

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي العلمي و البحث

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université MUSTAPHA Stambouli



جامعة مصطفى اسطمبولي

معسكر

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*

*Département des sciences agronomiques.*

*Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique*

*Laboratoire de Recherche en Géo-Environnement et Développement des Espaces.*

**THESE DE DOCTORAT**

**Spécialité : Production végétale**

**Thème**

**Mise au point d'un système de gestion raisonnée des adventices du blé  
dur en zone semi-aride**

Présentée par : *Mlle* AMMAR Lalia

**Le 27 /02/2024**

**Devant le jury :**

<b>Président</b>	M. ELOUISSI Abdelkader	Professeur	Université Mustapha Stambouli- Mascara
<b>Examineur</b>	M. BENNIOU Ramdane	Professeur	Université Mohamed Boudiaf - M'sila
<b>Examineur</b>	M. LABANI Abderahmane	Professeur	Université Tahar Moulay - Saïda
<b>Examineur</b>	M. YEROU Houari	MCA	Université Mustapha Stambouli- Mascara
<b>Encadreur</b>	M. HARIZIA Abdelkader	Professeur	Université Mustapha Stambouli - Mascara
<b>CoEncadreur</b>	M. RIGHI Kada	MCA	Université Mustapha Stambouli - Mascara

**Année Universitaire : 2023-2024**

## REMERCIEMENTS

D'abord, Louanges et Gloire à ALLAH, le tout puissant, de m'avoir donné la force, le courage et surtout la patience pour dépasser les nombreuses difficultés rencontrées durant toutes ces années d'études.

J'exprime, dans un premier temps, mes profonds remerciements à mon directeur de thèse M. HARIZIA Abdelkader, professeur à l'université Mustapha Stambouli de Mascara, pour sa disponibilité, ses orientations, ses indications précieuses et pour le temps qu'il m'a consacré tous au long de mon travail de recherche.

Mes vifs remerciements vont aussi à mon co-directeur de thèse M. RIGHI Kada, Maître de conférences à l'université Mustapha Stambouli de Mascara, pour ces précieux conseils et son aide et pour sa contribution à la finalisation de cette thèse.

Je remercie chaleureusement M. ELOUISSI Abdelkader, Professeur à l'université Mustapha Stambouli de Mascara, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma thèse.

Au même titre, j'adresse mes vifs remerciements au Professeur BENNIOU Ramdane, de l'université Mohamed Boudiaf de M'sila, de m'avoir honoré de sa présence en acceptant de juger ce travail.

Mes remerciements vont également au Professeur LABANI Abderahmane, de l'université Moulay Tahar de Saida, de m'avoir honoré de sa présence en acceptant de juger ce travail.

Je remercie également M.YEROU Houari, Maître de conférences à l'université Mustapha Stambouli de Mascara, d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse.

Mes profonds remerciements vont également au docteur TAHIR Fatiha, cadre à l'ITGC de Tiaret, pour ses conseils et sa contribution précieuse à la mise en place de l'expérimentation.

Mes plus vifs remerciements s'adressent également aux ingénieurs et techniciens de la ferme expérimentale de l'université de Mascara et de la coopérative des céréales et des légumes secs (CCLS) de Mascara, pour leur aide et contribution dans la réalisation de ce travail.

Je tiens également à remercier l'ensemble des ingénieurs et techniciens de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Tiaret et d'Alger pour leurs accueils chaleureux et les moyens techniques mis à ma disposition pour la concrétisation de ce travail.

Mes remerciements vont également au Professeur MEKLIICHE Arezki, chef du département de production végétale à l'ENSA, pour son accueil et son aide pour la réalisation des analyses nécessaires.

Enfin, Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## **DEDICACE**

*A ceux que j'aime beaucoup, qui ont sacrifié leurs vies pour que je réussisse, ceux Qui sont toujours à mes côtés, à vous mes très chers parents que dieu vous garde.*

*A mes chères sœurs Ilham, Donia Zed*

*A mes chers frères Oussama, Ibrahim, Zakaria, Hichem, Adam*

*A toute ma famille et à mes amies*

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

DEDICACE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

LA LISTE DES TABLEAUX

LA LISTE DES FIGURES

RESUME

ABSTRACT

ملخص

**Introduction générale..... 1**

### **CHAPITRE 1 : CARACTERISTIQUES DU MODEL BIOLOGIQUE : LE BLE DUR *Triticum durum* Desf.**

1.1. Historique et origine géographique..... 5

1.2. Origine génétique..... 6

1.3. Importance économique dans le monde et en Algérie ..... 7

1.3.1. Dans le monde ..... 7

1.3.2. En Algérie ..... 8

1.3.2.1. Principales variétés homologuées ..... 10

1.3.2.2. Les zones céréalières en Algérie et les principales contraintes de production ..... 12

1.4. Caractéristiques botaniques du blé dur ..... 14

1.4.1. Classification botanique ..... 14

1.4.2. Caractéristiques morphologiques ..... 14

1.4.2.1. Le grain ..... 14

1.4.2.2. L'appareil végétatif ..... 15

1.4.2.3. L'appareil reproducteur ..... 16

1.5. Caractéristiques biologiques du blé dur ..... 17

1.5.1. La période végétative ..... 17



1.5.2.La période reproductrice .....	19
1.6.Exigence agroécologique du blé dur .....	20
1.7. Aperçu sur la conduite du blé dur en Algérie .....	21
1.7.1.Le travail du sol.....	21
1.7.2.Le semis.....	21
1.7.3.La fertilisation minérale .....	23
1.7.4.Le désherbage chimique.....	24
1.7.5.L'irrigation d'appoint.....	24
1.7.6.Le stade de récolte.....	24
1.7.7.Aperçu sur les principaux bio agresseurs des céréales en Algérie.....	25

## **CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES ADVENTICES DES CEREALES D'HIVER**

2.1. Définitions et généralités .....	26
2.2.Biologie des adventices.....	27
2.2.1.Les plantes annuelles.....	27
2.2.2.Les bisannuelles et les vivaces .....	27
2.3.Périodes de germination .....	28
2.3.1.Les adventices automnales et hivernales.....	28
2.3.2.Les adventices printanières et estivales.....	29
2.3.3.Les adventices indifférents.....	29
2.4.La nuisibilité et importance économiques des adventices .....	30
2.4.1.La nuisibilité primaire directe .....	30
2.4.2.La nuisibilité primaire indirecte .....	31
2.4.3.La nuisibilité secondaire.....	31
2.5.Stratégie de contrôle et de gestion des adventices .....	33
2.5.1.Les principales méthodes de lutte préventive et culturales .....	33
2.5.2.Les méthodes de lutte mécanique.....	37
2.5.3.Les méthodes de lutte chimique .....	38
2.5.4.Le concept de protection intégrée contre les adventices .....	38

## **CHAPITRE 03 : MATERIELS ET METHODES**

3.1. Présentation des zones d'étude et des sites expérimentaux .....	40
--	----

3.1.1.Situation géographique et potentialités agricoles.....	40
3.1.2.Géolocalisation et caractéristiques édaphiques des sites d'études .....	42
3.1.3.Les facteurs climatiques .....	45
3.1.3.1.Analyse de la moyenne décennale : 2010-2020 .....	45
3.1.3.2.Situation climatique durant la période d'études.....	47
3.1.4.Synthèse climatique.....	49
3.2. Etude de l'effet de quelques leviers agronomiques sur la gestion des adventices du blé dur .....	53
3.2.1.Matériel végétal.....	53
3.2.2.Dispositif expérimental .....	53
3.2.3Préparation du sol.....	55
3.2.4.Semis .....	56
3.2.5.Fertilisation minérale.....	58
3.2.6.Désherbage .....	58
3.2.7.Récolte de la production.....	59
3.2.8.Notations et analyse des données .....	59
3.2.8.1.Estimation de la densité de la flore levée .....	60
3.2.8.2.Biomasse sèche des adventices (BA) et du blé dur (BB).....	60
3.2.8.3.Paramètres de production .....	60
3.2.8.3.3.Composantes du rendement .....	62
3.3. Etude de la flore potentielle ou stock semencier du sol.....	62
3.3.1.Méthode d'échantillonnage .....	63
3.3.2.Germination des graines d'adventices et identification .....	63
3.3.3.Paramètres mesurés .....	64
3.4. Etude de l'influence du système de désherbage sur la qualité du grain de blé dur : cas de la région Tiaret .....	65
3.4.1.Justification et objectif .....	65
3.4.2.Analyse de la qualité des grains .....	65
3.4.2.1.Nettoyage et conditionnement des grains et taux d'extraction .....	65
3.4.2.2.Paramètres physico-chimiques .....	66

3.4.2.2.1.Taux de moucheture et taux de mitadinage.....	66
3.4.2.2.2.Taux de vitrosité et taux d'humidité .....	67
3.4.2.2.3.Teneurs en protéines totales et en phosphore total.....	67
3.5. Essai de lutte contre les adventices par l'exploitation de l'effet allélopathique de <i>Schinus molle</i> (Anacardiaceae).....	68
3.5.1.Objectifs de l'étude .....	68
3.5.2.Matériel végétal utilisé .....	69
3.5.3.Extraction de l'huile essentielle et analyse GC-MS .....	69
3.5.4.Etude de l'activité allélopathique.....	71
3.6. Analyses statistiques utilisées dans les différentes études.....	72
3.6.1.Etude de l'effet des modalités de désherbage sur la culture du blé dur .....	72
3.6.2.Etude de l'activité allélopathique de <i>S. molle</i> L.....	72

#### **CHAPITRE 04 : ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS**

4.1. Etude de l'effet des leviers agronomiques sur la gestion des adventices du blé dur .....	73
4.1.1.Composition floristique des adventices levées.....	73
4.1.2.Effets des différentes modalités sur les paramètres végétatifs .....	77
4.1.2.1.La densité de la flore levée.....	77
4.1.2.2.La biomasse sèche des adventices et du blé dur.....	80
4.1.2.3.Le nombre de plantes/m <sup>2</sup> du blé dur (NPM) .....	83
4.1.2.4.La hauteur de la tige du blé dur Chen's .....	85
4.1.2.5.Effet sur la longueur de l'épi.....	87
4.1.2.6.Effet sur la surface foliaire .....	89
4.1.2.7.Le taux de chlorophylle totale .....	91
4.1.3.Effet des différentes modalités sur les composantes du rendement .....	91
4.1.3.1.Le nombre d'épis / m <sup>2</sup> .....	91
4.1.3.2.Le nombre de grains par épi.....	93
4.1.3.3.Le poids de mille grains .....	95
4.1.3.4.Rendement estimé (RDT).....	96
4.1.3.5.Rendement réel(RDR).....	98
4.1.4.Etude des principales corrélations.....	99
4.2. Etude de la flore adventicepotentielle ou stock semencier .....	102

4.2.1.Composition floristique et structure du stock semencier .....	102
4.2.2.Densité et variation saisonnière du stock semencier .....	105
4.2.3.Indices de diversité des adventices et similarité de la composition des espèces entre les trois saisons .....	111
4.3. Effet des traitements sur la qualité des grains de blé dur Chen's .....	112
4.4. Etude de l'effet allélopathique de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> sur les adventices du blé dur Chen's .....	114
4.4.1.Composition chimique de l'huile essentielle de <i>S. molle</i> .....	114
4.4.2.Effet d'huile essentielle de <i>S. molle</i> sur la germination, la longueur des racines et des parties aériennes .....	116

## **CHAPITRE 05. DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUES**

5.1. Etude de l'effet des leviers agronomiques sur la gestion des adventices du blé dur .....	119
5.1.1.Composition floristique des adventices levées.....	119
5.1.2 Effets des différents leviers agronomiques sur les paramètres de croissance et de rendement.....	121
5.2.Etude de la flore adventice potentielle ou stock semencier .....	127
5.3. Effet des traitements sur la qualité des grains de blé dur Chen's .....	128
5.4. Etude de l'effet allélopathique de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> sur les adventices du blé dur Chen's .....	129
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	131
<b>Références bibliographiques</b> .....	135
<b>ANNEXES</b> .....	158

## LISTE DES ABREVIATIONS

AFPP –CEB : Association Française de Protection des Plantes (AFPP) - Commission des Essais Biologiques (CEB)

ANIREF : Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière

CCLS: Coopérative des Céréales et Légumes Secs

CIMMYT : International Maize and Wheat Improvement Center

CNCC : Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants

DSA : Direction des Services Agricoles

FAO: Food and Agriculture Organisation

FDPS : Ferme de Démonstration et de Production de Semences

Ha : Hectare

Qx : Quintaux

INPV : Institut National de la Protection des Végétaux

INSID : Institut National des Sols, de l'Irrigation et Drainage

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

ONM : Office National de la Météorologie

PMG : Poids de Mille Grains

SAU : Surface Agricole Utile

SPAD : Soil Plant Analysis Development

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Evolution de la production des blés en Algérie, pour la période 2010-2021. ....	10
<b>Tableau 2.</b> Liste des variétés de blé dur autorisées à la production et à la multiplication en Algérie.....	11
<b>Tableau 3.</b> Nuisibilité directe et indirecte de quelques adventices sur blé.....	32
<b>Tableau 4.</b> Importance relative (%) de la culture du blé dur dans les zones de Mascara et de Tiaret (année de référence 2018).....	41
<b>Tableau 5.</b> Analyses physico-chimiques des sols des sites de la ferme expérimentale de Mascara et de la FDPS de Sebaine.....	43
<b>Tableau 6.</b> Données climatiques moyennes de la région de mascara pour la période 2010-2020.....	46
<b>Tableau 7.</b> Données climatiques moyennes de la région de Tiaret pour la période 2010-2020.....	46
<b>Tableau 8.</b> Données climatiques mensuelles enregistrées pour la ferme expérimentale de Mascara : campagne agricole 2018-2019.....	47
<b>Tableau 9.</b> Données climatiques mensuelles de la station FDPS de Sebaine (Tiaret) : campagne 2020-2021. ....	48
<b>Tableau 10.</b> Données climatiques mensuelles de la station FDPS de Sebaine(Tiaret) : campagne 2021-2022. ....	49
<b>Tableau 11.</b> Descriptif des traitements effectués pour la gestion raisonnée des adventices du blé dur (Chen's), au niveau des sites expérimentaux de Mascara et Sebaine. ....	54
<b>Tableau 12.</b> Principales conditions de semis du dispositif de la ferme expérimentale de Mascara : campagne agricole 2018-2019.....	57
<b>Tableau 13.</b> Principales conditions de semis durant la campagne 2020-2021 à l'ITGC, Tiaret.....	57
<b>Tableau 14.</b> Principales conditions de semis durant la campagne 2021-2022 à l'ITGC, Tiaret.....	57
<b>Tableau 15.</b> Composition floristique des adventices du blé dur dans la région de Mascara...	74
<b>Tableau 16.</b> Composition floristique des adventices du blé dur dans la région de Tiaret.....	76
<b>Tableau 17.</b> Composition floristique, cycle végétatif, morphologie et type biologique des espèces d'aventices, pour les trois années d'étude. ....	103
<b>Tableau 18.</b> Importance du nombre d'espèces d'aventices par famille selon les saisons...	104

<b>Tableau 19.</b> Importance relative (%) des espèces d'adventices par saison, par horizon et par type morphologique.....	105
<b>Tableau 20.</b> Densité des adventices (m <sup>2</sup> ) suivant la saison d'étude et l'horizon du sol .....	108
<b>Tableau 21.</b> Résultats des indices de diversité du stock semencier par saison d'étude .....	111
<b>Tableau 22.</b> Résultats de l'index de similarité des espèces d'adventices du stock semencier par saison d'étude.....	112
<b>Tableau 23.</b> Caractéristiques physico-chimiques de grains de blé dur Chen'srécolté dans le site de la FDPS de Sebaine.....	113
<b>Tableau 24.</b> Effet différents traitements sur les teneurs en protéine et en phosphore des grains de blé dur Chen's récoltés dans le site de la PDPS de Sebaine.....	113
<b>Tableau 25.</b> Composition chimique (%) de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> L.....	114
<b>Tableau 26.</b> Effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>S.molle</i> sur le taux de germination des graines des adventices et du blé dur.....	117
<b>Tableau 27.</b> Effet de l'huile essentielle de <i>S.molle</i> sur la longueur des racines (cm) des adventices et du blé dur .....	117
<b>Tableau 28.</b> Effet de l'huile essentielle de <i>S. molle</i> sur la longueur des parties aériennes (cm) des adventices et du blé dur.....	118

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Carte de le Croissant fertile illustrant le centre d'origine du <i>Triticum durum</i> (Lev-Yadun sensu et al. 2000) .....	5
<b>Figure 2.</b> Schéma d'événement de domestication évolutive des blés (Yang <i>et al.</i> , 2022) .....	7
<b>Figure 3.</b> Evolution de la production, de l'utilisation et des stocks de céréales dans le monde (FAO, 2023) .....	8
<b>Figure 4.</b> Les zones de production céréalières en Algérie (ITGC, 2023).....	13
<b>Figure 5.</b> Coupe longitudinale du grain de blé (Surget et Barron, 2005).....	15
<b>Figure 6.</b> Morphologie générale de blé (A), avec (B) épi et fleur (Soltner, 2005, modifiée) .	17
<b>Figure 7.</b> Stade levée du blé dur (variété chen's).....	18
<b>Figure 8.</b> Cycle phénologiques du blé (Stouff, 2002).....	20
<b>Figure 9.</b> Cinétique d'absorption de l'azote par le blé (Arvalis, 2021).....	25
<b>Figure 10.</b> Cycle de développement d'un adventice vivace le chardon des champs <i>Cirsium arvense</i> L. (Heimann et Cussans, 1996).....	28
<b>Figure 11.</b> Périodes de germination de quelques adventices inféodés aux céréales (Réseau des chambres d'agriculture, 2023).....	29
<b>Figure 12.</b> Pourcentage de graines d'adventices qui perdent leur aptitude à germer au bout d'un an en fonction des espèces (Arvalis, 2018). (Le TAD correspond au pourcentage de graines d'adventices qui perdent leur aptitude à germer au bout d'un an).....	34
<b>Figure 13.</b> Position géographique de la wilaya de Mascara et géolocalisation de la ferme expérimentale de l'université de Mascara (Bouchetta, 2006, modifiée).....	44
<b>Figure 14.</b> Position géographique de la Wilaya de Tiaret et géolocalisation de la station expérimentale de la FDPS de Sebaine.....	44
<b>Figure 15.</b> Diagramme ombrothermique de la région de Mascara (A) et Tiaret (B), durant la période 2010-2020.....	50
<b>Figure 16.</b> Climagrammepluviothermique d'Embergerde la région de Mascara et de Tiaret (2010-2020).....	52
<b>Figure 17.</b> Dispositif expérimental en Blocs randomisés 04 répétitions, adopté au niveau du site de la ferme expérimentale de Mascara et de la FDSP de Sebaine (A). Mise en place du dispositif à Mascara (B).....	55
<b>Figure 18.</b> Destruction des adventices avant le semis par une herse combinée à un rouleau cage, au niveau des parcelles élémentaires des modalités M2 et M3. ....	56



<b>Figure 19.</b> Quadrat d'échantillonnage des plantes levée du blé dur Chen's (0.25 m <sup>2</sup> ) .....	61
<b>Figure 20.</b> Détermination du taux de mitadinage à l'aide d'un farinotome de Pohl. ....	66
<b>Figure 21.</b> Processus de détermination du phosphore total des graines de blé dur. ....	68
<b>Figure 22.</b> Le faux-poivrier <i>Schinus molle</i> L. ....	69
<b>Figure 23.</b> Extraction et analyse GC-MS de l'huile de <i>Schinus molle</i> L.....	70
<b>Figure 24.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la densité des adventices (individu/m <sup>2</sup> )(moyenne±SE) au stade levée-tallage(DLT) et au stade montaison-maturation(DMM), dans la région de Mascara, durant la campagne 2018-2019. ....	78
<b>Figure 25.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la densité des adventices (individu/m <sup>2</sup> )(moyenne ±SE) au stade levée-tallage (DLT) dans la région de Tiaret, pour les campagnes 2020-2021 et 2021-2022.....	79
<b>Figure 26.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la densité des adventices (individu/m <sup>2</sup> ) (moyenne ±SE) au stade montaison-maturation (DMM) dans la région de Tiaret, pour 2020-2021 et 2021-2022.....	80
<b>Figure 27.</b> Effet des modalités de désherbage sur la biomasse sèche des adventices (g/m <sup>2</sup> )(moyenne ±SE) dans la région de mascara, durant la campagne 2018-2019. ....	81
<b>Figure 28.</b> Effet des modalités de désherbage sur la biomasse sèche du blé dur (g/m <sup>2</sup> ) (moyenne ±SE) dans la région de mascara, durant la campagne 2018-2019.....	81
<b>Figure 29.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la biomasse sèche des adventices (g/m <sup>2</sup> ) (moyenne ±SE) dans la région de Tiaret en 2020-2021 et 2021-2022.....	82
<b>Figure 30.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la biomasse sèche doublé dur (g/m <sup>2</sup> ) (moyenne ±SE) dans la région de Tiaret, en 2020-2021et 2021-2022.....	83
<b>Figure 31.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre plantes/m <sup>2</sup> de blé dur Chen's (moyenne ±SE) dans la région de Mascara (2018-2019). ....	84
<b>Figure 32.</b> Effet des modalités de désherbage sur nombre de plantes/m <sup>2</sup> (moyenne ±SE) de blé dur Chen's dans la région de Tiaret. ....	85
<b>Figure 33.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la hauteur de la tige (cm) (moyenne ±SE) du blé dur Chen's dans la région de Mascara (2018-2019).....	86
<b>Figure 34.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la hauteur de la tige (cm) (moyenne ±SE) du blé dur Chen's dans la région de Tiaret (2020-2021,2021-2022). ....	87
<b>Figure 35.</b> Effet des modalités de désherbage sur la longueur de l'épi (cm) (moyenne ±SE) du blé dur Chen's dans la région de mascara (2018-2019). ....	88

<b>Figure 36.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la longueur de l'épi (cm) (moyenne $\pm$ SE) du blé dur Chen 's dans la région de Tiaret (2020-2021 ; 2021-2022). .....	89
<b>Figure 37.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la surface foliaire (cm <sup>2</sup> )(moyenne $\pm$ SE) du blé dur dans la région de Mascara (2018-2019). .....	90
<b>Figure 38.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur la surface foliaire (cm <sup>2</sup> ) (moyenne $\pm$ SE) du blé dur dans la région de Tiaret (2020-2021 ; 2021-2022). .....	90
<b>Figure 39.</b> Effet des modalités de désherbage sur le taux de chlorophylle totale(moyenne $\pm$ SE) dans les feuilles du blé dur Chen's.....	91
<b>Figure 40.</b> Effet des modalités de désherbage sur nombre d'épi/m <sup>2</sup> dans la région de Mascara. ....	92
<b>Figure 41.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre d'épi/m <sup>2</sup> (moyenne $\pm$ SE) dans la région de Tiaret. ....	93
<b>Figure 42.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre de grains par épi(moyenne $\pm$ SE) dans la région de Mascara. ....	94
<b>Figure 43.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre de grains par épi(moyenne $\pm$ SE) dans la région de Tiaret. ....	94
<b>Figure 44.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le PMG(g) (moyenne $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Mascara. ....	95
<b>Figure 45.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le PMG(g)(moyenne $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Tiaret. ....	96
<b>Figure 46.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement estimé(qx/ha)(moyenne $\pm$ SE) en blé dur Chen's dans la région de Mascara (2018-2019). ....	97
<b>Figure 47.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement estimé(qx/ha)(moyenne $\pm$ SE) en blé dur Chen's dans la région de Tiaret (2020-2021 ;2021-2022). ....	97
<b>Figure 48.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement réel(qx/ha)(moyenne $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Mascara en 2018-2019. ....	98
<b>Figure 49.</b> Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement réel(qx/ha)(moyenne $\pm$ SE) du blé dur chen's dans la région de Tiaret (2020-2021 ;2021-2022). ....	99
<b>Figure 50.</b> Importance numérique de la densité totale des adventices du stock semencier par horizon et par saison, dans la région de Mascara. ....	106
<b>Figure 51.</b> Évolution de la densité des graines des adventices dominantes au cours de toutes les saisons d'étude, dans la région de Mascara. ....	110
<b>Figure 52.</b> Chromatogramme GC-MS de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> .....	116

## RESUME

---

Le présent travail de recherche portant sur la mise au point d'un système de gestion raisonnée des adventices du blé dur en conditions pluviales, s'est étalé sur trois campagnes agricoles (2018 à 2022). Il s'est déroulé dans deux régions (Mascara et Tiaret) appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride et connu pour leurs potentialités en production céréalière, notamment en blé dur. Les différentes expérimentations agronomiques se sont déroulées au niveau de la ferme expérimentale de l'université de Mascara en 2018-2019 et de la ferme de démonstration et de production de semences de Sebaine (ITGC Tiaret) en 2020-2021 et 2021-2022. Dans un premier temps, les résultats obtenus montrent que la flore adventice associée au blé dur inventorié à Mascara et à Tiaret est constituée respectivement de 62 et 48 espèces avec la prédominance, au niveau des deux zones d'étude, des espèces appartenant à la famille des Astéraceae. Les autres familles dominantes sont les Poaceae, les Brassicaceae, les Boraginaceae et les Fabaceae pour la région de Mascara et les Fabaceae, les Apiaceae, les Papaveraceae et les Brassicaceae pour la région de Tiaret. Pour ce qui est de la diversité floristique du stock semencier du sol, 30 espèces végétales réparties en 17 familles ont été identifiées, dans la région de Mascara. Les familles les plus fréquentes étaient les Astéracées et les Poacées. L'analyse biologique montre une prédominance des thérophytes avec 80 % suivie des hémicriptophytes et les géophytes avec 16,67 % et 3,33 % respectivement. La densité de la banque de graines était significativement différente entre les horizons superficiels (0-5 cm), moyens (5-15 cm) et profondes (15-30 cm) du sol. Les densités moyennes étaient respectivement de 14776,08 (19,01%), 36977,04 (47,59%) et 25943,06 graines m<sup>-2</sup> (33,4%). Les différents leviers agronomiques mis en œuvre à travers les trois traitements ou modalités (M1, M2 et M3) control chimique, protection intégrée, faux semis) ont eu un effet significatif sur les adventices, comparativement au témoin (M4). La modalité protection intégrée (M2) s'est traduit par un meilleur contrôle des adventices en réduisant leurs densités et leur biomasse sèches, favorisant par conséquent la majorité des paramètres végétatifs et productifs du blé dur. Cette modalité a permis l'obtention d'un rendement en grain estimé à 28.15, 35.56 et 37.26 q/ha respectivement durant les campagnes 2018-2019, 2020-2021 et 2021-2022. La modalité protection intégrée à également montré les meilleures valeurs de la qualité du grain, avec des teneurs en protéines de 14.88%, et en phosphore de 4.27 g/kg. Dans un second temps, l'étude menée au laboratoire a permis de montrer que l'huile essentielle de *S. molle* possède une activité herbicide significative à l'égard des principales espèces d'adventices du blé dur rencontrées dans les deux zones d'études. La germination et la croissance de *B.rigidus*, *C. vulvaria*, *S. marianum*, *A. sterilis* et *M. indicus* a été significativement réduite. Une inhibition complète de la germination de *B.rigidus* a été obtenue aux concentrations de 0,02% et 0,03%.

**Mots clés :** gestion raisonnée, adventices, blé dur, désherbage, zones semi-arides, stock semencier, effet allélopathique.

## ABSTRACT

---

This research work on the development of integrated management system of durum wheat weeds in rainfed conditions was spread over three agricultural seasons (2018 to 2022). It took place in two regions (Mascara and Tiaret) belonging to the semi-arid bioclimatic stage and known for their potential in cereal production, particularly durum wheat. The various agronomic experiments took place at the Mascara University experimental farm in 2018-2019 and the Sebaine demonstration and seed production farm (ITGC Tiaret) in 2020-2021 and 2021-2022. Initially, the results obtained show that the weed flora associated with durum wheat inventoried in Mascara and Tiaret is made up of 62 and 48 species respectively with the predominance, in the two study areas, of species belonging to the family Asteraceae. The other dominant families are Poaceae, Brassicaceae, Boraginaceae and Fabaceae for the Mascara region and Fabaceae, Apiaceae, Papaveraceae and Brassicaceae for the Tiaret region. Regarding the floristic diversity of the soil seed bank, 30 plant species divided into 17 families were identified in the Mascara region. The most common families were Asteraceae and Poaceae. The biological analysis shows a predominance of therophytes with 80% followed by hemicriptophytes and geophytes with 16.67% and 3.33% respectively. Seed bank density was significantly different between upper (0-5 cm), medium (5-15 cm) and deeper (15-30 cm) soil horizons. The average densities were 14776.08 (19.01%), 36977.04 (47.59%) and 25943.06 seeds m<sup>-2</sup> (33.4%), respectively. The different agronomic levers implemented through the three treatments or modalities (M1, M2 and M3) (chemical control, integrated management, false seedbed) had a significant effect on weeds, compared to the control (M4). The integrated management (M2) modality resulted in better control of weeds by reducing their densities and their dry biomass, therefore favoring the majority of the vegetative and productive parameters of durum wheat. This method made it possible to obtain a grain yield estimated at 28.15, 35.56 and 37.26 q/ha respectively during the 2018-2019, 2020-2021 and 2021-2022 campaigns. The integrated management modality also showed the best grain quality values, with protein contents of 14.88%, and phosphorus contents of 4.27 g/kg. Secondly, the study carried out in the laboratory showed that the essential oil of *S. mole* has significant herbicidal activity against the main species of durum wheat weeds encountered in the two study areas. The germination and growth of *B. rigidus*, *C. vulvaria*, *S. marianum*, *A. sterilis* and *M. indicus* was significantly reduced. Complete inhibition of *B. rigidus* germination was obtained at concentrations of 0.02% and 0.03%.

**Key words:** Integrated weed management, weeds, durum wheat, weeding, semi-arid zones, seed bank, allelopathic effect.

## ملخص

تم توزيع هذا العمل البحثي حول تطوير نظام الإدارة العقلانية لأعشاب القمح القاسي في الظروف الممطرة على ثلاثة مواسم زراعية ( 2018 إلى 2022). وقد انعقد هذا العمل البحثي في منطقتين (معسكر وتيارت) تنتمي إلى المنطقة المناخية شبه القاحلة والمعروفة بإمكانياتهما في إنتاج الحبوب، وخاصة القمح الصلب. وتم إجراء مختلف التجارب الزراعية في المزرعة التجريبية لجامعة معسكر في 2018-2019 والمزرعة التجريبية لإنتاج البذور في سبعين ITGC تيارت في 2020-2021 و 2021-2022. في البداية، أظهرت النتائج أن النباتات العشبية المرتبطة بالقمح الصلب الموجودة في معسكر وتيارت تتكون من 62 و 48 نوعا على التوالي، مع هيمنة الأنواع التي تنتمي إلى عائلة Asteraceae في منطقتي الدراسة. والعائلات السائدة الأخرى هي Poaceae، Brassicaceae، Boraginaceae و Fabaceae لمنطقة معسكر، و Fabaceae، Apiaceae، Papaveraceae و Brassicaceae لمنطقة تيارت. وفيما يتعلق بالتنوع الزهري لمخزون بذور التربة، تم تحديد 30 نوعا نباتيا مقسمة إلى 17 عائلة بمنطقة معسكر. وكانت العائلات الأكثر شيوعاً هي Asteraceae و Poaceae أظهر التحليل البيولوجي غلبة النباتات therophytes بنسبة 80% يليها النباتات hemicriptophytes و geophytes بنسبة 16.67% و 3.33% على التوالي. كانت كثافة بنك البذور مختلفة بشكل معنوي بين التربة السطحية ( 0-5 سم) والمتوسطة ( 5-15 سم) والعميقة ( 15-30 سم) وبلغ متوسط الكثافة 14776.08 (19.01%) و 36977.04 (47.59%) و 25943.06 بذرة م<sup>-2</sup> (33.4%) على التوالي. كان للروافع الزراعية المختلفة التي تم تنفيذها من خلال المعاملات أو الطرائق الثلاثة (M1، M2، M3) المكافحة الكيميائية، الحماية المستدامة، البذر الكاذب) تأثير كبير على الحشائش مقارنة بالمكافحة (M4). أدت طريقة الحماية المستدامة (M2) إلى تحسين السيطرة على الأعشاب الضارة عن طريق تقليل كثافتها وكتلتها الحيوية الجافة، وبالتالي تفضيل غالبية المعايير الخضرية والإنتاجية للقمح الصلب. مكنت هذه الطريقة من الحصول على محصول حبوب يقدر بـ 28.15 و 35.56 و 37.26 قنطار/هكتار على التوالي خلال المواسم 2018-2019 و 2020-2021 و 2021-2022. كما أظهرت طريقة الحماية المستدامة أفضل قيم لجودة حبوب حيث بلغت نسبة البروتين 14.88% والفوسفور 4.27 جم/كجم. ثانياً، أظهرت الدراسة المخبرية أن الزيت العطري لنبات *S. mole* له نشاط مبيد أعشاب ضد الأنواع الرئيسية من حشائش القمح الصلب الموجودة في منطقتي الدراسة. إنبات ونمو النباتات التالية الذكر *B.rigidus*، *C. vulvaria*، *S. marianum*، *A. sterilis* و *M. Indicus* انخفض بشكل ملحوظ. تم الحصول على تثبيط كامل لإنبات *B.rigidus* بتركيزات 0.02% و 0.03%.

**الكلمات المفتاحية:** الإدارة العقلانية، الحشائش، القمح الصلب، إزالة الأعشاب الضارة، المناطق شبه القاحلة، مخزون البذور، التأثير الأليلوباثي.

## **INTRODUCTION GENERALE**

---

## INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, la céréaliculture occupe une place stratégique dans les systèmes de production, surtout en zones semi-arides, à cause de leurs importances dans les habitudes alimentaires (Benniou *et al.*, 2016). Elle se concentre essentiellement selon ses exigences climatiques et géographiques dans les régions comprises entre l'isohyète 600 mm au nord et 300 mm au sud. La production céréalière y est dominante dans les hautes plaines intérieures caractérisées par des précipitations variables, des sécheresses fréquentes, des sols à faibles taux de matière organique, des taux de calcaires élevés, et une faible capacité de rétention en eau, ce qui réduit considérablement le choix des cultures (Lahmar, 2006).

Les céréales occupent 3 à 3.5 millions hectare soit environ 40% de la superficie agricole utile (SAU) (Benbelkacem, 2014), dont 23% destinée à la filière blés (bekkis *et al.*, 2022). La superficie emblavée annuellement en blés n'excède pas les 2 millions d'hectare avec une production moyenne de 2945842.60 tonnes (2010-2021). Pour la même période, le rendement moyen (16.20 qx/ha) demeure faible et oscille entre 11.5 (2017) et 20.43 (2018) qx/ha. Cependant, la production du blé dur ne couvre que 20 à 25 % des besoins nationaux (Chehili *et al.*, 2017). Les besoins nationaux en céréales, et en particulier les blés, sont d'environ 43.42 millions en 2019 (ONS, 2019), qui ne sont pas couverts par la production nationale. L'importation des produits céréaliers en Algérie représentent plus de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires. Ils occupent le premier rang (39.22 %) devant les produits laitiers (20.6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%) (Chehat, 2007).

La majorité des superficies emblavées en blé dur se situe sur les hautes plaines. Cette zone est caractérisée par une altitude assez élevée (800 à 1200 m), une pluviométrie et des températures soumises à des fortes variations intra et interannuelles, de fréquentes gelées printanières et par l'apparition de sirocco au stade de remplissage des grains qui affectent gravement les rendements (Benniou *et al.*, 2018). En effet divers stress environnementaux peuvent affecter le rendement du blé dur en Algérie. La faible production peut être associée à des facteurs abiotiques (chaleur, sécheresse, salinité, etc.) et biotiques (adventices, insectes, pathogènes, etc.) (Gyawali *et al.*, 2022).

D'autres facteurs influencent également les niveaux de production dont notamment le non maîtrise et le non amélioration de l'itinéraire de conduite. En effet, un important retard technique dans l'utilisation des différents procédés scientifiques dans les exploitations céréalières est constaté. Ce retard concerne aussi bien les biotechnologies récentes que les techniques conventionnelles connues pour l'élévation des niveaux des rendements (Chabane et Boussard, 2020). Les adventices sont l'un des principaux facteurs biotiques affectant dans la plupart des régions du monde. La perte du rendement globale du blé due aux adventices est estimée à 23 % (Oerke, 2006). En Algérie, la concurrence des adventices est importante, affectant considérablement la production agricole tant au niveau quantitatif que qualitatif et constitue un obstacle majeur au développement des cultures (Benniou *et al.*, 2016 ; Melakhessou et Bakkar, 2018).

Les herbicides chimiques constituent le principal moyen de lutte contre les adventices dans l'agriculture moderne (Harker et O'donovan, 2013). Ils représentent environ 60% du total des pesticides utilisés dans le monde (Duke et Dayan, 2018), pour un montant de vente estimé annuellement à 27 milliards de dollars américains (Kraehmer, 2012). La lutte chimique et notamment le désherbage précoce reste le moyen de lutte le plus efficace contre les espèces difficiles à combattre dans les céréales. Sans désherbage précoce, les inputs investis ne seraient pas bien rentabilisés (Bouhache *et al.*, 2000).

La résistance des adventices aux herbicides est devenue une préoccupation majeure. Cette situation est accentuée par l'adoption massive des cultures intensives basées sur les herbicides, ainsi que par l'utilisation de quelques ingrédients actifs pour contrôler les adventices sur de vastes étendues, année après année (Perotti *et al.*, 2020). Cette situation a engendré des effets toxicologiques sur l'environnement ainsi que sur la santé humaine (Jurado *et al.*, 2011). Par conséquent, la gestion des communautés des adventices est amenée à évoluer au cours de ces prochaines années avec une réduction probablement drastique du rôle des herbicides de synthèse dans de nombreux systèmes de culture. Il existe un certain nombre de pratiques culturales et d'adaptations agronomiques qui permettent, en les associant, d'obtenir des efficacités de désherbage satisfaisantes voire similaires à celles obtenues avec le désherbage chimique (Mahi *et al.*, 2019).



La gestion intégrée des adventices signifie l'examen attentif de toutes les techniques disponibles de lutte et l'intégration ultérieure de mesures appropriées qui découragent le développement des adventices et maintiennent les herbicides et autres interventions à des niveaux économiquement justifiés (Ferrell *et al.*, 2001). Aussi la réduction du recours aux herbicides peut être envisagée en exploitant l'allélopathie comme une alternative pour la gestion des adventices dans le domaine de la production agricole (Bhowmik, 2003). En effet l'allélopathie est une autre technique importante de lutte contre les adventices, respectueuse de l'environnement et utilisée avec succès dans différentes cultures (Shahzad *et al.*, 2021). Le mélange des plantes à effet allélopathiques dans le sol peut également donner de bons résultats dans un programme de gestion intégrée des adventices (Khan *et al.*, 2016).

La conception de solution de protection intégrée en céréaliculture est déterminante non seulement pour améliorer la production mais aussi pour limiter l'usage abusive des herbicides de synthèse. L'objectif global de cette étude étant la mise au point d'un système de gestion raisonnée des adventices sur blé dur. Dans ce contexte, le présent travail de recherche porte sur l'exploitation de quelques leviers agronomiques, pour le contrôle rationnel des adventices du blé dur. L'évaluer les effets des techniques culturales non chimiques sur la flore adventices associée et sur les paramètres de production dans les zones semi-arides de l'Algérie.

Vis à vis de notre objectif global nous avons déclinés les objectifs spécifiques suivants :

Dans un premier temps il s'agit de :

- (i) Déterminer la flore adventice associée au blé dur dans les conditions semi-arides (Mascara et Tiaret) ;
- (ii) Evaluer l'effet de quelques leviers agronomiques de lutte contre les adventices (densité et écartement entre les lignes de semis, faux semis, désherbage mécanique et chimique) sur la densité et la biomasse des adventices. Ainsi que la détermination de leur effet sur les composantes du rendement en blé dur ;
- (iii) Etudier la dynamique pluriannuelle de la flore adventice du stock semencier dans la région de Mascara ;
- (iv) Evaluer l'effet des leviers agronomiques de lutte contre les adventices sur l'expression des différentes caractéristiques de qualité du grain de blé dur ;

- (v) Dans un second temps, il s'agit d'évaluer l'effet allélopathique de l'huile essentiel du faux-poivrier *Schinus molle* sur la germination et la croissance des principales espèces d'adventices du blé dur.

