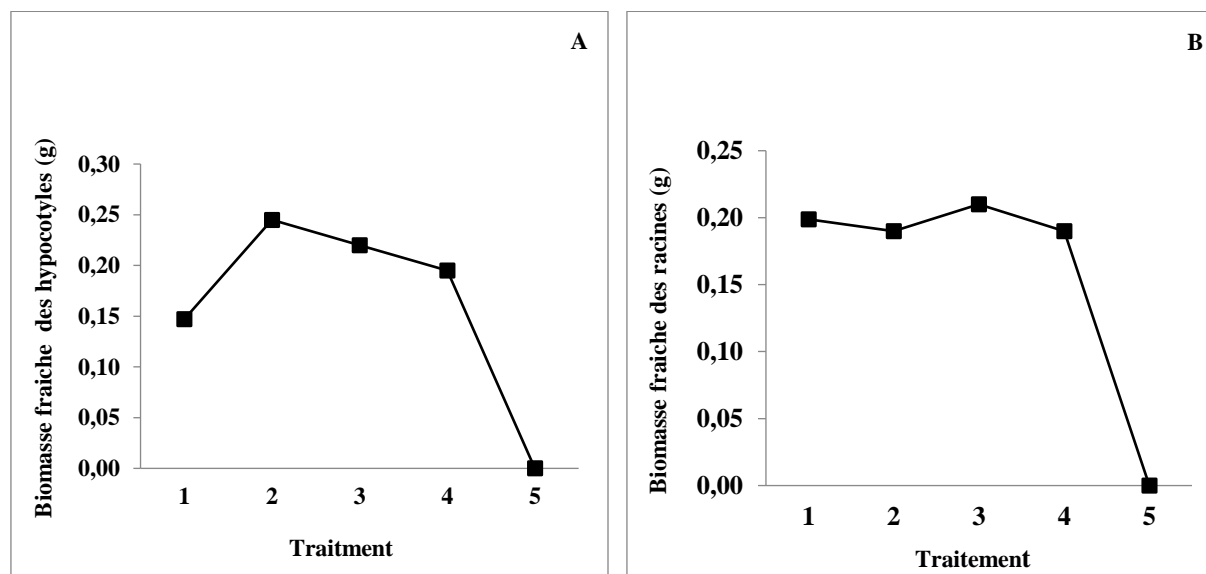


Figure 16 : Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie aérienne de (*Sinapis arvensis* L.) sur la biomasse fraîche des hypocotyles (A) et les radicules (B) de la culture d'orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.

L'examen de ces courbes nous a permis de révéler que la biomasse fraîche de la partie aérienne et racinaire des plantules de la culture d'orge est variable selon la concentration de la solution aqueuse exercée, les résultats montrent un effet dépressif significativement remarquable

par l'application des extraits aqueux de la partie foliaire sur la biomasse fraîche des racinelles et des hypocotyles. Ce pouvoir inhibiteur varie selon la concentration des extraits, on remarque qu'il diminue un peu lorsque nous avons appliqué l'extrait de (25%) par rapport au témoin et il augmente par la suite lorsque la concentration des extraits augmente. Les réductions exercées sont beaucoup plus remarquables lorsque nous avons appliqué les extraits aqueux de la partie foliaire comparativement aux celles de la partie racinaire. Les dépressions révélées correspondent à 33.33 et 5 % pour la concentration 75% (T3) comparativement au témoin pour les extrais foliaire et racinaire respectivement. Il est à noter que l'application de l'extrait pure (100%) exerce un effet allélochimique très remarquable comparativement au témoin quelle que soit la partie utilisée (foliaire ou racinaire).

2.4.Impact de la partie racinaire sur la biomasse fraîche des hypocotyles et les racinelles

Les résultats relatifs de l'impact des extraits aqueux des différentes concentrations de la partie racinaire sur la biomasse fraîche des racinelles et des hypocotyles des plantules d'orge cultivées pendant 8 jours de germination sont illustrées dans la figure 17.