La thèse est structurée en cinq chapitres. Le premier chapitre est dédié aux caractéristiques du model biologique étudié : le blé dur, en insistant sur les exigences et la conduite culturale en Algérie. Le second chapitre s'intéresse aux généralités sur les adventices des céréales, en mettant l'accent sur les aspects biologiques et les méthodes et moyens de lutte. La méthodologie appliquée pour l'étude des différents leviers agronomiques nécessaires pour la mise au point d'un système de gestion raisonnée des adventices du blé dur, est exposé dans le troisième chapitre. Les résultats obtenus et leur discussion sont traités respectivement dans le quatrième et cinquième chapitre. Enfin il est question de la conclusion générale et des perspectives de recherche.

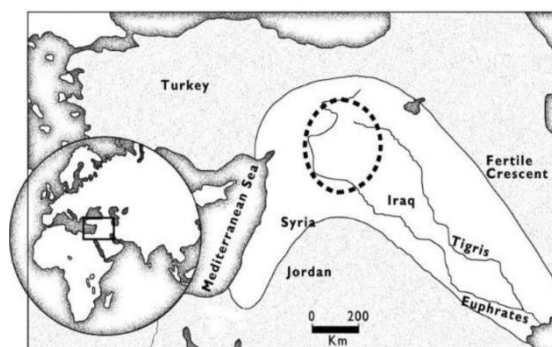
## **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## CHAPITRE 1 : CARACTERISTIQUES DU MODEL BIOLOGIQUE : LE BLE DUR *Triticum durum* Desf.

Dans le present chapitre il est question de la presentation du model biologique étudié, le blé dur. D'abord il est donné un aperçu sur l'origine du blé dur, puis son importance économique dans le monde et en Algérie, on y precisons les zones de productions. Puis il est question de ses caracteristiques biologiques et botaniques. Il est ensuite abordé l'ensemble des aspects liés aux exigences culturales et enfin un aperçu est donné sur la conduite culturale.

### 1.1.Historique et origine géographique

*Triticum durum* L. est l'une des espèces vitales la plus ancienne et la plus cultivée au monde, domestiqué il y a plus de 10 000 ans avant Jésus-Christ dans le Croissant fertile du Proche-Orient (Reynolds et Braun, 2022). Elle fut également cultivée durant la période de la « révolution néolithique », qui a vu une transition de la chasse et de la cueillette de nourriture à l'agriculture et l'élevage (Shewry, 2009). La zone de culture du blé dur s'étend de 67° N en Scandinavie et en Russie à 45° S en Argentine, en passant par les régions élevées tropicales et subtropicales (Feldman, 1995). D'après les archéologues, il y a environ 2 500 ans que le blé dur est devenu une culture majeure dans le bassin méditerranéen (Feldman et Millet 2001). La région du Croissant fertile (Palestine, Jordanie, Liban, Syrie, sud-est de la Turquie, nord de l'Irak et ouest de l'Iran) est connue comme étant le centre d'origine des espèces de blé et de blé sauvage (Muminjanov et Karagöz, 2018) (Figure 1). L'Afrique du Nord est considérée comme l'un des principaux centres secondaires d'origine du *Triticum durum* (Abdelguerfi et Laouar, 2000).



**Figure 1.** Carte de le Croissant fertile illustrant le centre d'origine du *Triticum durum* (Lev-Yadun sensu *et al.* 2000)

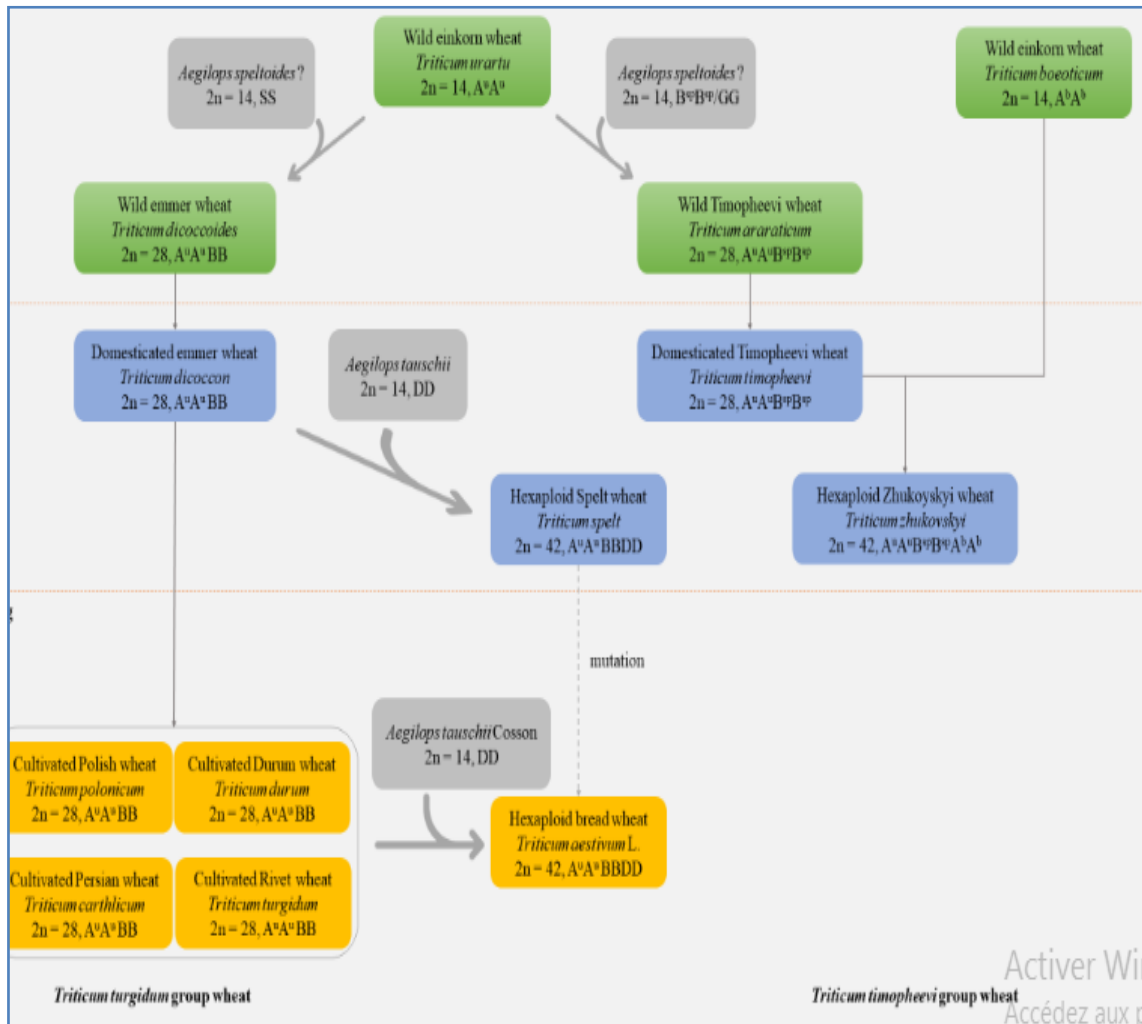
## 1.2. Origine génétique

Les blés cultivés sont issus de quatre types de génomes de base, A, B, G et D (Zhao *et al.*, 2021). On distingue des espèces diploïdes telles que l'engrain ou petit épeautre (*Triticum monococcum*), des espèces tétraploïdes comme l'amidonnier (*T. turgidum*) et des espèces hexaploïdes (*T. aestivum*) (Bonnot, 2016). La formation de ces espèces de blé a impliqué plusieurs étapes de polyploïdisation et de domestication (Figure 2). *Aegilops speltoides* est un donneur de plasmon pour toutes les espèces de blé polyploïde (Goncharov *et al.*, 2008).

Le blé allotétraploïde *T. turgidum* ( $2n=4x=28$ , BBAA) est issu d'événements d'hybridation entre deux progéniteurs diploïdes classés dans les genres *Aegilops* et *Triticum*. Le génome B, dérive d'*Aegilops speltoides* ( $2n=14$ , BB) alors que le génome A est issu d'un blé diploïde *T. urartu* ( $2n=14$ , AA). Cette hybridation a été à l'origine de l'espèce tétraploïde *T. turgidum* ( $2n=28$ , AABB) à laquelle appartient le blé dur ou blé à macaroni *T. turgidum ssp. Turgidum conv. Durum* (Rolland *et al.*, 2014 ; Zhao *et al.*, 2021).

Les premières espèces domestiquées du blé sont l'engrain *T. monococcum* ( $2n=2x=14$ , A<sup>m</sup>A<sup>m</sup>) et l'amidonnier *T. turgidum ssp. dicoccum* ( $2n=4x=28$ , BBAA), qui sont à l'origine de l'engrain sauvage *T. boeoticum* ( $2n=2x=14$ , A m A m) et de l'amidonnier sauvage (BBAA), respectivement (Charles, 2010).

En Algérie, il existe plusieurs espèces et taxons du genre *Triticum* : pour les tétraploïdes (4X) *T. dicoccum*, *Triticum durum*, *T. polonicum*, *T. turgidum*, *T. vulg. oasisicum* L.D. et pour les hexaploïdes (6X) *T. vulgare* (*T. aestivum*), *Triticum speltasaharae* L.D., *T. pyramidale* (Ducellier, 1930).



**Figure 2.** Schéma d'événement de domestication évolutive des blés (Yang *et al.*, 2022)

### 1.3. Importance économique dans le monde et en Algérie

#### 1.3.1. Dans le monde

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays méditerranéens dont l'Algérie. Elles occupent une superficie moyenne de 728 millions d'hectare (Figure 3), avec une dominance des blés, du maïs et du riz (FAO, 2020). Pour la campagne 2020/2021, la production mondiale de céréales était de 2.9 milliards de tonnes.

Le maïs, le blé et le riz détiennent 89.9 % de la production de céréales dans le monde. Les prévisions de la FAO pour l'année 2023 sont de 2.8 milliards de tonnes (FAO, 2023).

Les pays en développement représenteront 84 % de la hausse prévue de la consommation mondiale (OCDE, 2018). A titre indicatif, la demande des céréales en Algérie a été multipliée par 2 en espace d'un demi-siècle, en particulier pour le blé (Chabane et Boussard, 2012).

Le blé est une source de nutriments de base pour environ 40 % de la population mondiale (Giraldo *et al.*, 2019). Il est l'un des trois grandes céréales qui constituent une composante majeure de l'alimentation humaine, avec le riz et le maïs. Ces trois dernières espèces représentent près de la moitié des calories alimentaires mondiales et les deux cinquièmes de l'apport en protéines (Reynolds et Braun, 2022). 75 % des débouchés mondiaux du blé dur sont utilisés pour fabriquer des pâtes de façon industrielle (Arvalis, 2021).

Selon Geren (2021), durant l'année 2019, la production mondiale de blé a atteint plus de 732 millions de tonnes pour une superficie récoltée de 214.7 millions d'hectares, ce qui représente 5% de la production totale des blés. Les principaux pays producteurs de blé sont l'Union Européenne, la Chine, l'Inde, la Russie et les États-Unis. Ces pays réalisent plus des 2/3 de la production mondiale de blé (IGC, 2023).



**Figure 3.** Evolution de la production, de l'utilisation et des stocks de céréales dans le monde (FAO, 2023)

### 1.3.2. En Algérie

L'Algérie est considérée comme l'un des cinq principaux importateurs de blé à côté de l'Égypte, l'Indonésie, le Brésil et le Japon (OCDE, 2018). Les emblavures de céréales

occupent 3 à 3.5 millions ha soit environ 40% de la superficie agricole utile (SAU) (Benbelkacem, 2014), dont 23% destinée à la filière blé (18% pour le blé dur et le reste, soit 5% pour le blé tendre) (Bekkis *et al.*, 2022). Cependant, la production du blé dur ne couvre que 20 à 25 % des besoins nationaux (Chehili *et al.*, 2017). Les habitudes alimentaires algériennes (pâtes, pain, couscous et frik) font de lui un grand consommateur de cette denrée (Benbelkacem *et al.* 1995).

Le tableau 01ci-dessous illustre l'évolution de la production des blés en Algérie depuis 2010 à 2021. La superficie emblavée annuellement n'excède pas les 2 millions d'hectare avec une production moyenne de 2945842.60 tonnes (2010-2021). Pour la même période, le rendement moyen (16.20 qx/ha) demeure faible et oscille entre 11.5 (2017) et 20.43 (2018) qx/ha. D'autre part le volume annuellement produit en semences réglementaires (certifiés et ordinaires) est insuffisant et ne couvre que de 30% en moyenne des besoins nationaux en semences (Bekkis *et al.*, 2022). Les besoins nationaux en céréales, et en particulier en blé, ne cessent d'augmenter à cause de l'accroissement démographique, elles sont d'environ 43.42 millions en 2019 (ONS, 2019). La majorité des superficies emblavées en blé dur se situe sur les hautes plaines. Cette zone est caractérisée par une altitude assez élevée (800 à 1200 m), une pluviométrie et des températures soumises à des fortes variations intra et interannuelles, de fréquentes gelées printanières et par l'apparition de sirocco au stade de remplissage des grains qui affectent gravement les rendements (Benniou *et al.*, 2018).



**Tableau 1.** Evolution de la production des blés en Algérie, pour la période 2010-2021.

Année	Superficie (ha)	Rendement (Qx/ha)	Production (t)
2010	1755728	14.83	2605178
2011	1672431	17.40	2910890
2012	1945776	17.64	3432231
2013	1727242	19.10	3299049
2014	1651311	14.75	2436197
2015	1814722	14.64	2656731
2016	2062179	11.83	2440097
2017	2118469	11.50	2436503
2018	1948402	20.43	3981219.15
2019	1974987	19.63	3876876
2020	1848083	16.81	3106754
2021	1368702	15.84	2168386
Moyenne	1824002.67	16.20	2945842.60

Source (FAO, 2023)

### 1.3.2.1. Principales variétés homologuées

En Algérie, 173 variétés de céréales autogames sont homologuées par le centre national de contrôle et de certification des semences et plants (CNCC) dont : 50 BT (*Triticum aestivum* L.), 60 BD (*Triticum durum* Desf) (Tableau. 2), 31 Orge (*Hordeum vulgare* L.), 20 Triticale (*Triticosecale* Wittm) et 12 variétés d'Avoine (*Avena sativa* L) (DFRV, 2021).

La précocité au stade épiaison est une composante importante d'esquive des stress de fin de cycle chez le blé dur. C'est pourquoi, l'adoption de variétés à cycle relativement court est nécessaire dans les régions arides à semi-arides compte tenu de la distribution temporelle des précipitations (Mekhlouf *et al.*, 2006).

**Tableau 2.** Liste des variétés de blé dur autorisées à la production et à la multiplication en Algérie

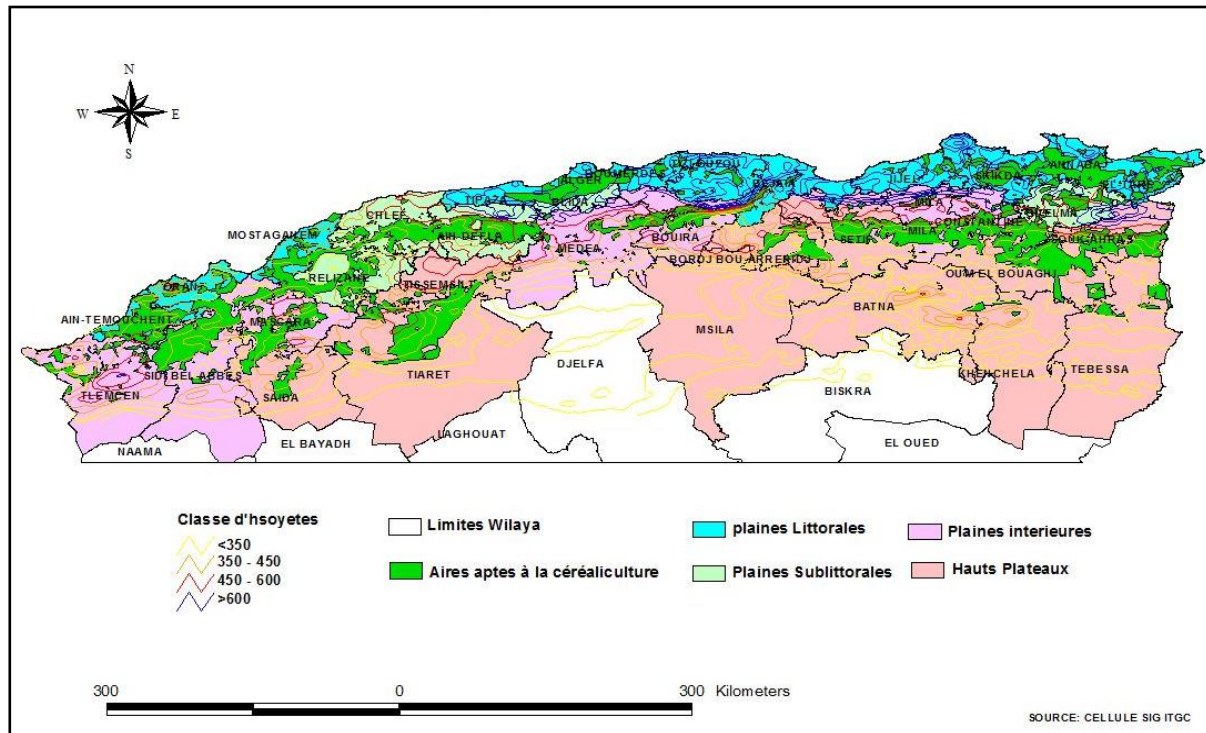
Ain Lehma	Iride
Anco Marzio	Kebir
Antalis	Maestral
Ardente	Mansourah
Belikh 02	Massinissa
Benchicao	Megress
Bidi 17	Mimmo
Bolenga	Mohamed Ben Bachir
Boussallem	Odisseo
Boutaleb	Ofanto
Calo	Orjaune
Cannizzo	Oued El Bared
Capeiti (Aribs)	Oum Rabi
Carioca	Poggio
Cham 3	Polonicum
Chen'S	Prospero
Ciccio	Saoura
Cirta	Saragolla
Colosseo	Sebaou
Core	Setifis
Durbel	Simeto
Eider	Targui
Gloire de Rahouia (Gloire de Montgolfier)	Taslemt (Langlois 1527)
Grecal	Tassili
Gta dur	Vitron
GuemgoumR'khem	Waha
Hedba 03	Wahbi
Bibans	Oued Zenati
Karim	Sahel
Marakas	Zibans

A titre indicatif les variétés Chen'S (utilisée dans la présente étude), Waha et Vitron sont les plus cultivées dans le nord-ouest de l'Algérie et en particulier dans la région de Mascara. D'après les travaux de Kirouani *et al.* (2019), portant sur la caractérisation de 14 variétés de blé dur, les variétés Waha et Vitron sont dites précoces (cycle en 93 jours) alors que le blé dur Chen'S est semi-précoce ayant une durée de la phase végétative allant de 95 à 102 jours.

### **1.3.2.2. Les zones céréalières en Algérie et les principales contraintes de production**

La céréaliculture se concentre essentiellement selon ses exigences climatiques et géographiques dans les régions comprises entre l'isohyète 600 mm au nord et 300 mm au sud. On observe quatre grandes zones agro-climatiques de production de céréales en Algérie (Feliachi, 2000), cultivées principalement sous régime pluvial et qui diffèrent en fonction de la pluviométrie (Figure 4) :

- ✓ Une zone à faible potentialité : localisé dans le sud des Hauts Plateaux (zone agropastorale), 1 800 000 ha, pluviométrie inférieure à 450 mm et rendement de 5-6 qx/ha;
- ✓ Une zone steppique : pratiquée dans un écosystème fragile, avec une superficie de 300 000-800 000 ha ;
- ✓ Une zone saharienne dont un espace représenté par le système traditionnel (35000 ha) et un autre espace occupé par la céréaliculture sous pivot couvrant une superficie de 10000 ha, localisée en zones semi arides et arides ;
- ✓ Et une zone à haute potentialité localisée entre les plaines littorales et sublittorales et le nord des Hauts Plateaux, occupe une superficie de 1 200 000 ha, la pluviométrie est comprise entre 450 et 800 mm (relativement bien distribuée), et le rendement moyen est de 10-15 qx/ha.



**Figure 4.** Les zones de production céréalières en Algérie (ITGC, 2023).

La production céréalière est fortement dépendante des conditions climatiques. Les projections climatiques de l'avenir indiquent que l'Algérie va éventuellement subir encore plus des variations importantes des hausses des températures et des baisses conséquentes des précipitations. En effet, une prédiction de chute des rendements céréaliers de 6 à 14% est envisagée à cause des conséquences de réchauffements climatiques et des pénuries d'eau (Chabane et Boussard, 2012). Le déficit et souvent la mauvaise répartition annuelle des précipitations, dans l'espace et dans le temps, expliquent en grande partie la fluctuation annuelle de la production céréalière en Algérie, étant conduite presque exclusivement en mode pluviale et localisée essentiellement dans les zones arides et semi-aride, connues pour leurs faibles ressources en eau (Djermoun, 2009 ; Benmehaia *et al.*, 2020). Le non maitrise et le non amélioration de l'itinéraire de conduite, est aussi un facteur limitant l'amélioration des niveaux de production. En effet, un important retard technique dans l'utilisation des différents procédés scientifiques dans les exploitations céréalières est constaté. Ce retard concerne aussi bien les biotechnologies récentes que les techniques conventionnelles connues utilisées dans plusieurs nations pour l'élévation des niveaux des rendements (Chabane et Boussard, 2012).

## 1.4. Caractéristiques botaniques du blé dur

### 1.4.1. Classification botanique

*Triticum. Durum* est une espèce monocotylédone appartenant à la famille des Poaceae de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. D'après Cronquist (1981) et Feillet, (2000) la taxonomie du blé dur comme suit :

Règne :Plantae	Sous classe : Commelinidae
Sous règne :Tracheobionta	Ordre :Cyperales
Super division : Spermatophyta	Famille :Poacée
Division :Magnoliophyta	Sous-famille : Pooideae
Classe : Liliopsida	Genre :Triticum
	Espèce : <i>Triticumdurumssp durum</i>

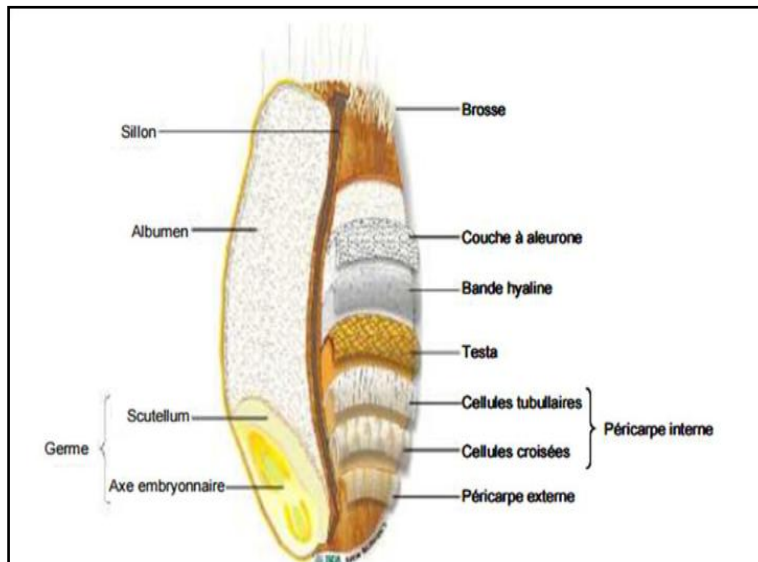
### 1.4.2. Caractéristiques morphologiques

#### 1.4.2.1. Le grain

Le grain du blé est un caryopse et un fruit sec indéhiscent ayant une longueur de 5 à 9 mm et un poids de 35 à 50 mg (Khalid *et al.*, 2023)(Figure 5). La face dorsale (par rapport à l'axe de l'épillet) est doucement arrondie, tandis que la face ventrale est fendue par un sillon profond dans le grain. L'embryon ou germe est situé au point d'attache de l'axe de l'épillet, et le sommet est garni de petits poils fins (Gonde, 1986 ; Curtis *et al.*, 2002). Il est constitué de 3 grandes parties : les enveloppes 14%, l'albumen 83% et le germe 3%.

Selon Anderson et Garlinge (2000) l'albumen est le plus important compartiment du grain et il fournit l'énergie nécessaire à la germination, il constitue la réserve d'amidon et de protéines. Le germe représente la zone du grain où l'humidité et la concentration en lipides sont les plus élevées (Pomeranz, 1988). Il est pourvu de six enveloppes qui représentent de 13 à 17 % de la graine et comprennent : l'épiderme du nucelle, le tégument séminal ou testa, les cellules tubulaires, les cellules croisées, le mésocarpe et l'épicarpe (Feillet, 2000).

L'analyse chimique du grain de blé montre qu'il contient tous les nutriments essentiels dont 12% d'eau, 60–80% de glucides sous forme d'amidon, 8–15% de protéines, 1.5–2% de minéraux, des vitamines (comme le complexe B, la vitamine E) et 2.2 % de fibres brutes (Al-Khayri *et al.*, 2019). Selon Arvalis (2021) la teneur en protéines du blé dur est relativement élevée est identique à celle des blés tendres améliorants et supérieure à celle des blés tendres meuniers (10 à 12%).



**Figure 5.** Coupe longitudinale du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

#### 1.4.2.2. L'appareil végétatif

##### 1.4.2.2.1. Le système racinaire

Le système racinaire monocotylédone du blé (*Triticum sp.*) est composé de deux types de racines, séminales (embryonnaires) et adventives (nodales ou coronaires). Le système de racines séminales se développe en premier et comprend la racine primaire (ou radicule). Ces racines sont d'origines embryonnaires associées dans le grain aux différentes parties de l'embryon. Une racine principale résultant de l'allongement de la radicule, et deux paires de racines séminales latérales se développent au niveau du nœud scutellaire de l'hypocotyle embryonnaire (Golan *et al.*, 2018). Ces racines, composées exclusivement de tissus primaires, assurent l'alimentation de la plantule jusqu'à l'étape du tallage. Le système secondaire (racines adventives) est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage qui se forme dès le tallage et se substitue parallèlement au système séminal (Hamadache, 2001).

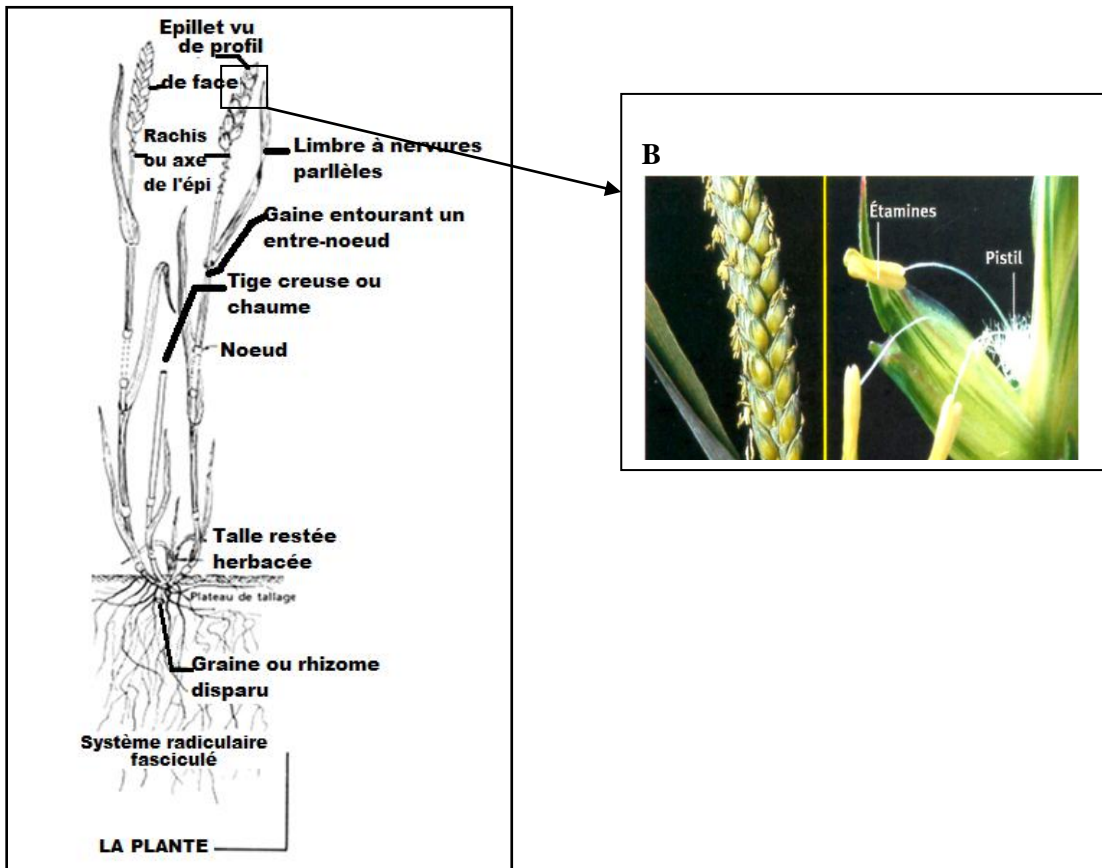
#### **1.4.2.2.2. Le système aérien**

L'appareil aérien est constitué d'un certain nombre d'unités correspondant aux talles, qui émergent d'une zone située à la base de la plante et appelée plateau de tallage. Chaque talle, après un développement complet de la plante, est constituée d'une tige et de feuilles, portant à son extrémité une inflorescence. La tige ou chaume acquiert sa caractéristique de tige uniquement au début de la montaison. Au départ, elle est pleine, mais ensuite elle devient creuse, à l'exception des nœuds qui restent pleins (Clément-Grandcourt et Prat, 1970 ; Moule, 1971).

La feuille, composée d'une gaine et d'un limbe, sort de chaque nœud de la tige. La ligule est un prolongement en forme de collet qui s'étend vers le haut à partir de la jonction du limbe et de la gaine. Les stipules ou oreillettes sont des appendices qui enferment ou encerclent la tige, poilue et courte avec un bout pointu. La gaine et limbe (plus ou moins poilus) sont couverts de poils courts et fins. La ligule est de longueur moyenne et les limbes à environ 12 nervures secondaires tordues dans le sens horaire (Arvalis, 2021).

#### **1.4.2.3.L'appareil reproducteur**

Chez le blé tétraploïde, L'inflorescence se présente sous forme d'un épi porté par le rachis. L'unité de base de l'inflorescence est l'épillet, c'est une courte branche indéterminée avec deux bractées stériles proximales, avec environ 15 à 25 épillets par épi. Chaque épillet est une petite grappe contenant 3 à 4 fleurs fertiles, entourées de leurs deux glumelles (inférieure et supérieure). Ces fleurs sont incluses dans deux bractées ou glumes (inférieure et supérieure). Chaque fleur, dépourvue de pétales, est entourée de deux glumelles et contient deux parties stériles appelées glumellules, situées à la base des organes sexuels. Elle comprend également trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux (Debernardi *et al.*, 2020). Les fleurs sont hermaphrodites, le blé étant une plante autogame (Figure 6) (Lee *et al.*, 2009).



**Figure 6.** Morphologie générale de blé (A), avec (B) épi et fleur (Soltner, 2005, modifiée)

## 1.5. Caractéristiques biologiques du blé dur

Le cycle biologique du blé, comme les autres cultures céréalières à paille, est annuel et réparti en 2 périodes principales successives, l'une végétative et l'autre reproductrice (Soltner, 2016). La durée de chaque phase de développement dépend essentiellement du génotype, de la température, de la longueur du jour et de la date de semis (Curtis *et al.*, 2002). Le cycle complet s'étend généralement de 250 à 280 jours (Clément-Grandcourt et Prats, 1971).

### 1.5.1. La période végétative

La durée du stade végétatif peut varier de 60 à 150 jours selon la date de semis et le génotype, elle s'étale de la levée à la montaison (Soltner, 2016).



### 1.5.1.1. La phase germination- levée

Les graines de blé ont besoin d'un taux d'humidité de 35 à 45 % pour pouvoir germer (Feng *et al.*, 2021). L'embryon (germe) donne naissance à la radicule et au scutellum. La germination est considérée comme complète dès que la radicule émerge une longueur d'au moins 2 mm de la graine (Celestina *et al.*, 2023). La coléoptile pénètre dans le sol et entraîne l'émergence de la plantule (Paulsen, 1997). L'apparition de la première feuille à la surface du sol symbolise le stade levée (Simon *et al.*, 1989) (Figure 7).



**Figure 7.** Stade levée du blé dur (variété chen's).

### 1.5.1.2. Le tallage

Le tallage joue un rôle crucial pour contrôler le rendement en graines de blé dur, étant donné qu'il influence directement le nombre d'épis et de tiges (Lecarpentier *et al.*, 2019). Le mètre-brin se ramifie à partir de la première talle qui émerge à l'aisselle de sa première feuille. D'autres talles primaires se forment ensuite à l'aisselle du 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> feuille du mètre-brin. Cette zone de ramification est appelée le plateau de tallage. C'est à ce stade que les racines adventives commencent à apparaître, ce sont des racines de tallage, également connues sous le nom de racines coronales (Hamadache, 2001).

Parmi toutes les talles qui se forment, certaines ne sont pas fertiles et n'atteignent pas la maturité lors de la phase de floraison. Cependant, les talles infertiles peuvent parfois contribuer à l'alimentation continue des tiges qui portent les grains (Gooding, 2009).

### **1.5.1.3.Montaison – gonflement**

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1 cm, par l'élongation du premier entrenœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maître atteint 1 cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage (Gate, 1995).

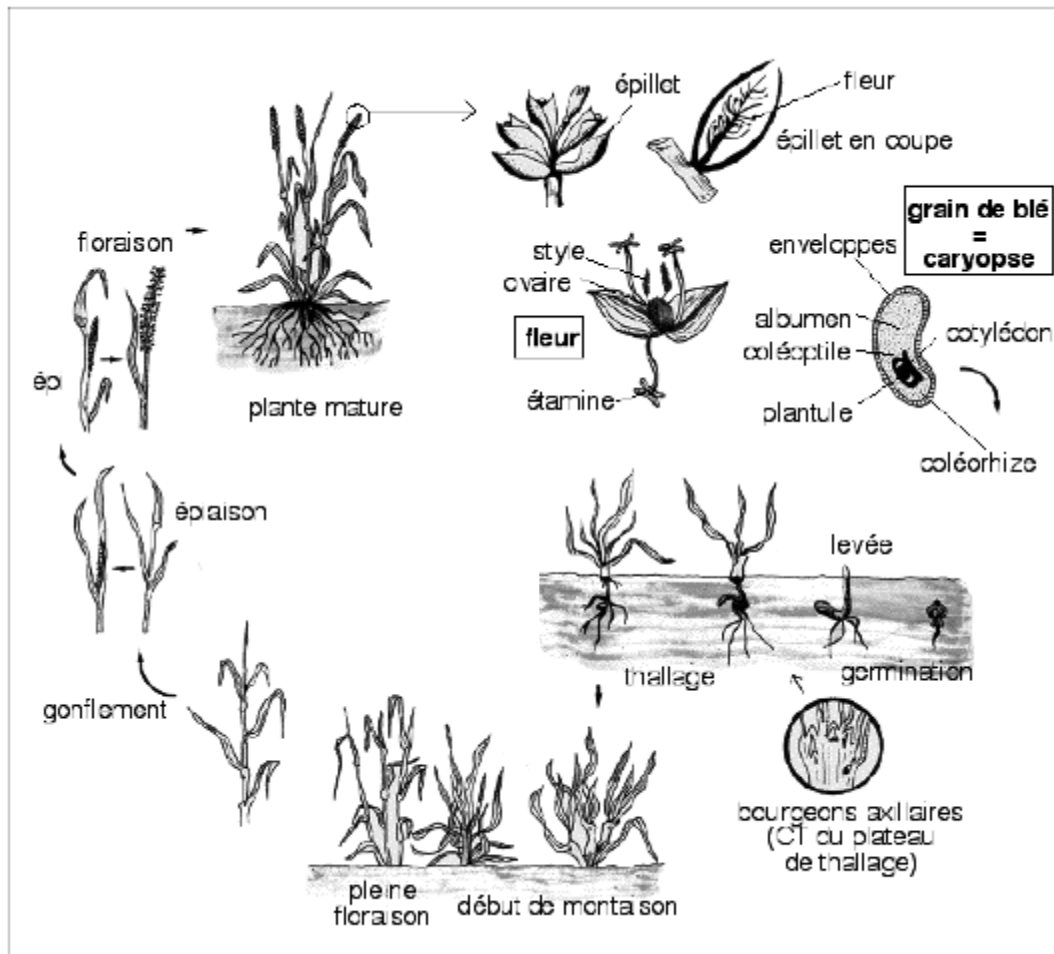
## **1.5.2. La période reproductrice**

### **1.5.2.1.Epiaison- floraison**

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli *et al.*, 2005). La floraison s'observe à partir du moment où quelques étamines sont visibles dans le tiers moyen de l'épi, en dehors des glumelles. Quand les anthères apparaissent, elles sont jaunes, après exposition au soleil, elles deviennent blanches à ce moment-là, la fécondation est accomplie, le grain de pollen des blés est monoporé et sa dispersion est relativement faible. Le nombre de fleurs fécondées dépend de la nutrition azotée et d'une évapotranspiration modérée (Soltner, 1988).

### **1.5.2.2.Remplissage du grain**

La maturité physiologique est atteinte lorsque le grain a accumulé sa plus forte teneur en matière sèche, qu'il a endurci et changé de couleur. Le grain contient généralement entre 30 à 35 % d'eau à la maturité physiologique. Les protéines présentes dans le grain proviennent de l'azote précédemment accumulé dans les feuilles, tandis que la plupart de l'amidon provient des sucres produits par la photosynthèse pendant la période de remplissage du grain (Edwards, 2010). La figure 8 ci-dessous illustre les différents stades biologiques du blé dur.



**Figure 8.** Cycle phénologiques du blé (Stouff, 2002).

### 1.6.Exigence agroécologique du blé dur

Le blé est cultivé dans une large gamme de conditions climatiques et de sols (Al-Khayri *et al.*, 2019). Il s'adapte bien à une texture du sol moyennement lourde et bien drainés, alors qu'il se comporte très bien dans les sols limoneux et argileux (Geren, 2021). Les besoins hydriques de la culture du blé sont variables avec une moyenne de 550 mm. Ils sont faibles, de l'ordre de 480 mm, pour les variétés précoces, et plus élevés, environ 630 mm, pour les variétés tardives (Mbarek et Boubaker, 2017).

Les besoins thermiques sont importants et varient selon les variétés de 1800 à 2400 °C/jours. Le zéro végétatif est voisin de 0 °C. La germination peut se produire à une température variant de 4 à 37 °C avec un optimum de 12 à 25 °C. A une faible température, inférieure ou égale à 4 °C, la germination est très lente (Mbarek et Boubaker, 2017).

Le blé a besoin d'une température de 8 à 10 °C au début de son développement. Entre le tallage et l'élongation de la tige, une température de 10 à 15 °C est suffisante (Geren, 2021).

Le blé dur est très sensible à la salinité par rapport au blé tendre (Munns et Tester, 2008). Des études de la tolérance à la salinité du blé dur montre que le NaCl diminue la croissance des plantes entières, retarde l'émergence des nouvelles feuilles et limite l'accumulation de K<sup>+</sup> et Ca<sup>2+</sup> dans ces organes (Bouaouina *et al.*, 2000).

## **1.7. Aperçu sur la conduite du blé dur en Algérie**

### **1.7.1. Le travail du sol**

D'une façon générale, les travaux du sol débutent par un labour profond qui est réalisé, tous les quatre ans, à l'aide d'une charrue à soc ou à disque à traction mécanique. Il permet de faire retourner le sol à une profondeur variant de 30 à 40 cm (Mbarek et Boubaker, 2017). La reprise du labour est une opération se fait après le labour par l'utilisation des outils à dents (Cover crop ou cultivateur) afin de diminuer le volume des mottes et mélanger les débris végétaux (ITGC, 2013). Ensuite intervient la préparation du lit de semences qui consiste en un ensemble d'opérations de travail du sol superficiel (5 à 10 cm). Ils sont réalisés à l'aide d'outils attelés à dents (cultivateurs légers), à pointes (herse) ou à disques (pulvérisateurs, vibroculteur) juste avant le semis (ITGC, 2021). L'objectif des travaux superficiels est d'émietter les mottes superficielles, niveler le sol, ameublir la couche superficielle du sol, détruire les mauvaises herbes et préparer le lit de semence.

### **1.7.2. Le semis**

La densité de semis, ou nombre de grains/m<sup>2</sup>, varie selon l'espèce, la variété et la zone bioclimatique. Le poids de 1000 grains est tributaire de l'espèce, il varie généralement de 40 à 50 g pour le blé dur (Mbarek et Boubaker, 2017). Le peuplement en sortie d'hiver (plante/m<sup>2</sup>) est l'un des principaux déterminants du rendement, c'est pourquoi il faut calculer la densité de semis. Elle se raisonne en fonction de la date de semis, du type de sol et des conditions de semis. Selon Sicard *et al* (2019), la densité de semis se calcule en tenant compte du poids de mille grains (PMG), de la perte attendue entre le semis et le tallage et de la faculté de germination de la variété à semer, en particulier pour les semences de ferme.

Comme le blé dur est fortement pénalisé par des défauts de peuplement à la levée, en raison notamment de sa sensibilité à la sécheresse, il convient donc d'augmenter les peuplements en plantes de l'ordre de 15 %.

$$DS \text{ grammes/ha} = \frac{[DL + DL \times (1 - FG)] \times PMG}{1000}$$

L'institut du végétal Arvalis (2022) et l'ITGC (2011) proposent les formules simplifiées de calcul de la dose de semis respectivement comme suit :

$$DS \text{ kg/ha} = \frac{DL \times PMG}{100}$$

$$DS \text{ kg/ha} = \frac{(PMG \times DP)}{FG}$$

Avec :

**DS** : dose de semis ; **DL** ou **DP**: densité de levée en grains/m<sup>2</sup> ou de plants (plants/ m<sup>2</sup>) souhaités ; **FG** : faculté germinative, en % ou à exprimer sous forme décimale entre 0 et 1, par défaut 0.95 ; **PMG** : poids de mille grains, en grammes.

En Algérie, selon l'ITGC, (2021), il est recommandé de semer en ligne avec un semoir mécanique préalablement réglé à une densité de 300-350 grains/m<sup>2</sup> pour blé tendre et 350-400 pour le blé dur avec un écartement entre les lignes de semis de 18 à 20cm et une profondeur de 02 à 2.5cm. La densité du peuplement peut varier en fonction de la pluviométrie. En effet, le peuplement est de 300-350 grains/m<sup>2</sup> pour les zones à 600 mm, 250-300 grains/m<sup>2</sup> pour les zones recevant 400 à 600 mm et 200 à 250 grains/m<sup>2</sup> pour les zones recevant seulement 400 mm (ITGC, 2011). Néanmoins selon les travaux de Benlakehal *et al.* (2013), une densité de 250 grains/m<sup>2</sup> serait suffisante pour une amélioration des performances du blé dur.

Arvalis (2014), précise que des densités comprises entre 200 à 300 grains/ m<sup>2</sup> permettent les meilleurs rendements.

La période optimale de semis se situe entre mi-novembre et mi-décembre. Toutefois c'est le type de sol, la date et les conditions de semis qui déterminent la densité de semis optimale.

### 1.7.3. La fertilisation minérale

Dans les conditions de culture où l'eau n'est pas un facteur limitant, la satisfaction des besoins en éléments nutritifs des céréales, en particulier en macro-éléments (N, P, K), est indispensable pour l'obtention de rendements satisfaisants. Outre l'azote, le potassium, le magnésium et le soufre ainsi que les oligo-éléments jouent un rôle prépondérant dans la productivité quantitative et qualitative du blé dur. Cependant, les apports doivent principalement se faire en tenant compte des exigences de la culture (espèce et variété), du précédent cultural et du statut des éléments dans le sol. A titre indicatif, Mccoy (2002) précise que le total des besoins en éléments nutritifs retirés pour chaque 2 tonnes/ha de blé est approximativement de 42 kg d'azote, 9 kg de phosphore, 10 kg de potassium et 2.5 kg de soufre.

Parmi les macroéléments, l'azote est crucial pour la croissance et le développement du blé dur. En effet cette culture est exigeante en azote pour l'élaboration de sa qualité (Arvalis, 2021). La gestion efficace des engrais azotés peut favoriser l'accumulation de matière sèche et l'augmentation de la teneur en azote dans les graines de blé (Li *et al.*, 2012) (Figure 9). Au stade semis et avant le tallage, les besoins de la culture en azote sont très limités. Trois apports équivalents, chacun de 50 U/ha d'azote, devraient être effectués dont le premier est au stade début du tallage, le second est stade montaison et le dernier est stade floraison épiaison (Mbarek et Boubaker, 2017).

En Algérie, l'ITGC (2011) a établie les besoins en unités fertilisantes N.P.K selon le potentiel des différentes zones de production céréalières et en fonction des objectifs de rendement. Ainsi pour produire 01 quintal de blé dur, l'ITGC recommande d'apporter 3.5 unités de N, 1.5 unité de P et 1.8 unité de K.

#### **1.7.4. Le désherbage chimique**

En Algérie, l'INPV (2010) recommande le choix d'herbicides sélectifs homologués en tenant compte du stade de développement des céréales et des adventices présents.

Le désherbage chimique précoce s'effectue entre le stade 03 feuilles et la fin du tallage et au stade plantule de l'adventice. Le choix de l'herbicide à utiliser doit prendre en considération le type biologique des adventices. Ainsi on retrouve des herbicides anti-graminées (ou anti- monocotylédones), des herbicides anti-dicotylédones et enfin des les herbicides polyvalentes ou doubles actions (INPV, 2023).

#### **1.7.5. L'irrigation d'appoint**

Les cumuls pluviométriques, sous lesquels la culture du blé dur est produite, oscillent entre un minimum de 170 mm à un maximum de 450 mm (Mekhlouf *et al.*, 2006). L'insuffisance des précipitations et leur irrégularité intra et interannuelle compromettent fortement les rendements notamment dans les zones semi-arides et arides. Dans le cas d'un déficit pluviométrique, le recours à l'irrigation d'appoint s'avère indispensable, pour améliorer et stabiliser les rendements des céréales. Les apports d'eau doivent être optimisés en fonction des besoins des différents stades phénologiques de la culture, en ciblant notamment les stades les plus sensibles comme la période de reproduction (Mouhouche et Bourahla, 2007). En effet, la phase post floraison jusqu'au stade maturité physiologique nécessite une bonne alimentation hydrique pour assurer le remplissage des grains d'une part et limiter l'échaudage d'autre part (Belaid, 2015).

#### **1.7.6. Le stade de récolte**

La récolte du blé dur intervient lorsque la paille et la tige deviennent jaunâtres et que les grains se détachent facilement par frottement de l'épi entre les mains. Le taux d'humidité relative de la graine atteint 14 % et après la récolte, le blé doit être bien conservé et traité pour éviter la dégradation de sa qualité (Kaci, 2002). En Algérie, la période de récolte diffère selon les variétés et la région, elle s'effectue habituellement entre juin et juillet pour les blés (DFRV, 2021).



### 1.7.7. Aperçu sur les principaux bio agresseurs des céréales en Algérie

En Algérie les céréales, le blé en particulier, sont sujets aux attaques de plusieurs ravageurs et maladies tant au champ que pendant le stockage. Durant la phase de germination-levée, les nématodes phytoparasites (ex : *Heterodera avenae*) et les vers blancs (*Geotrogus sp*) causent d'énormes dégâts aux emblavures des blés (Rahim *et al.*, 2020 ; INPV,2023).

Depuis la phase tallage jusqu'à la maturité, les pucerons vecteurs de maladies (ex : *Rhopalosiphum padi*)(Ouffroukh *et al.*, 2011), le criocère des céréales, les criquets, les punaises et les moineaux espagnols (migrateurs) sont les plus nuisibles et les plus redoutés (Ait Belkacem *et al.* 2022). Parmi les maladies cryptogamiques prévalentes en Algérie on peut citer la rouille jaune, l'helminthosporioses, la fusariose de l'épi, la septoriose, l'oïdium et les pourritures racinaires (ITGC, 2009). Durant la phase de stockage, les grains de blés sont sujets aux attaques de *Trogoderma granarium* Everst (Coleoptera : Dermestidae), considéré comme le ravageur le plus dominant et le plus nuisible sur grains de blé dur (Bounechada *et al.*, 2011).

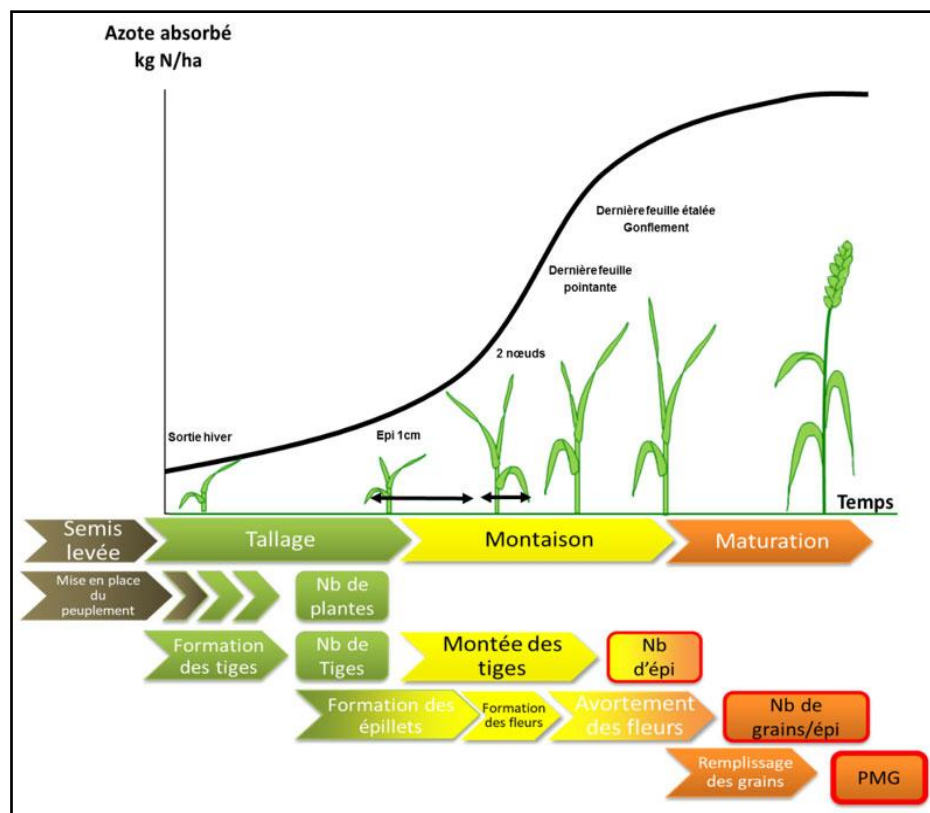


Figure 9. Cinétique d'absorption de l'azote par le blé (Arvalis, 2021).



---

## CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES ADVENTICES DES CEREALES D'HIVER

*Les adventices sont une des contraintes majeures de la production du blé, car ils réduisent la productivité en raison de la concurrence, l'allélopathie, en fournissant des habitats aux agents pathogènes ainsi qu'à d'autres hôtes alternatifs comme les insectes vecteurs de maladies. Leur nuisibilité affecte non seulement la production mais augmente aussi le coût de la récolte. La connaissance du comportement et de la biologie des divers adventices au champ est nécessaire un prérequis essentiel pour la mise en place d'une stratégie de contrôle adaptée.*

### 2.1. Définitions et généralités

Le terme adventice vient du latin *adventicius* souvent traduit par « qui vient du dehors, étranger » (chauvel *et al.*, 2018), elles sont aussi appelées mauvaises herbes. Elles sont des plantes présentes naturellement dans un milieu, qui se développent dans les champs cultivés. Les adventices sont adaptés aux mêmes sols et aux mêmes conditions climatiques que les plantes cultivées (AAC, 2006). Au sens botanique, une adventice comme une espèce végétale étrangère à la flore indigène d'un territoire dans lequel elle est accidentellement introduite et peut s'installer. Au sens écologique, elle signifie un plant qui croît spontanément dans les milieux modifiés par l'homme (AFPP, 2011). Selon la société américaine de malherbologie, est dite mauvaise herbe toute plante qui cause des pertes économiques ou des dommages écologiques, et qui crée des problèmes de santé pour les humains ou les animaux, ou qui est indésirable là où elle pousse (WSSA, 2023).

Le terme de « mauvaise herbe » fait donc intervenir une notion de nuisance, et dans les milieux cultivés en particulier, toute espèce non volontairement semée est une « adventice » qui devient « mauvaise herbe » au-delà d'une certaine densité, c'est-à-dire dès qu'elle entraîne un préjudice qui se concrétise, en particulier, par une baisse du rendement (Barralis, 1984). Elles ont tendance à se développer au sein d'une parcelle cultivée selon deux modes de propagation : de manière isolée ou en agrégats (Cardina *et al.* 1997).

## **2.2. Biologie des adventices**

### **2.2.1. Les plantes annuelles**

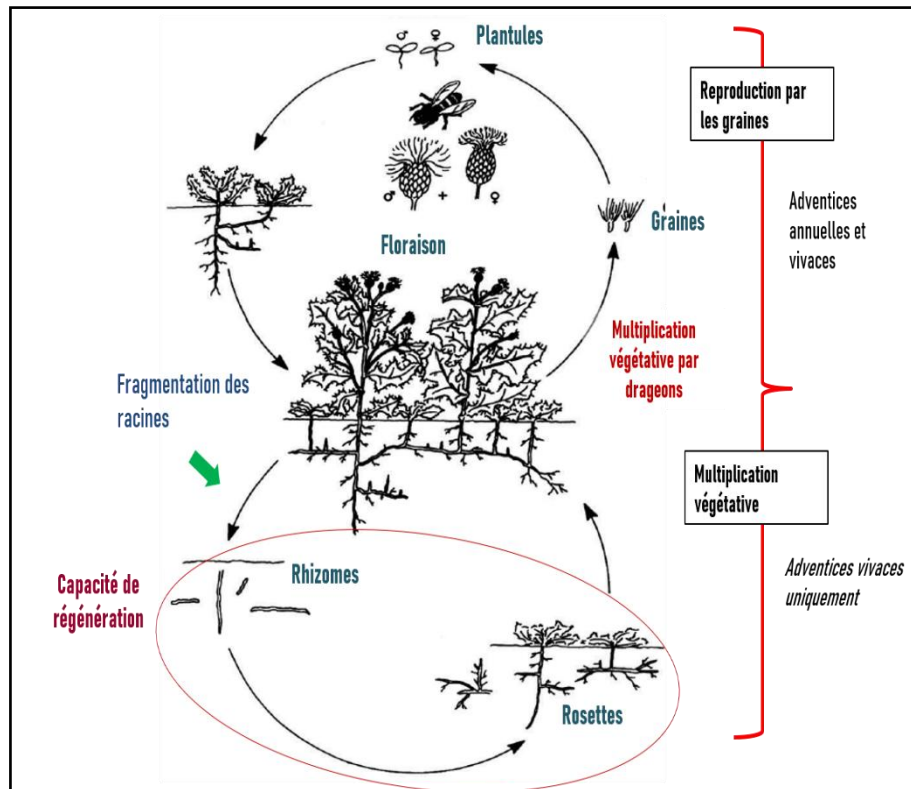
Les adventices annuelles complètent leur cycle au cours d'une année. Les plantes annuelles se reproduisent par graines (voie sexuée) et effectuent un cycle complet de développement (de la germination à la production d'une nouvelle graine) en une saison. Les mauvaises herbes annuelles sont de deux types, les annuelles d'été et les annuelles d'hiver. Si l'on veut élaborer un programme efficace de lutte contre les mauvaises herbes, il importe de faire la distinction entre les deux types d'annuelles (Mc Cully *et al.*, 2004).

Les plantes annuelles d'été germent au printemps et en été, produisent des organes végétatifs, des fleurs et des graines et meurent la même année. Elles ont en commun la propriété de pousser très rapidement et de produire beaucoup de graines. Les nouvelles plantes qui poussent à l'automne sont habituellement détruites par le gel (Mc Cully *et al.*, 2004). Tandis que les plantes annuelles hivernantes germent de la fin août - début novembre et passent l'hiver à l'état de rosettes. Le printemps suivant, elles poussent très rapidement, fleurissent, produisent des graines puis meurent à la fin de la saison (Mc Cully *et al.*, 2004).

### **2.2.2. Les bisannuelles et les vivaces**

Les adventices bisannuelles sont des plantes à rosettes qui développent l'appareil reproducteur la deuxième année. Les mauvaises herbes bisannuelles germent au printemps, développent leurs organes végétatifs durant la première année et passent l'hiver à l'état de rosette puis fleurissent, produisent des graines et meurent la deuxième année (Mc Cully *et al.*, 2004).

Les vivaces vivent au moins trois ans et peuvent vivre longtemps ; ce type d'adventices se propage par ses organes végétatifs (bulbes, rhizomes, stolons...) mais peut aussi se multiplier par graines (Safir, 2007) (Figure 10). Certaines plantes vivaces poussent en solitaire, elles sont dites vivaces simples, elles 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. Elles sont dites rampantes et se reproduisent à la fois de façon végétative et à partir de graines (Mc Cully *et al.*, 2004).



**Figure 10.** Cycle de développement d'un adventice vivace le chardon des champs *Cirsium arvense* L. (Heimann et Cussans, 1996).

### 2.3.Périodes de germination

Les époques de levée des adventices varient en fonction des espèces, ces dernières se succèdent au cours des saisons au sein des champs cultivées. Ainsi la connaissance de l'époque de levée des adventices constitue un levier important dans leur gestion par les différents moyens de lutte (Figure. 11).

#### 2.3.1. Les adventices automnales et hivernales

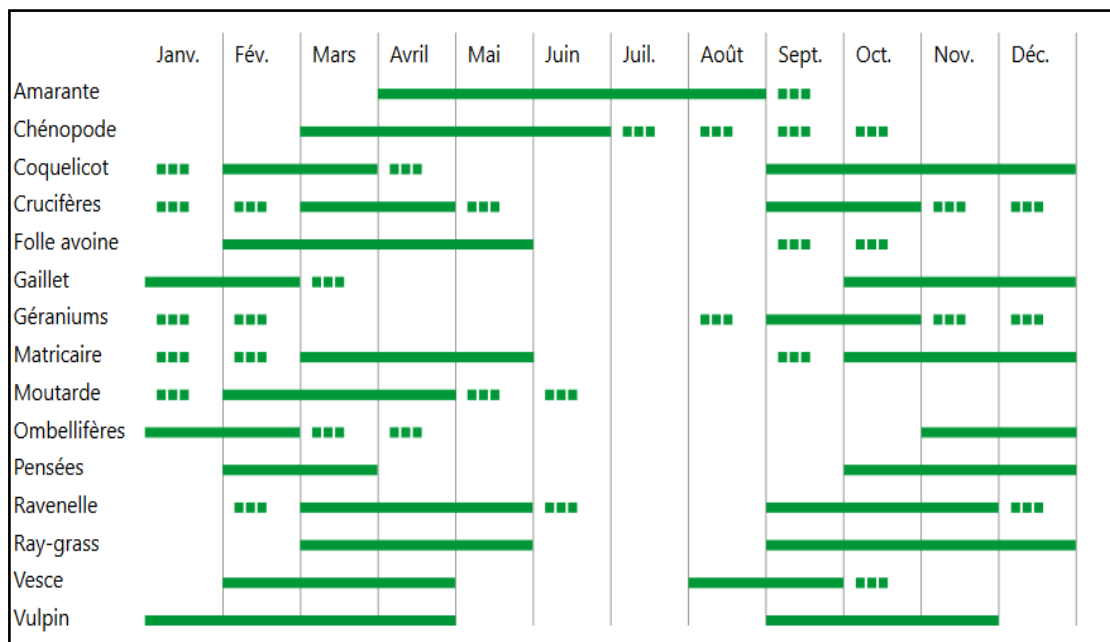
Sélectionnées par les préparations estivales du sol et les semis précoces des cultures d'hiver, ces espèces sont adaptées aux semis de fin d'été ou début d'automne. C'est le cas par exemple des bromes, du gaillet gratteron, du bleuet et du vulpin. La plupart de ces espèces peuvent prolonger leur période de levée pendant la période hivernale (Chauvel *et al.*, 2018). Dans les cultures d'hiver, un certain nombre d'espèces s'installent avant l'hiver et peuvent encore germer et lever à la fin de l'hiver dès la remontée des températures, tel le vulpin des champs, la véronique à feuilles de lierre et le coquelicot (Chauvel *et al.*, 2018).

### 2.3.2. Les adventices printanières et estivales

D'autres espèces ne peuvent lever qu'au printemps soit en cultures d'hiver à la reprise de la végétation, soit dans les cultures semées au début du printemps, comme le chénopode blanc, la renouée liseron et la renouée des oiseaux (Chauvel *et al.*, 2018). Les adventices estivales ont besoin de températures élevées pour germer et sont donc exclusivement associées aux cultures sarclées estivales, notamment les amarantes, la morelle noire, le datura stramoine, la digitale sanguine et les sétaires (Chauvel *et al.*, 2018).

### 2.3.3. Les adventices indifférents

Toute une série d'espèces sont capables de lever aussi bien au printemps qu'en automne, dès que la température est suffisante, quelle que soit la culture. C'est le cas, par exemple, des matricaires, la stellaire intermédiaire, la moutarde des champs, la ravenelle, le pâturin annuel et du séneçon vulgaire (Chauvel *et al.*, 2018).



**Figure 11.** Périodes de germination de quelques adventices inféodées aux céréales (Réseau des chambres d'agriculture, 2023).

## 2.4. La nuisibilité et importance économiques des adventices

La nuisibilité des adventices se définit comme la gêne occasionnée par ces espèces à la culture et aux activités agricoles (Chauvel *et al.*, 2018). Elle se manifeste sous plusieurs formes et durant les différentes phases de la vie de la culture (Chhokar *et al.*, 2012).

Sur le plan économique, la nuisibilité se traduit par une baisse notable du rendement et de la qualité du produit des cultures. Chaque espèce adventice possède sa propre nuisibilité (nuisibilité spécifique) qui contribue à la nuisibilité globale du peuplement adventice dans des conditions d'offre environnementale définies (Caussanel, 1989). En absence de contrôle chimique, les adventices sont considérées comme une des contraintes majeures provoquant de lourdes pertes en rendement et en qualité du blé (Van der Meulen et Chauhan, 2017), elle peuvent engendrer des pertes allant de 10 à 65 % (Gomez et Gomez, 1984; Marwat *et al.*, 2008 ; Dangwal *et al.*, 2010). Au niveau mondial, les pertes de rendements sur céréales, dus aux adventices, avoisinent les 23% (Oerke, 2006). Selon les statistiques de la FAO (2019), les adventices sont à l'origine de quelque 95 milliards de dollars (correspondant à 380 millions de tonnes de blé) de pertes de production vivrière à l'échelle mondiale, contre 85 milliards de dollars (pour les agents pathogènes, 46 milliards de dollars pour les insectes et 2,4 milliards pour les vertébrés nuisibles).

En Algérie, les adventices les plus recensées aux céréales sont la folle avoine, les bromes, le Phalaris, le ray gras, le vulpin pour les poacées et la moutarde, la ravenelle, le gaillet et le coquelicot pour les dicotylédones (Hamadache *et al.*, 2002). La folle avoine et le brome sont toutefois considérés parmi les adventices les plus nuisibles (Hamadache, 1989). Selon Caussanel (1989), la nuisibilité englobe trois sortes d'effets : la nuisibilité primaire directe, la nuisibilité primaire indirecte et la nuisibilité secondaire.

### 2.4.1. La nuisibilité primaire directe

La nuisibilité primaire directe est liée à la concurrence des plantes adventices pour les ressources vis-à-vis de la culture ou à des phénomènes d'allélopathie qui réduisent le développement de la culture. On distingue souvent, la compétition aérienne, comme pour la lumière, de la compétition souterraine, pour des ressources comme l'eau, les éléments minéraux (en particulier l'azote) et l'espace de développement (Caussanel et Barralis, 1973).

Cette compétition est d'autant plus importante en début de culture qu'au premier stade de développement des adventices (Chauvel *et al.*, 2018).

Selon les essais pluriannuels qu'elle amènés, Arvalis (2019) considère que la nuisibilité directe affecte le rendement en priorité. Elle peut s'exprimer par le nombre de pieds suffisants au m<sup>2</sup> pour faire chuter le rendement de 5 % (ex : 6 folles-avoines par m<sup>2</sup> causent une chute du rendement de 5 %) (Tableau 3). Néanmoins d'autres facteurs doivent également être intégrés lors de l'évaluation de l'effet direct sur les cultures notamment la période de concurrence, la nature des adventices et l'incidence du climat. L'analyse de 63 essais (1993 à 2015) menés sur le blé tendre, effectué par Cordeau *et al.* (2016), a montré qu'en situations non désherbées la nuisibilité directe des adventices a conduit à une perte de rendement significative de 26 qx/ha.

#### **2.4.2. La nuisibilité primaire indirecte**

Ce type de nuisibilité se produit sans qu'il soit y nécessairement réduction quantitative du rendement. La nuisibilité indirecte peut contribuer à la réduction de la qualité et par suite de la valeur commerciale du produit récolté (Caussanel, 1989).

Les plantes adventices peuvent aussi affecter l'état sanitaire de la culture ou de la parcelle, augmentent le coût des travaux ou diminuent la qualité des récoltes. Les adventices sont des sources de maladies possiblement transmissibles à la culture directement ou par le biais des insectes (Mourelos *et al.*, 2014). Certaines espèces adventices sont des relais de pathogènes : le vulpin des champs et d'autres graminées sont hôtes du piétin-échaudage, du piétin verse ou des virus de la jaunisse nanisante de l'orge. Elles peuvent aussi héberger des virus sans présenter le moindre symptôme (Chauvel *et al.*, 2018).

#### **2.4.3. La nuisibilité secondaire**

La nuisibilité secondaire qui se traduit par réalimentation du stock semencier du sol par les plantes adventices (Chauvel *et al.*, 2018).

**Tableau 3.** Nuisibilité directe et indirecte de quelques adventices sur blé

Nom commun des adventices	Nombre de pieds/m <sup>2</sup> suffisants pour faire chuter le rendement de 5%	Nombre de graines /pied (Estimation moyenne)
<b>1<sup>ère</sup> classe de nuisibilité</b>		
Gaillet	1.8	1100
Folle avoine	5.3	500
<b>2<sup>ème</sup> classe de nuisibilité</b>		
Coquelicot	22	50000
Matricaire	22	45000
Ray gras	25	1500
Vulpin	26	3000
Stellaire	26	2500
Véronique des prés	26	150
<b>3<sup>ème</sup> classe de nuisibilité</b>		
Véronique à feuille de lierre	44	100
Lamier	44	500
Myosotis	46	2000
Pensée	133	2500
Alchemille	133	5000
	<b>Nuisibilité directe</b>	<b>Nuisibilité indirecte</b>

Source Arvalis (2019)

## 2.5.Stratégie de contrôle et de gestion des adventices

Selon Chhokar *et al.*, (2012) et Gyawal *et al.*, (2022) les différentes pratiques de gestion des adventices peuvent être regroupées en trois grandes catégories, à savoir les pratiques culturales et préventives, les pratiques physiques ou mécaniques et les pratiques chimiques.

### 2.5.1. Les principales méthodes de lutte préventive et culturales

#### 2.5.1.1.Estimation du stock semencier du sol

L'une des stratégies de lutte contre les adventices les plus importantes, mais souvent négligée, consiste à réduire le nombre de graines d'adventices présentes dans le champ et à limiter ainsi les populations potentielles pendant la production de la culture. Une des composantes importantes de la gestion intégrée des adventices consiste en effet à gérer le stock semencier du sol par des méthodes de contrôle opportunes et appropriées (rotation, travail du sol, travaux du sol). Cette gestion visant principalement à réduire le stock de semences d'adventices, peut être utilisée pour affecter directement la germination, la persistance et la mortalité des graines (Hossain et Begum, 2015)

Le stock semencier représente la flore potentielle d'une parcelle, celle qui n'est pas directement visible et qui s'est accumulée sur plusieurs années. Il représente l'ensemble des graines d'adventices viables présentes dans le sol qui sont à l'état de dormance. Il s'agit de graines non germées mais qui peuvent apparaître lorsque leur dormance est levée (Selb *et al.*, 2017). Selon Swaine et Whitmore, (1998) et Douh *et al.* (2014) les graines composant le stock semencier se répartissent en deux groupes :

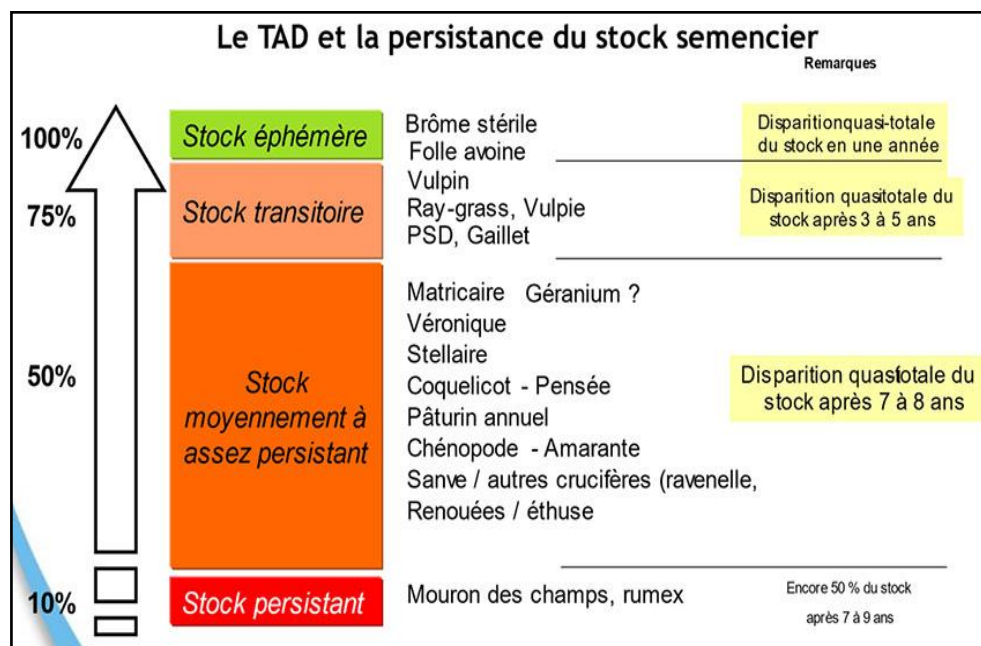
- Les graines transitoires ou éphémères qui perdent rapidement leur viabilité lorsqu'elles sont stockées formant la banque de graines transitoire.
- Les graines persistantes qui ont une longue viabilité dans le sol formant la banque de graines persistante (Figure 12).

Au champ, le stock semencier est estimé à partir de carottes de sols qui peuvent faire ensuite l'objet d'un traitement (fractionnement en fonction de la profondeur, lavage, ...).



Deux grandes méthodes d'estimation du stock semencier du sol sont utilisées (Chauvel *et al.*, 2018) à savoir la mise en germination des échantillons et la détermination des espèces au stade plantule et la détermination des espèces via l'observation des semences directement sous la loupe binoculaire.

L'estimation se fait souvent à des horizons 0-15 et 15-30 cm (Rahali *et al.*, 2011) ou 0-10, 10-20 et 20-30 cm (Hajjaj *et al.*, 2018). La structure et la dynamique du stock semencier du sol est fortement liée au mode de conduite de la parcelle, en particulier le travail du sol (Nichols *et al.*, 2015).



**Figure 12.** Pourcentage de graines d'adventices qui perdent leur aptitude à germer au bout d'un an en fonction des espèces (Arvalis, 2018). (Le TAD correspond au pourcentage de graines d'adventices qui perdent leur aptitude à germer au bout d'un an).

### 2.5.1.2. Le travail du sol

Le travail du sol conventionnel peut avoir des effets à la fois positifs et négatifs sur les adventices du blé. Du côté positif, le travail du sol peut aider à contrôler les mauvaises herbes en les détruisant ou en les enterrant, réduisant ainsi leur population et leur concurrence avec la culture. Il aère et ameublisse également le sol, facilitant ainsi la germination et la croissance des graines de blé.

Cependant, le travail du sol peut également avoir des effets négatifs sur le contrôle des adventices. Un travail du sol fréquent, en absence de rotation, peut entraîner l'érosion et la dégradation des sols, ce qui peut créer des conditions propices à la croissance de certaines espèces d'adventice et peut avoir des effets néfastes sur la productivité des cultures (Ranamukhaarachchi *et al.*, 2005).

De plus, le travail du sol peut propager les graines de mauvaises herbes dans tout le champ, entraînant une plus large répartition des mauvaises herbes. De plus, il affecte la distribution des graines dans les horizons du sol, ce qui se répercute sur la densité et la dynamique de la flore adventice (labreuche *et al.*, 2014). Evaluant l'effet du travail du sol sur les adventices du blé, Chhokar *et al.* (2007) rapportent que la biomasse de *P.minor* a été plus importante avec le travail du sol (386.5 graines/m<sup>2</sup>) comparativement à un sol non labouré (234.7 graines/m<sup>2</sup>). Une fois levée, le labour peut détruire adventices, et enfouit les semences produites au cours de la campagne précédente à des profondeurs le plus souvent incompatibles avec la germination ou la levée, et ceci d'autant mieux que la charrue est équipée d'une rasette et que celle-ci est bien réglée (Henriet *et al.*, 2017 ; Chauvel *et al.*, 2018). Henriet *et al.* (2017) rapportent que le labour réalisé un an sur trois constituerait, en termes de contrôle intégré des populations d'adventices, une bonne pratique.

### **2.5.1.3.La rotation de culture**

La rotation des cultures est un élément important de la gestion intégrée des mauvaises herbes. Les mauvaises herbes ayant le même cycle de vie que la culture prolifèrent en monoculture. L'insertion de cultures ayant des périodes de semis et de maturité différentes peut rompre le cycle de vie de certaines mauvaises herbes annuelles économiquement importantes (Chhokar *et al.*, 2012). Brar (2002) a démontré que la rotation du blé avec d'autres cultures telles que le bersim, le trèfle, la pomme de terre, le tournesol et le colza pendant 2 à 3 ans dans un système de culture riz-blé permettait de réduire de manière significative la population de *Phalaris minor*.

### **2.5.1.4.Le faux semis**

Le faux semis est un levier agronomique pertinent dans la gestion des adventices en céréaliculture.

Cette technique consiste à faire germer des adventices pour les détruire ultérieurement avant le semis d'une culture, et par conséquent réduire le stock semencier d'adventice (Rasmussen, 2004 ; Melander *et al.*, 2005). Cette opération doit être superficielle (moins de 5 cm) et générer un lit de semences bien affiné (Labreuche *et al.*, 2020). Dans ce cas, l'irrigation est suggérée pour fournir l'humidité du sol adéquate nécessaire à une levée suffisante des mauvaises herbes qui seront ensuite contrôlées par un labour superficiel (Merfield, 2013).

En effet, Gazoulis *et al.* (2022) ont démontré dans leurs travaux sur la gestion des adventices d'une culture fourragère (le bersim), que le faux semis associé à la rotation de culture réduisait entre 27 et 35 % de la biomasse des mauvaises herbes, ce qui a permis d'améliorer le rendement fourrager de plus de 11 %. De leur côté Kanatas *et al.* (2020), évaluant le désherbage intégré d'une culture d'orge par l'utilisation des techniques du semis direct, du faux semis et du désherbage chimique, ont montré que le faux semis réduisait la biomasse des adventices *Lolium rigidum* et *Phalaris minor* de 31 à 55 et de 75 à 85 %, respectivement, par rapport au semis direct. Encore mieux, le faux semis seul réduisait la biomasse de *L. rigidum* de 29 à 43 % par rapport à la combinaison du semis direct avec l'application d'herbicide de post-levée (Pinoxaden 45 g/ha).

#### **2.5.1.5. La date et la densité de semis, et le choix variétal**

Chez les céréales à paille, un décalage de la date de semis permet de limiter les levées des graminées automnales. L'efficacité de cette technique est d'autant plus importante qu'elle est couplée à un ou plusieurs faux-semis (Arvalis, 2018). Selon les simulations effectuées à l'aide du modèle AlomySys, retarder la date de semis des céréales de 3 à 4 semaines réduire le potentiel de levée en début de cycle jusqu'à 90 % (Colbach *et al.*, 2008). La forte densité des semis favorise la concurrence du couvert cultivé sur les adventices. De plus, à forte densité, la réduction des écartements entre rangs contribue à accélérer la vitesse de fermeture des inter-rangs, réduisant la croissance en biomasse des adventices avec une baisse de 30 % de la biomasse totale d'adventices (Wiener *et al.*, 2001).

Le choix de variétés compétitives vis-à-vis des adventices pourrait être davantage exploité dans les stratégies de gestion intégrée des mauvaises herbes (Andrew *et al.*, 2015). Les variétés possédant un pouvoir couvrant élevé ou un taux de croissance important peuvent réduire la biomasse des adventices de 25 % (Melander *et al.*, 2005).

### **2.5.1.6. La fertilisation minérale**

L'azote est un nutriment essentiel à la croissance des plantes, il contribue à favoriser la croissance des cultures, les rendant plus compétitives vis-à-vis des adventices. Cette compétition peut contribuer à réduire leur impact sur le rendement des cultures. Cependant, une fertilisation azotée excessive peut entraîner une croissance accrue des mauvaises herbes plus adaptées aux environnements riches en azote, au détriment de la culture installée.

En effet, dans leurs travaux sur la réponse de 21 adventices associées à la culture du blé à la fertilisation azotée, Blackshaw *et al.* (2003) rapportent que le blé était l'espèce la moins réactive. Ainsi, plusieurs espèces de mauvaises herbes peuvent être plus efficaces pour absorber plus d'azote du sol que le blé. Baker *et al.* (2006), rajoutent que les adventices accumulent en plus de l'azote, des quantités plus élevées de phosphore, de potassium, de calcium et de magnésium que les cultures. À titre d'exemple, le ray grass est considéré comme un adventice très concurrentiel pour l'azote entraînant une réduction du nombre de tiges et du nombre d'épis chez le blé et par conséquent une chute du rendement (Palta et Peltzer, 2001).

Pour faire face à cette compétition pour les éléments nutritifs, l'adoption de stratégies de fertilisation raisonnée dans lesquelles l'azote ou les autres nutriments, peuvent être défavorables à la croissance des adventices serait plus que nécessaire, tout en garantissant un niveau optimum pour la culture (Blackshaw *et al.* 2002 ; Petersen, 2003). Par conséquent, afin de gérer efficacement les mauvaises herbes dans les cultures, l'optimisation de la fertilisation azotée doit tenir compte du type de sol, de la variété et des conditions pédo-climatiques. Il est également nécessaire, dans le cadre d'une gestion intégrée, de combiner la fertilisation azotée avec d'autres méthodes de contrôle telles que la rotation des cultures, le faux semis et les conditions de semis (date et densité) et l'application d'herbicides sélectifs.

### **2.5.2. Les méthodes de lutte mécanique**

Il s'agit de l'élimination des mauvaises herbes à l'aide de différents outils et équipements agricoles, y compris le désherbage manuel. Le désherbage manuel, bien qu'efficace, nécessite un nombre considérable de main-d'œuvre et de temps. En raison du coût élevé et de la rareté de la main-d'œuvre, sa faisabilité est très limitée. Le désherbage mécanique est également

difficile, notamment lorsque les mauvaises herbes ressemblent morphologiquement à la culture, par exemple *P. minor* et *Avena ludoviciana* avant la floraison du blé. De plus, le contrôle mécanique des mauvaises herbes devient difficile dans le cas du blé semé à la volé. Cependant, le contrôle mécanique peut être pratiqué efficacement lorsque le blé est semé en lignes (Chhokar *et al.*, 2012). Les outils mécaniques les plus utilisés actuellement pour le désherbage sur blé (levée-début tallage) sont la herse étrille et la houe rotative dont l'efficacité peut atteindre plus de 80 % d'adventices détruites, sur des semis réalisés avec un inter-rang large (Prieur, 2009).