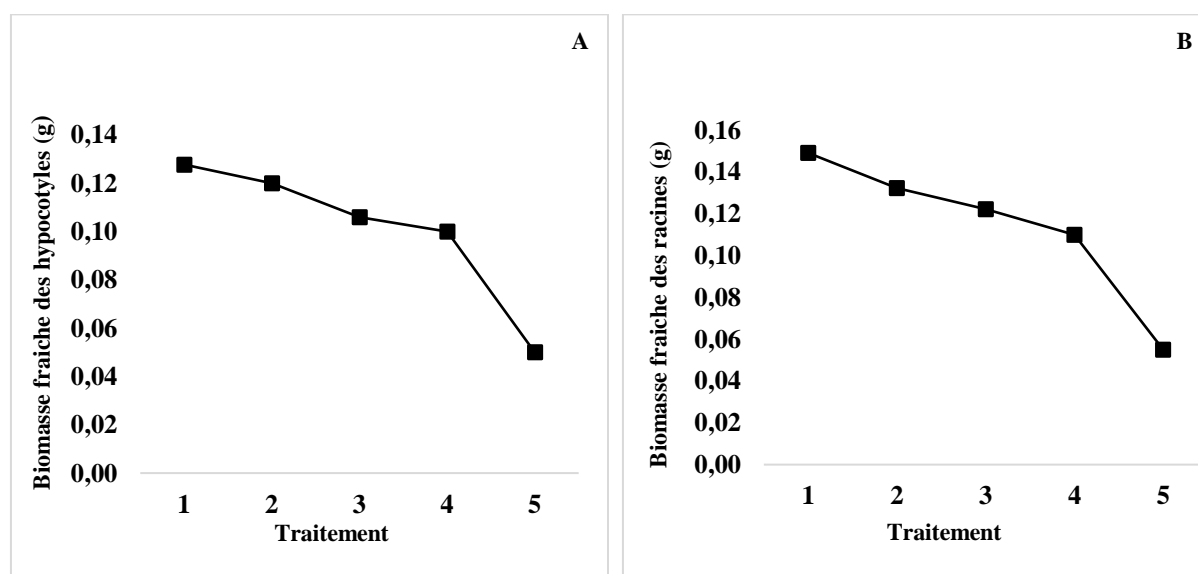


Figure 17 : Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie racinaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur la biomasse fraîche des hypocotyles (A) et les racinelles (B) de la culture d'orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.

L'examen de ces courbes nous a permis de révéler que la biomasse fraîche de la partie aérienne et racinaire des plantules de la culture d'orge est variable selon la concentration de la solution aqueuse exercée. Les résultats montrent un effet remarquable par l'application des extraits aqueux

de la partie racinaire sur la biomasse fraîche des racinelles et des hypocotyles. Ce pouvoir inhibiteur augmente lorsque la concentration des extraits augmente. Les réductions exercées sont un peu plus faibles lorsque nous avons appliqué les extraits aqueux de la partie racinaire comparativement aux celles de la partie foliaire. Les dépressions révélées correspondent à 23.07 et 26.66 % pour la concentration (T3), alors qu'ils étaient 61.53 et 60% pour la concentration (T4) comparativement au témoin pour les parties foliaires et racinaires respectivement.

2.5.Impact de la partie foliaire sur la biomasse sèche des hypocotyles et les radicelles (g)

Les résultats relatifs de l'impact des extraits aqueux des différentes concentrations de la partie foliaire sur la biomasse sèche des radicelles et des hypocotyles des plantules d'orge cultivées pendant 8 jours de germination sont illustrées dans la figure 18.

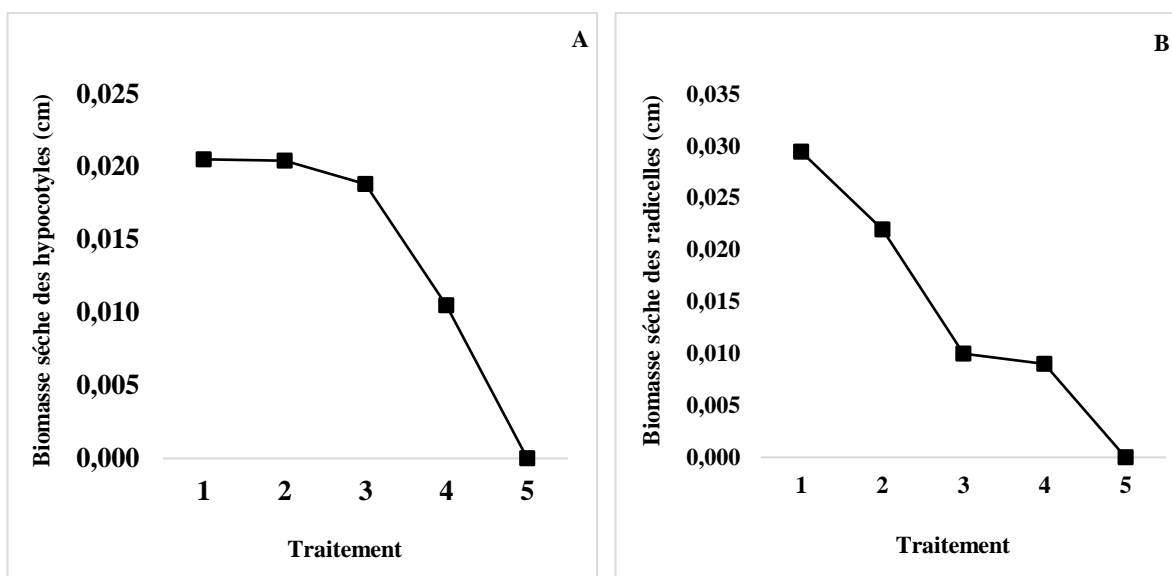


Figure 18 : Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie foliaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur la biomasse sèche des hypocotyles (A) et les radicelles (B) de la culture d'orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.

L'examen de ces courbes nous a permis de révéler que la biomasse sèche de la partie aérienne et racinaire des plantules de la culture d'orge est variable selon la concentration de la solution aqueuse exercée, les résultats montrent un effet dépressif significativement remarquable par l'application des extraits aqueux de la partie foliaire sur la biomasse sèche des radicelles et des hypocotyles. Ce pouvoir inhibiteur augmente lorsque la concentration des extraits augmente. Les réductions exercées sont presque les mêmes lorsque nous avons appliqué les extraits de la partie

racinaire et de la partie aérienne, cette dernière ayant un effet légèrement supérieur aux autres lorsque nous avons appliqué l'extrait pur de (100%). Les dépressions révélées correspondent à 47.61 et 68.96 % pour la concentration 75% (T3) comparativement au témoin pour les extrais foliaire et racinaire respectivement. Il est à noter que l'application de l'extrait pure (100%) exerce un effet allélochimique très remarquable comparativement au témoin quelle que soit la partie utilisée (foliaire ou racinaire).