### 2.5.3. Les méthodes de lutte chimique

La lutte chimique constitue un levier agronomique incontournable pour la maîtrise des adventices sur céréales, notamment celles les plus difficiles à combattre. Cependant l'efficacité de la lutte chimique doit respecter certaines conditions d'application dont le choix des herbicides, la période d'application, la flore existante dans la parcelle cultivée et les conditions climatiques. L'usage abusif du désherbage systématique des grandes cultures a conduit à l'apparition de mauvaises herbes résistantes. En effet l'utilisation répétée du même herbicide ou des herbicides ayant le même mode d'action dans la même parcelle cultivée et la monoculture sont à l'origine de ce phénomène (Darmency et Gasquez 1990). Aibar (2009) a recensé 26 écotypes résistants aux herbicides en Espagne, dont certaines sont courantes dans les céréales (ex : *Bromus tectorum*, *Chenopodium album*, *Papaver rhoeas*). Ainsi, pour la gestion durable de la résistance aux herbicides, il faut alterner les modes d'action et adopter une stratégie intégrée de lutte comprenant l'ensemble des leviers cités plus haut. Dans ce contexte, les essais pluriannuels (1978-2001) menés par Vullioud, et Delabays, (2007) sur céréales, ont montré que le système de désherbage intégré (rotation-lutte chimique et mécanique) a permis d'économiser 35 % d'herbicides par rapport au seul désherbage chimique.

### 2.5.4. Le concept de protection intégrée contre les adventices

La Protection Intégrée (PI) contre la flore adventice repose sur des combinaisons de techniques culturales, chimiques et mécaniques visant à limiter le potentiel d'infestation des adventices dans les cultures, en réduisant l'usage de traitements herbicides (Munier-Jolain *et al.*, 2008 ; Gyawal *et al.*, 2022). Elle repose sur des combinaisons de techniques visant à :

- Réduire le potentiel d'infestation (stock semencier superficiel).
- Esquiver les périodes de levée préférentielles des espèces présentes.
- Détruire les plantules levées au cours du cycle cultural, notamment par le désherbage mécanique.
- Et à limiter la croissance des adventices, d'une part pour réduire la compétition vis-à-vis de la culture et donc les pertes de rendement, d'autre part pour restreindre la production semencière et la réalimentation du stock.

L'ensemble de ces techniques doit permettre de limiter la dépendance aux herbicides (Munier-Jolainet *al.*, 2008).

## **CHAPITRE 03 : MATERIELS ET METHODES**

## CHAPITRE 03 : MATERIELS ET METHODES

*Le travail expérimental relatif à la mise au point d'un système de gestion raisonnée des adventices du blé dur en zone semi-aride s'est déroulé dans deux zones potentielle du nord-ouest Algérien. Il s'agit des zones agricoles de Mascara et Tiaret, appartenant à l'étage climatique semi-aride. Ces deux zones sont connues pour leurs potentialités en production de céréales, en particulier la région de Tiaret où le blé dur est dominant. Aussi, il y a lieu de préciser que le choix de ces deux sites d'étude est justifié par les facilités offertes ont matières d'accessibilité et de manipulation des parcelles par les différents facteurs intégrés dans la stratégie de gestion raisonnée des adventices. En effet, les sites expérimentaux sont respectivement localisés au niveau de la ferme expérimentale de l'université de Mascara et de la station régionale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Tiaret.*

### 3.1. Présentation des zones d'étude et des sites expérimentaux

#### 3.1.1. Situation géographique et potentialités agricoles

La Wilaya de Mascara est délimitée par les coordonnées 0°08' de longitude Est et 35°24' de latitude Nord et une altitude moyenne de 680 m. Elle s'étend sur une superficie de 5 135 km<sup>2</sup>. Elle est bordée au nord par les wilayas de Mostaganem et Oran, au sud par la wilaya de Saida, à l'est par les wilayas de Relizane et Tiaret, et à l'ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbes (Bouchetta, 2006). La superficie agricole totale est de 434 133ha dont 312 787 ha de superficie agricole utile (SAU). Bien que polyvalente, l'activité agricole est dominée par les céréales d'hiver pluvial avec 102 584 ha dont 40 300 ha de blé dur. Les cultures maraichères en irriguée (32 337 ha) et l'olivier (15 727 ha) y sont également dominants (MADR, 2021). L'essentiel de l'activité céréalière est localisé dans la haute plaine de Ghriss-Mascara pente (0-3°) et les monts de Saida (ANIREF, 2018) (Figure 13). Ces deux ensembles sont caractérisés par des sols agricoles essentiellement limoneux argileux et argileux limoneux.

Quant à la wilaya de Tiaret, couvrant une superficie de 20 050.50 km<sup>2</sup>, elle s'étend sur une partie de l'Atlas tellien au Nord et sur les hauts plateaux au centre et au Sud, ayant pour coordonnées 1° 34' de longitude Est et 34° 55' de latitude Nord, et une altitude moyenne de 1000 m. Cette une région a vocation agro-pastorale est limitée au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane ; au sud, par les wilayas de Laghouat et d'El Bayadh ; à l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda et à l'est par la wilaya de Djelfa (Figure, 14).



La superficie agricole utile est de 688 725 ha dont 36.6 % constitués par les cultures herbacées. La région de Tiaret est une zone céréalière par excellence. En effet, elle occupe le premier rang national en production de céréales d'hiver avec 364 270 ha dont 136 000 ha de blé dur. Les légumineuses alimentaires occupent une superficie de 9 072 ha dont 93 % occupés par la lentille (MADR, 2021).

Dans le tableau 4 suivant nous avons présentés les principales productions agricoles des deux zones d'étude, en mettons en valeur l'importance de la production du blé dur.

**Tableau 4.** Importance relative (%) de la culture du blé dur dans les zones de Mascara et de Tiaret (année de référence 2018)

Espèce		Tiaret	IRT %	Mascara	IRM %
<b>BD</b>	S	133 838		42 466	
	P	2 488 000	38,78	637 000	30,33
	R	18,6		15	
<b>BT</b>	S	63 987		21 581	
	P	847 410	18,54	302 100	15,42
	R	13,2		14	
<b>Orge</b>	S	137 968		67 958	
	P	2 350 000	39,98	1 019 400	48,54
	R	17		15	
<b>Avoine</b>	S	9 294		7 995	
	P	129 184	2,69	111 900	5,71
	R	13,9		14	
<b>Totale céréales d'hiver</b>	S	<b>345 087</b>		<b>140 000</b>	
	P	<b>5 814 594</b>		<b>2 070 400</b>	

Source : MADR, 2021

**S** : superficie (ha) ; **P** : production (qx) ; **R** : rendement(qx/ha) ; **IR** : importance relative (IT correspond au rapport de la superficie de chaque espèce et du total céréales d'hiver) ; **T** :Tiaret ; **M** :Mascara.

Le blé dur occupe 38.78 et 30.33% de la superficie totale réservée aux céréales d'hiver respectivement dans la région de Tiaret et de Mascara. En bonne année, comme c'était le cas pour la campagne 2017-2018, le rendement moyen obtenu pour les deux régions respectives était de 14 et 15 qx/ha.

### 3.1.2. Géolocalisation et caractéristiques édaphiques des sites d'études

Pour les besoins expérimentaux, deux sites d'essais ont été dans deux régions semi-arides, Mascara et Tiaret et ayant de fortes potentialités en production de céréales. Ils ont été installés au niveau de la ferme expérimentale de l'université de Mascara (Figure 13) et de la ferme de démonstration et de production de semence (FDPS) de l'ITGC de Sebaine (wilaya de Tiaret) (Figure 14). Le premier site a été installé durant la campagne agricole 2018-2019 et le second, durant les campagnes 2020-2021 et 2021-2022.

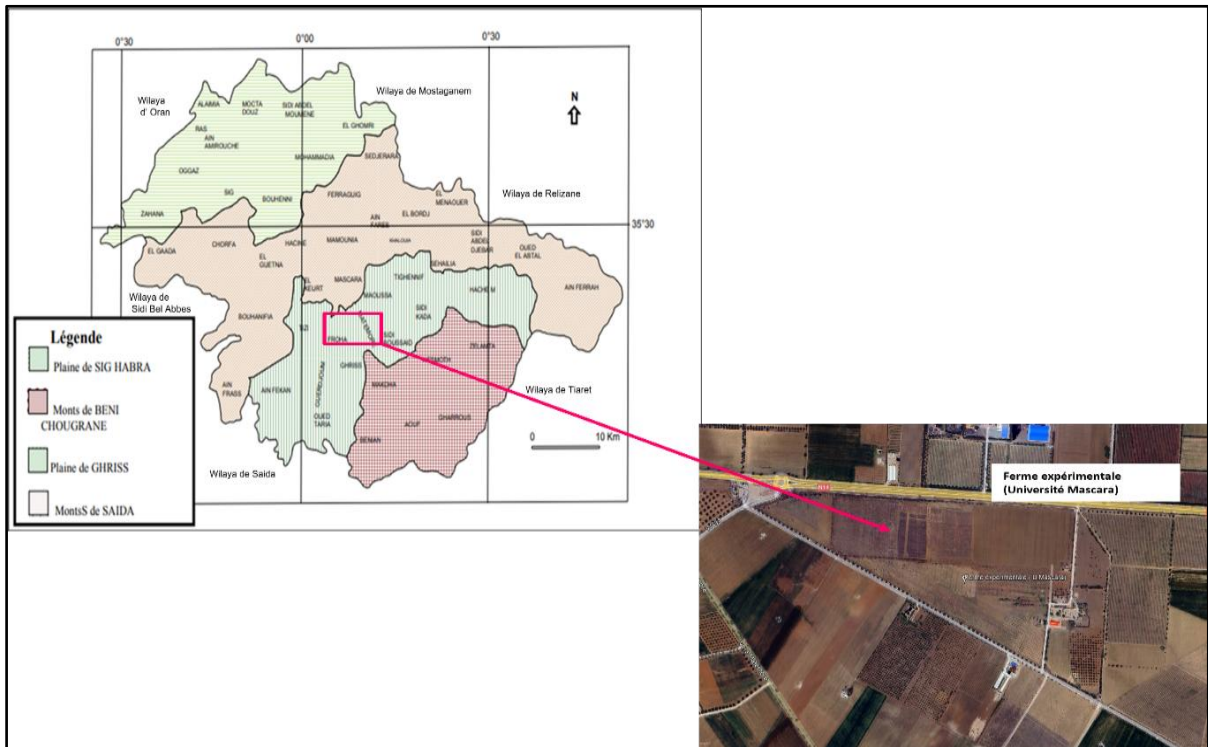
La ferme expérimentale de l'université de Mascara se situe dans le territoire de la commune de Maoussa et couvre une superficie totale agricole de 50 ha, elle se situe à une altitude moyenne de 475 m. Ces coordonnées géographiques sont 35°22' de latitude Nord et 00°11' de longitude Est. Le second site de la FDPS de Sebaine se situe à 35 km à l'est de la ville de Tiaret. Cette ferme couvre une superficie agricole utile de 633 ha destinée aux essais sur céréales et légumineuses alimentaires. Il se localise à une altitude de 906 m et situé à 35°27' de longitude Nord et 1°36' de longitude.

Sur le plan édaphique, les résultats des analyses physico-chimiques du sol effectués pour les deux sites, avant mise en place des dispositifs d'essais, sont présentés dans le tableau 5 ci-dessous. Les dites analyses ont été effectués respectivement par les laboratoires régionaux de l'Institut National des Sols et de l'Irrigation Drainage (INSID) de Matmar (Relizane) pour les échantillons de la ferme expérimentale de Mascara et par l'INSID de *Ksar Chellala* (Tiaret) pour ceux de la FDPS de Sebaine. Ainsi, l'interprétation des résultats (Tableau 5) révèle une texture du sol argilo-limoneuse pour la ferme expérimentale de Mascara et argilo-sableuse pour le site de la FDPS de Sebaine.

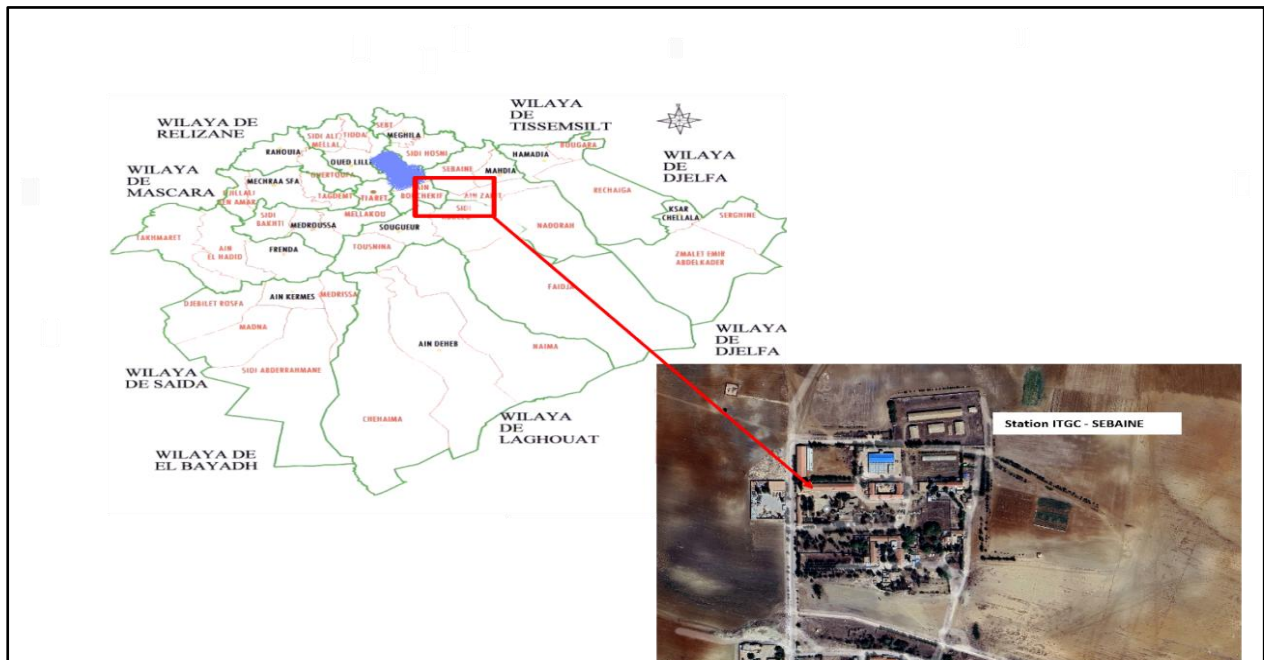
La teneur en calcaire est beaucoup plus élevée pour le site de Sebaine (45.41 %) que pour le site de Mascara (6.7 %) (USSSL, 1954). Les deux sites se caractérisent par un sol assez pauvre en teneur en matière organique (< 2 %) et un pH eau alcalin variant entre 8.07-8.37. Pour ce qui est des éléments majeurs, la teneur en azote y est faible, alors que celles du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et du K<sub>2</sub>O elles sont plus élevées pour le site de Sebaine que celui de Mascara.

**Tableau 5.** Analyses physico-chimiques des sols des sites de la ferme expérimentale de Mascara et de la FDPS de Sebaine

Paramètres	Unité	Valeurs par site	
		Mascara	Tiaret
Argile	%	43.00	40.36
Limon		47.00	14.43
Sable		10.00	45.21
Texture		Argilo-limoneux	Argilo-sableux
pH(eau)		8.37	8.07
Calcaire total	%	6.7	45,41
Calcaireactif		2.2	9.25
Matière organique		1.9	0.70
Total N		0.09	0.07
AvailableN	ppm	48	40
AvailableP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		50.1	233.52
AvailableK <sub>2</sub> O		318.8	379,83
CEC	meq/100g	11.1	-
Ca <sup>++</sup>		9	-
Mg <sup>++</sup>		0.82	-
K <sup>+</sup>		0.677	-
Na <sup>+</sup>		0.40	-
Conductivité hydraulique	cm/h	0.25	0.16



**Figure 13.** Position géographique de la wilaya de Mascara et géolocalisation de la ferme expérimentale de l’université de Mascara (Bouchetta, 2006, modifiée).



**Figure 14.** Position géographique de la Wilaya de Tيارت et géolocalisation de la station expérimentale de la FDPS de Sebaine.

### 3.1.3. Les facteurs climatiques

#### 3.1.3.1. Analyse de la moyenne décennale : 2010-2020

Les conditions climatiques jouent un rôle fondamental dans la croissance et le développement des plantes. Ils peuvent être définis comme une distribution statistique de l'état moyen de l'atmosphère et des changements spatiaux et temporels des différentes variables climatiques. Ils englobent divers facteurs tels que la température, les précipitations, l'humidité et le régime des vents sur une période allant de quelques mois à plusieurs millions d'année (Magnan *et al.*, 2009). Les données climatiques moyennes (températures, précipitations, humidités et vents) pour les deux zones d'étude, pour la période 2010-2020, sont présentées dans les tableaux 6 et 7 ci-dessous. D'une manière générale, la région de Mascara enregistre annuellement en moyenne 521.42 mm de pluie contre seulement 381.27 mm pour la région de Tiaret. Ces quantités sont assez régulièrement réparties par mois et en fonction des besoins des cultures céréalières.

Dans la région de Mascara la température moyenne de l'année est de 10.43 °C. La température moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois de juillet avec 41.6 °C et la température minimale moyenne mensuelle est de 1.54 °C enregistrée aux mois de janvier. L'humidité de l'air moyenne annuelle, la plus élevée est enregistrée au mois de janvier avec 72.3 % et la plus basse est obtenue en juillet avec 48.5 %. La vitesse moyenne du vent atteint son maximum au mois de février avec 4.64 m/s et le minimum est noté au mois de septembre avec 3.27 m/s, alors que la vitesse moyenne annuelle fût de 3.82 m/s.

Pour ce qui de la région de Tiaret, la température moyenne de l'année est de 15.40 °C, légèrement élevée par rapport à celle de Mascara. Les températures moyennes maximales et minimales sont respectivement enregistrées durant les mois de juillet avec 36.05 °C et de janvier 1.31 °C. Quant- à l'humidité relative de l'air, elle est plus élevée au mois de décembre avec 79.75 % et plus basse au mois de juillet avec 34.44 %. Enfin pour la vitesse du vent, elle atteint son maximum en février avec 5.08 m/s et son minimum en septembre avec 3.01 m/s avec, la moyenne annuelle étant de 3.86 m/s.

**Tableau 6.** Données climatiques moyennes de la région de Mascara pour la période 2010-2020.

Mois	P (mm)	T min (C°)	T max (C°)	T moy (C°)	HR %	Vent (m/s)
Jan.	74.23	1.54	21.85	11.69	72.3	4.4
Fév.	54.48	1.78	24.13	12.95	69.92	4.64
Mars	65.14	2.82	28	15.41	67.74	4.35
Avril	76.53	6.7	31.95	19.32	64.59	4.05
Mai	41.56	9.29	35.2	22.24	59.37	3.73
Juin	17.17	12.94	38.67	25.8	54.94	3.63
Juillet	4.22	17.75	41.6	29.67	48.5	3.33
Aout	13.09	19.29	41.12	30.2	50.02	3.29
Septembre	24.09	15.18	37.47	26.32	57.43	3.27
Octobre	41.38	10.07	33.62	21.84	59.48	3.49
Novembre	77.45	5.74	28.18	16.96	68.26	3.46
Décembre	51.83	2.34	23.15	12.79	71.38	4.16
<b>Moyenne</b>	<b>521.42*</b>	<b>8.78</b>	<b>32.08</b>	<b>10.43</b>	<b>61.99</b>	<b>3.82</b>

\*cumul

Source : station météo de Matmor (Mascara)

**Tableau 7.** Données climatiques moyennes de la région de Tiaret pour la période 2010-2020.

Mois	P (mm)	T min (C°)	T max (C°)	T moy (C°)	HR %	Vent (m/s)
Jan.	55.12	1.31	12.05	6.32	76.10	4.72
Fév.	50	1.55	12.53	6.5	73.75	5.08
Mars	56.82	3.79	15.65	9.4	71.82	4.70
Avril	48.8	6.23	20.00	13.06	66.29	4.00
Mai	16.22	9.05	24.84	17.16	56.64	3.36
Juin	5.72	13.32	30.55	22.44	44.56	3.35
Juillet	0	17.86	36.05	27.3	34.44	3.23
Aout	0	17.95	35.30	26.88	36.91	3.01
Septembre	25.1	14.36	29.35	21.76	50.26	3.11
Octobre	33	10.01	24.07	16.59	57.68	3.43
Novembre	53.22	5.70	16.25	10.35	73.65	4.43
Décembre	37.27	2.51	12.92	7.03	79.75	3.91
<b>Moyenne</b>	<b>381.27*</b>	<b>8.64</b>	<b>22.46</b>	<b>15.40</b>	<b>60.15</b>	<b>3.86</b>

\*cumul

Source : DSA Tiaret

### 3.1.3.2. Situation climatique durant la période d'études

Les principales données climatiques enregistrées durant les années d'études pour les deux sites d'études (Mascara et Tiaret) sont illustrées par les tableaux 8, 9 et 10 ci-dessous. L'examen du tableau 8 montre que durant la campagne agricole 2018-2019, le site de Mascara a reçu une pluviométrie totale de 325.84 mm tombé en 63 jours. Elle est assez bien répartie, notamment en automne. Durant cette saison le cumul a atteint 176.5 mm. Néanmoins la saison printanière, correspondant à la phase de pleine croissance des blés, fut légèrement faible avec une pluviométrie inférieure à 10 mm enregistrée pour les mois de février et Mars. Quant- aux températures, elles se situent dans les normes saisonnières. Aucun accident climatique n'a entravé l'année agricole.

**Tableau 8.** Données climatiques mensuelles enregistrées pour la ferme expérimentale de Mascara : campagne agricole 2018-2019.

Mois	Pluviométrie (mm)			Températures(°C)			Phénomènes accidentelles (jours)			
	Cumul	Nbr/j* pluie	Nbr/j rosée	Min	Max	Moy	Gelée	Neige	Grêle	Brouillard
<b>Sept-18</b>	64	9	9	18.2	31.2	24.3	0	0	0	1
<b>Oct</b>	54.6	11	5	11.4	24.8	17.8	0	0	0	1
<b>Nov</b>	57.9	9	0	7.6	19.9	13.1	0	0	0	0
<b>Dec</b>	8.63	2	1	3.6	19	10.1	0	0	0	3
<b>Jan-19</b>	60.2	11	1	1.1	14.8	7.3	0	0	0	1
<b>Fev</b>	9.15	2	0	2.6	17.7	9.5	0	0	0	1
<b>Mar</b>	9.91	8	3	5.5	20.7	12.7	0	0	0	2
<b>Avr</b>	58.4	9	5	7.7	21.8	14.6	0	0	0	0
<b>Mai</b>	3.05	1	0	10.6	28.7	20.1	0	0	0	0
<b>Jui</b>	0	1	1	14.2	32	23.1	0	0	0	0
<b>Moyenne</b>	<b>325.84</b>	<b>63</b>	<b>25</b>	<b>10.4</b>	<b>25.3</b>	<b>17.3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>

\*nbr/j : nombre de jours.

Source : Station météo de Matmor( Mascara)

Les données climatiques des deux campagnes agricoles 2020-2021 et 2021-2022, enregistrées pour le site de la FDPS de Sebaine (Tiaret) sont respectivement présentées dans les tableaux 9 et 10 ci-dessous. Ainsi, durant ces deux campagnes le site a reçu une pluviométrie respective de 365 mm tombé en 77 et 82 jours. D'une manière générale, la pluviométrie reçue durant la phase automnale est favorable à l'installation des cultures. A l'inverse du site de Mascara, la répartition mensuelle fût hétérogène enregistrant un maximum en décembre 2020 avec 142.8 mm et au mois de mars 2022 avec 121.4 mm soit respectivement et 33 % du total reçu. Les températures moyennes sont assez conformes aux moyennes décennales. Cependant, la zone fût sujette aux gelées notamment en hiver et au printemps avec respectivement 35 jours en 2021 (74 % en hiver) et 63 jours en 2022(62 % en hiver).

**Tableau 9.** Données climatiques mensuelles de la station FDPS de Sebaine (Tiaret) : campagne 2020-2021.

Mois	Pluviométrie (mm)			Températures (°C)			Phénomènes accidentelles (jours)				
	Cumul (mm)	Nbr/j pluie	Nbr/j rosée	Min	Max	Moy	Gelée	Neige	Grêle	Brouillard	Vent
Sept-20	25.8	2	2	14.8	28.7	21.75	0	0	0	0	3
Oct	9.1	4	5	7.47	23.41	15.44	0	0	0	0	8
Nov	34.4	10	1	3.73	20.03	11.83	2	0	1	2	8
Dec	142.8	14	12	0.12	12.63	6.38	8	3	0	8	11
Jan-21	68.9	11	3	-0.16	12.94	6.39	10	3	0	2	1
Fev	14.1	5	1	1.68	18.32	10	8	0	0	0	8
Mar	32.7	9	2	1.71	17.53	9.62	7	0	0	2	4
Avr	13.8	6	0	4.2	23.03	13.62	0	0	0	1	6
Mai	10.6	7	0	10.65	27.67	19.16	0	0	0	0	7
Jui	12.5	9	0	15.07	35.30	25.18	0	0	0	0	2
<b>Moyenne</b>	<b>365.3</b>	<b>77</b>	<b>25</b>	<b>5.92</b>	<b>21.96</b>	<b>13.94</b>	<b>35</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>67</b>

Source : station météorologique de la FDPS de Sebaine.



**Tableau 10.**Données climatiques mensuelles de la station FDPS de Sebaine(Tiaret) : campagne 2021-2022.

Mois	Pluviométrie		Températures(°C)			Phénomènes accidentelles(jours)					
	Cumul	Nbr/j pluie	Nbr/j rosée	Min	Max	Moy	Gelée	Neige	Grêle	Brouillard	Vent
Sept	13.8	3	0	18.83	34.63	26.73	0	0	0	0	3
Oct	6.7	3	0	9.28	25.56	17.42	0	0	0	1	2
Nov	57.8	20	4	3	14.36	8.68	2	0	1	3	8
Dec	20.6	7	7	0.25	15.14	7.70	13	0	0	0	3
Jan	9.2	3	5	-4.10	14.84	5.37	26	0	0	3	3
Fev	23.2	4	0	-1.89	18.43	8.27	19	0	0	5	3
Mar	121.4	19	1	2.74	17.08	9.91	3	0	0	2	8
Avr	81.4	11	1	3.98	16.82	10.40	0	0	0	2	5
Mai	20.1	5	0	10.06	25.98	18.02	0	0	0	0	2
Jui	10.6	7	0	14.5	36.4	25.45	0	0	0	0	7
<b>Moyenne</b>	<b>365.4</b>	<b>82</b>	<b>18</b>	<b>6.93</b>	<b>23.41</b>	<b>15.17</b>	<b>63</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>44</b>

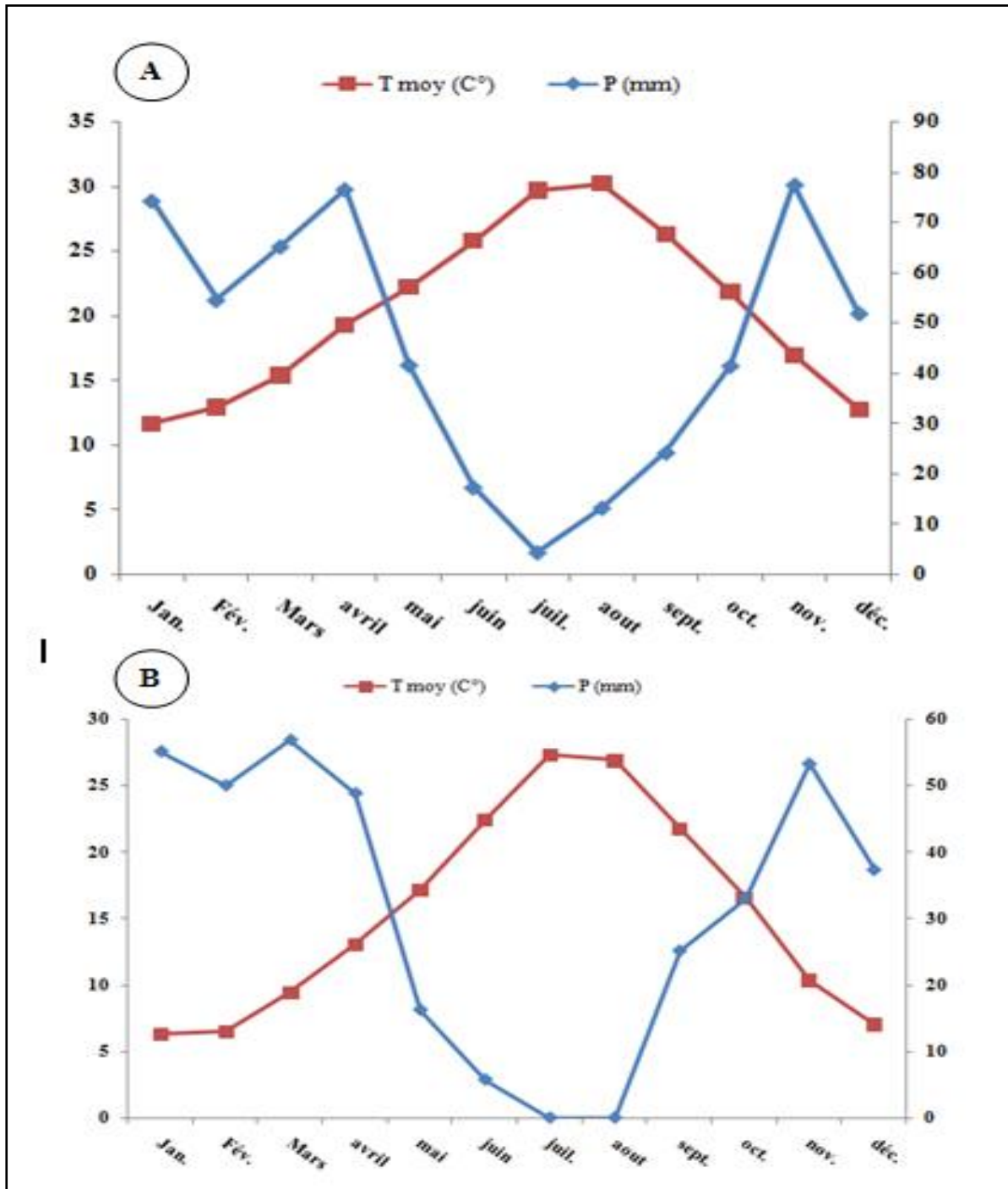
Source : station météorologique de la FDPS Sebaine.

### 3.1.4. Synthèse climatique

Les diagrammes ombrothermiques des zones d'étude ont été réalisés pour les périodes 2010– 2020 (Figure 15).

Afin d'établir la synthèse des facteurs climatiques, pour les deux zones d'études, le diagramme ombrothermique de Bangouls et Gausson (1953) et le quotient pluviométrique d'Emberger (1955) ont été étudiés.

L'examen de la figure 15 (A) ci-dessous révèle que dans la région de Mascara, la période sèche s'étale du mois de mai à octobre (6 mois), alors que la période humide s'étale de novembre à avril. Par contre dans la région de Tiaret (B), la période sèche s'étale seulement sur cinq mois, allant du mois de mai à septembre, et la période humide va d'Octobre à avril. Dans les deux zones d'études, la phase humide est propice au déroulement des semis de céréales, des blés en particulier, dans de bonnes conditions pluviométriques.



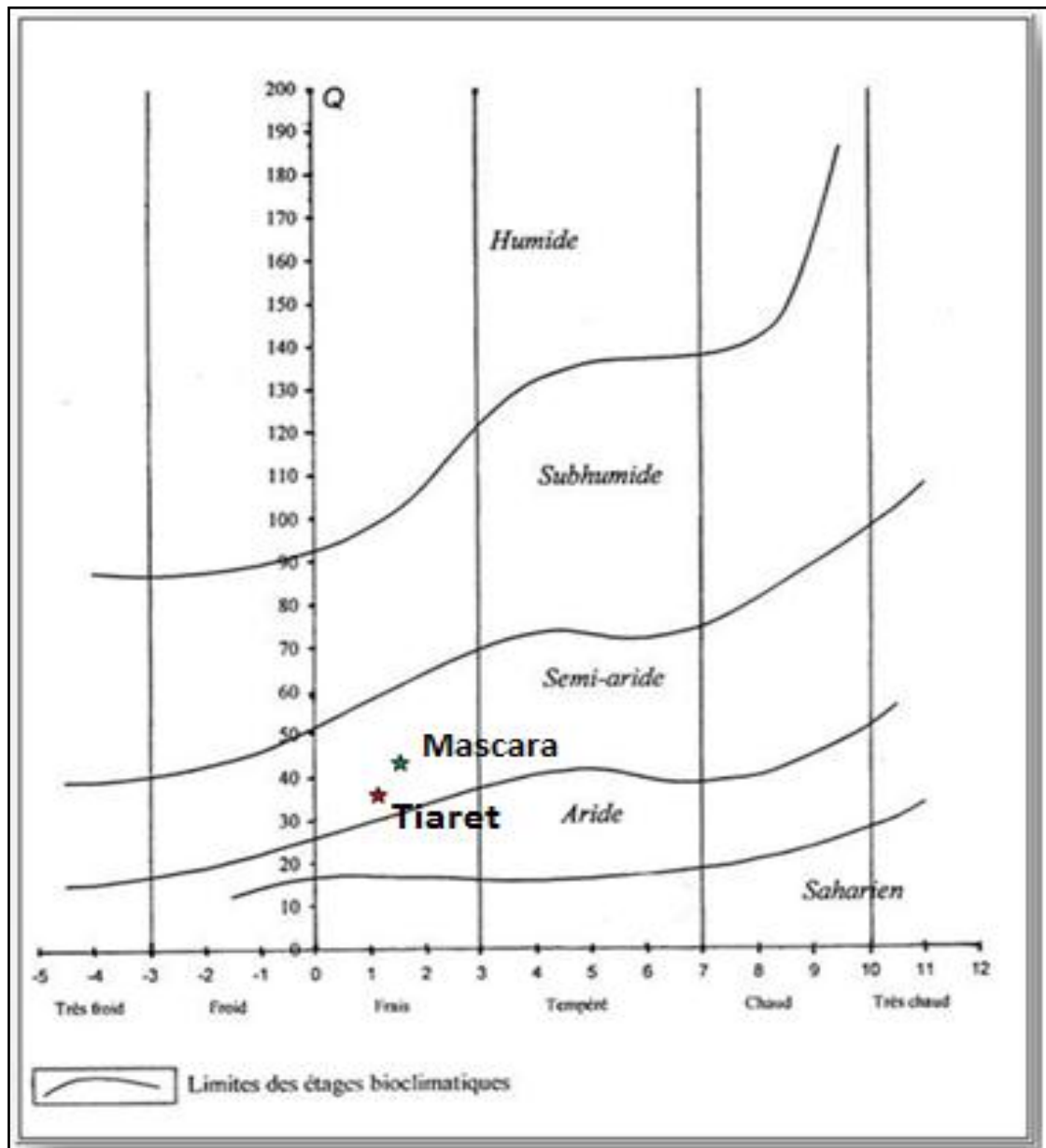
**Figure 15.** Diagramme ombrothermique de la région de Mascara (A) et Tiaret (B), durant la période 2010-2020.

L'examen de climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la zone d'étude, par le calcul de quotient pluviométrique Q2. Cet indice, tient compte de la température et de la pluviométrie, qui se calcule par la formule de Stewart (1969) :

$$Q2 = 3.43 \times \frac{P}{M-m}$$

Avec : Q2 : Quotient pluviothermique d'Emberger ; P : moyenne des précipitations annuelles en mm, Mascara = 521,42, Tiaret = 381.27 ; M : moyenne des maximums du mois le plus chaud en (°C) : Mascara= 41,60°C, Tiaret = 36.05 °C ; m : moyenne des minimums du mois le plus froid en (°C) : Mascara = 1,54°C, Tiaret =1.31 °C.

Les valeurs obtenues pour le Q2 classent les deux régions d'études dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Figure 16).



**Figure 16.** Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Mascara et de Tiaret (2010-2020).

### **3.2. Etude de l'effet de quelques leviers agronomiques sur la gestion des adventices du blé dur**

L'étude de l'effet de quelques leviers agronomiques sur les adventices du blé dur s'est déroulée au niveau des deux sites choisis. Les expérimentations ont été conduites durant la campagne 2018-2019 au niveau de la ferme expérimentale de l'université de Mascara, puis durant les campagnes agricoles 2020-2021 et 2021-2022 au sein de la FDPS de Sebaine (Tiaret).

#### **3.2.1. Matériel végétal**

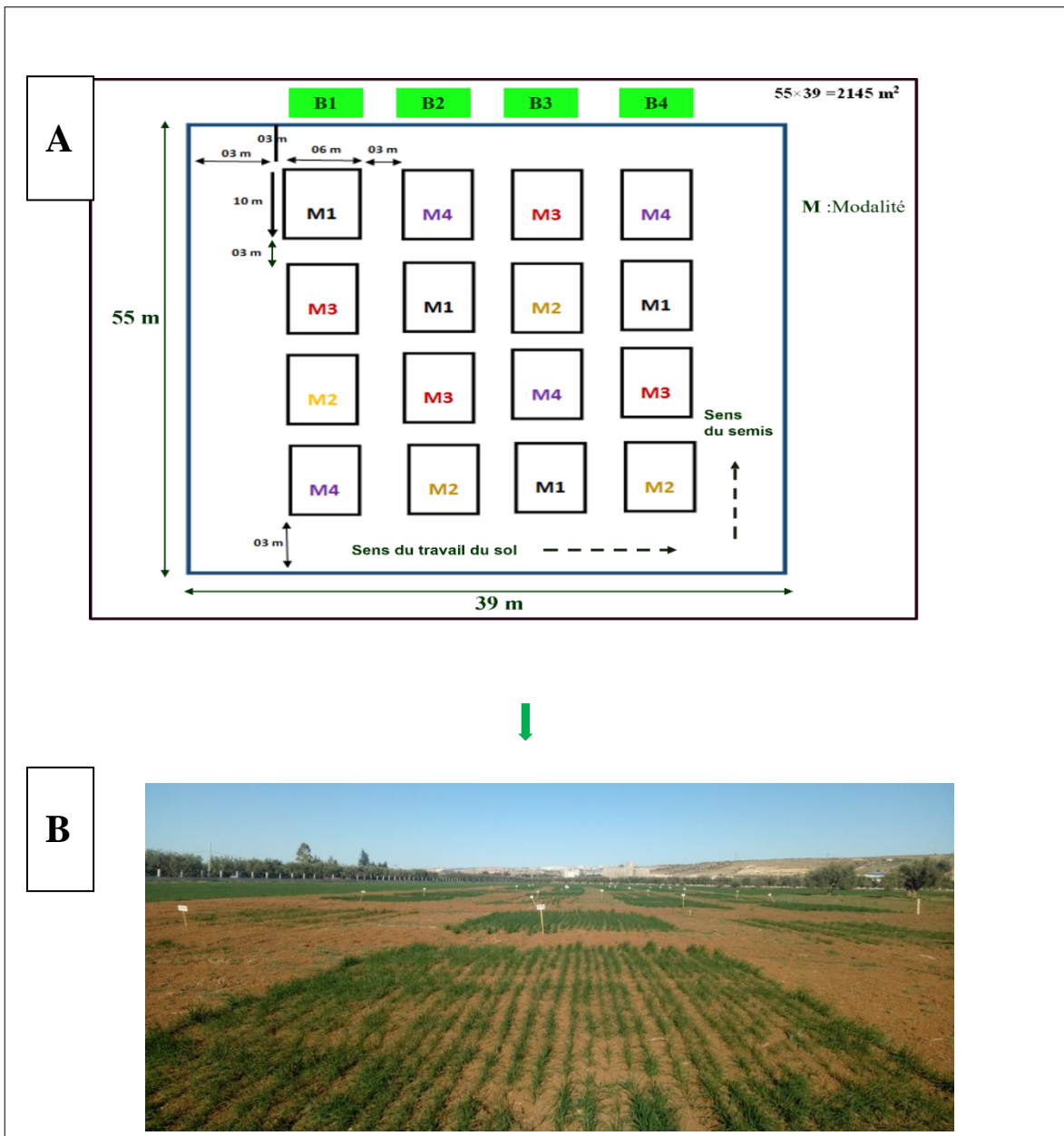
La variété de blé dur utilisée pour cette étude est Chen'S (catégorie R1), octroyé, chaque campagne, auprès des CCLS de la wilaya de mascara et de Tiaret. Cette variété sélectionnée par CIMMYT-ITGC en 1990 se caractérise par une paille courte, un cycle végétatif précoce et possède un système racinaire fasciculé pourvue d'un grand nombre de ramification. Elle s'adapte mieux aux régions semi-arides, arides, et sahariennes (< 150 mm). Elle est dotée d'un pouvoir germinatif très élevé atteignant un taux de 97% (Feddal, 2015). Elle est résistante aux maladies cryptogamiques et à la verse (Bouthiba, and Debaeke, 2009).