2.6. Impact de la partie racinaire sur la biomasse sèche des hypocotyles et les radicelles

(g)

Les résultats relatifs de l'impact des extraits aqueux des différentes concentrations de la partie foliaire sur la biomasse sèche des radicelles et des hypocotyles des plantules d'orge cultivées pendant 8 jours de germination sont illustrées dans la figure 19.

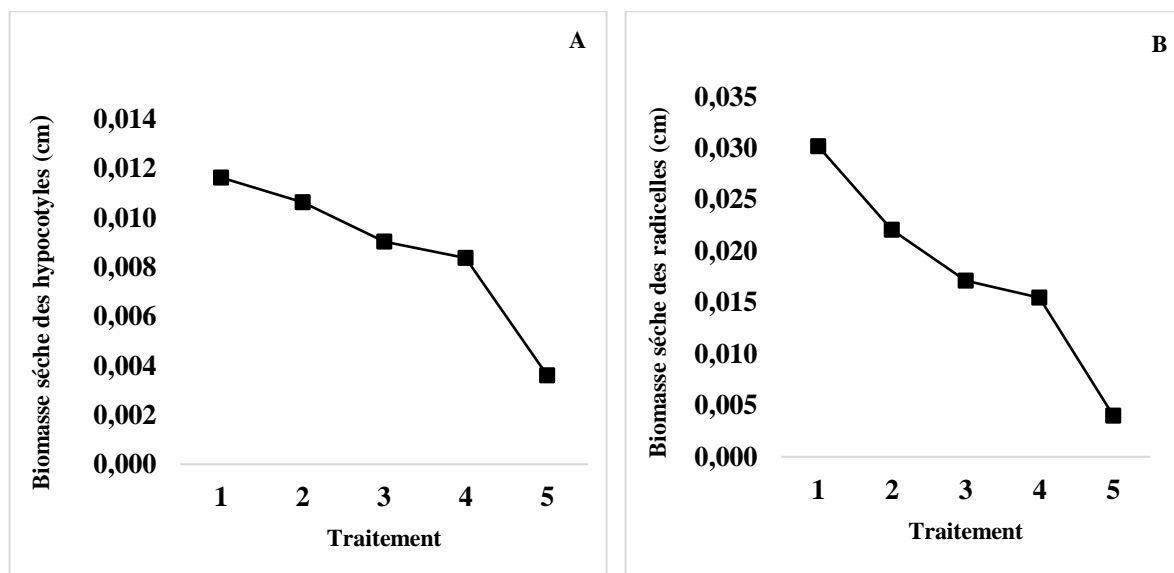


Figure 19 : Impact des différentes concentrations des extraits aqueux de la partie racinaire de (*Sinapis arvensis* L.) sur la biomasse sèche des hypocotyles (A) et les radicelles (B) de la culture d'orge (*Hordeum vulgare* L.) après 8 jours de germination.

L'examen de ces courbes nous a permis de révéler que la biomasse sèche de la partie aérienne et racinaire des plantules de la culture d'orge est variable selon la concentration de la solution aqueuse exercée, les résultats montrent un effet dépressif significativement remarquable par l'application des extraits aqueux de la partie racinaire sur la biomasse sèche des radicelles et des

hypocotyles. Ce pouvoir inhibiteur augmente lorsque la concentration des extraits augmente. Les réductions exercées sont presque les mêmes lorsque nous avons appliqué les extraits de la partie racinaire et de la partie aérienne, cette dernière ayant un effet légèrement supérieur aux autres lorsque nous avons appliqué l'extrait pur de (100%). Les dépressions révélées correspondent à 33.33 et 50% pour la concentration (T3), alors qu'ils étaient 66.66 et 86.66 % pour la concentration (T4) comparativement au témoin pour les parties foliaires et racinaires respectivement.

Discussion

Dans cette étude, la notion générale des effets allélopathiques telle qu'elle a été définie par **RICE (1984)** « c'est tout effet direct ou indirect positif ou négatif d'une plante sur une autre, par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement » et la définition de **QASEM (1995)** qui limite la notion de l'allélopathie aux effets néfastes, ont été démontrées pour l'espèce envahissante *Sinapis arvensis* L. Bien que l'effet allélopathique de cette espèce soit certain, l'importance du phénomène dépend de l'organe et de l'état hydrique de l'adventice en plus de la technique d'extraction. Les feuilles ont un effet allélopathique plus important que les racines. Les solutions obtenues par macération ont un effet allélopathique important. Il est à noter que la durée de macération (2 heures), peut être estimée comme insuffisante par certains chercheurs. Cela indique que la durée de macération peut être considérée comme un facteur de différence entre les méthodes d'extraction. Il a été relevé aussi que les solutions obtenues par macération ont, dans certains cas, un effet stimulateur de la croissance. Cela indique la présence de substances nutritives en des concentrations plus fortes que les substances allélopathiques dans ces cas. En revanche, l'effet allélopathique n'agit pas de la même manière sur les différentes fonctions biologiques étudiées. On a découvert que de nombreuses substances à effet allélopathique agissent comme des inhibiteurs des auxines et gibbérellines qui sont des phytohormones responsables de l'élongation cellulaire chez les plantes (**DORE et al., 2004**), ce qui peut induire une réduction du développement des racines. Cela a été démontré par plusieurs chercheurs dans le domaine de l'allélopathie (**QASEM, 1995**). Notre étude fait ressortir que la réduction de la longueur moyenne des racicules « LMR » est plus forte que celle de la longueur moyenne des coléoptiles « LMC », alors que le pourcentage de germination est le moins affecté. Les courtes racicules et donc les courtes racines réduisent la capacité des plantules à absorber l'eau et les sels minéraux du sol, et réduisent donc la croissance, et par voie de conséquence réduisent le rendement. La question de la fiabilité des résultats des études de l'allélopathie est toujours mentionnée dans les débats autour de ce sujet (**DORE et al., 2004**). Il est connu que la teneur en composant à effet allélopathique et leur flux dans le sol varient considérablement en fonction de plusieurs facteurs, qui sont liés à la fois aux conditions de l'environnement et à l'état de la plante elle-même (**DE RAÏSSAC et al., 1998**).