#### **3.2.2. Dispositif expérimental**

Au sein de chacun des deux sites d'étude, nous avons installé un dispositif en blocs aléatoires complets comportant 4 traitements et 4 répétitions. La superficie totale de chaque dispositif installé est de 2145 m<sup>2</sup> (55 x39 m), comportant 16 parcelles élémentaires, soit 4 parcelles par bloc. Chaque parcelle élémentaire à une superficie de 60 m (6x10 m) espacée de 3 m. L'espacement entre les blocs est aussi de 3 m, permettant ainsi le passage et la rotation des tracteurs effectuant les différentes opérations culturales (Figure 17). Les 4 traitements sont dénommés modalités représentées par M1, M2, M3 et M4. Le tableau 11 ci-dessous illustre les traitements utilisés dans les essais agronomiques.

**Tableau 11.** Descriptif des traitements effectués pour la gestion raisonnée des adventices du blé dur (Chen's), au niveau des sites expérimentaux de Mascara et Sebaine.

Code de la modalité	Lever agronomique /traitement	Principales caractéristiques
M1	Désherbage chimique	Densité de semis 250-300 grains/m <sup>2</sup> ; écartement entre les lignes : 20 cm, application d'herbicide chimique au debut tallage
M2	Protection intégrée	Densité de semis 300-350 grains/m <sup>2</sup> ; écartement entre les lignes : 30 cm ; faux semis ; décalage de la date de semis ; désherbage mécanique de printemps
M3	Faux semis	Densité de semis 300-350 grains/m <sup>2</sup> ; écartement entre les lignes : 20 cm ; decalage du semis ; faux semis
M4	Témoin	Densité de semis 250-300 grains/m <sup>2</sup> ; écartement entre les lignes : 20 cm ; sans operations culturales specifiques (ycompris le desharbage chimique)



**Figure 17.** Dispositif expérimental en blocs aléatoires complets, adopté au niveau du site de la ferme expérimentale de Mascara et de la FDSF de Sebaine (A). Mise en place du dispositif à Mascara (B).

### 3.2.3. Préparation du sol

Un labour profond à l'aide d'une charrue à socs a été effectué à la mi-août pour le site de Mascara (2018) et au début du mois de septembre 2020 et 2021. La reprise de labour a été

réalisée au mois de décembre, au niveau des deux sites en réalisant un double passage de cover-crop. Pour les parcelles élémentaires sous le faux semis comme modalité de désherbage, un passage d'une herse combinée à un rouleau cage est effectué avant le semis pour détruire les adventices (Figure 18).



**Figure 18.** Destruction des adventices avant le semis par une herse combinée à un rouleau cage, au niveau des parcelles élémentaires des modalités M2 et M3.

#### 3.2.4. Semis

Pour la mise en place, un semoir en ligne non combiné de marque SOLA CMA-SPA (largeur de 3 m) a été utilisée au niveau du site de Mascara. La densité de semis utilisée est de 250 grains par  $m^2$  pour la modalité M1 et M4, et 300 grains par  $m^2$  pour la modalité M2 et M3. Le semis en ligne dans la FDPS de Sebaine a été réalisé à l'aide d'un semoir combiné de type GASPARDO SC. MARIA, avec une largeur de 3 m (2020 et 2021).

La densité de semis utilisé est de 300 grains par  $m^2$  pour la modalité M1 et M4, et une densité de 350 grains par  $m^2$  pour la modalité M2 et M3. Les tableaux 12, 13 et 14 résument les principales conditions de semis pour les différentes campagnes agricoles et les deux sites d'étude (les modalités sont détaillées plus bas dans la section 3.2.6. Désherbage).



**Tableau 12.** Principales conditions de semis du dispositif de la ferme expérimentale de Mascara : campagne agricole 2018-2019.

<b>Modalité</b>	<b>Code</b>	<b>Date de semis</b>	<b>Écartement entre les lignes</b>	<b>Densité de semis plants/m<sup>2</sup></b>
Désherbage chimique	M1	10/12/2018	20 cm	250
Protection intégrée	M2	02/01/2019	30 cm	300
Faux semis	M3	02/01/2019	20 cm	300
Témoin	M4	10/12/2018	20 cm	250

**Tableau 13.** Principales conditions de semis durant la campagne 2020-2021 à l'ITGC, Tiaret.

<b>Modalité</b>	<b>Code</b>	<b>Date de semis</b>	<b>Écartement entre les lignes</b>	<b>Densité de semis plants/m<sup>2</sup></b>
Désherbage chimique	M1	23/12/2020	20 cm	300
Protection intégrée	M2	19/01/2021	30 cm	350
Faux semis	M3	19/01/2021	20 cm	350
Témoin	M4	23/12/2020	20 cm	300

**Tableau 14.** Principales conditions de semis durant la campagne 2021-2022 à l'ITGC, Tiaret.

<b>Modalité</b>	<b>Code</b>	<b>Date de semis</b>	<b>Écartement entre les lignes</b>	<b>Densité de semis plants/m<sup>2</sup></b>
Désherbage chimique	M1	28/12/2021	20 cm	300
Protection intégrée	M2	21/01/2022	30 cm	350
Faux semis	M3	21/01/2022	20 cm	350
Témoin	M4	28/12/2021	20 cm	300

D'une manière générale les semis du blé dur se sont réalisés entre le 28 décembre et le 21 janvier. En effet le semis a été légèrement retardé pour les modalités M2 et M3, soumis au levier agronomique faux semis, afin de permettre la levée puis la destruction mécanique des adventices automnaux-hivernales. L'écartement entre les lignes de semis est de 20 cm pour l'ensemble des traitements (M1, M4, M3, écartement recommandé par l'ITGC) à l'exception de la modalité M2 (protection intégrée) où nous avons effectuée un écartement plus large de 30 cm afin de faciliter les travaux de désherbage mécanique entre les lignes, sans porter préjudice à la culture en place.

Pour ce qui est des densités de semis elle varie selon les modalités de 250 à 350 grains/m<sup>2</sup>. En effet compte tenu du léger retard dans les opérations de semis, la densité a été relevée de 14 et 16% au pour les semis réalisés au delà du 10 décembre, afin de compenser les pertes à la levée. En effet l'institut du végétal Arvalis (2021) recommande de majorer la densité de semis de 15% en cas de retard de semis, en conditions favorables et de 40 % en cas de conditions défavorables (Pluie lors des dates optimales de semis, gel hivernal). En Algérie, les recommandations de l'ITGC (2011) sont de 300-350 grains/m<sup>2</sup>.

### 3.2.5. Fertilisation minérale

Pour les deux sites d'étude, un apport de phosphore sous forme de Le TSP 46% à une dose de 150 kg/ha a été effectué chaque année au moment du semis et 100 kg/ha d'urée (46 % N) sont apporté au stade tallage. La fertilisation s'est faite en tenant compte des recommandations technique de conduite du blé dur de l'ITGC.

### 3.2.6. Désherbage

Le désherbage est le levier agronomique le plus important sur lequel se base ce travail. Ainsi 4 systèmes de gestion des adventices du blé dur (Chen'S) ont fait l'objet de nos différentes expérimentations dans les deux sites d'étude. C'est dernier sont :

- **Le désherbage chimique (M1) :** cette modalité est basée sur l'application au printemps d'un herbicide de post-levée, le Mustang® 360 SE (Dow AgroSciences) dont la substance active est le Florasulam + 2,4 D Ester. Ce produit est un herbicide chimique destiné pour la lutte contre les adventices anti-dicotylédones, il pénètre dans la plante par voie foliaire et racinaire.

Il a été pulvérisé à la dose homologuée de 0,6 L/ha. L'application chimique a été réalisée en utilisant un pulvérisateur à dos, durant les trois campagnes agricoles.

- **La gestion intégrée (M2) :** cette modalité intègre plusieurs opérations culturales. Elle est basée sur un ensemble d'opérations culturale principalement l'augmentation de la densité de semis, l'écartement entre les rangs, décalage de la date de semis, le faux semis, suivi par des opérations superficielles afin de réduire le stock semencier et détruire les adventices levées. En l'absence d'un outil mécanique (herse étrille ou bineuse), la destruction des adventices s'est aussi faite par un désherbage manuel appliqué au printemps.
- **La technique du faux semis (M3) :** le faux semis réalisé en automne seulement. Cette technique est un levier important dans la gestion des adventices, elle consiste à préparer le sol mécaniquement afin de crée les conditions favorables à la germination et la levée des adventices et de les détruire ensuite. Elle permet ainsi de réduire le stock semencier des adventices et de limiter, par conséquent leur pression sur la culture.
- **Le témoin (M4) :** pour cette dernière modalité témoin, aucune application chimique de contrôle des adventices n'a été appliquée lors des trois campagnes agricoles étudiées.

### 3.2.7. Récolte de la production

La récolte de la production des parcelles élémentaires est effectuée chaque année à la maturité du grain à l'aide d'une moissonneuse batteuse (barre de coupe large de 3 m).

Cette opération a été réalisée le 25-06-2019 (Mascara), le 13-06-2021 et le 18-06-2022 (Sebaine) respectivement pour les campagnes agricoles de 2018-2019, 2020-2021 et 2021-2022.

### 3.2.8. Notations et analyse des données

Les notations qui suivent ont été réalisées séparément pour chacune des 4 modalités (M1, M2, M3 et M4).

### **3.2.8.1. Estimation de la densité de la flore levée**

La flore adventice levée représente la flore réelle d'une parcelle, celle qui est présente dans la culture. La mise en place des plans d'échantillonnage est tributaire du stade de développement de la culture.

C'est une mesure qui permet l'estimation de la compétition des adventices avec la culture (chauvel *et al.*, 2018). Elle a été déterminée par comptage de nombre d'individus par unité de surface (0.5m x 0.5 m) (figure 19) selon un parcours en W.

Le nombre des individus est ensuite rapporté au m<sup>2</sup>. Ainsi 5 relevés ont été effectués par parcelle élémentaire. L'identification des adventices a été effectuée avec l'aide des ingénieurs qualifiés de la CCLS de Mascara et l'ITGC de Tiaret, et aussi à l'aide du document intitulé : « la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales » de Quezel et Santa (1963), « Adventices du blé et de l'orge au Maroc » de Tanji (2005).

### **3.2.8.2. Biomasse sèche des adventices (BA) et du blé dur (BB)**

Les parties aériennes des adventices et de blé dur contenues dans un cadre de 0.25 m<sup>2</sup> sont prélevées et par la suite passées à l'étuve à 105° C pendant 24 h. Les pesées (en g) de nos échantillons séchés donnent la quantité de biomasse sèche qui est ensuite reportée au m<sup>2</sup>.

### **3.2.8.3. Paramètres de production**

#### **3.2.8.3.1. Nombre de plantes par mètre carré (NPM)**

Le nombre de plantes de blé dur par mètre carré est déterminé au stade 3 à 4 feuilles en comptant le nombre de plantes levées dans cinq quadrats de 0.25 m<sup>2</sup> au niveau de chaque parcelle élémentaire puis converti au mètre carré.



**Figure 19.** Quadrat d'échantillonnage des plantes levée du blé dur Chen's (0.25 m<sup>2</sup>)

### 3.2.8.3.2. Paramètres liés au stade de croissance et développement du blé dur

Les caractéristiques morphologiques : hauteur de la tige (**HT**), longueur de l'épi (**LE**), la surface foliaire (**SF**) et la chlorophylle totale (**CT**) permettent de renseigner sur la croissance et le développement du blé en fonction des différents traitements. La hauteur de la tige a été déterminée par la mesure de la paille (du collet à la base de l'épi). La longueur de l'épi a été mesurée à partir de la base de l'épi jusqu'à son extrémité hormis les barbes.

La surface de la feuille étendard est estimée selon la méthode de Spagnoletti-Zeuli et Qualset (1990). Cette dernière est égale au produit de la longueur de la feuille par sa plus grande largeur, mesurée sur un échantillon de 5 feuilles étendards prises au hasard au stade épiaison multiplié par un coefficient.

Où 0.606 est le coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit ( $L \times l$ ),  $L$  et  $l$  sont la longueur et la largeur de la feuille moyenne. La chlorophylle totale (unité SPAD) a été mesurée à l'aide d'un chlorophyllomètre SPAD (Soil plant analysisdevelopment) au stade montaison. Pour ce faire, cinq prises ont été effectuées au niveau de la feuille étendard du blé (Hébrard, 1999), (ce paramètre a été effectué durant la campagne 2018/2019 seulement).

### 3.2.8.3.3. Composantes du rendement

A maturité complète, et à partir de chaque parcelle élémentaire, les mesures des composantes du rendement et les comptages ont été réalisés par quadrat de 0.25 cm<sup>2</sup> puis converti au mètre carré. Le nombre d'épis /m<sup>2</sup> (**NEM**) a été déterminé par le comptage du nombre d'épis par mètre carré. Le nombre de grains par épi (**NGE**) a été déterminé après égrenage manuel par comptage des grains qui se trouvent sur chaque épi. Le poids de mille grains (**PMG**), déterminé par comptage à l'aide d'un compteur de grains, a été déterminé par pesage avec une balance de précision.

### 3.2.8.3.4. Rendement estimé (RDT) et réel en grain (RDR) des parcelles élémentaires

Pour estimer le rendement en grain des différentes modalités, nous avons pris trois caractéristiques mesurables à savoir le nombre de grain par épi, le nombre d'épi par mètre carré et le poids de mille grains. La relation qui permet de calculer le rendement s'écrit :

$$\text{RDT (q/ha)} = \text{nombre d'épi/m}^2 * \text{PMG} * \text{nombre de grain/épi} * 10^{-4}$$

Avec : RDT : le rendement en grains (q/ha) ; PMG: poids de mille grains (kg)

Après la moisson de chaque parcelle élémentaire, les grains ont été pesés, et les valeurs obtenues sont exprimées en quintaux par hectare (**RDR**).

## 3.3. Etude de la flore potentielle ou stock semencier du sol

La compréhension de la banque de semences d'adventices du sol est nécessaire pour élaborer des stratégies de lutte plus efficaces dans les systèmes agricoles contre les adventices (Forcella et *al.*, 1993).

La surveillance à long terme des communautés d'adventices et la dynamique des banques de semences sont des préoccupations majeures lors de la mise en œuvre de nouveaux systèmes de culture et sont essentielles pour évaluer l'efficacité, la durabilité et l'applicabilité des pratiques de gestion des adventices (Zhang et *al.*, 2021).

Selon Marañón (2001), la banque de semences du sol est un réservoir de semences viables présentes dans le sol qui a un impact significatif sur la distribution spatio-temporelle, la dynamique et la structure des communautés de plantes méditerranéennes (Figuroa et *al.*,

2004). Comprendre la structure des banques de semences d'adventices aidera donc à prédire la structure des communautés d'adventices et à mettre en œuvre des mesures de contrôle appropriées (He *et al.*, 2019). Le but de cet essai vise à déterminer la composition floristique et la structure de la banque de graines du sol, ainsi que l'abondance et la diversité de la banque de semences du sol dans les parcelles du blé dur Chen's. Cette étude s'est déroulée au sein de la ferme expérimentale de Mascara.

### **3.3.1. Méthode d'échantillonnage**

L'échantillonnage du sol a été effectué en novembre pour les trois années (2018-2019-2020) avant le déclenchement des reprises des travaux du sol. Chaque année, au courant du mois de novembre, 50 carottes de sol ont été prélevées au hasard dans les parcelles expérimentales de 1 ha à l'aide d'une tarière de 5 cm de diamètre, chaque point a été répété 4 fois. Les échantillons de sol ont été prélevés le long d'un parcours en forme de W à trois profondeurs (0-5cm, 5-15cm et 15-30cm). Au total, 600 carottes ont été prélevées. Au laboratoire, chaque sous-échantillon de profondeur a été mélangé et passé à travers un tamis de 4 mm pour éliminer les fragments de plantes et de pierres. Puis les différents échantillons de sol formés ont été séchés à l'air et conservés à la température du laboratoire jusqu'à leur traitement ultérieur.

### **3.3.2. Germination des graines d'adventices et identification**

La méthode de germination de graines a été utilisée pour estimer le nombre de graines viables dans le sol (Shang *et al.*, 2013). Selon Kumar *et al.* (2022), la technique de germination des graines permet d'évaluer avec précision la composition de la végétation. Pour ce faire, le sol de chaque profondeur a été étalée en une couche de 3 cm de profondeur sur du sable grossier stérilisé dans des plateaux de germination de 50 x 50 x 5 cm.

Les plateaux de germination, ainsi préparés, ont été ensuite installés dans une serre non chauffée dans des conditions de lumière naturelle pendant six mois (chaque année de décembre à juin) et ont été irrigués trois fois par semaine.

Pour éviter la prolifération des mousses et des algues, les échantillons de sol ont été remués une fois par semaine pour faire remonter à la surface les graines non germées. En outre, les plantules émergentes des adventices ont été comptées et enlevées dès qu'elles ont



été identifiées afin d'éviter leurs effets allélopathique sur la germination des autres graines dans les échantillons de sol. Les plantules difficiles à identifier ont été transplantées et cultivées dans de nouveaux pots jusqu'à ce qu'elles puissent être identifiées.

Chaque plantule a été identifiée à l'aide des photos et de spécimens de plantes provenant de l'herbier de Gérard de Belair (École nationale supérieure d'agronomie d'El Harrach, Algérie). Lorsqu'aucune nouvelle plantule n'est apparue pendant deux semaines, les échantillons de sol ont été lavés sous un flux d'eau à travers un tamis de 250 µm. Le matériel végétal tamisé a été séché à l'air avant que le matériel extrait (graines, résidus végétaux et pierres) ne soit séparé manuellement à l'aide d'un stéréomicroscope MS5 (Leica Microsystems, Wetzlar, Allemagne). Après avoir été stratifiées à 4° C pendant un mois pour lever la dormance des graines, elles ont été ensuite trempées pendant 2 heures dans une solution d'acide gibbérellique (GA3) à 500 mg/L (Sigma, USA) pour accélérer la germination.

Puis, les graines ont été placées dans des boîtes de Pétri sur du papier filtre et arrosées avec de l'eau distillée, afin d'encourager la germination des graines viables restantes de chaque échantillon. L'expérimentation a été arrêtée lorsqu'aucune émergence de plantule n'a été enregistrée pendant plus de huit semaines et qu'elles ont été considérées par conséquent non viables.

### 3.3.3. Paramètres mesurés

Plusieurs indices ont été calculés à l'aide des formules suivantes pour décrire la diversité floristique, la densité des espèces, la profondeur du stock semencier du sol et les variations saisonnières dans la zone expérimentale :

- La densité (Ds)(Olaniyan *et al.*, 2018):  $Ds = \text{nombre de graines/m}^2$
- L'indice de richesse (R) (Margalef, 1973) :  $R = \frac{(T-1)}{\ln N}$
- L'indice de simpson(D) (Parish *et al.*, 1995) :  $D = 1 - \sum p_i^2$
- L'indice de Shannon (H') (Zhang *et al.*, 2017) :  $H' = -\sum p_i \ln p_i$
- L'indice de Pielou (J) (Zhang *et al.*, 2017) :  $J = \frac{H'}{H'_{max}}$
- Et l'indice de Sorensen (He *et al.*, 2019) :  $Cs = \frac{2c}{a+b}$



Où  $p_i$  est la valeur de l'importance relative de l'espèce  $i$ ,  $p_i = n_i/N$  :  $n_i$  est le nombre total de graines de l'espèce  $i$ ,  $N$  : est le nombre total de graines,  $T$  : est le nombre total d'espèces dans l'échantillon,  $c$  : est le nombre d'espèce communes entre les communautés A et B, et  $a$  et  $b$  : le nombre total d'espèces dans les communautés A et B.

### **3.4. Etude de l'influence du système de désherbage sur la qualité du grain de blé dur : cas de la région Tiaret**

#### **3.4.1. Justification et objectif**

La qualité du grain est bien connue comme l'un des objectifs de sélection les plus intéressants dans les pays méditerranéens. Il a toujours une grande importance sur les marchés du blé en raison de la demande accrue des consommateurs pour des produits finis de haute qualité à base de blé dur tel que les pâtes, le couscous et le burghul (Rharrabti *et al.*, 2003).

Le travail expérimental de cet essai s'est déroulé au niveau du laboratoire du département de production végétale à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger (ENSA). Il porte sur les analyses technologiques effectuées sur le grain, Afin d'apprécier l'effet des quatre traitements de désherbage sur les paramètres qualitatifs.

#### **3.4.2. Analyse de la qualité des grains**

##### **3.4.2.1. Nettoyage et conditionnement des grains et taux d'extraction**

A la fin de la campagne 2020/2021 et après la récolte, 2 kg de graines de blé dur de chaque micro parcelle ont subi un nettoyage approfondi pour éliminer les débris (les graines cassées et les graines des adventices). Ensuite, Les grains ont été stockés à une température de 16 °C jusqu'à leur utilisation pour les différentes analyses.

Le taux d'extraction (TE) représente le poids de semoule obtenu à partir de la mouture de 1 kg de graines de blé propre. Il s'exprime par la formule suivante :

$$TE = (T1/T2) * 100$$

Avec T1 : quantité de semoule obtenue et T2 : quantité de blé mise en œuvre.

### 3.4.2.2. Paramètres physico-chimiques

#### 3.4.2.2.1. Taux de moucheture et taux de mitadinage

Le taux de moucheture est déterminé sur 20 grammes de blé dur entier par appréciation visuelle. Seuls sont considérés comme mouchetés, les grains présentant des colorations brunes noirâtre à d'autres endroits que sur le germe. Les résultats sont exprimés en grammes de grains mouchetés pour 100 grammes d'échantillons. Le mitadinage est un accident physiologique fréquent qui provoque un changement de texture d'albumen du grain. Il s'évalue par le taux de mitadinage qui, exprimé en pourcentage (%), indique le nombre de grains partiellement ou entièrement farineux dans un lot de grains. La détermination de ce taux est faite sur 300 grains en comptant les grains mitadinés après les avoir coupés transversalement à l'aide du farinotome de Pohl (Figure 20). Le taux de mitadinage  $M$  (%) de l'échantillon examiné est donné par la formule suivante :

$$M(\%) = M_1/M_2 * 100$$

Avec  $M_1$  : nombre de graines entières mitadinés présents dans les 300 graines et  $M_2$  : nombre de graines entières du prélèvement (300 graines).



**Figure 20.** Détermination du taux de mitadinage à l'aide d'un farinotome de Pohl.

### 3.4.2.2.2. Taux de vitrosité et taux d'humidité

La vitrosité ( $M'$ %) est l'aspect translucide, brillant et dur des grains de blé (Shahin et Symons, 2008). Elle s'exprime en pourcentage de graines vitreux :

$$M' (\%) = 100 - M$$

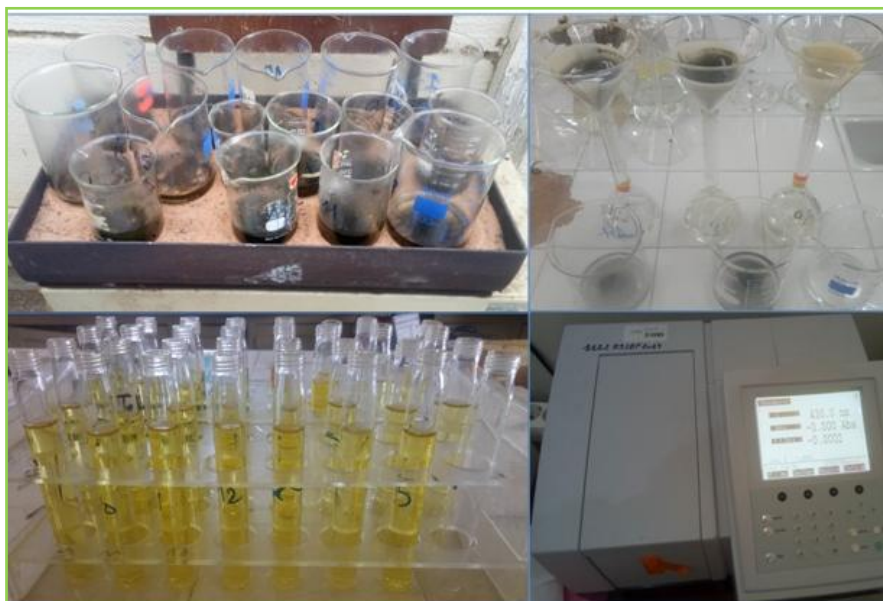
Quant – à la teneur en eau, elle a été déterminée selon la procédure standard (AACC la méthode no 44-15.02) (Moisture – Air-Oven Methods). Elle est déterminée par séchage de 5 g de produit (grain) à une température de 130°C dans une étuve. Un vase métallique a été pesé et sa masse a été enregistrée comme  $D_0$ . Ensuite, 5 g de l'échantillon de blé (grain) ont été enregistrés comme  $D_1$ . Le vase métallique contenant les 5 g d'échantillon de blé a été placé dans l'étuve et laissé sécher à 130 °C pendant 2 heures. L'échantillon a ensuite été retiré du four et placé dans un dessiccateur pendant 45 minutes. L'échantillon a été pesé après refroidissement et sa masse a été enregistrée comme  $D_2$ . La teneur en eau a été calculée par la formule :

$$(D_1 - D_2 / D_1 - D_0) * 100$$

### 3.4.2.2.3. Teneurs en protéines totales et en phosphore total

L'analyse des protéines totales consiste à doser l'azote total selon la méthode de KJELDAHL. La minéralisation est réalisée sur 1g de produit par l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur ( $\text{Cu SO}_4$  et  $\text{K}_2 \text{SO}_4$ ), l'ammoniac libéré est dosé par titrimétrie après addition de soude. La teneur en protéines est calculée à partir de la teneur en azote protéique multipliée par le coefficient 5.7 et rapporté à la matière sèche.

Pour ce qui de l'analyse du phosphore total, elle consiste à doser le phosphore total par minéralisation d'une prise d'essai, par voie sèche et mise en solution dans l'acide chlorhydrique (6 mol/l). Ensuite, un traitement de la solution est effectué par le réactif vanado-molybdique suivi d'un mesurage de l'absorbance de la solution jaune ainsi obtenue, au spectrophotomètre, à 430 nm, en utilisant comme liquide de référence une solution obtenue par addition de 10 ml du réactif vanado-molybdique à 10 ml d'eau (Figure 21).



**Figure 21.** Processus de détermination du phosphore total des graines de blé dur.

### 3.5. Essai de lutte contre les adventices par l'exploitation de l'effet allélopathique de *Schinus molle* (Anacardiaceae)

#### 3.5.1. Objectifs de l'étude

Cette partie a pour objectif de proposer un moyen de lutte biologique potentiel contre les adventices les plus répandues dans les zones d'études, en particulier Mascara, en exploitant l'effet allélopathique de *Schinus molle* L. Cette étude s'inscrit dans la perspective d'inclure ce moyen dans la stratégie de lutte intégrée visant les adventices les plus nuisibles à la culture du blé dur.

*Schinus molle* L. (Sapindales : Anacardiaceae), connu sous le nom de poivre du Pérou, est un arbre ornemental à feuillage persistant, originaire d'Amérique du Sud et largement répandu dans la région méditerranéenne (Giuffrida *et al.*, 2020), capable de tolérer des conditions environnementales défavorables (Volpini- Klein *et al.*, 2021). Les huiles essentielles de *S. molle* ont précédemment démontré diverses activités biologiques, notamment anti-inflammatoire, antidiabétique et antioxydante (Bendaoud *et al.*, 2010 ; Feriani *et al.*, 2021). L'activité allélopathique de *S. molle* L. contre diverses espèces a été prouvée par de nombreuses études scientifiques (Zahed *et al.*, 2010, Nogueira *et al.*, 2017).

### 3.5.2. Matériel végétal utilisé

Les parties aériennes (feuilles et fleurs) de *Schinus molle* L., ont été collectées dans la ferme expérimentale de l'Université de Mascara, Algérie (35°22'36.00" N, 00°10'59.20" E, 474 m d'altitude) en février 2020 (Figure 22). Au laboratoire, les échantillons ont été étalés sur du papier journal pendant 3 jours. Lorsqu'ils ont complètement séchés, ils ont été conservés à une température de 4°C jusqu'au moment de l'extraction. D'autre part, des semences d'espèces adventices de *Chenopodium vulvaria*, *Silybum marianum*, *Avena sterilis*, *Melilotus indicus* et *Bromus rigidus* Roth, ont été collectées (en 2020) dans une culture de blé dur au sein de la ferme expérimentale citée ci-dessus. Quant- aux semences de blé dur Chen'S, elles ont été fournies par la CCLS de Mascara.



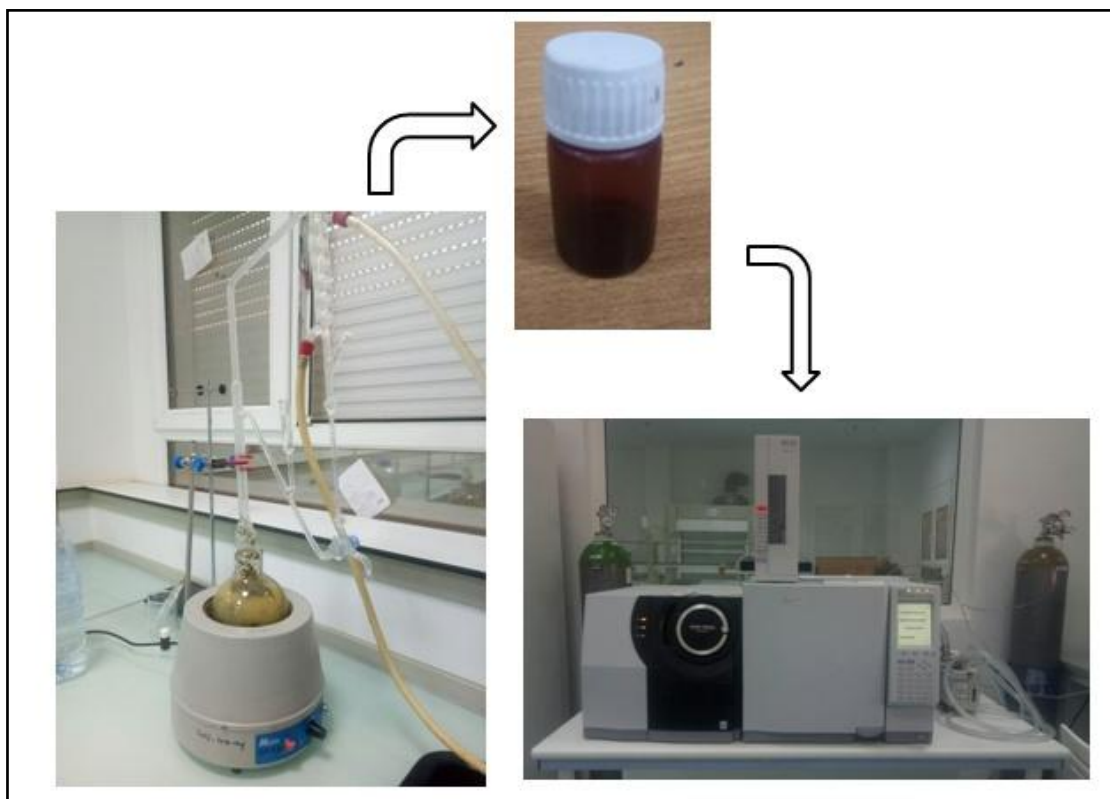
**Figure 22.** Le faux-poivrier *Schinus molle* L.

### 3.5.3. Extraction de l'huile essentielle et analyse GC-MS

L'extraction de l'huile essentielle (HE) de *S. Molle* a été réalisée en utilisant 100 g de matériel végétal séché, par d'hydrodistillation pendant 2 heures dans un équipement de type Clevenger (ISOLAB, Allemagne). Pour assurer la déshydratation de l'échantillon d'huile, du sulfate de sodium anhydre a été employée. Les huiles obtenues ont été pesées et ensuite stockées à une température de 4°C, dans des flacons en verre Ambré hermétiquement fermés



jusqu'à l'analyse GC-MS (Figure 23). Le rendement en huile a été calculé sur la base du poids sec.



**Figure 23.** Extraction et analyse GC-MS de l'huile de *Schinus molle* L.

La chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC-MS) a été réalisée au niveau du Laboratoire de chimie physique des macromolécules et interfaces biologiques (LCPMIB) de la faculté des sciences de la nature et de la vie (Université de Mascara).

L'analyse de l'huile essentielle s'est faite à l'aide d'un instrument GC/MS SHIMADZU (GC/MS TQ 8030, USA) équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) utilisant une colonne capillaire HP-5 (phénylméthylsiloxane, 30m × 0.32mm ID × 0.25 μm df). L'expérience a été menée selon les paramètres suivants : l'hélium (pureté 99.995 %) était le gaz porteur à un débit de 1.2 ml/min. mode fractionné (1 :1500) ; volume injecté = 1 μL de solution diluée (0.01) d'huile dans le n-hexane. La température de la colonne a été maintenue à 50°C pendant 3 minutes, puis programmée à une vitesse de 5°C/min jusqu'à 230°C. La température de l'injecteur et du détecteur a été maintenue à 230 °C. Les spectres de masse ont été pris à 70 eV avec une gamme de 45-600 m/z. L'identification des composés a été basée sur

leurs spectres de masse comparés aux spectres existant dans la base de données de l'équipement.

#### **3.5.4. Etude de l'activité allélopathique**

L'activité allélopathique de l'HE de *S. molle* a portée sur la variation du taux de la germination et la croissance des graines des cinq mauvaises herbes indiquées ci-dessus et sur le blé dur. Pour éviter toute contamination, des graines homogènes ont été sélectionnées et stérilisées à l'aide d'une solution aqueuse d'hypochlorite de sodium à 15 % pendant 10 minutes, puis rincées trois fois avec de l'eau distillée stérilisée. Après une série de tests préliminaires, des concentrations de 0.01, 0.02 et 0.03 % d'HE ont été préparées. 100 ml d'eau distillée stérilisée a été ajouté à des volumes de 10, 20 et 30 uL d'huile essentielle, en présence d'un agent émulsifiant Tween-20 à 0.02 % (Sigma-Aldrich, Allemagne). Les lots témoins ont reçu de l'eau distillée stérilisée et une solution de 0.02 % de Tween-20.

Pour tester l'activité allélopathique, 20 graines de chaque espèce végétale ont été placées séparément dans des boîtes de Pétri stériles (90 mm) recouvertes d'un papier filtre à double couche (Whatman N°1). Ensuite, 4 ml de chaque concentration a été appliqué sur le papier filtre. Les boîtes de Pétri ont été scellées avec du Parafilm®, puis elles ont été incubées dans une chambre de culture à  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  sous une photopériode de 12 heures. Les lots témoins ont été préparés comme indiqué ci-dessus en utilisant un volume similaire d'eau distillée stérilisée et 0.02 % de Tween-20 à la place de l'huile essentielle.

La germination des graines, exprimée en pourcentage de germination, a été calculée en faisant le quotient du nombre de graines germées par le nombre total de graines. La longueur des radicules (ou coléorhize) et des gemmules (ou coléoptile) des plantules ont été mesurées 7 jours après l'incubation. Les graines sont considérées comme germées uniquement lorsque des radicules (espèces dicotylédones) ou des coléorhize (espèces monocotylédones) de 1 cm sont émergées.

---

### **3.6. Analyses statistiques utilisées dans les différentes études**

#### **3.6.1. Etude de l'effet des modalités de désherbage sur la culture du blé dur**

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel statistique STATISTICA 8.1. Afin de comparer l'effet des modalités de désherbage et de l'année sur la culture de blé dans la région de Tiaret.

Une analyse de la variance pluriannuelle est effectuée, les modalités de désherbage et l'année étant les facteurs étudiés et le bloc est un facteur contrôlé. Une analyse de la variance (ANOVA) a également été réalisée pour comparer l'effet des différentes modalités de désherbage dans la région de Mascara en considérant la modalité de désherbage comme facteurs étudiés et le bloc comme facteur contrôlé.

Pour chaque campagne agricole étudiée, une analyse de corrélation entre variables a été réalisée (Pearson), pour voir la corrélation entre paires de variables. La matrice de corrélation de Pearson a été élaborée sur la base de la moyenne des variables. Afin de déterminer l'effet des différents systèmes de désherbage sur la qualité du grain de blé dur durant la campagne de 2020/2021, une analyse de la variance à un seul facteur a été réalisée (systèmes de désherbage comme facteur étudié).

#### **3.6.2. Etude de l'activité allélopathique de *S. molle* L.**

L'étude de l'effet allélopathique de *Schinus molle* L. a été menée selon une randomisation totale avec six répétitions pour chaque traitement. Afin de tester si les taux de germination, la longueur des racines et des feuilles variaient en fonction des concentrations de l'huile tester. Les différences entre les moyennes ont été comparées à l'aide de test de Tukey (HSD) à  $p < 0,05$ .



## **CHAPITRE 04 : ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS**

---

## CHAPITRE 04 : ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS

### 4.1. Etude de l'effet des leviers agronomiques sur la gestion des adventices du blé dur

*Il est question de présenter les résultats de l'effet des différentes modalités ou traitements (M1, M2, M3, M4) sur les paramètres végétatifs des adventices et du blé dur Chen's d'une part et sur les paramètres productifs du blé dur dans les deux zones semi-arides étudiées (Mascara et Tiaret). Ces aspects sont d'abord précédés par les résultats portant sur la composition floristique des adventices du blé dur.*

#### 4.1.1. Composition floristique des adventices levées

Les différents relevés de la flore adventices ont permis l'identification des espèces associées au blé dur dans les deux sites expérimentaux au cours des trois campagnes agricoles étudiées, 2018-2019, 2020-2021 et 2021-2022. La flore levée dans le site de Mascara est très diversifiée. 62 espèces appartenant à 20 familles botaniques ont été recensées. Les familles les plus dominantes dans les relevées sont les Astéracées, les Poaceae, les Brassicaceae, les Boraginaceae et les Fabaceae avec respectivement des taux de 20.97 %, 17.74%, 8.06% et 6.45%. Le reste des familles botaniques n'est représentée que par 4 espèces (Tableau 15).

Dans le second site d'étude (FDPS Sebaine), les relevées effectuées ont donné une flore d'adventices levée constituée de 48 espèces réparties en 16 familles (Tableau 16). Les familles les plus représentées sont : les Asteraceae (14 espèces), les Fabaceae (6 espèces), les Apiaceae (5 espèces) et Papaveraceae (4 espèces) et les Brassicaceae (4 espèces), avec un taux respectif de 29.16 %, 12.5 %, 10.42 % et 8.33 %. La plupart des familles sont représentées par moins de 4 espèces.