Il est difficile également de distinguer entre les effets de l'allélopathie et de la compétition dans les conditions réelles. En plus, les microorganismes peuvent avoir un effet sur les substances

libérées dans le sol (**DORE et al., 2004**). Dans notre étude, l'action dépressive sur les fonctions biologiques de l'espèce cible a été montrée en conditions contrôlées.

INDERJIT et al., (2000) ont démontré l'effet dépressif des exsudats racinaires de (*Sinapis arvensis* L.) sur la croissance des racines d'une espèce cible dans le sol. Ces études montrent que l'expression des effets allélopathiques de cette plante est certaine. Cependant, il est nécessaire qu'au moment opportun les quantités disponibles des molécules à effet allélopathique dans le milieu soient suffisantes, et que la plante cible soit dans un état de sensibilité adéquat.

Conclusion

Ce travail détermine l'existence de l'allélopathie en conditions expérimentales contrôlées, il fournit la preuve que le végétal contient des composés allélochimique dont l'action peut potentiellement s'exercer en conditions naturelles. L'étude de l'effet inhibiteur des extraits aqueux de *Sinapis Arvensis* L. sur la germination des graines de variété d'orge (Exito), a permis de mettre en évidence le pouvoir allélopathique des extraits obtenus à partir des parties aériennes et racinaires de cet adventice vis-à-vis des graines de variété de l'orge tests. L'étude de pouvoir allélopathique des extraits aqueux pur 100% et dilué à 25%, 50%, 75%, de (*Sinapis arvensis* L), a fait ressortir leur action sur la germination, la croissance et le développement de la culture d'orge. Toutefois, des différences dans les taux d'inhibition de germination des graines traitées par les extraits à différentes concentrations. Pour les lots traités par les extraits dilués à 50%, 75% une inhibition partielle a été enregistrée. De plus, les graines traitées par les extraits dilués à 25% présentent un faible taux d'inhibition. Il s'agit vraisemblablement d'une phytotoxicité de ces extraits à forte concentration vis-à-vis des graines de variété de l'orge tests. Le suivi des lots traités à faibles concentrations, la croissance de l'hypocotyle est plus importante que celle de la radicule, soit de la tige à de très grandes longueurs qui dépasse nettement la longueur de la radicule. Les substances allélochimique produites par les végétaux ont des effets nocifs sur les plantes voisines. L'étude de ces phénomènes nécessite la multiplication des efforts, et des études multidisciplinaires qui va mettre en évidence les modalités d'action, les cibles des molécules secondaires et leurs possibilités d'utilisation aux champs et leur devenir dans l'environnement.

Références bibliographiques

- ABDELDJALIL A., 2014.** Quelques aspects germinatifs, rhizogéniques et écologiques chez *Sinapis arvensis L.* dans la région de Tlemcen. Mémoire de master, Ecologie et Environnement.
- ALBRECHT H., AUERSWALD K., 2009.** Seed traits in arable weed seed banks and their relationship to land-use changes. *Basic and Applied Ecology* 10, 516–524p.
- AMMARI S., 2011.** Contribution à l'étude de germination des graines des plantes sahariennes Broutées par le dromadaire, 46p.
- AN M., JOHNSON I.R., LOVETT J.V., 1997.** Mathematical modelling of allelopathy. Biological response to allelochemicals and its interpretation. *J. Chem. Ecol.*, 19: 2379–2388. Cité par Blanco J.A, 2007.
- ANONYME., 2009.** Orge commune. http://fr.wikipedia.org/wiki/Orge_commune
- ARBOUCHE H.S., ARBOUCHE Y., et ARBOUCHE F., 2008.** Valeur nutritive de quelques variétés d'orge algériennes pour l'alimentation des ruminants. *Recherche agronomique*, 22: 67-72.
- BADR A. M., 2000.** On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Mol. Biol. Evol.*, 17: 499–510.
- BADR A., MULLER K., SCHAFFER-PREGL R., EL RABEY H., EFFGEN S., IBRAHI H.H., POZZIC., ROHDE W., et SALAMINI F., 2000.** The origin, domestication and history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, 17: 499-510.
- BALL D.A., MILLER S.D., 1990.** Weed seed population response to tillage and herbicide use in three irrigated cropping sequences. *Weed Science* 38, 511–517p.
- BARKOSKY R.P. et EINHELLIG F.A., 1993.** Effects of salicylic acid on plant-water relationships. *J. Chem. Ecol.*, 19 :237-247. Cité par Batish et al., 2007.
- BAZIRAMAKENGA R., LEROUX G.D., SIMARD R.R. et NADEAU P., 1997.** Allelopathic effect of phenolic acids on nucleic acid and prtein levels in soybean seedling. *Can. J. Bot.*, 75 :445-450.
- BELAID DJ., 1986.** Aspect de la céréaliculture algérienne, OPU, 207 p.
- BINNET J., et BRUNNEL P., 1968.** Physiologie végétale, Tome I, Dion (Ed.) Paris.
- LUM U., 2005.** Relationships between phenolic acid concentrations, transpiration, water 539. Cité par Ding et al., 2007.