**Tableau 15.** Composition floristique des adventices du blé dur dans la région de Mascara.

N°	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Type biologique
01	Amaranthaceae	<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson	Amarante fausse blette	Annuelle
02		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amarante réfléchie	Annuelle
03		<i>Beta macrocarpa</i> Guss.	Bette à gros fruits	Annuelle
04	Apiaceae	<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.	Torilis noueux	Annuelle
05		<i>Scandix pecten veneris</i>	Peigne de vénus	Annuelle
06	Asteraceae	<i>Anacyclus clavatus</i>	Anacycle en massue	Annuelle
07		<i>Calendula arvensis</i>	Souci des champs	Annuelle
08		<i>Centaurea diluta aiton</i>	Centaurée décolorée	Bisannuelle
09		<i>Cichorium intybus</i> L.	Chicorée amère	Vivace
10		<i>Lactuca serriola</i> L.	Laitue sauvage	Bisannuelle
11		<i>Leontodon saxatilis</i>	Liondent des rochers	Vivace
12		<i>Onopordum macracanthum</i> schousb	Chardon des ânes	Bisannuelle
13		<i>Picnomon acarna</i> L	Cirse acarna	Annuelle
14		<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Chardon d'Espagne	Bisannuelle
15		<i>Senecio vulgaris</i> L.	Séneçon commun	Annuelle
16		<i>Silybum marianum</i> Gaertn.	Chardon marie	Bisannuelle
17	<i>Sonchus asper</i> L.	Laiteron rude	Annuelle	
18	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Laiteron potager	Annuelle	
19	Boraginaceae	<i>Anchua italica</i>	Buglosse d'Italie	Vivace
20		<i>Asperugo procumbens</i> L.	Râpette couchée	Annuelle
21		<i>Lithospermum arvense</i> L.	Grémil des champs	Annuelle
22		<i>Echium vulgare</i> L.	Vipérine commune	Bisannuelle
23		<i>Capesella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	Bourse à pasteur	Bisannuelle
24		<i>Conringia orientalis</i> L.	Roquette d'Orient	Vivace
25		<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Ravenelle	Annuelle
26		<i>Sinapis arvensis</i> L.	Moutarde des champs	Annuelle
27		<i>Sisymbrium runcinatum</i> Lag	Sisymbre ronciné	Bisannuelle
28	Caryophyllaceae	<i>Silene diversifolia</i> Otth.	Silène des moissons	Annuelle
29		<i>Stellaria media</i> Cyrill.	Mouron des oiseaux	Annuelle
30		<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rauschert	Saponaire des vaches	Annuelle
31	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L.	Chénopode blanc	Annuelle
32		<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	Chénopode fétide	Annuelle
33	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Liseron des champs	Vivace

34	Euphorbiaceae	<i>Chrozophora tinctoria</i> L.	Croton des teinturiers	Annuelle
35		<i>Astragalus hamosus</i> L.	Astragale à gousses en hameçon	Annuelle
36	Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i> L.	Luzerne polymorphe	Annuelle
37		<i>Melilotus indicus</i>	Mélilot d'Inde	Annuelle
38		<i>Vicia monantha</i> Retz	Vesce uniflore	Annuelle
39		<i>Fumaria officinalis</i> L.	Fumeterre officinale	Annuelle
40	Fumariaceae	<i>Fumaria parviflora</i> Lam.	Fumeterre à petites fleurs	Annuelle
41	Geraniaceae	<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.	Eroduim fausse mauve	Bisannuelle
42	Lamiaceae	<i>Lamier amplexicaule</i> L.	Lamier amplexicaule	Annuelle
43	Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.	Mauve à petites fleurs	Annuelle
44	Papaveraceae	<i>Papaver hybridum</i> L.	Pavot hybride	Annuelle
45		<i>Papaver rhoeas</i> L.	Coquelicot	Annuelle
46	Plantaginaceae	<i>Veronica polita</i> Fr.	Véronique luisante	Annuelle
47		<i>Avena sterilis</i> L.	Avoine stérile	Annuelle
48		<i>Bromus rigidus</i> Roth	Brome rigide	Annuelle
49		<i>Bromus rubens</i> L.	Brome rougeâtre	Annuelle
50		<i>Hordeum murinum</i> L.	Orge des rats	Annuelle
51	Poaceae	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Orge commune	Annuelle
52		<i>Lolium multiflorum</i> L.	Ray-grass d'Italie	Bisannuelle
53		<i>Lolium rigidum</i>	Ivraie raide	Annuelle
54		<i>Phalaris brachystachys</i>	Alpiste à épi court	Annuelle
55		<i>Phalaris mineur</i>	Alpiste mineur	Annuelle
56		<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Alpiste paradoxal	Annuelle
57		<i>Triticum aestivum</i>	Blé tendre	Annuelle
58	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i>	Renouée des oiseaux	Annuelle
59		<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd	Emex épineux	Annuelle
60	Primulaceae	<i>Anagallis foemina</i>	Mouron bleu	Annuelle
61		<i>Galium aparine</i> L.	Gaillet gratteron	Annuelle
62	Rubiaceae	<i>Galium tricornutum</i>	Gaillet à trois cornes	Annuelle

**Tableau 16.** Composition floristique des adventices du blé dur dans la région de Tiaret

N°	Famille	Nom scientifiques	Nom commun	Type biologique
01	Apiaceae	<i>Daucus muricatus</i> (L.) L.	Carotte épineuse	Annuelle
02		<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.	Torilis noueux	Annuelle
03		<i>Ridolfia segetum</i> (Guss.) Moris	Ridolfie des moissons	Annuelle
04		<i>Eryngium campestre</i> L.	Panicaut champêtre	Vivace
05		<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm	Turgénie à feuilles larges	Annuelle
06	Asparagaceae	<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill.	Muscari à toupet	Vivace
07	Asteraceae	<i>Chondrilla juncea</i> L.	Chondrille effilée	Bisannuelle
08		<i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook.	Launée à tiges nues	Annuelle
09		<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F.W.Schmidt	Fusoïde arquée	Annuelle
10		<i>Filago pyramidata</i> L.	Cotonnière pyramidale	Annuelle
11		<i>Anthemis arvensis</i> L.	Fausse camomille	Annuelle
12		<i>Rhaponticum acaule</i> (L.) DC.	Tafgha	Annuelle
13		<i>Xanthium spinosum</i> L.	Lampourde épineuse	Annuelle
14		<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Chardon d'Espagne	Bisannuelle
15		<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.	Cirse acarna	Annuelle
16		<i>Onopordum acanthium</i> L.	Chardon des ânes	Bisannuelle
17		<i>Carthamus lanatus</i> L.	Carthame laineux	Annuelle
18		<i>Centaurea calcitrapa</i> L.	Chausse-trape.	Bisannuelle
19		<i>Centaurea diluta</i> Ait.	Centaurée décolorée	Bisannuelle
20		<i>Lactuca saligna</i> L.	Laitue à feuilles de saule)	Bisannuelle
21	Brassicaceae	<i>Sisymbrium runcinatum</i> Lag.	Sisymbre ronciné	Bisannuelle
22		<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Bourse à pasteur	Bisannuelle
23		<i>Sinapis arvensis</i> L.	Moutarde des champs	Annuelle
24		<i>Erysimum repandum</i> L.	Vélar à feuilles d'épervière	Annuelle
25	Caryophyllaceae	<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rauschert	Saponaire des vaches	Annuelle
26		<i>Herniaria hirsuta</i> L.	Herniaire hirsute	Annuelle ou bisannuelle
27		<i>Silene muscipula</i> L.	Silène attrape-mouches	Annuelle
28	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L.	Chénopode blanc	Annuelle
29		<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	Chénopode fétide	Annuelle
30	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Liseron des champs	Vivace

31	Fabaceae	<i>Astragalus hamosus</i> L.	Astragale à gousses en hameçon	Annuelle
32		<i>Melilotus sulcatus</i> Desf.	Mélilot sillonné	Annuelle
33		<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal.	Luzerne orbiculaire	Annuelle
34		<i>Medicago polymorpha</i> L.	Luzerne polymorphe	Annuelle
35		<i>Medicago arabica</i>	Luzerne d'Arabie	Annuelle
36		<i>Vicia monantha</i> Retz.	Vesce uniflore	Annuelle
37	Fumariaceae	<i>Fumaria parviflora</i> Lam.	Fumeterre à petites fleurs	Annuelle
38	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> L.	Erodium à feuilles de ciguë	Annuelle
39	Papaveraceae	<i>Papaver dubium</i> L.	Coquelicot douteux	Annuelle
40		<i>Papaver hybridum</i> L.	Pavot hybride	Annuelle
41		<i>Papaver rhoeas</i> L.	Coquelicot	Annuelle
42		<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.	Roémérie hybride	Annuelle
43		<i>Hypocoum pendulum</i> L.	Cumin pendant	Annuelle
44	Poaceae	<i>Hordeum murinum</i> L.	Orge des rats	Annuelle
45	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Renouée des oiseaux	Annuelle
46	Primulaceae	<i>Anagallis foemina</i>	Mouron bleu	Annuelle
47	Ranunculaceae	<i>Ceratocephala falcata</i> (L.) Pers.	Renoncule en faux	Annuelle
48	Resedaceae	<i>Reseda alba</i> L.	Reseda blanc	Vivace

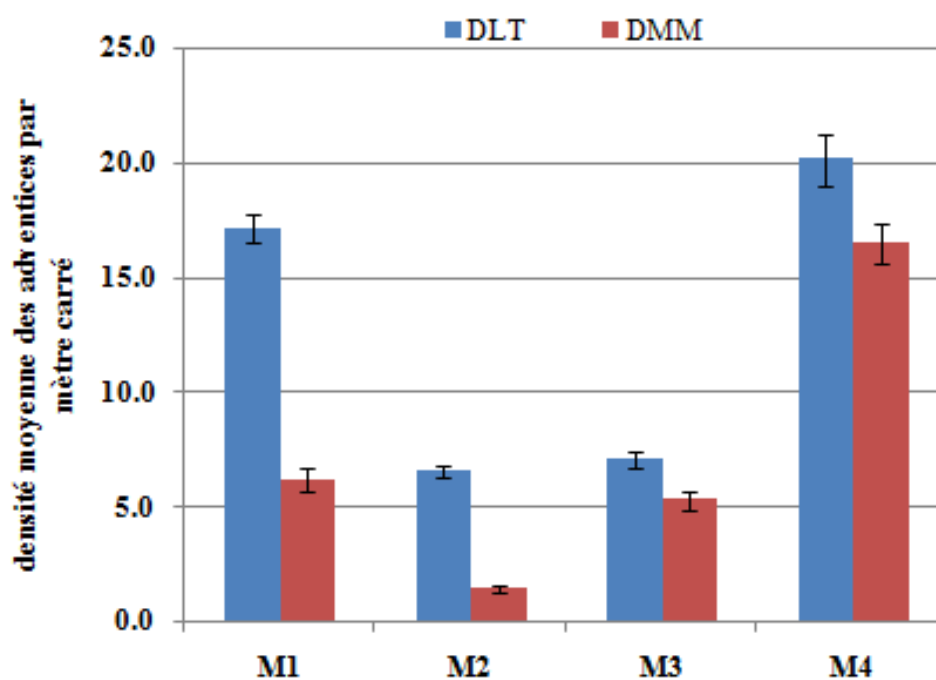
#### 4.1.2. Effets des différentes modalités sur les paramètres végétatifs

##### 4.1.2.1. La densité de la flore levée

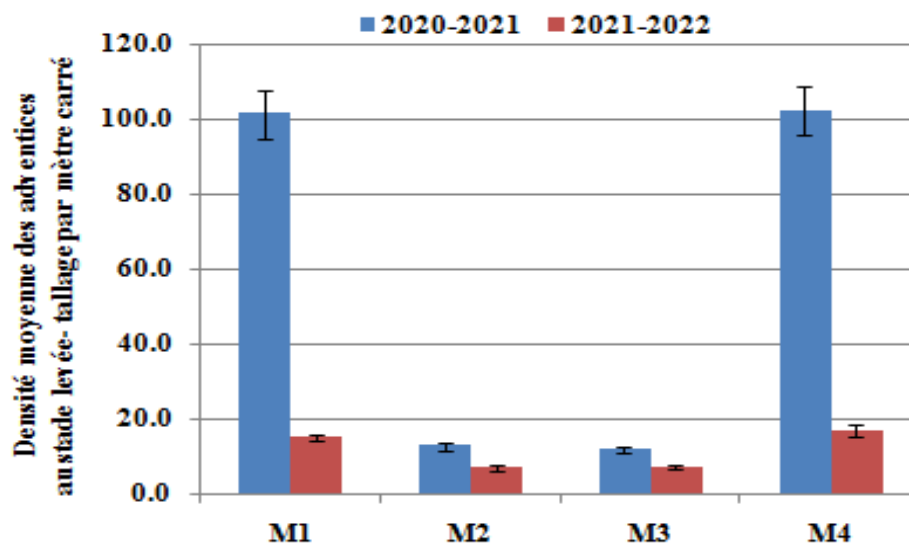
La figure 24 ci-dessous illustre l'effet des différents traitements (modalités) sur la densité des adventices en fonction des stades de développement du blé dur, pour la région de Mascara. On observe une grande variabilité entre les moyennes de densité sous l'effet de modalités étudiées. L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative pour l'effet des modalités sur la densité moyenne des adventices au stade levée-tallage et au stade montaison-maturation ( $p < 0.001$ ). Au stade levée-tallage, la densité moyenne la plus faible est enregistrée pour la modalité M2 (6.51 plants/m<sup>2</sup>), alors que la plus élevée est enregistrée pour M4 (20.15 plants/m<sup>2</sup>). Le test Tukey pour la comparaison des moyennes a révélé la présence de trois groupes homogènes (annexe 2, tableau 1). Au stade montaison-maturation, la densité moyenne la plus faible est marquée chez M2 avec 1.42

plants/m<sup>2</sup>, suivi par M3, M1 et M4 avec 5.3 plants/m<sup>2</sup>, 6.18 plants/m<sup>2</sup> et 16.5 plants/m<sup>2</sup>, respectivement. Le test Tukey pour la comparaison des moyennes a révélé la présence de trois groupes homogènes (annexe 2, tableau 1).

Pour la région de Tiaret, durant la campagne agricole 2020-2021, la densité moyenne des adventices au stade levée – tallage la plus faible a été enregistré pour la modalité M3 avec 11.83 plants/m<sup>2</sup>, alors que la plus élevée fût obtenu pour les modalités chez M4 et M1 avec respectivement 102.39 plants/m<sup>2</sup> et 101.40 plants/m<sup>2</sup> (Figure 25).



**Figure 24.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la densité des adventices (individu/m<sup>2</sup>)(moyenne±SE) au stade levée-tallage (DLT) et au stade montaison-maturation(DMM), dans la région de Mascara, durant la campagne 2018-2019.

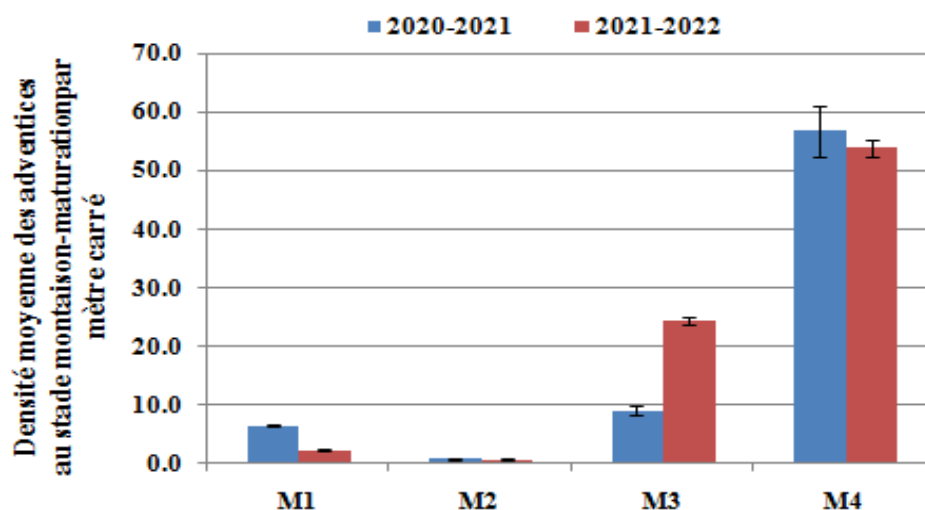


**Figure 25.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la densité des adventices (individu/m<sup>2</sup>)(moyenne ±SE) au stade levée-tallage (DLT) dans la région de Tiaret, pour les campagnes 2020-2021 et 2021-2022.

Par contre durant la campagne agricole 2021-2022, la densité moyenne varie entre un minimum de 7.11 plants/m<sup>2</sup> pour M2 et un maximum de 15.27 plants/m<sup>2</sup> pour M4. La comparaison des moyennes effectuée grâce au test Tukey a révélé la présence de deux groupes homogènes (annexe 2, tableau2). L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités, entre les années et l'interaction modalité x année pour la densité moyenne des adventices au stade levée-tallage (annexe 1, tableau 2).

Durant la phase montaison-maturation (DMM), l'analyse de la variance a révélé une différence non significative ( $p > 0,05$ ) entre les années, et une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités et l'interaction modalité x année pour la densité moyenne des adventices (annexe 1, tableau 2). La figure 26 ci-dessous représente la densité moyenne des adventices au stade montaison-maturation (DMM). Durant la campagne agricole 2020-2021, M4 a présenté une densité élevée des adventices avec 56.73plants/m<sup>2</sup>, tandis que la modalité M2 a enregistré 0.84 plants/m<sup>2</sup>seulement. Alors que durant la campagne 2021-2022, la densité moyenne la plus faible a été enregistrée pour M2 avec 0.67 plants/m<sup>2</sup>, alors que la plus élevée est enregistré chez M4 avec 53.81 plants/m<sup>2</sup>. La comparaison des moyennes par le test Tukey a révélé la présence d'un cinq groupes homogènes (annexe 2, tableau2).

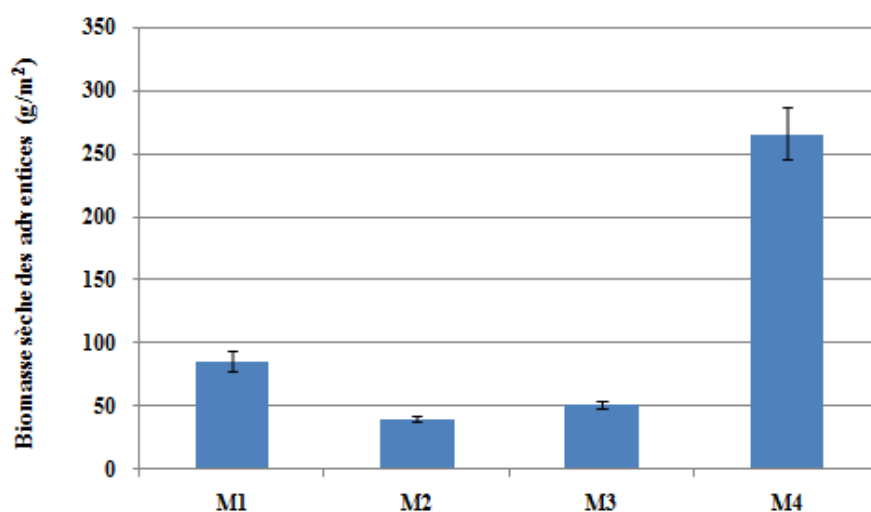




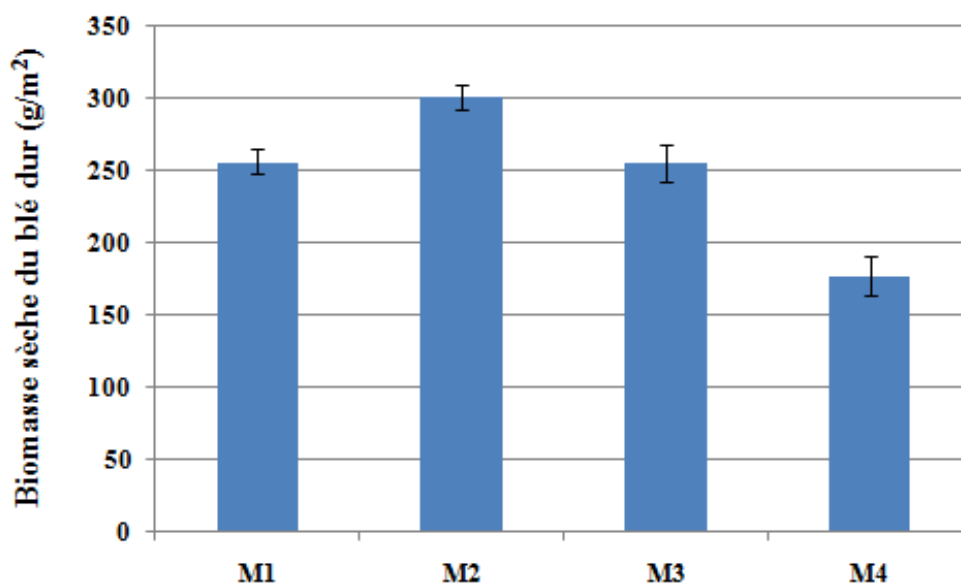
**Figure 26.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la densité des adventices (individu/m<sup>2</sup>) (moyenne ±SE) au stade montaison-maturation (DMM) dans la région de Tiaret, pour 2020-2021 et 2021-2022.

#### 4.1.2.2. La biomasse sèche des adventices et du blé dur

L'analyse de la variance a révélé des différences très hautement significatives ( $P < 0,001$ ) entre les modalités, pour la biomasse sèche du blé dur (g/m<sup>2</sup>) et des adventices (annexe 1, tableau 4). Les résultats obtenus, illustrés par la figure 27 ci-dessous, montrent que les adventices de la modalité M4 ont accumulé une biomasse sèche de 266.08 g/m<sup>2</sup>. En revanche, M2 a donné une faible biomasse sèche avec seulement 40.4 g/m<sup>2</sup>. La comparaison des moyennes par le test Tukey a révélé la présence de quatre groupes homogènes (annexe 2, tableau 3). Pour ce qui est de la biomasse sèche du blé dur, illustrée par la figure 28, la valeur la plus élevée a été notée pour M2 avec 300.72 g/m<sup>2</sup>. Alors que M4 a enregistré la valeur la plus faible avec 177.55 g/m<sup>2</sup>. La comparaison des moyennes par le test Tukey a révélé la présence d'un trois groupes homogènes (annexe 2, tableau 3).



**Figure 27.** Effet des modalités de désherbage sur la biomasse sèche des adventices (g/m<sup>2</sup>)(moyenne  $\pm$ SE) dans la région de mascara, durant la campagne 2018-2019.

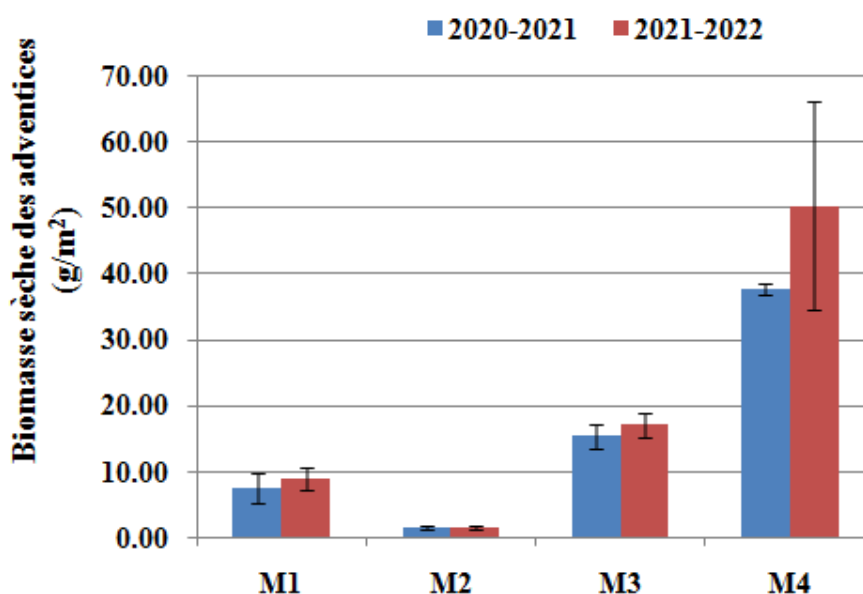


**Figure 28.** Effet des modalités de désherbage sur la biomasse sèche du blé dur (g/m<sup>2</sup>) (moyenne  $\pm$ SE) dans la région de mascara, durant la campagne 2018-2019.

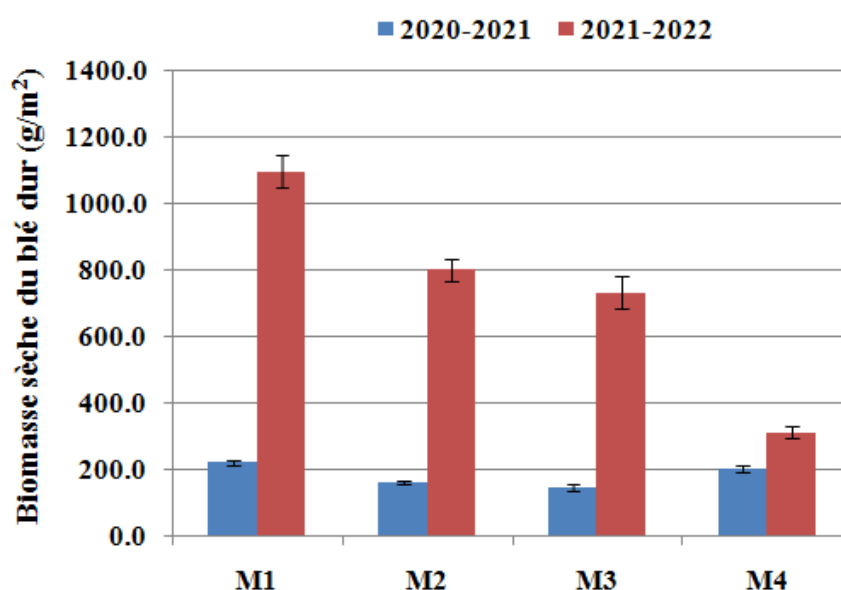
Pour la région de Tiaret, l'analyse ANOVA a montré différences très hautement significatives ( $p < 0,001$ ) entre les modalités et des différences non significatives entre les

années et l'interaction modalité x année ( $P > 0.05$ ). L'examen de la figure 29 ci-dessous révèle que la modalité M2 a enregistré la valeur la plus faible de la biomasse sèche des adventices ( $\text{g/m}^2$ ) durant les deux campagnes agricoles avec  $1.53 \text{ g/m}^2$  en 2020-2021 et  $1.40 \text{ g/m}^2$  en 2021-2022. La valeur la plus élevée a été enregistrée pour la modalité M4 avec  $37.70$  et  $15.83 \text{ g/m}^2$  respectivement pour 2021-2022 et 2020-2021. La comparaison des moyennes a révélé la présence de quatre groupes homogènes (annexe 2, tableau 4).

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités, entre les années et l'interaction modalité x année pour la biomasse sèche du blé dur ( $\text{g/m}^2$ ) (annexe 1, tableau 4). La biomasse sèche du blé dur était plus importante en 2021-2022 ( $738.150 \text{ g/m}^2$ ) qu'en 2020-2021 ( $181.938 \text{ g/m}^2$ ) (Figure 30). En 2021-2022, l'allure de la biomasse était dans l'ordre suivant  $M1 > M2 > M3 > M4$ , correspondant à  $1096.25 \text{ g/m}^2 > 801.25 \text{ g/m}^2 > 731.25 \text{ g/m}^2 > 311.35 \text{ g/m}^2$ . La comparaison des moyennes a révélé la présence de cinq groupes homogènes (annexe 2, tableau 4).



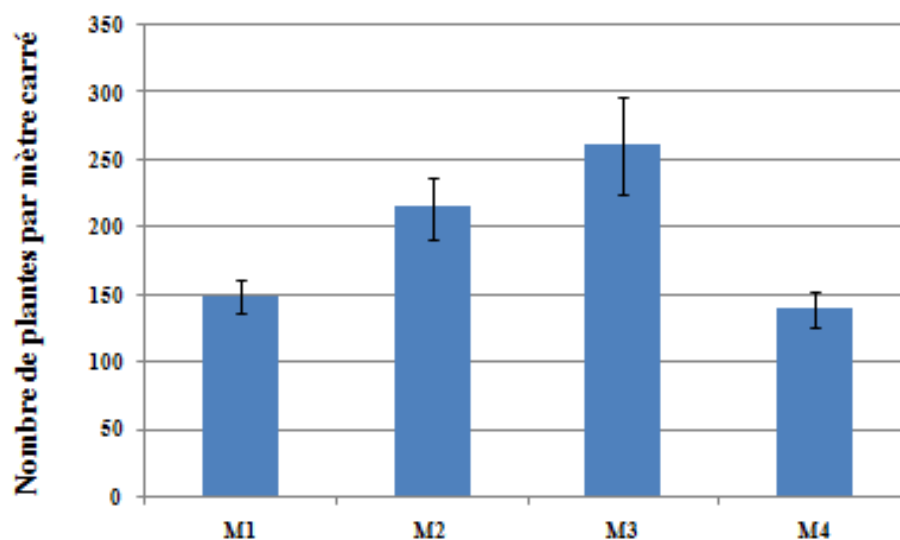
**Figure 29.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la biomasse sèche des adventices ( $\text{g/m}^2$ ) (moyenne  $\pm$ SE) dans la région de Tiaret en 2020-2021 et 2021-2022.



**Figure 30.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la biomasse sèche du blé dur ( $\text{g/m}^2$ ) (moyenne  $\pm$ SE) dans la région de Tiaret, en 2020-2021 et 2021-2022.

#### 4.1.2.3. Le nombre de plantes/ $\text{m}^2$ du blé dur (NPM)

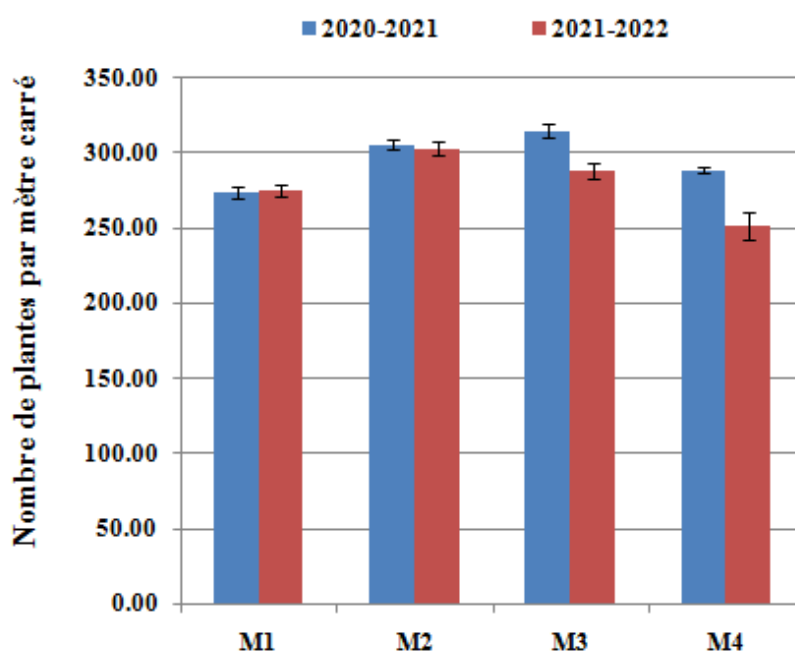
La figure 31 ci-dessous illustre les résultats obtenus pour la région de Mascara et sont relatifs à l'effet des 4 modalités sur le nombre de plantes/ $\text{m}^2$  du blé dur. L'examen des résultats montre que le nombre de plantes le plus élevé a été obtenu pour la modalité M3 avec 260.8 plantes/ $\text{m}^2$ , suivie par la modalité M2 avec 214.8 plantes/ $\text{m}^2$ . En revanche, le nombre de plantes/ $\text{m}^2$  le plus faible a été observé pour M1 (149.2 plantes/ $\text{m}^2$ ) et M4 (139.2 plantes/ $\text{m}^2$ ). Le test ANOVA révèle un effet très hautement significatif ( $p < 0.001$ ) (annexe 1, tableau 4) entre les modalités pour le nombre de plantes/ $\text{m}^2$ . Le test de Tukey classe les modalités étudiées en 3 groupes homogènes (annexe 2, tableau 5).



**Figure 31.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre plantes/m<sup>2</sup> de blé dur Chen's (moyenne ±SE) dans la région de Mascara (2018-2019).

Au niveau du site de la FDPS de Sebaine, l'examen des résultats illustrés par la figure 32 ci-dessous montre que le nombre plantes/ m<sup>2</sup> est le plus élevé pour les modalités M2 et M3 avec respectivement 305.45 et 314.55 plantes/ m<sup>2</sup> en 2020-2021 et 303.35 et 287.75 plantes/ m<sup>2</sup>, en 2021-2022. Le test de Tukey classe les modalités étudiées en 5 groupes homogènes (annexe 2, tableau 9).

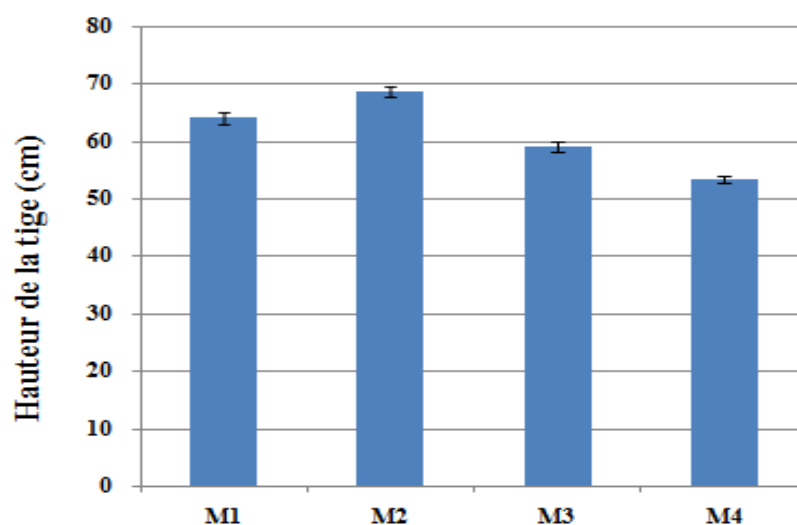
L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités, entre les années et l'interaction modalité x années pour le nombre de plantes par mètre carré (annexe 1, tableau 5).



**Figure 32.** Effet des modalités de désherbage sur nombre de plantes/m<sup>2</sup> (moyenne ±SE) de blé dur Chen's dans la région de Tiaret.

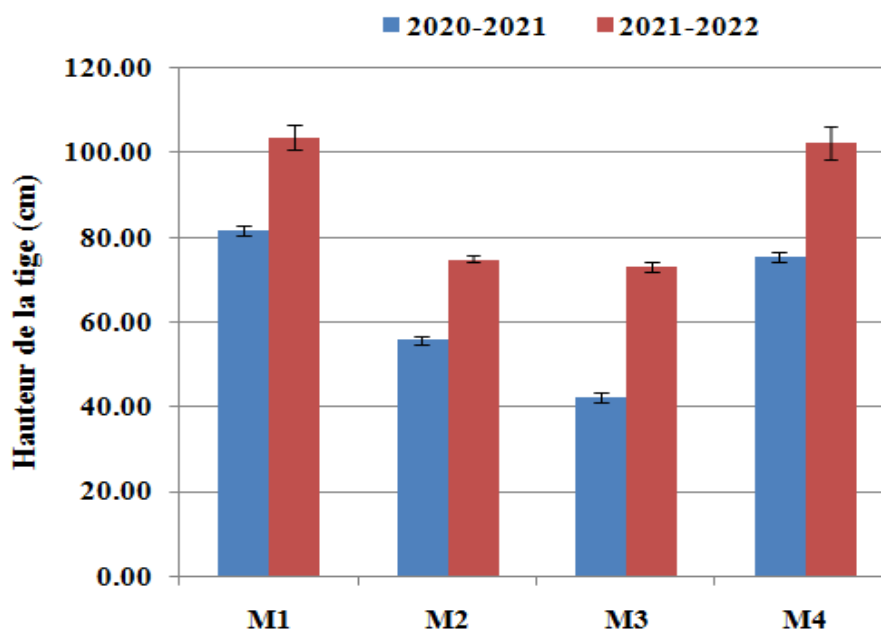
#### 4.1.2.4. La hauteur de la tige du blé dur Chen's

L'analyse de la variance des résultats, obtenus pour la région de Mascara, ont révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) pour l'effet des modalités de désherbage sur la hauteur de la tige du blé dur (cm) dans la région de Mascara (annexe 1, tableau 4). Les résultats obtenus (Figure 33) montrent que la modalité M2 présente la hauteur de la tige la plus longue (68.6 cm). Par contre, M4 a présenté une hauteur de tige la plus courte avec 53.34 cm. Le test de Tukey classe les modalités étudiées en 4 groupes homogènes (annexe 2, Tableau 6).



**Figure 33.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la hauteur de la tige (cm) (moyenne  $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Mascara (2018-2019).

Pour ce qui est de la région de Tiaret, l'analyse ANOVA a montré différences très hautement significatives ( $p < 0,001$ ) entre les modalités, et entre les années et des différences significatives entre l'interaction modalité x année. L'examen des résultats illustrés par la figure 34, la hauteur de tige était plus importante en 2021-2022 par rapport à 2020-2021 avec des moyennes respectives de 88.45 cm et 63.8 cm. Les modalités M1 et M4 ont donné les hauteurs de tige le plus élevé pour les deux campagnes, avec respectivement 81.70 cm et 75.45cm en 2020-2021 et 103.61 cm et 102.38 cm en 2021-2022. La comparaison des moyennes par le test Tukey a révélé la présence de 4 groupes homogènes (annexe 2, tableau 10).

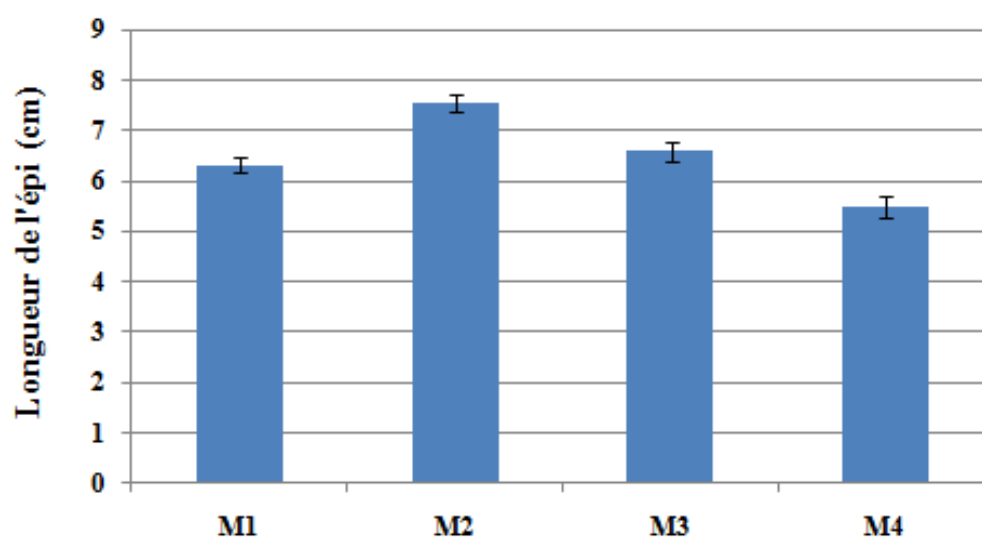


**Figure 34.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la hauteur de la tige (cm) (moyenne  $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Tiaret (2020-2021,2021-2022).

#### 4.1.2.5.Effet sur la longueur de l'épi

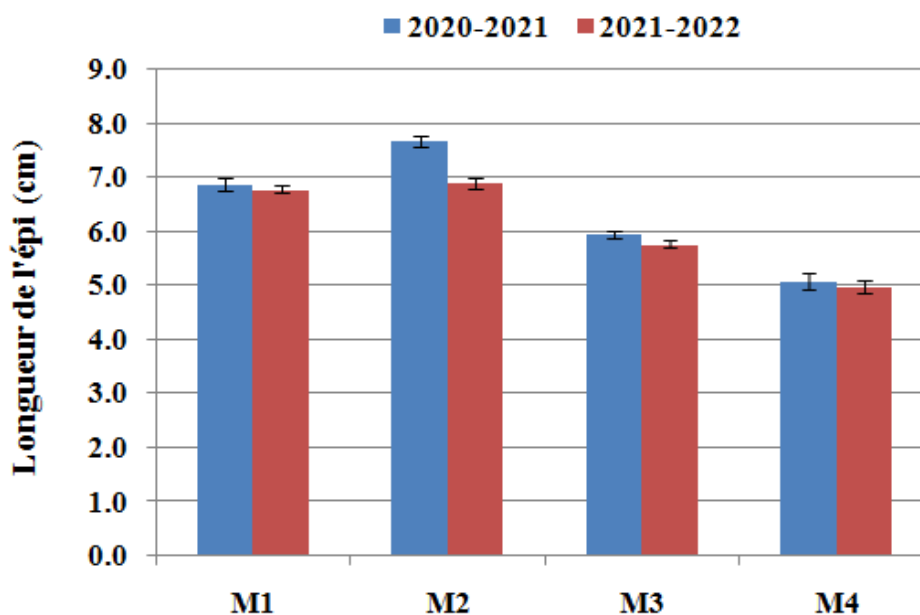
Les résultats de l'analyse de la variance, des résultats obtenus pour ce facteur dans la région de Mascara, ont montré l'existence de différences très hautement significatives ( $p < 0.001$ ) entre les modalités et entre les années et des différences hautement significatives entre l'interaction modalités x année ( $p < 0.01$ ). Les modalités M2 et M3 ont enregistré des longueurs de l'épi relativement élevé avec respectivement 7.55 cm et 6.59 cm (Figure 35). Tandis que les modalités M1 (6.32 cm) et M2 (5.49 cm) ont donné les valeurs les plus faibles. La comparaison des moyennes par le test Tukey a révélé la présence d'un 2 groupes homogènes (annexe 2, tableau 10).