- BOND W., G. DAVIES et R. TURNER., 2006.** The biology and non-chemical control of Charlock (*Sinapis arvensis* L.).
- BONJEAN A., et PICARD E., 1990.** Les céréales à paille: origine, histoire, économie, sélection. Ed. INRA, Paris, France, 300 p.
- BOUALEM S., 2014.** Contribution à l'amélioration des techniques de stratification et de greffage de quelques espèces du genre Pistacia. Thèse de Doctorat en Sciences. Faculté S.N.V, Université de Mascara, 130p.
- BOUFENAR Z., ZAGHOUANE O., ZAGHOUANE F., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. Ed. ITGC, ICARDA., Alger, 154 p.
- BOULAL H., ZAGHOUANE O., EL MOURID M., et REZGUI S., 2007.** Guide pratique de conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). ITGC, INRA, ICARDA. 176 p.
- BOURGOIN B., 1999.** Influence des exsudats racinaires des graminées sur la croissance des arbustes. Rev.n°24. pp.23-28.
- BOUZERZOUR H. et BENMAHAMMED A., 1993.** Environmental factor limiting barley yield in the high plateau of Eastern Algeria. *Rachis*, 12 (1) :14 – 19
- BOUZERZOUR H., et BENMOHAMED A., 1995.** Analyse graphique du croisement diallèle sur l'orge (*Hordeum Vulgar* L.) Rev. Céréaliculture N 28: 4153.
- BOYELDIEU J. 2002.** Techniques agricoles. L'institut National Agronomique ParisGrignon: 1-8.
- BUCHANAN F.S., 2003.** La moutarde des champs, Département de phytotechnie/Université de Guelph; C.J. Swanton - Département de phytotechnie/Université de Guelph; T.J. Gillespie - Département des ressources de la terre/Université de Guelph; D.E. Robinson - Collège de Ridgeway/Université de Guelph. *Bull. Torrey Bot. Club*, 93: 332-351. Cité par Inderjit., 1996.
- CARDINA J., HERMS C.P., DOOHAN D.J., 2002.** Crop rotation and tillage system effects on weed.
- CAUSSANEL J.P., 1988.** Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. *Agronomie* (1989) Elsevier /INRA, 219-240
- CECCARELLI S., et GRANDO S., 1996.** *Hordeumvulgare* L. In: Grubben, G.J.H. & Partohardjono, S. (Editors). *Plant Resources of South-East Asia. Cereals* Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, 10: 99–102.

CECCARELLI S., et GRANDO, S., 2006. *Hordeum vulgare* L. In: Brink, M. & Belay, G. Editeurs. PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. PROTA, Wageningen, Pays Bas, pp. 92-97.

CHAUSSAT R., LE DEUNFF Y., 1975. La germination des semences. Bordars (Ed.) Paris, 232p.

CHERIF R., A. KEMASSI Z. BOUAL N., BOUZIANE F. BENBRAHIM A., HADJSEYD T., GHARIB A., OULD EL HADJ-KHELIL M.L. SAKEUR ET M.D., OULD EL HADJ., 2016. Activités biologiques des extraits aqueux de *Pergularia tomentosa* L. (Asclepiadaceae). Lebanese Science Journal, 17(1): 25-35.

CHIAPUSIO G., 2000. Devenir des composés allélopathiques. Thèse de l'université de Savoie et de l'Université de Vigo.

CHIAPUSIO G., GALLET C., DOBREMEZ J.F., et PELLISSIER F., 2002. Composées allélopathiques: herbicides de demain. In Regnault-Roger C., Philogène B J.R et Vincent C. Biopesticides d'origines végétales. Ed Lavoisier. Paris.

CHIAPUSIO G., SANCHEZ A.M., REIGOSA M.J., GONZALEZ L., et PELLISSIER F., 1997. Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process. J.Chem. Ecol., 23: 2445-2453.

CIRUJEDA A., AIBAR J., ZARAGOZA C., 2011. Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. Agronomy for Sustainable Development 31, 675–688p.

CÔME D., 1970. Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Masson et Cie (Ed.) Paris, 162p. cultivar Black Seed Simpson) by allelopathic compounds. J. Chem. Ecol., 6 :989-996.

DANIEL CLOUTIER PH., 2007. Institut de malherbologie et Anne Weill, Ph. D., agr. club agro-environnemental Bio-Action.

DELABAYS N., 2005. L'allélopathie et son utilisation en agriculture biologique. Journées techniques fruits et légumes et viticulture biologique. pp.25-33. Beaune, les 6 et 7 décembre 2005.

DELABAYS N., MERMILLOD G., 2004. Phénomène d'allélopathie : premières observations au champ. Revue Suisse Agric. n°34. pp.213-237.

DELAVEAU P., 2001. Vademecum du vocabulaire de la santé. Elsevier Masson, Paris. p. 17.

DE RAÏSSAC M., MARNOTTE P. et ALPHONSE S., 1998. Interactions entre plantes de couverture, mauvaises herbes et cultures: quelle est l'importance de l'allélopathie? Agriculture et développement, (17), 40-49.

- DEYSSON G., 1967.** Physiologie et biologie des plantes vasculaires, croissance, production, écologie, physiologie. Ed Société d'édition déneigement supérieur. Paris, 335p.
- DJENIDI H., 2011.** Etude du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.): Essais de germination, extraction des polyphénols et activité antimicrobienne. Thèse de Magister En Biologie. Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie. Université Mohamed Kheider. Biskra, 52p.
- DJERMOUN A., 2009.** La Production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Nature et Technologie. ° (1): pp45-53.
- DOBREMEZ J-F., GALLET C., PELLISSIER F., 1995.** La guerre chimique chez les végétaux. La recherche. 26.912-916.
- DORÉ T., SÈNE M., PELLISSIER F., et GALLET C., 2004.** Approche agronomique de l'allélopathie. Cahiers Agricultures, 13(3), 249-256.
- EINHELLIG F.A. et SCHON M.K., 1982.** Noncompetitive effects of kochia scoparia on grain
- EINHELLIG F.A., RASMUSSIM J.A., HEJL A.M., et SOUZA I.F., 1993.** Effects of root exsudates sorgoleone on photosynthesis. J.Chem.Ecol., 19 :369-375. Cité par Robles et al., 1999.
- ELREFAI IM., MOUSTAFA SMI., 2004.** Allelopathic effect of some cruciferous seeds on *Rhizoctonia solani kuhn* and *Grossypium barbadense* L Pakistan journal of biological sciences 7 (4). pp.550-558.
- EVENARI M., 1957.** Les problèmes physiologiques de la germination. Soc. France, Physiologie végétale. (3), 2451-2494.
- FANNY B., 2005.** Mise en évidence du potentiel allélopathique de la graminée *Festuca paniculata* dans les prairies subalpines. Rapport de stage de master –science du vivant- biodiversité écologie environnement. 125p.
- FAO., 2010.** La situation mondiale de l'orge. Service statistique, in www.fao.fr
- FAO., 2016.** Organisation des notions unies pour l'alimentation et Fao.org (consultée Mrs 2016).
- FAO STAT., 2017.** Bases de données statistiques de l'organisation des nations unies pour l'agriculture et l'alimentation.
- FRIED G., REBOUD X., GASQUEZ J., DELOZ M., 2007.** Le réseau "Biovigilance Flore": présentation du dispositif et synthèse des premiers résultats, in: AFPP - Vingtième Conférence Du COLUMA Journées Internationales Sur La Lutte Contre Les Mauvaises Herbes - 11 et 12 décembre 2007. Dijon, pp. 315–325

- FUNK V., HOLLOWELL T., BERRY P., KELLOFF C., et ALEXANDER S. N., 2007.** Checklist of the Plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana). Contributions from the United States National Herbarium, 55: 1-580.
- GALLAIS A., BANNEROT H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection: Ed INRA, 768p.
- GATE P., et GIBAN M., 2003.** Stades du blé: Ed. ITCF, Paris, 68 p.
- GRILLOT G., 1959.** La classification des orges cultivées. An Am plantes. 446486.(Grillot, G. 1959. Classification des orges cultivées (*Hordeum sativum* Jessen). - Ann. Amél. Plantes. Ser. B.: 445-552.
- GUNTON R.M., PETIT S., GABA S., 2011.** Functional traits relating arable weed communities to crop characteristics. Journal of Vegetation Science 22, 541–550p.
- GUYOT L., 1978.** La biologie végétale. 4ème édition. Collection "que sais-je ". Presses Universitaires de France, 127p.
- HAKIMI M., 1993.** L'évolution de la culture de l'orge: le calendrier climatique traditionnel et les données agro-météorologiques modernes. Proceeding of an International Symposium, Tunis, Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D., pp. 157 – 166.
- HANITET K., 2012.** Les groupements des adventices des cultures dans la région d'oran, mémoire de magister. Ecophysiologie végétale.oran.université d'oran.72p.
- HAUGLAND E., et BRANDSAETER L.O., 1996.** Experiment on bioassay sensitivity in the study of allelopathy. J. Chem. Ecol., 22 :1845-1859.
- HEISEY R. M., 1997.** Allelopathy and the secret life of *Ailanthus altissima*. *Arnoldia* 57(3):28-36.
- HELLER R., 1990.** Physiologie végétale. Tome 2: Développement. N°4, Paris, Masson (Ed.), 266p.
- HOQUE R., ROMEL A., UDDIN M-B., HOUSSAIN M-K., 2003.** Allelopathic effects of different concentration of water extracts of *Eupatorium odoratum* leaf on germination and growth behavior of six agricultural crops. Journal of biological sciences 3 (8). Institute of forestry and – environmental sciences. Univ.Chittagong.Bangladesh.pp.741-750
- HUSSAIN S., S. U. SIDDIQUI S., KHALID A., JAMAL A., QAYYUM., et Z. AHMAD., 2007.** Allelopathic Potential of *Senna* (*Cassia Angustifolia* vahl.) on Germination and Seedling

Characters of Some Major Cereal Crops and Their Associated Grassy Weeds. Pakistan Journal of Botany 39(4):1145-1153.