**Figure 35.** Effet des modalités de désherbage sur la longueur de l'épi (cm) (moyenne  $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de mascara (2018-2019).

De même pour la région de Tiaret, l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités, entre les années et une différence hautement significative entre l'interaction modalité x année pour la longueur de l'épi (annexe 1, tableau 5). Les résultats obtenus montrent que durant les deux campagnes, la longueur de l'épi était plus longue pour la modalité M2 avec 7.7 cm en 2020-2021 et 6.9 cm en 2021-2022. Contrairement à M4 qui a présenté la plus courte longueur de l'épi avec seulement, 5.1 cm (2020-2021) et 5 cm (2021-2022) (figure 36). La comparaison des moyennes par le test Tukey a révélé la présence de 4 groupes homogènes (annexe 2, tableau 11).

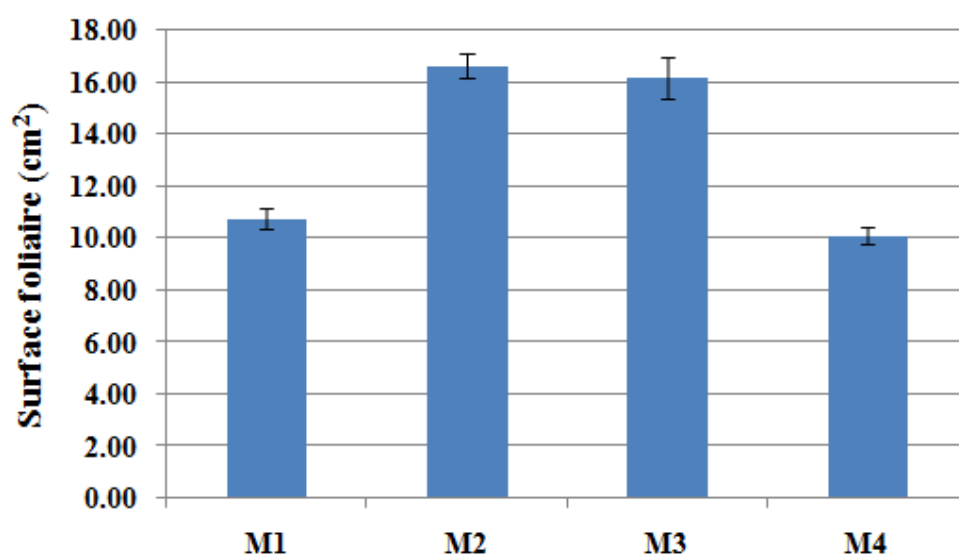


**Figure 36.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la longueur de l'épi (cm) (moyenne  $\pm$ SE) du blé dur Chen 's dans la région de Tiaret (2020-2021 ; 2021-2022).

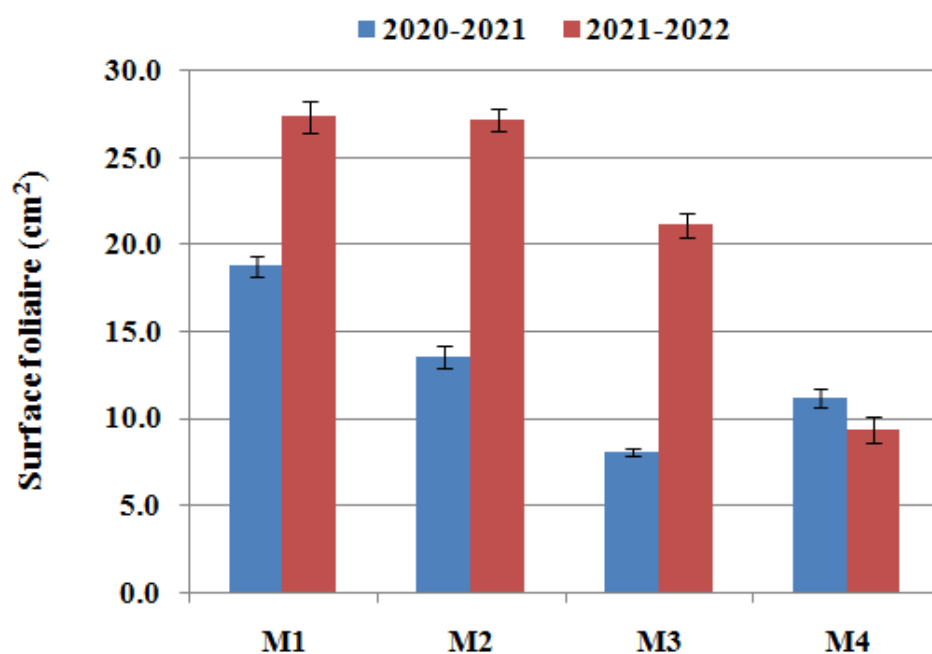
#### 4.1.2.6. Effet sur la surface foliaire

Les résultats de l'effet des différentes modalités sur la surface foliaire du blé dur obtenus pour la région de Mascara et de Tiaret sont illustrés respectivement par les figures 37 et 38 ci-dessous. Pour la région de Mascara, l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités pour la surface foliaire du blé dur. Les résultats obtenus montrent que les plantes de la modalité M2 ont obtenu la surface foliaire la plus élevée avec  $16.62 \text{ cm}^2$ , contrairement à M4 ( $10.09 \text{ cm}^2$ ). Le test de Tukey classe les modalités étudiées en 3 groupes homogènes (annexe 2, tableau 6).

Pour ce qui est des résultats obtenus pour la région de Tiaret, l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités, entre les années et entre l'interaction modalité x année pour la surface foliaire (annexe 1, tableau 5). Durant 2020-2021, c'est la M1 qui a montré une surface foliaire élevée avec  $18.7 \text{ cm}^2$  alors que le plus faible fût obtenu pour M3 ( $8.1 \text{ cm}^2$ ). Alors que lors de la campagne 2021-2022, la surface foliaire la plus élevée a été observée pour M2 ( $27.1 \text{ cm}^2$ ) et la plus faible pour M4. Le test de Tukey classe les modalités étudiées en 6 groupes homogènes (annexe 2, tableau 12).



**Figure 37.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la surface foliaire (cm<sup>2</sup>) (moyenne  $\pm$ SE) du blé dur dans la région de Mascara (2018-2019).

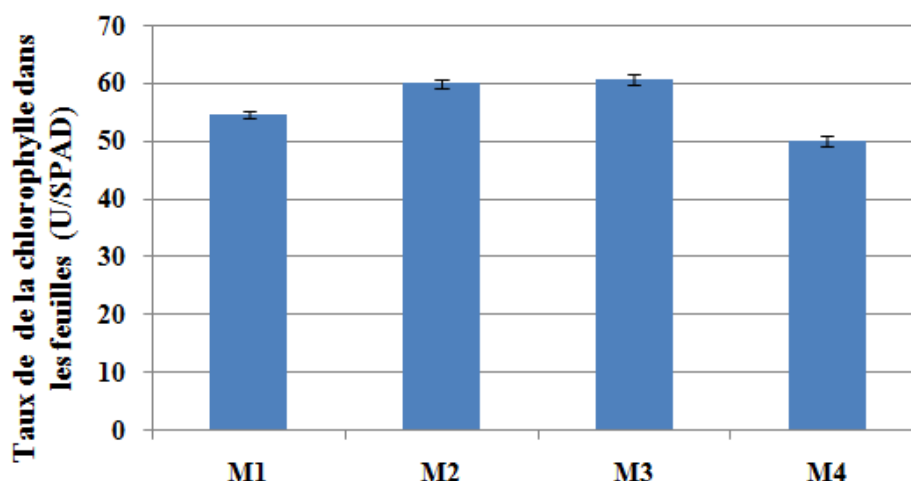


**Figure 38.** Effet des 4 modalités de désherbage sur la surface foliaire (cm<sup>2</sup>) (moyenne  $\pm$ SE) du blé dur dans la région de Tiaret (2020-2021 ; 2021-2022).

#### 4.1.2.7. Le taux de chlorophylle totale

Le taux de chlorophylle a été évalué pour les feuilles issues du dispositif installé à la ferme expérimentation de Mascara. Les résultats de l'analyse de la variance ont montré l'existence de différences très hautement significatives ( $p < 0.001$ ) pour la teneur en chlorophylle (annexe 1, tableau 4). La comparaison des valeurs moyennes du paramètre révèle 3 groupes homogènes (annexe 2, tableau 6). Les feuilles des modalités M3 et M2 contiennent une teneur en chlorophylle plus élevée avec 60.55 U/SPAD et 59.89 U/SPAD (figure 39).

Par contre, les feuilles issues de la modalité M1 semblent être moins riches en chlorophylle avec 54.55U/SPAD ainsi que M4 qui figure en dernière position avec une teneur en chlorophylle de seulement 50.04U/SPAD.



**Figure 39.** Effet des modalités de désherbage sur le taux de chlorophylle totale (moyenne  $\pm$ SE) dans les feuilles du blé dur Chen's.

#### 4.1.3. Effet des différentes modalités sur les composantes du rendement

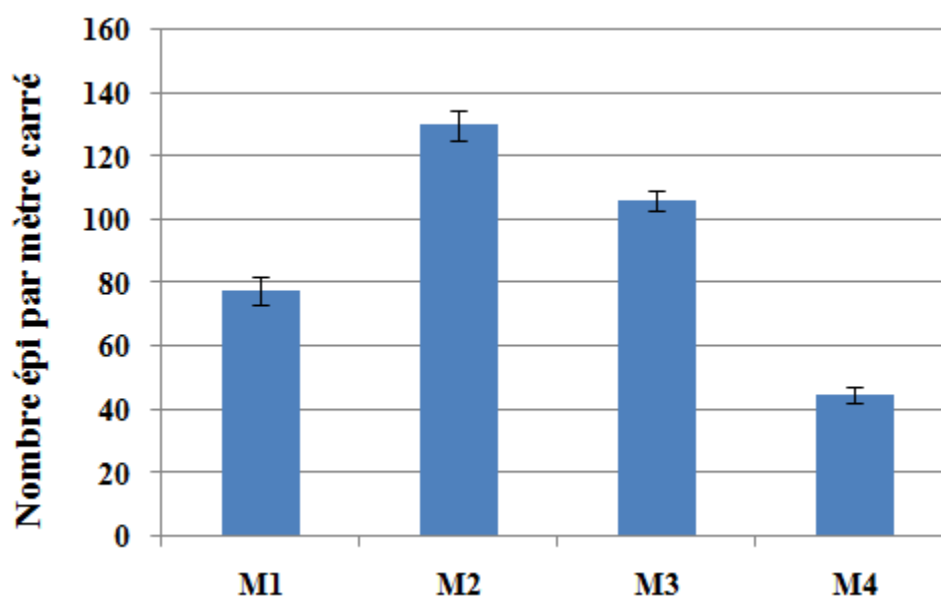
##### 4.1.3.1. Le nombre d'épis / m<sup>2</sup>

Les résultats relatifs aux effets des différentes modalités sur le nombre d'épis/m<sup>2</sup> sont illustrés respectivement par les figures 40 (Mascara) et 41 (Tiaret) ci-dessous. Pour la région de Mascara, l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les modalités (annexe 1, tableau 4).

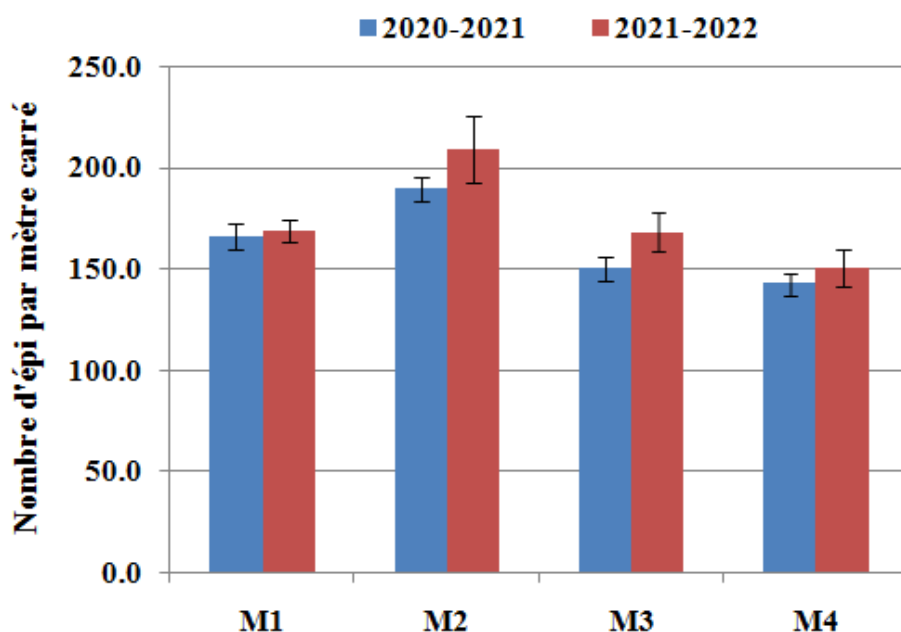
Les résultats obtenus montrent que M2 a enregistré un nombre d'épis de 130.1 épis/m<sup>2</sup>. En revanche, M4 a donné une faible densité d'épis avec seulement 44.85 épis/m<sup>2</sup>. L'étude des valeurs moyennes indique la présence de 4 groupes statistiques homogènes (annexe 2, tableau 7).

Pour ce qui est des résultats obtenus pour la région de Tiaret, l'analyse de la variance a révélé des différences très hautement significatives ( $p < 0,001$ ) entre les modalités, et des différences non significatives ( $p > 0,05$ ) entre les années et l'interaction modalité x année pour le nombre d'épi par mètre carré (annexe 1, tableau 5).

Durant la campagne agricole 2020-2021, M2 a présenté le nombre d'épi le plus élevé avec 189.3 épis/m<sup>2</sup> et seulement 142.5 épis/m<sup>2</sup> pour la modalité M4. Durant la campagne agricole 2021-2022, le nombre d'épi le plus faible a été obtenu pour la modalité M4 avec 150.3 épis/m<sup>2</sup>, alors que le plus élevé est enregistré chez M2 avec 209 épis/m<sup>2</sup>. La comparaison des moyennes par le test Tukey a révélé la présence d'un 4 groupes homogènes (annexe 2, tableau2).



**Figure 40.** Effet des modalités de désherbage sur nombre d'épi/m<sup>2</sup> dans la région de Mascara.



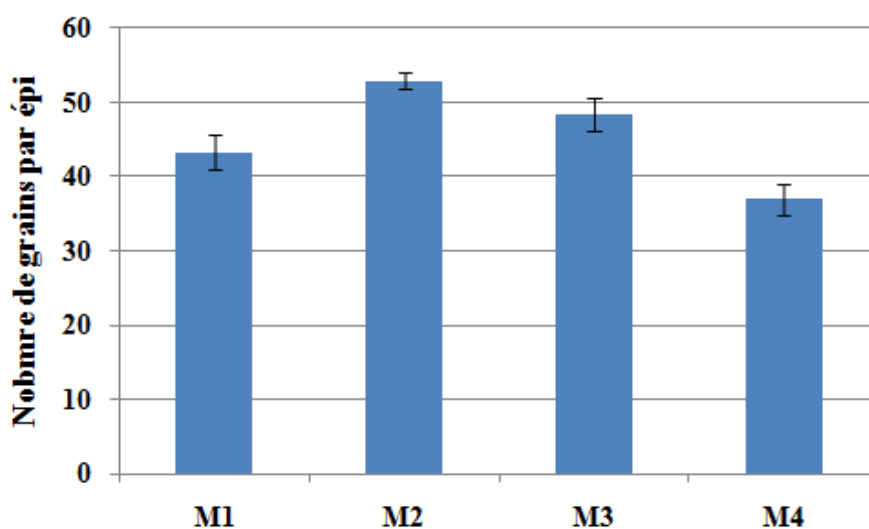
**Figure 41.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre d'épi/m<sup>2</sup>(moyenne ±SE) dans la région de Tiaret.

#### 4.1.3.2. Le nombre de grains par épi

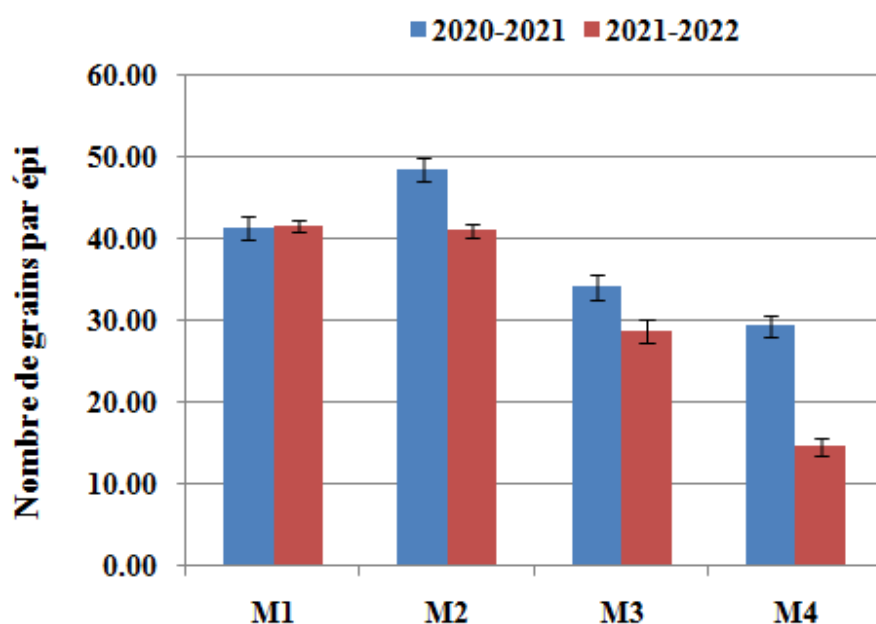
Les résultats obtenus pour l'étude de l'effet des modalités sur le nombre de grains par épi sont présentés dans les figures 42 et 43 respectivement pour la région de Mascara et Tiaret. Pour la région de Mascara, l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les modalités ( $p < 0.001$ ) (annexe 1, tableau 4). Les résultats obtenus montrent que M2 a enregistré un nombre de grains par épi de 52.9 grains/épi. En revanche, M4 a donné un faible nombre avec 36.95 grains/épi. L'étude des valeurs moyennes (test de Tukey) indique la présence de 4 groupes statistiques homogènes (annexe 2, tableau 7).

Pour la région de Tiaret, l'analyse de la variance des deux facteurs modalité et année, révèle une différence très hautement significative ( $p < 0.001$ ), entre les modalités, entre les années et entre l'interaction modalité x année pour le nombre de grains par épi (annexe 1, tableau 5). A travers le test de Tukey, le classement des moyennes en fonction de modalité et en fonction de l'année révèle 5 groupes bien distincts (Annexe 2, tableau 12). Durant la campagne 2020-2021, les épis des modalités M1 et M2 portent 41.30 et 48.45 grains/épi respectivement, tandis que M3 et M4, ont réalisé un faible avec seulement 34.05 grains/épi et

29.25 grains/épi, respectivement. Durant la campagne 2021-2022, les épis des modalités M1 et M2 contiennent 41.45 et 40.90 grains/épi respectivement, tandis que M3 et M4, ont réalisé un faible nombre avec seulement 28.65 grains/épi et 14.47grains/épi, respectivement.



**Figure 42.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre de grains par épi (moyenne  $\pm$ SE) dans la région de Mascara.

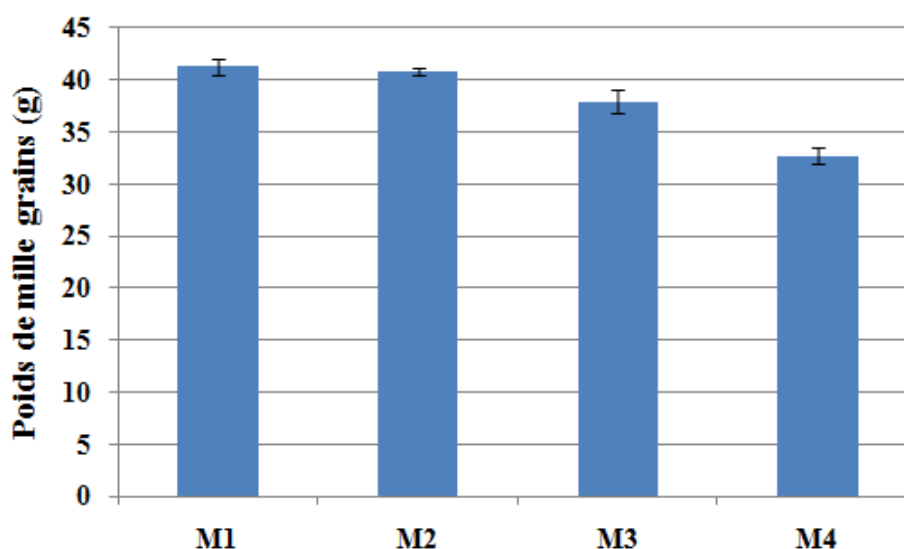


**Figure 43.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le nombre de grains par épi (moyenne  $\pm$ SE) dans la région de Tiaret.

### 4.1.3.3. Le poids de mille grains

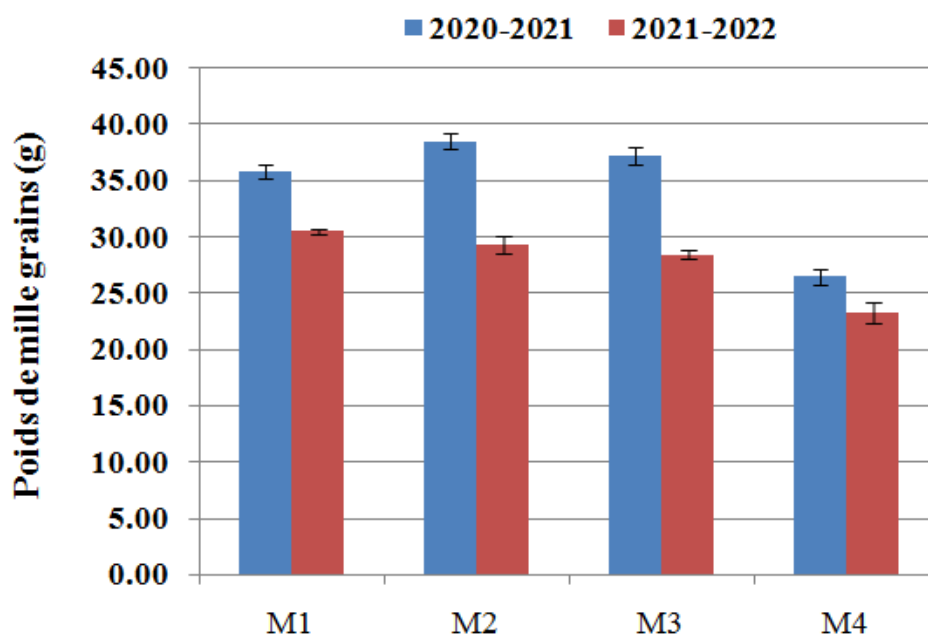
Les résultats relatifs aux PMG sont illustrés par les figures 44 et 45 ci-dessous, respectivement pour la région de Mascara et de Tiaret. Les résultats de la région de Mascara montrent que le poids de mille grains le plus important a été obtenu par les modalités M1 et M2 avec respectivement 41.28 et 40.79 g. Par contre les modalités M3 et M4 présentent les plus faibles PMG avec respectivement 37,94 et 32.73g. L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les modalités pour le PMG. Quatre groupes significativement différents ont été classés grâce au test de Tukey pour le PMG (Annexe 2, tableau 7).

Pour ce qui est des résultats obtenus pour la région de Tiaret, la campagne agricole 2020-2021 a été caractérisée par PMG plus important que celui de 2021-2022 avec une moyenne de 34.53 g et 27.90 g, respectivement. D'une manière générale ce sont les modalités M2 et M3 qui ont donné les PMG les plus élevées en 2020-2021 et M1 et M2 en 2021-2022. Les plus faibles valeurs ont été obtenues pour la modalité témoin M4. L'analyse de la variance a révélé des différences très hautement significatives ( $P < 0,001$ ) entre les modalités, et entre les années et l'interaction modalité x année pour le PMG (annexe 1, tableau 5). Cinq groupes significativement différents ont été classés à travers le test de Tukey (Annexe 2, tableau 13).



**Figure 44.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le PMG(g) (moyenne  $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Mascara.





**Figure 45.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le PMG(g)(moyenne  $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Tiaret.

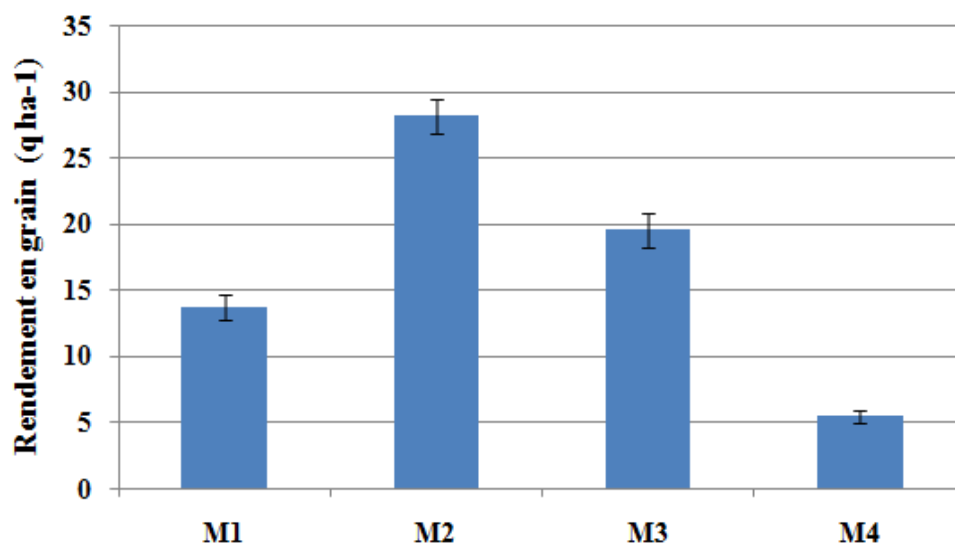
#### 4.1.3.4. Rendement estimé (RDT)

Les résultats du rendement estimé pour la région de Mascara et de Tiaret sont illustrés dans les figures respectives 46 et 47 ci-dessous. Pour la région de Mascara, les résultats obtenus montrent que le rendement en grains le plus élevé a été obtenu pour la modalité M2 avec 28.15 qx/ha.

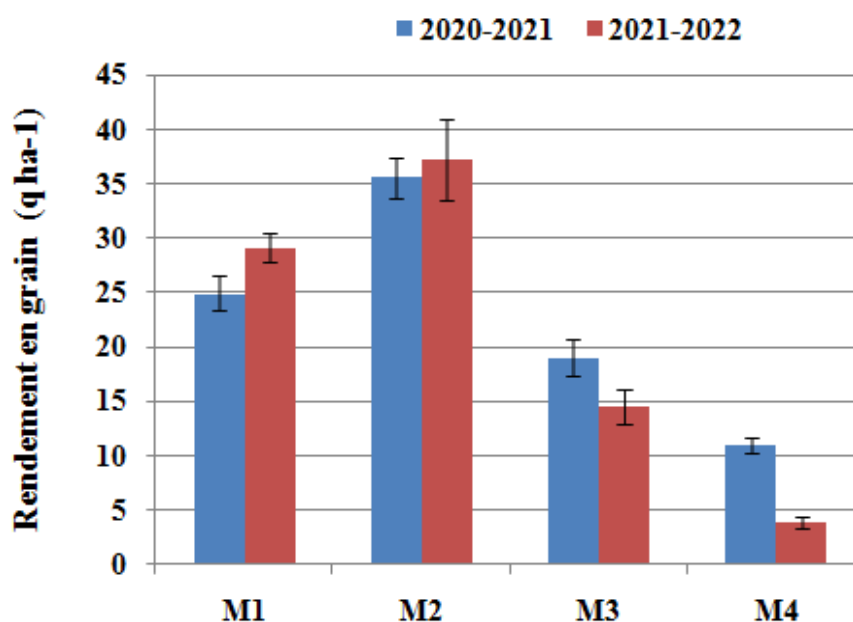
En revanche, M4 a donné un faible rendement en grains avec seulement 5.45 qx/ha. L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les modalités pour le rendement estimé (annexe 1, tableau 4). Les valeurs moyennes (test de Tukey) indiquent la présence de 4 groupes statistiques homogènes (annexe 2, tableau 8).

Dans la région de Tiaret, durant les deux campagnes agricoles, la modalité intégrée M2 a engendré le meilleur rendement estimé en grain avec respectivement 35.56 qx/ha en 2020-2021 et 37.26 qx/ha en 2021-2022. Tandis que, M4 a enregistré un faible rendement en grain avec 10.92 qx/ha en 2020-2021 et 3.82 qx/ha en 2021-2022. L'analyse statistique des résultats a montré l'existence de différence très hautement significative entre les modalités, des différences non significatives entre les années et aussi des différences significatives entre

l'interaction modalité x année pour le rendement estimé. Huit groupes significativement différents ont été classés à travers le test de Tukey pour le rendement en grain estimé (Annexe 2, tableau 14).



**Figure 46.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement estimé (qx/ha)(moyenne  $\pm$ SE) en blé dur Chen's dans la région de Mascara (2018-2019).

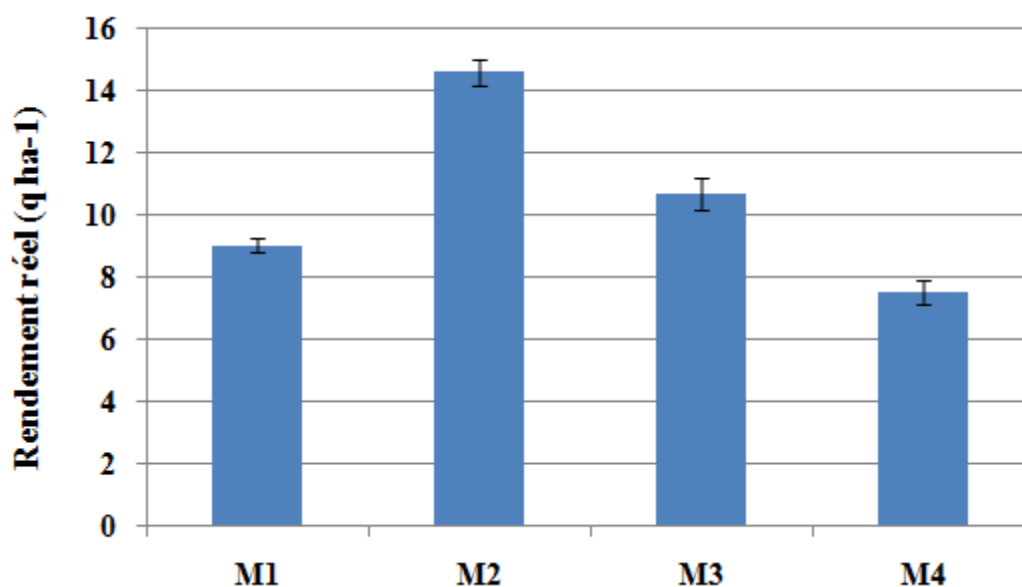


**Figure 47.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement estimé (qx/ha)(moyenne  $\pm$ SE) en blé dur Chen's dans la région de Tiaret (2020-2021 ;2021-2022).

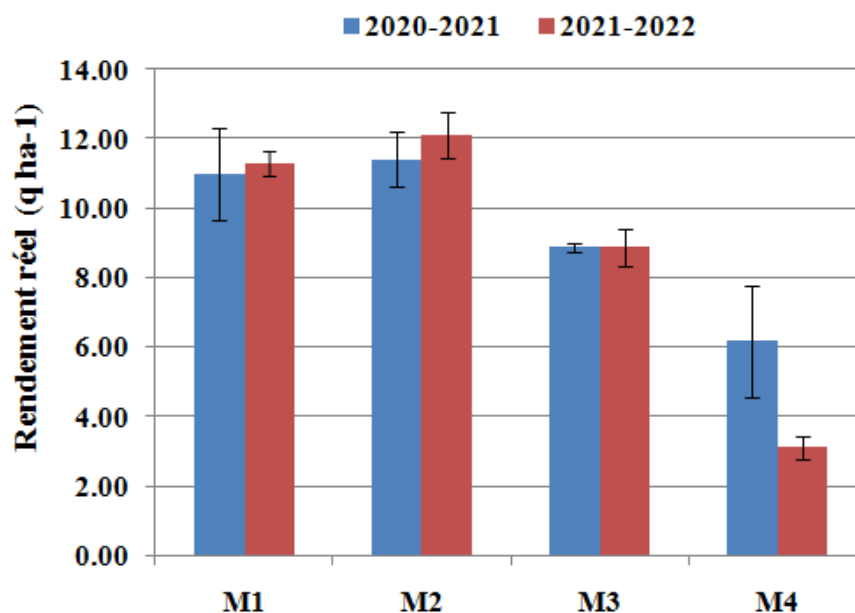
#### 4.1.3.5. Rendement réel (RDR)

Les résultats du rendement réel en grain de blé dur chen's obtenu par modalité pour la région de Mascara et de Tiaret sont représentés respectivement par les figures 48 et 49 ci-dessous. Dans la région de Mascara, le rendement le plus élevé a été obtenu pour la modalité par M2 avec 14.58 qx/ha, alors que le plus faible est noté pour M4 avec 5.12 qx/ha. L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives entre les modalités (annexe 1, tableau 4). A travers le test de Tukey, le classement des moyennes en fonction de modalité révèle 3 groupes bien distincts (Annexe 2, tableau 8).

Pour la région de Tiaret, durant les deux campagnes agricoles, c'est la modalité M2 qui a donné le meilleur rendement en grain avec 11.4 et 12.1 qx/ha respectivement en 2020-2021 et 2021-2022. En revanche, M4 a enregistré un faible rendement en grain (6.18 qx/ha en 2020-2021 et 3.13 qx/ha en 2021-2022). L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités pour le rendement réel. Elle révèle, aussi, des différences non significatives entre les années et l'interaction modalité x année. Quatre groupes significativement différents ont été classés à travers le test de Tukey pour le rendement réel (Annexe 2, tableau 15).



**Figure 48.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement réel (qx/ha)(moyenne  $\pm$ SE) du blé dur Chen's dans la région de Mascara en 2018-2019.



**Figure 49.** Effet des 4 modalités de désherbage sur le rendement réel (qx/ha)(moyenne  $\pm$ SE) du blé dur chen's dans la région de Tiaret (2020-2021 ;2021-2022).

#### 4.1.4. Etude des principales corrélations

Du point de vue statistique, la corrélation permet d'étudier l'intensité et le sens (positif ou négatif) des liaisons ou relations entre les variables. Elle ne concerne que des variables statistiques quantitatives dont on peut calculer les moyennes. C'est pourquoi nous avons effectué cette analyse afin de mieux comprendre les interactions entre les différentes variables étudiés. Pour chaque région d'étude, nous avons ainsi

Pour la région de Mascara (2018-2019), l'examen de la matrice de corrélation (Annexe 3, tableau 1) révèle la présence d'une forte corrélation entre l'ensemble de variables. Un premier ensemble de variables, constitué de variables corrélées positivement entre elles et significative ( $p < 0.05$ ) à savoir :

- La densité moyenne des adventices au stade montaison-maturation avec biomasse sèche des adventices ( $r=0.98$ ).
- La longueur de l'épi avec le nombre d'épi/m<sup>2</sup> ( $r=0.98$ ), le nombre de grains par épi ( $r=0.98$ ), la biomasse sèche du blé ( $r=0.96$ ), le rendement estimé ( $r=0.99$ ) et avec le rendement réel ( $r=0.98$ ).

- Le nombre d'épi/m<sup>2</sup> avec le nombre de grains par épi ( $r=1$ ), le rendement estimé ( $r=0.99$ ) et avec le rendement réel ( $r=0.95$ ).
- Le nombre de grains par épi : avec le rendement estimé ( $r=0.99$ ) et le rendement réel ( $r=0.95$ ).
- Le rendement estimé avec le rendement réel ( $r=0.98$ ).

Le second ensemble de variables est constitué de variables corrélées négativement entre elles et significatives ( $p < 0.05$ ):

- La densité moyenne des adventices au stade montaison-maturation avec la biomasse sèche du blé ( $r = - 0.99$ ),
- La densité moyenne des adventices au stade levée – tallage : avec la surface foliaire ( $r = - 0.99$ ), le taux de chlorophylle totale ( $r = - 0.98$ ) et le nombre épi/m<sup>2</sup> ( $r = - 0.95$ ).

Pour ce qui des résultats obtenus pour la région de Tiaret pour la campagne 2021-2022, l'analyse la matrice de corrélation (Annexe 3, tableau 2) révèle la présence d'une forte corrélation entre l'ensemble de variables. Un premier ensemble de variables est constitué de variables corrélées positivement entre elles et significative ( $p < 0.05$ ) :

- La biomasse sèche du blé avec la densité moyenne des adventices au stade levée–tallage ( $r = 0.99$ ) et avec la hauteur de la tige ( $r = 0.99$ ).
- La densité moyenne des adventices au stade montaison-maturation avec la biomasse sèche des adventices ( $r = 0.97$ ).
- La longueur de l'épi avec le nombre d'épi/m<sup>2</sup> ( $r=0.97$ ), le nombre de grains par épi ( $r=0.99$ ), le rendement estimé ( $r=0.99$ ) et avec le rendement réel ( $r=0.97$ ).
- Le nombre d'épi/m<sup>2</sup> avec le nombre de grains par épi ( $r = 0.99$ ) et avec le rendement estimé ( $r=0.98$ ).
- Le rendement estimé avec le nombre de grains par épi ( $r = 0.99$ )

Quant- au second ensemble de variables, il est constitué de variables corrélées négativement entre elles et significative ( $p < 0.05$ ) à savoir :

- La biomasse sèche des adventices : avec la longueur de l'épi ( $r = - 0.95$ ) et avec le rendement réel ( $r = - 0.99$ ).

- Le nombre de plants par mètre carré avec la biomasse sèche du blé ( $r = - 0.99$ ) et avec la hauteur de la tige ( $r = - 0.97$ ).
- La densité moyenne des adventices au stade montaison-maturation avec le poids de mille grains ( $r = - 0.99$ ).

Pour les résultats de la campagne 2020-2021, un premier ensemble de variables est constitué de variables corrélées positivement entre elles et significatives ( $p < 0.05$ ):

- La densité moyenne des adventices au stade montaison-maturation avec la biomasse sèche des adventices ( $r = 0.98$ ).
- La densité moyenne des adventices au stade levée– tallage avec la hauteur de la tige ( $r = 0.99$ ).
- Le nombre de grains par épi avec la surface foliaire ( $r = 0.99$ ), la longueur de l'épi ( $r = 0.99$ ), le poids de mille grains ( $r = 0.96$ ), le rendement estimé ( $r = 0.98$ ) et avec le rendement réel ( $r = 0.98$ ).
- La longueur de l'épi avec la surface foliaire ( $r = 0.97$ ), le rendement estimé ( $r = 0.98$ ) et avec le rendement réel ( $r = 0.97$ ).
- Le poids de mille grains avec la surface foliaire ( $r = 0.98$ ), le rendement réel ( $r = 0.96$ ) et avec la biomasse sèche du blé ( $r = 0.97$ ).
- Le rendement réel avec la surface foliaire ( $r = 1$ ).

Le second ensemble de variables est constitué de variables corrélées négativement entre elles et significative ( $p < 0.05$ ) à savoir :

- La biomasse sèche des adventices avec le poids de mille grains ( $r = - 0.95$ ), la surface foliaire ( $r = - 0.99$ ), le nombre de grains par épi ( $r = - 0.96$ ) et avec le rendement réel ( $r = - 1$ ).
- La densité moyenne des adventices au stade montaison-maturation avec la surface foliaire ( $r = - 0.99$ ), la longueur de l'épi ( $r = - 0.99$ ), le nombre de grains par épi ( $r = - 1$ ), le poids de mille grains ( $r = - 0.96$ ), le rendement réel ( $r = - 0.99$ ) et avec le rendement estimé ( $r = - 0.96$ ).

## 4.2. Etude de la flore adventice potentielle ou stock semencier

L'étude de la flore adventice potentielle ou du stock semencier s'est déroulée au cours de trois campagnes consécutives 2018-2019 (S1), 2019-2020 (S2) et 2020-2021 (S3). La présente étude s'est déroulée au niveau du site de la ferme expérimentale de Mascara.