INDERJIT ASAKAWA C., et DAKSHINI K M. M., 2000. Allelopathic potential of *Verbesina encelioides* root leachate in soil. Canadian Journal of Botany, 77(10), 1419-1424.

INDERJIT., 2006. Experimental complexities in evaluating the allelopathic activities in laboratory bioassays: a case study. Soil Biology and Biochemistry 38:256-262.

JACQUARD C., 2007. « Embryogénèse pollinique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.): importance du prétraitement ». thèse, Ardenne, Université de Reims champagne, 1p.

JEAM P., CATMRINE T., et GIUES L., 1998. Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, Paris, 150p.

KHALDOUN A., 1989. Etude du comportement de l'orge exploitée a doublé fin. Rev Fourrages, 117.pp77-88.

KIM K-U., 2004. Integrated management of paddy weeds in Korea, with an emphasis on allelopathy. Journal of biological sciences 9 54-. pp.8-22.

KINNET P., 1983. Bibliothèque de la nature, Les arbres, Edition française, 155p.

KOITABABASHI R., SUZUKI T., KAWAZU T., SAKAI A., KUROIWA T., 1997. 1,8-cineole inhibits root growth and synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* L.J.Plant.Res.,110 :1-6.

LALLAM C., 2009. « Prévalence de la maladie striée de l'orge causée par *pyrenophora graminea* et comportement de divers Géotypes d'orge (*Hordeum vulgare*) de différents pays vis-à-vis de cette maladie au niveau de la zone des hautes plaines du conststinois». Mémoire d'ingénieur, Constantin, Université Mentouri, 13 p.

LE BOURGEOIS T., et H. MERLIER., 1995. Adventrop: Les adventices d'Afrique soudanosahélienne. Editions Quae, Paris. pp. 13-14.

LOVETT J. V., 1991. Changing perceptions of allelopathy and biological-control. Biological Agriculture and Horticulture 8:89-100.

MACHEIX J.-J., A. FLEURIET., et C. JAY-ALLEMAND., 2005. Les composés phénoliques des végétaux: Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR, Lausanne. pp. 91-92.

- MACÍAS F. A., J. M. G. MOLINILLO R. M. VARELA., et J. C. G. GALINDO., 2007.** Allelopathy – a natural alternative for weed control: a review. *Pest Management Science* 63:327-348.
- MARTÍNEZ-GHERSA M.A., GHERSA C.M., SATORRE E.H., 2000.** Coevolution of agricultural systems and their weed companions: Implications for research. *Field Crops Research* 67, 181–190p.
- MASON H. E., et D. SPANNER., 2006.** Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: a review of the literature. *Canadian Journal of Plant Science* 86:333-343.
- MAZLAIK., 1982.** Physiologie végétale, croissance et développement. Tome 3. Ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris, 420p.
- MCCULLY K., et R. TREMBLAY., et G. CHIASSON., 2004.** Guide de lutte intégrée contre les mauvaises herbes dans les cultures de fraises. Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Aquaculture du Nouveau- Brunswick (MAPANB), 15 p.
- MCINTOSH G.H., WHYTE J., MCANTHAR R., et NESTEL P.G., 1991.** Barley and Wheat foods: Influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 1205-1209.
- MEISS H., MÉDIÈNE S., WALDHARDT R., CANEILL J., MUNIER-JOLAIN N., 2010.** Contrasting weed species composition in perennial alfalfas and six annual crops: Implications for integrated weed management. *Agronomy for Sustainable Development* 30, 657–666p.
- MENAD A., MEZIANI N., BOUZERZOUR H., et BENMAHAMMED A., 2011.** Analyse de l’interaction génotype x milieux du rendement de l’orge (*Hordeum vulgare* L.): application des modèles AMMI et la régression conjointe. *Nature et Technologie*, 5: 99 - 106.
- MEYER J., 2004.** Botanique, biologie et physiologie végétale, Edition Maloine, Paris, Collection des sciences fondamentales, 461p.
- MISSAOUI., 1991.** Evolution de la salinité en fonction des doses d’irrigation à l’I.T.D.A. S DE Biskra, Mémoire. Ing.Agro. INFSAS Ouargla 79p.
- MONNEVEUX P., et BENSALÈM M., 1993.** Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Edit. INRA, Paris, pp. 139-140.
- MOROT-GAUDRY J-F., 2009.** Biologie végétale – croissance et développement. Dunod (Ed.), 216p.

MOULE C., 1971. Phytotechnie spéciale. Tome II. Céréales: Ed La Maison rustique, Paris, France, 235 p.

MULLER C.H., 1966. The role of chemical inhibition (allelopathy) in vegetational composition.

MÜLLER-SCHÄRER H., P. C. SCHEEPENS., et M. P. GREAVES., 2000. Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *Weed Research* 40:83-98.

MYERS M.W., CURRAN W.S., VANGESSEL M.J., MAJEK B.A., MORTENSEN D.A., CALVIN D.D., KARSTEN H.D., ROTH G.W., 2005. Effect of soil disturbance on annual weed emergence in the northeastern United States. *Weed Technology* 19, 274–282p.

NEVO E., 1992. Origin, evolution, population genetics and resources for breeding of wild barley, *Hordeum spontaneum*, in the Fertile Crescent. In Shewry, P.R. (ed.). *Barley: genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology*, Oxford, C.A.B. International, The Alden Press, pp. 19–43.

NYABYENDA P., 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique: Ed CTA,Rwanda , 132p.

OLOFSDOTTER, M., 2001. Getting closer to breeding for competitive ability and the role of allelopathy – an example from rice. *Weed Technology* 15:798–806.

OLOFSDOTTER M., L. B. JENSEN., et B. CURTOIS., 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. *Plant Breeding* 121:1-9.

OUATTAR S., et T. E. AMEZIANE., 1989. Les céréales au Maroc: de la recherche à l'amélioration des techniques de production. Edition Toubkal, Casablanca.123 p.

OUFROUK F., et HAMIDI M., 1988. Maladies et ravageurs des céréales. In Benchabane K. D et Ould-Mekhloufi L.1998. Evaluation phénologique de quelques variétés d'orge. Mém. Ing. INA. Elharrach. 59p.

PENUELAS J., RIBAS-CARBO M., et GILES L., 1996. Effects of allelochimics on plant respirationand oxygen isotope fractionation by the alternative oxydase. *J. Chem. Ecol.*, 22 :801-805.

QASEM J. R., et HILL T. A., 1989. On difficulties with allelopathy methodology. *Weed Research*, 29(5), 345-347

RAHAL-BOUZIANE H., et ABDELGUERFI A., 2007. Caractéristiques agronomiques et Morphologiques d'orges oasiennes (*Hordeum vulgare* L.) de la région d'Adrar (Algérie). *Recherche Agronomique*, Ed. INRA, Alger. 19: 7-13.

- RAMMADE, F., 2003.** Eléments d'écologie (écologie fondamentale). 3ème Edition dunod. Paris, 99p.
- RICE E.L., 1992.** Allelopathy: Basic and Applied Aspects. Chapman & Hall, London, pp.31–58. Cité par Robles et al., 1999.
- RICE E. L., 1984.** Allelopathy. 2nd Edintion, Academic Press, New York. 422 p.
- RIZVI S-J-H., RIWVI V., 1991.** Allelopathy : basic and applied aspects. Ed. Chapman and Hall. New York.480p.
- ROGER D., 2013.** Les mauvaises herbes agricoles. Edition Berger A.C. inc. Canada, 14.20.21p.
- SÁNCHEZ-MOREIRAS A. M., O. A. WEISS., et M. J. REIGOSA-ROGER., 2004.** Allelopathic evidence in the Poaceae. The Botanical Review 69:300–319.
- SOLTNER D.,1988.** Les bases de production végétale, les collections sciences techniques agricole 16eme édition, 464p.
- SOLTNER D., 1990.** Les grandes productions végétales: Ed Collection scienceset techniques agricoles, France, 464 p.
- SOLTNER D., 2007.** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304p.
- SOUILAH N., 2008.** « Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.): Etude des caractères de production et d'adaptation »Mémoire de magister, Constantine, Université de Mentouri de Constantin, 23p.
- THOMAS H.M., et PICKERING R.A., 1988.** The cytogenetics of a triploid *Hordeum bulbosum* and of some of its hybrid and trisomic derivatives. Theoretical and Applied Genetics76(1).
- THOMSON A-C., 1985.** The chemistry of allelopathy : Biochimical interactions among plants. American Chemical Society Symposium. Series268.470p.
- TORRES A., R. M. OLIVA D. CASTELLANO., et P. CROSS., 1996.** Proceedings of First World Congress on Allelopathy. A Science of the Future. SAI, University of Cadiz, Cadiz, Spain. p. 278.
- TOUTAIN G., 1977.** Eléments d'agronomie saharienne de la recherche au développement. Imprimerie Jouve, Paris.I.N.R. A, 138P.
- USDA., 2004.** USDA national nutrient database for standard reference, release 17. U.S.Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory, Beltsville Md, United

States. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. 2004. utilization, leaf area expansion, and uptake of phenolic acids: nutrient culture studies. *Journal*

USDA., 2016. National Agricultural Statistics Service (base des données).

VIOLLE C., GARNIER E., LECOEUR J., ROUMET C., PODEUR C., BLANCHARD A., NAVAS M.L., 2009. Competition, traits and resource depletion in plant communities. *Oecologia* 160, 747–755p.

VON BOTHMER R., et JACOBSEN N. 1985. Origin, taxonomy and related species. In: D. Rasmusson (éds). *Barley, Agronomy Monograph*. 26p.

VON BOTHMER R., 1992. The wild species of *Hordeum*: Relationships and potential use for improvement of cultivated barley. *Molecular Biology and Biotechnology*. C.A.B. International, Wallingford Oxon, pp. 3-18.

VON BOTHMER R., JACOBSEN N., BADEN C., JORGENSEN R.B. et LINDELAURSEN I., 1995. Anecogeographical study of the genus *Hordeum*. *Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools 7*. Rome, IBPGR.

WEIH M., U. M. E. DIDON, A.-C. RÖNNBERG-WÄSTLJUNG., et C. BJÖRKMAN., 2008. Integrated agricultural research and crop breeding: Allelopathic weed control in cereals and long-term productivity in perennial biomass crops: a review. *Agricultural Systems* 97(3):99-107.

WILLAN R.L., 1984. A guide to Forest seed Handling with spécial référence to the tropics. DANIDA Forest seed Centre, DK-3050 Humlebaek, Denmark, 394p.

WILSON J.D., MORRIS A.J., ARROYO B.E., CLARK S.C., BRADBURY R.B., 1999. A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 75, 13–30 p.