### 4.2.1. Composition floristique et structure du stock semencier

L'étude du stock semencier du sol a permis d'identifier trente (30) espèces d'adventices appartenant à 17 familles et 28 genres (Tableau 17), dont 27 espèces annuelles et trois vivaces. Les thérophytes étaient le type biologique le plus dominant (80 %), suivis par les hémicryptophytes (16.67 %) et les géophytes (3.33 %). Les familles des : Asteraceae (20 %), Poaceae (16.67 %), Chenopodiaceae, Apiaceae, Brassicaceae et Polygonaceae (6.66 %) comptent le plus grand nombre d'espèces.

Le reste des autres familles identifiées ne sont représentées chacune que par une seule espèce (3.33%). Il s'agit des : Caryophyllaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Fumariaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Amaranthaceae et des Rubiaceae. En fonction des années d'étude, sur les 17 familles présentes, 14 se retrouvent respectivement en S1 (22 espèces) et S2 (23 espèces) et 11 seulement avec 13 espèces en S3 (Tableau 18).

Quant- à la composition en familles botaniques, elle variée au cours des trois saisons, avec un indice de similarité allant de 0.8 à 0.57. L'indice le plus élevé a été trouvé entre le stock semencier des sols en S1 et S2 ( $C_s = 0.8$ ), S2 et S3 ( $C_s = 0.67$ ), et S1 et S3 ( $C_s = 0.57$ ). Les dicotylédones dominent la composition du stock semencier avec 83.33 %, suivies par les graminées (16.67 %). La distribution saisonnière des graines des dicotylédones était irrégulière. En effet, le nombre le plus élevé a été trouvé au cours de la deuxième saison au niveau de l'horizon du sol 0-5 cm (17 espèces). Le nombre total de graines de graminées a été trouvé par ordre décroissant de 5 cm à 30 cm dans les échantillons de sol de toutes les saisons, et la pression était à l'horizon 0-5 cm de profondeur du sol, avec quatre espèces.

Cependant, aucune espèce de graminées n'a germé à tous les horizons durant de la troisième saison. *Chenopodium vulvaria* était la dicotylédone la plus dominante, présente à toutes les profondeurs au cours des trois saisons, tandis que *Hordeum murinum* était la graminée dominante, présente uniquement en S1 et S2 (Tableau 19).

**Tableau 17.** Composition floristique, cycle végétatif, morphologie et type biologique des espèces d'adventices, pour les trois années d'étude.

N°	Famille	Nom scientifique	Cycle végétatif	Morphologie	Type biologique
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson	A	B	T
2	Apiaceae	<i>Scandix pecten veneris</i>	A	B	T
3		<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.	A	B	T
4	Asteraceae	<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	A	B	T
5		<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass	A	B	T
6		<i>Scolymus hispanicus</i> L.	A	B	H
7		<i>Silybum marianum</i> (L) Gaertn.	A	B	H
8		<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	V	B	H
9		<i>Sonchus oleraceus</i> L.	V	B	H
10	Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	A	B	T
11		<i>Sinapis arvensis</i> L.	A	B	T
12	Caryophyllaceae	<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.)	A	B	T
13	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L.	A	B	T
14		<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	A	B	T
15	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	V	B	G
16	Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i> L.	A	B	T
17	Fumariaceae	<i>Fumaria parviflora</i> Lam	A	B	T
18	Geraniaceae	<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.	A	B	T
19	Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	A	B	T
20	Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.	A	B	H
21	Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.	A	B	T
22	Poaceae	<i>Avena sterilis</i> L.	A	G	T
23		<i>Hordeum murinum</i> L.	A	G	T
24		<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	A	G	T
25		<i>Phalaris paradoxa</i> L.	A	G	T
26		<i>Tricicum durum</i> (Desf.) Husn	A	G	T
27	Polygonaceae	<i>Emex spinosa</i> (L)Campd.	A	B	T
28		<i>Polygonum aviculare</i> L.	A	B	T
29	Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L	A	B	T
30	Scrophulariaceae	<i>Veronica hederifolia</i> L.	A	B	T



**A** = annuelle ou bisannuelle; **V** = vivace; **B**= dicotylédone; **G**= monocotylédone; **T**=Thérophyte; **G**= Geophyte; **H**= Hemicriptophyte.

**Tableau 18.** Importance du nombre d'espèces d'adventices par famille selon les saisons

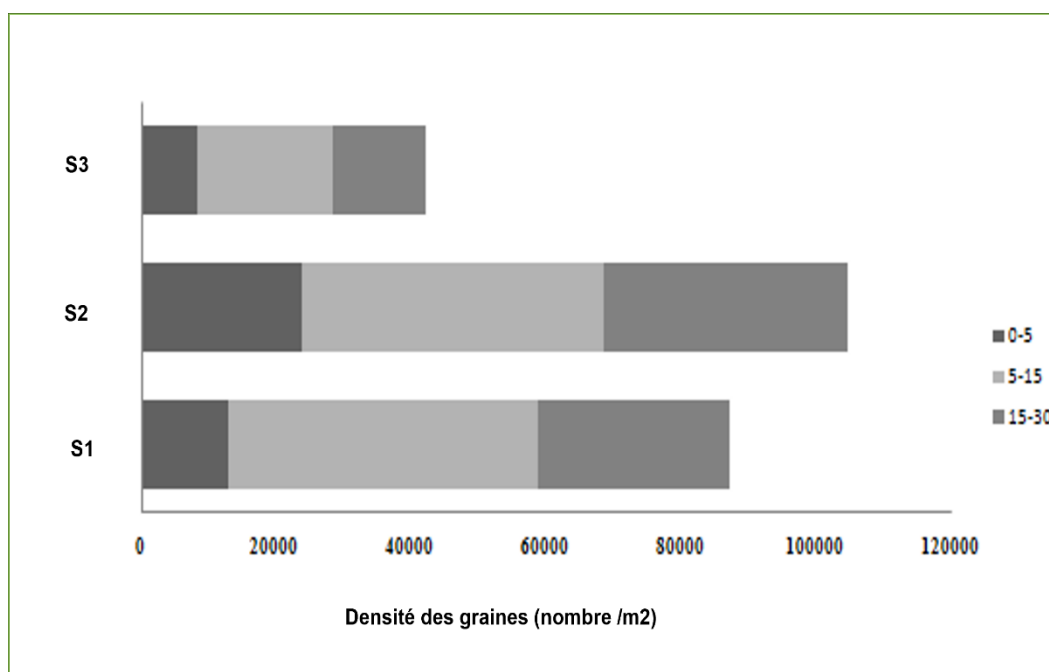
<b>Familles</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
Poaceae	4	4	0
Asteraceae	3	5	3
Amaranthaceae	1	1	1
Chenopodiaceae	2	2	1
Apiaceae	2	0	0
Brassicaceae	2	1	1
Polygonaceae	1	2	1
Caryophyllaceae	1	1	0
Convolvulaceae	1	1	1
Fabaceae	1	1	0
Fumariaceae	1	1	1
Geraniaceae	1	0	0
Lamiaceae	1	1	1
Malvaceae	0	0	1
Papaveraceae	1	1	0
Plantaginaceae	0	1	1
Rubiaceae	0	1	1
<b>Nombre total des espèces</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>13</b>

**Tableau 19.** Importance relative (%) des espèces d'adventices par saison, par horizon et par type morphologique.

Saison	Horizon (cm)	Dicotylédone		Graminée	
		Nombre	%	Nombre	%
S1	0-5	8	66.67	4	33.33
	5-15	15	88.24	2	11.76
	15-30	11	91.67	1	8.33
S2	0-5	17	85.00	3	15.00
	5-15	14	82.35	3	17.65
	15-30	11	91.67	1	8.33
S3	0-5	5	100	0	0
	5-15	8	100	0	0
	15-30	10	100	0	0

#### 4.2.2. Densité et variation saisonnière du stock semencier

Les résultats obtenus révèlent que la saison et l'horizon ont un effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur la densité des adventices du stock semencier. Durant les trois années consécutives, la densité des semences était plus élevée en S2 (104370.54 m<sup>2</sup>) suivi par S1 (86935.86 m<sup>2</sup>), et S3 (41782.14 m<sup>2</sup>). Elle était beaucoup plus élevée à l'horizon 5-15 cm que 15-30 cm et 0-5 cm, au cours des trois années consécutives, avec respectivement 110931.12 m<sup>2</sup> (47.59%), 77829.18 m<sup>-2</sup> (33.4%) et 44328.24 m<sup>2</sup> (19.01%). La densité totale des grainestoutes saisons et profondeurs de sol confondues, était de 233088.54 (Figure 50 ; Tableau 20).



**Figure 50.** Importance numérique de la densité totale des adventices du stock semencier par horizon et par saison, dans la région de Mascara.

Les semences des espèces récupérées uniquement au cours de la saison 1 étaient *Sinapis arvensis*, *Erodium malacoides* (L.) L'Hér., *Scandix pecten veneris* et *Lolium multiflorum*. *Tricicum durum* n'a été trouvé qu'au cours de la deuxième saison, *Anacyclu sclavatus* (Desf.) Pers. et *Malva parviflora* n'ont été retrouvés qu'au cours de la troisième saison. *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule*, *Chenopodium vulvaria*, *Fumaria parviflora* Lam. et *Capsella bursa-pastoris* ont été trouvées dans le stock semencier durant les trois saisons. Les détails des 6 espèces ayant la densité la plus élevée sont donnés dans la figure 51 ci-dessous. La densité des graines d'adventices dans le champ expérimental a suivi une tendance similaire tout au long de la période d'étude sur les trois horizons, de sorte que la densité des graines dans l'horizon intermédiaire a dépassé celle des horizons les plus profondes et des horizons supérieurs.

En S1 (2018/2019), 22 espèces d'adventices ont germées, appartenant à 14 familles émergées. La densité des graines était la plus élevée dans le deuxième horizon du sol (5-15 cm) (46046,88 plantules/m<sup>2</sup>) et la plus faible dans le premier horizon (0-5 cm) (12610,62 plantules/m<sup>2</sup>). Les graines des espèces récupérées uniquement dans le premier horizon (0-5 cm) étaient *Phalaris paradoxa* et *Lolium multiflorum*.

Les espèces incluant *Picnomon acarna* (L.) Cass, *Papaver rhoeas*, *Erodium malacoide* L'Hér. *Chenopodium album* n'ont été retrouvées que dans le deuxième horizon de la banque de graines (5-15 cm). Des plantules comprenant *scandix pecten veneris*, *Silybum marianum* et *Torilis nodosa* (L.) Gaertn. ont été trouvées uniquement dans le troisième horizon (15-30 cm). *Hordeum murinum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium vulvaria*, *Convolvulus arvensis*, *Amaranthus blitoides* S. Watson et *Fumaria parviflora* ont été trouvés dans tous les horizons.

En S2 (2019/2020), 23 espèces d'adventices ont été enregistrées, appartenant à 14 familles. La densité des graines était la plus élevée dans le deuxième horizon (5-15 cm) (44884,08 plantules/m<sup>2</sup>) et la plus faible dans le premier horizon (0-5 cm) (23565,3 plantules/m<sup>2</sup>). Les graines des espèces récupérées uniquement dans le premier horizon (0-5 cm) sont *Papaver rhoeas*, *Silybum marianum* et *medicago polymorpha*. Alors que *Vaccaria hispanica* (Mill.) n'a été récupérée que dans le deuxième horizon (5-15 cm). Quant à *Tricicum durum* il n'a été trouvé que dans le troisième horizon (15-30 cm). Des espèces telles que *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Chenopodium album*, *Chenopodium vulvaria*, *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule*, *Veronica hederifolia* L., *Polygonum aviculare* et *Capsella bursa-pastoris* ont été trouvées dans tous les horizons.

Enfin en S3 (2020/2021), 13 espèces d'adventices appartenant à 11 familles ont été recensées. La densité des graines était la plus élevée dans le deuxième horizon du sol (5-15 cm) (20000,16 plantules/m<sup>2</sup>) et la plus faible dans le premier (0-5 cm) (8152,32 plantules/m<sup>2</sup>). Les semences des espèces récupérées uniquement dans le premier horizon (0-5 cm) étaient *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers. *Galium aparine* L n'a été récupéré que dans le deuxième horizon (5-15 cm) et *Capsella bursa-pastoris* n'a été trouvée que dans le troisième horizon (15-30 cm). D'autres espèces, y compris *Chenopodium vulvaria* et *Amaranthus blitoides* S. Watson, ont été trouvées dans tous les horizons.

Tableau 20. Densité des adventices (m<sup>2</sup>) suivant la saison d'étude et l'horizon du sol

Nom scientifiques	2018/2019			2019/2020			2020/2021			
	Horizon du sol (cm)	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30
<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson.		4458.3	10232.6 4	11718.9 6	764.28	4186.08	3566.64	2547.6	4418.64	3311.88
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.		0	0	0	0	0	0	127.38	0	0
<i>Avena sterilis</i> L.		509.52	930.24	0	254.76	465.12	0	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik		764.28	2325.6	3311.88	127.38	465.12	1019.04	0	0	127.38
<i>Chenopodium album</i> L.		0	930.24	0	1019.04	1395.36	1273.8	0	0	0
<i>Chenopodium vulvaria</i> L.		764.28	13488.4 8	1273.8	8916.6	13953.6	16304.6 4	4585.68	11162.8 8	7515.42
<i>Convolvulus arvensis</i> L.		1528.56	6046.56	6623.76	3566.64	4186.08	4076.16	0	232.56	891.66
<i>Emex spinosa</i> (L) Campd.		764.28	465.12	0	127.38	465.12	0	0	0	0
<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.		0	1395.36	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fumaria parviflora</i> Lam		1019.04	1860.48	2038.08	254.76	232.56	0	509.52	232.56	0
<i>Galium aparine</i> L.		0	0	0	254.76	0	382.14	0	232.56	0
<i>Hordeum murinum</i> L.		1019.04	465.12	254.76	254.76	465.12	0	0	0	0
<i>Lamium amplexicaule</i> L.		0	1395.36	509.52	254.76	930.24	254.76	382.14	0	127.38
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.		254.76	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Malva parviflora</i> L.		0	0	0	0	0	0	0	232.56	636.9
<i>Medicago polymorpha</i> L.		254.76	465.12	0	254.76	0	0	0	0	0
<i>Papaver rhoeas</i> L.		0	930.24	0	254.76	0	0	0	0	0
<i>Phalaris paradoxa</i> L.		764.28	0	0	509.52	930.24	0	0	0	0
<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass		0	465.12	0	127.38	232.56	0	0	0	0
<i>Polygonum aviculare</i> L.		0	0	0	1528.56	6976.8	4330.92	0	1395.36	382.14
<i>scandix pecten veneris</i> L.		0	0	254.76	0	0	0	0	0	0
<i>Scolymus hispanicus</i> L.		509.52	465.12	0	509.52	0	127.38	0	0	0
<i>Silybum marianum</i> (L) Gaertn.		0	0	764.28	509.52	0	0	0	0	0
<i>Sinapis arvensis</i> L.		0	1395.36	509.52	0	0	0	0	0	0
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill		0	0	0	764.28	232.56	0	0	0	127.38
<i>Sonchus oleraceus</i> L.		0	0	0	0	232.56	127.38	0	0	254.76

<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.	0	0	254.76	0	0	0	0	0	0
<i>Tricicum durum</i> (Desf.) Husn	0	0	0	0	0	127.38	0	0	0
<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.)	0	2790.72	764.28	0	232.56	0	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i> L.	0	0	0	3311.88	9302.4	4330.92	0	2093.04	254.76
Nombre total de plantes m <sup>-2</sup>	12610.6	46046.8	28278.3		44884.0	35921.1		20000.1	13629.6
	2	8	6	23565.3	8	6	8152.32	6	6
<b>Nombre total d'espèces</b>	12	17	12	20	17	12	5	8	10

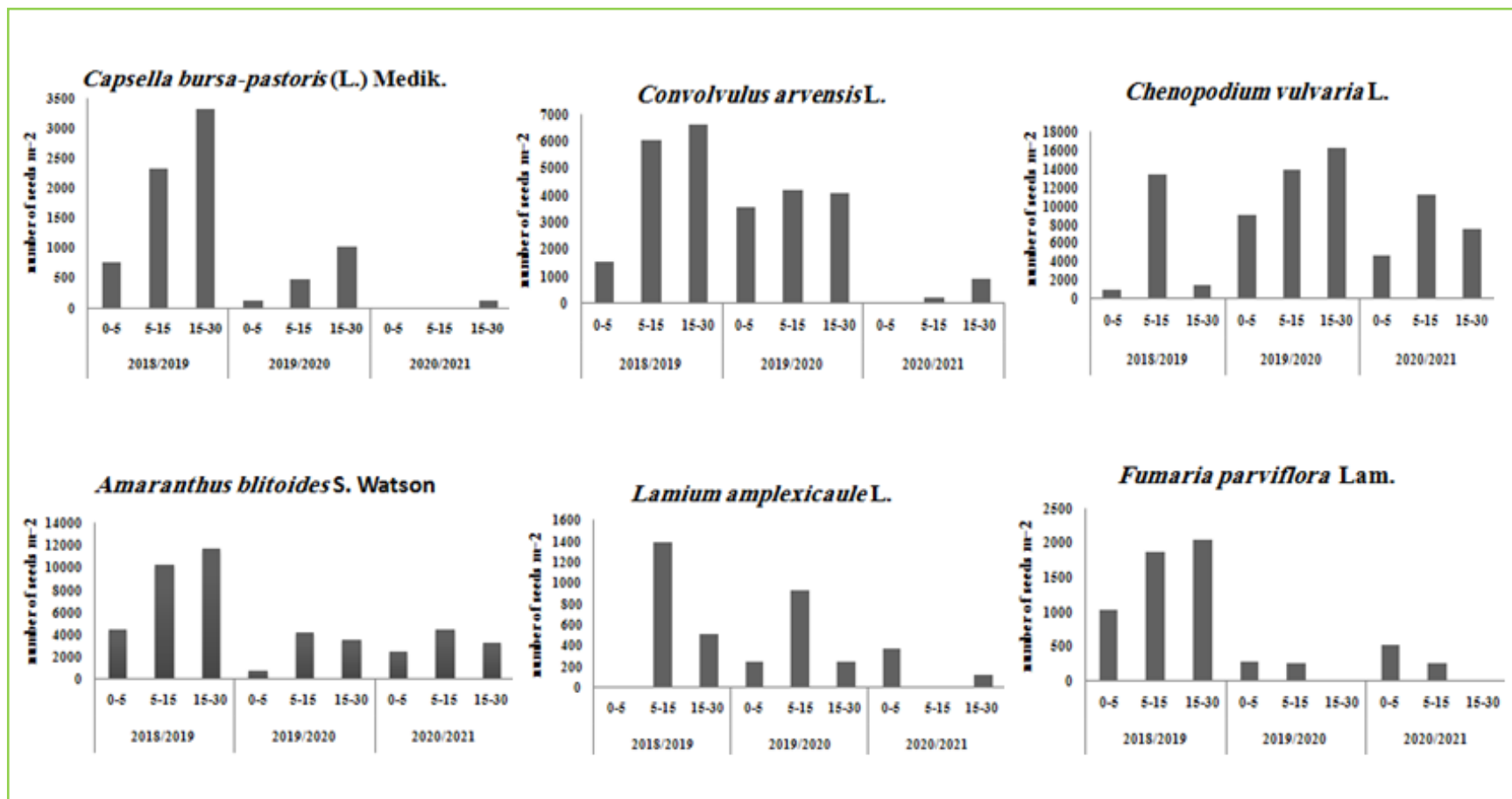


Figure 51. Évolution de la densité des graines des adventices dominantes au cours de toutes les saisons d'étude, dans la région de Mascara.

### 4.2.3. Indices de diversité des adventices et similarité de la composition des espèces entre les trois saisons

L'indice de richesse, l'indice de Shannon Wiener, l'indice de Pielou et l'indice de Simpson ont été utilisés pour calculer la diversité des espèces à différentes horizons (0-5 cm, 5-15 cm et 15-30 cm) au cours de trois saisons d'étude. Les résultats obtenus indiquent que l'indice de richesse des banques de graines (Tableau 21) varie selon les saisons. L'indice de richesse était le plus élevé en S2 à 0-5 cm (3.64) et le plus faible en S3 à 10-15 cm (0.96). L'indice de Shannon pour la communauté du stock semencier a montré une valeur élevée de la biodiversité des adventices en S1 et S2, les valeurs les plus élevées ont été trouvées pour les horizons 0-5 cm et 5-15 cm ( $H'=2.13$  et  $H'=2.2$  en S1 et  $H'=2.14$  et  $H'=2.02$  en S2, respectivement). Tandis que les valeurs les plus faibles ont été enregistrées en S3 avec  $H'=1.07$ ,  $H'=1.29$  et  $H'=1.37$  à 0-5 cm, 5-15 cm et 15-30 cm, respectivement.

De même, en S1 et S2, l'indice de dominance de Simpson a diminué dans l'ordre suivant 5-15 > 0-5 > 15-30 cm. En S3, il a diminué dans l'ordre : 15-30 > 5-15 > 0-5 cm. L'indice de Pielou a diminué au cours de la période d'expérimentation. Le premier horizon 0-5 cm avait la valeur la plus élevée (0.86) suivie respectivement de 0.71 et de 0.66, en S2 et S3.

**Tableau 21.** Résultats des indices de diversité du stock semencier par saison d'étude

Saison	Horizon (cm)	Indice de			
		Richesse	Shannon	Pielou	Simpson
S1	0-5	2.39	2.13	0.86	0.83
	5-15	3.03	2.2	0.78	0.84
	15-30	2.04	1.75	0.71	0.75
S2	0-5	3.64	2.14	0.71	0.8
	5-15	3.04	2.02	0.71	0.82
	15-30	1.95	1.71	0.69	0.74
S3	0-5	0.96	1.07	0.66	0.58
	5-15	1.57	1.29	0.62	0.62
	15-30	1.93	1.37	0.6	0.63



Les résultats illustrés par le tableau 22 ci-dessous, montrent que la similarité de la composition des espèces était généralement faible au cours de la période d'étude allant de (Cs : 0.40-0.51). La plus grande similarité a été trouvée entre S2 et S3 (Cs=0.51), suivie par S1 et S2 (Cs=0.44) et S1 et S3 (Cs=0.40). Les résultats ont montré que la composition des espèces dans les zones S2 et S3 était plus similaire.

**Tableau 22.** Résultats de l'index de similarité des espèces d'adventices du stock semencier par saison d'étude

	S1	S2	S3
S1	1	0.44	0.40
S2		1	0.51
S3			1

#### 4.3.Effet des traitements sur la qualité des grains de blé dur Chen's

Les résultats de l'effet des différents traitements sur la qualité physico-chimique, le taux de protéine et de phosphore des grains du blé dur Chen's récoltés en Juin 2021, du site de la FDPS de Sebaine, sont présentés dans les tableaux 23 et 24 ci-dessous.

Pour ce qui des effets sur les principales caractéristiques physico-chimiques des grains, les résultats de l'analyse de la variance pour la moucheture, par rapport aux différents systèmes de désherbage, ont montré une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ). Des différences significatives ( $p < 0,01$ ) ont également été obtenues pour le mitadinage et la vitrosité. Par contre des différences non significatives ont été observé pour le taux d'extraction et l'humidité du grain (annexe 1, tableau 7). La modalité M1 a donné les plus faibles valeurs de moucheture et de mitadinage du grain avec 1.25% et 2.2%, respectivement. Alors que des fortes valeurs ont été réalisées grâce à la modalité M3 avec 2.5% et 3.84%, respectivement. La modalité M1 et M2 ont respectivement engendré une vitrosité de 97.72 et 96.45 %. Le meilleur taux d'extraction a été enregistré par M2 (63.25%), tandis qu'il était le plus bas pour M4 (57.20%).

Pour ce qui est de l'humidité des grains, elle varie selon les modalités de 9.05 à 9.52 %, ce dernier à été observé pour la modalité M3.

**Tableau 23.** Caractéristiques physico-chimiques de grains de blé dur Chen's récolté dans le site de la FDPS de Sebaine

Modalité	Moucheture (%)	Mitadinage (%)	Vitrosité (%)	Tauxd'extraction (%)	Humidité grain (%)
M1	1.25±0.13 <sup>a</sup>	2.2±0.42 <sup>a</sup>	97.72±0.42 <sup>a</sup>	58.2±0.95 <sup>a</sup>	9.37±0.20 <sup>a</sup>
M2	1.93±0.22 <sup>bc</sup>	3.54±0.22 <sup>b</sup>	96.45±0.22 <sup>b</sup>	63.25±3.87 <sup>a</sup>	9.05±0.09 <sup>a</sup>
M3	2.5±0.23 <sup>c</sup>	3.84±0.12 <sup>b</sup>	96.14±0.13 <sup>b</sup>	62.35±3.32 <sup>a</sup>	9.52±0.14 <sup>a</sup>
M4	1.37±0.24 <sup>ab</sup>	3.52±0.26 <sup>b</sup>	96.46±0.26 <sup>b</sup>	57.20±0.23 <sup>a</sup>	9.25±0.32 <sup>a</sup>
<b>Moyenne</b>	1.76	3.27	96.69	60.25	9.3

Les valeurs moyennes ± SE dans la même colonne suivie de lettres différentes diffèrent significativement selon le test de Tukey à  $p \leq 0,05$ .

En ce qui concerne les résultats relatifs aux teneurs en protéine et en phosphore, l'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $p < 0,001$ ) entre les modalités pour la teneur en protéines, et des différences non significatives ( $p > 0,05$ ) pour la teneur en phosphore (Annexe 1, Tableau 7). Les modalités M2 et M3 ont engendrée les teneurs en protéines et en phosphore les plus élevés. Alors que les grains issus des modalités M4 et M1 ont donné respectivement la plus faible teneur en protéines (11.67 %) et la plus faible teneur en phosphore (3.5 g/kg).

**Tableau 24.** Effet différents traitements sur les teneurs en protéine et en phosphore des grains de blé dur Chen's récoltés dans le site de la PDPS de Sebaine.

Modalité	Protéine%	Phosphore(g/kg)
M1	12.76±0.12 <sup>a</sup>	3.57±1.76 <sup>a</sup>
M2	14.88±0.14 <sup>b</sup>	4.27±0.18 <sup>a</sup>
M3	14.85±0.27 <sup>b</sup>	3.66±1.54 <sup>a</sup>
M4	11.67±0.28 <sup>c</sup>	3.66±0.88 <sup>a</sup>
<b>Moyenne</b>	13.54	3.79

Les valeurs moyennes ± SE dans la même colonne suivie de lettres différentes diffèrent significativement selon le test de Tukey à  $p \leq 0,05$ .

#### 4.4. Etude de l'effet allélopathique de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur les adventices du blé dur Chen's

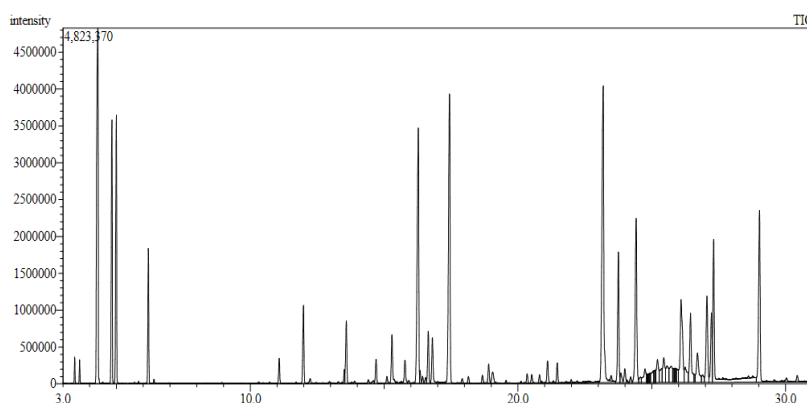
##### 4.4.1. Composition chimique de l'huile essentielle de *S. molle*

Le rendement en huile essentielle de *S. molle* était de  $5.4 \pm 0.02$  % (p/p). L'huile présente une couleur transparente. La composition chimique des huiles essentielles obtenue par hydrodistillation des parties aériennes est présentée dans le Tableau 25 ci-dessous. Ainsi, l'analyse GC-MS a révélé la présence de cinquante et un (51) composés identifiés, représentant 95.26 % de l'huile. Le composant principal était le Shyobunone (10.14 %), suivi de 1-Phellandrene (9.63 %),  $\alpha$ -Cadinol (7.46 %),  $\delta$ -Cadinene (7.45 %), Germacrène D (7.09 %) et  $\alpha$ -Elemol (6.48 %). La fraction des sesquiterpènes oxygénés (41.18 %) et des sesquiterpènes hydrocarbonés (39.21 %) étaient dominants avec des taux respectifs de 41.18 et 39.21 %. Tandis que les monoterpènes hydrocarbonés et oxygénés représentaient respectivement 11.76 et 7.84 % (Figure 52).

**Tableau 25.** Composition chimique (%) de l'huile essentielle de *Schinus molle* L.

Composés	Temps de Retention	%
$\beta$ -Pinene	3.441	0.32
1-Phellandrene	4.306	9.63
Limonene	4.831	4.57
Sabinene	4.995	4.93
$\rho$ -Cymene	6.192	2.30
$\alpha$ -Copaene	11.080	0.49
Guaia-3,9-diene	11.985	1.58
$\beta$ -cubebene	12.236	0.12
$\beta$ -Elemene	13.514	0.38
trans-Caryophyllene	13.587	1.29
Nealloocimene	14.699	0.51
10- $\beta$ (H)-Cadina-1(6),4-diene	15.106	0.16
$\alpha$ -Humulene	15.292	1.21
6- $\alpha$ -cadina-4,9-diene	15.779	0.66
Germacrene D	16.277	7.09
epi-Bicyclosesquiphellandrene	16.343	0.21
$\beta$ -Selinene	16.438	0.14
$\alpha$ -Selinene	16.555	0.14
$\alpha$ -muurolene	16.648	1.10

Bicyclogermacrene	16.804	1.06
$\delta$ -Cadinene	17.443	7.45
Cadina-1.4-diene	17.916	0.11
$\alpha$ -Cadinene	18.150	0.16
$\alpha$ -Phellandreneepoxide	18.672	0.19
Germacrene B	18.905	0.43
trans-Ascaridole	19.052	0.43
trans-Sesquisabinene hydrate	20.343	0.20
Longifolenealdehyde	20.805	0.18
Palustrol	21.104	0.52
Selin-6-en-4 $\alpha$ -ol	21.467	0.43
Shyobunone	23.138	10.14
$\gamma$ -Elemene	23.481	0.12
germacrene D-4-ol	23.752	2.98
Globulol	24.211	0.14
$\alpha$ -Elemol	24.415	6.48
$\delta$ -Guaijene	24.900	0.13
Cubenol	25.100	0.22
Spatulenol	25.211	0.87
$\alpha$ -Eudesmol	25.571	0.76
Isospathulenol	25.727	0.85
Acoradiene	25.870	0.17
Santolinaalcohol	25.896	0.20
$\gamma$ -Eudesmol	26.093	4.11
Guaiol	26.248	1.26
$\alpha$ -Muurolol	26.705	1.93
Bulnesol	26.896	0.29
Agarupsirol	27.061	2.52
$\beta$ -eudesmol	27.226	1.73
$\alpha$ -Cadinol	27.310	7.46
Carotol	29.024	4.74
Pinanediol	30.432	0.17
<b>Total</b>		<b>95.26</b>
Monoterpènes hydrocarbonés		<b>11.76</b>
Monoterpènesoxygénés		<b>7.84</b>
Sesquiterpènes hydrocarbonés		<b>39.21</b>
Sesquiterpènes oxygénés		<b>41.18</b>



**Figure 52.** Chromatogramme GC-MS de l'huile essentielle de *Schinus molle*

#### 4.4.2. Effet d'huile essentielle de *S.molle* sur la germination, la longueur des racines et des parties aériennes

Les résultats de l'effet de l'huile essentielle (HE) de *S. molle* sur la germination des graines des adventices et du blé dur sont présentés dans le tableau 26 ci-dessous. L'HE de *S. molle* a révélé, 7 jours après le traitement par les différentes concentrations, un effet très hautement significatif sur la germination chez toutes les espèces. En effet l'HE a exercé un effet inhibiteur élevé sur les graines d'adventices. Le taux de germination varié entre 0 et 46.66 %. Les concentrations d'huile les plus élevées (0.02 et 0.03 %) ont entraîné une inhibition totale de l'espèce *B. rigidus* et un taux de germination compris entre 3.33 % et 33.33 % pour les autres espèces *C. vulvaria*, *S. marianum*, *A. sterilis* et *M. indicus*. Alors que la germination était de 93.33 à 100 % dans les lots témoins. Alors qu'une inhibition modérée des grains de blé dur a été observé (50-98 %). La sensibilité différentielle observée entre les différentes plantes peut être attribuée à la taille de leurs graines et à leur constitution génétique. De même, les différentes concentrations d'huile essentielle de *S. molle* ont affecté l'élongation des racines et la croissance des parties aériennes. L'intensité de l'action inhibitrice de la croissance variée suivant les concentrations d'huile testées et selon les espèces étudiées (Tableaux 27 et 28).

Statistiquement l'huile a montré un effet très hautement significatif chez toutes les espèces testées. La concentration d'huile la plus élevée (0.03 %) a entraîné la plus forte réduction de la longueur des racines et des parties aériennes des espèces testées. Alors qu'à 0.01 et 0.02 %, un effet modéré a été observé sur le blé dur.

**Tableau 26.** Effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de *S.molle* sur le taux de germination des graines des adventices et du blé dur.

Concentration%	<i>T. durum</i>	<i>C. vulvaria</i>	<i>S. marianum</i>	<i>A. sterilis</i>	<i>M. indicus</i>	<i>B. rigidus</i>
<b>Témoin 1</b>	100±0 <sup>a</sup>	93.33±0 <sup>a</sup>	100±0 <sup>a</sup>	100±0 <sup>a</sup>	98.33±1.66 <sup>a</sup>	96.67±3.33 <sup>a</sup>
<b>Témoin 2</b>	98±1.66 <sup>a</sup>	91.67±0 <sup>a</sup>	100±0 <sup>a</sup>	93.33±3.33 <sup>a</sup>	95±2.87 <sup>a</sup>	93.33±3.33 <sup>a</sup>
<b>0.01</b>	86.67±1.67 <sup>ab</sup>	46.66±1.66 <sup>b</sup>	18.33±8.81 <sup>b</sup>	40±5.77 <sup>b</sup>	40±7.64 <sup>b</sup>	10±0 <sup>b</sup>
<b>0.02</b>	73.33±1.67 <sup>b</sup>	33.33±6.67 <sup>b</sup>	10±2.87 <sup>b</sup>	20±5.77 <sup>c</sup>	13.33±4.41 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>
<b>0.03</b>	50±7.63 <sup>c</sup>	5±0 <sup>c</sup>	3.33±3.33 <sup>b</sup>	6.67±3.33 <sup>c</sup>	3.33±1.66 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>

Les valeurs moyennes ± SE dans la même colonne suivie de lettres différentes diffèrent significativement selon le test de Tukey à  $p \leq 0.05$ .

**Tableau 27.** Effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de *S.molle* sur la longueur des racines (cm) des adventices et du blé dur

Concentration%	<i>T. durum</i>	<i>C. vulvaria</i>	<i>S. marianum</i>	<i>A. sterilis</i>	<i>M. indicus</i>	<i>B. rigidus</i>
<b>Témoin 1</b>	9.1±0.15 <sup>a</sup>	4.16±0.12 <sup>a</sup>	14.96±0.07 <sup>a</sup>	14.23±0.91 <sup>a</sup>	4.3±0.3 <sup>a</sup>	10.16±0.67 <sup>a</sup>
<b>Témoin 2</b>	8.6±1.66 <sup>a</sup>	3.36±0.32 <sup>a</sup>	14.26±0.17 <sup>a</sup>	11.60±0.2 <sup>ab</sup>	4.3±0.1 <sup>a</sup>	9.36±0.70 <sup>a</sup>
<b>0.01</b>	7.2±0.25 <sup>b</sup>	2.06±0.23 <sup>b</sup>	6.9±0.73 <sup>b</sup>	10.17±0.48 <sup>bc</sup>	3.27±0.14 <sup>b</sup>	8.2±0.15 <sup>a</sup>
<b>0.02</b>	5.3±0.15 <sup>c</sup>	1.26±0.27 <sup>b</sup>	3.33±0.17 <sup>c</sup>	6.97±0.59 <sup>c</sup>	2.5±0 <sup>b</sup>	0±0 <sup>b</sup>
<b>0.03</b>	1.1±0.06 <sup>d</sup>	1.1±0.06 <sup>b</sup>	0.73±0.43 <sup>d</sup>	1.53±1.03 <sup>d</sup>	1.33±0.17 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>

Les valeurs moyennes ± SE dans la même colonne suivie de lettres différentes diffèrent significativement selon le test de Tukey à  $p \leq 0,05$ .

**Tableau 28.** Effet des différentes concentrations de l'huile essentielle de *S. molle* sur la longueur des parties aériennes (cm) des adventices et du blé dur.

Concentration%	<i>T. durum</i>	<i>C. vulvaria</i>	<i>S. marianum</i>	<i>A. sterilis</i>	<i>M. indicus</i>	<i>B. rigidus</i>
<b>Témoin 1</b>	10.5±0.72 <sup>a</sup>	6.07±0.63 <sup>a</sup>	8.07±0.07 <sup>a</sup>	13.70±0.46 <sup>a</sup>	6.23±0.14 <sup>a</sup>	9.69±0.63 <sup>a</sup>
<b>Témoin 2</b>	8.4±0.30 <sup>b</sup>	5.13±0.03 <sup>a</sup>	8±0 <sup>a</sup>	12±0.35 <sup>a</sup>	6.16±0.17 <sup>a</sup>	8.93±0.29 <sup>a</sup>
<b>0.01</b>	7.9±0.29 <sup>b</sup>	2.63±0.20 <sup>b</sup>	4.67±0.27 <sup>b</sup>	12.07±0.8 <sup>a</sup>	5.8±0.40 <sup>a</sup>	6.83±0.44 <sup>b</sup>
<b>0.02</b>	5.9±0.15 <sup>c</sup>	0.8±0.15 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>	5.67±0.69 <sup>b</sup>	2.7±0.23 <sup>b</sup>	0±0 <sup>c</sup>
<b>0.03</b>	0.7±0.37 <sup>d</sup>	0±0 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>	0.4±0.4 <sup>c</sup>	2.1±0.1 <sup>b</sup>	0±0 <sup>c</sup>

Les valeurs moyennes ± SE dans la même colonne suivie de lettres différentes diffèrent significativement selon le test de Tukey à  $p \leq 0,05$ .

La concentration 0.03 % a montré la plus forte réduction des racines et des parties aériennes de toutes les espèces testées avec des longueurs inférieures à 2 cm et 0.4 cm respectivement. Elle a également entraîné une inhibition totale de la croissance des parties aériennes de deux espèces d'adventices, *C. vulvaria* et *S. marianum*, et une forte inhibition des autres espèces, y compris le blé dur (0-0.7 cm). Les longueurs des racines et des parties aériennes des témoins étaient comprises entre 3.36 et 14.96 cm et entre 5.13 et 13.70 cm pour les graines d'adventices et entre 8.6 et 10.5 cm pour le blé dur, respectivement.

## **CHAPITRE 05 : DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS**



## CHAPITRE 05. DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUES

Cette partie porte sur la discussion des résultats obtenus. D'abord il est question de l'identification des adventices et de leur diversité aux niveaux des zones d'étude (Mascara et Tiaret). Elle sera suivie par une discussion de l'effet des leviers agronomiques (modalité de désherbage) sur les paramètres de croissance, sur le rendement et ses composants et sur la qualité du grain de blé dur. L'effet des différents leviers agronomique et de la densité et la biomasse sèche des adventices sur le comportement du blé dur sera également discuté. Ensuite il est question la distribution spatio-temporelle du stock semencier ou banque de graines d'adventices à Mascara durant les 03 années d'études. Enfin il est discuté l'effet allélopathique de l'huile essentielle de *S. molle* sur les principaux adventices envahissants du blé dur.

### 5.1. Etude de l'effet des leviers agronomiques sur la gestion des adventices du blé dur

#### 5.1.1. Composition floristique des adventices levées

La gestion durable des adventices nécessite une compréhension efficace de la biologie des espèces (Gainini *et al.*, 2021). D'après les résultats obtenus dans la présente étude, la flore adventice associée au blé dur a révélé une grande diversité entre les deux régions en termes de richesse spécifique. En effet nous avons enregistré un nombre élevé d'espèces dans la région de Mascara par rapport à la région de Tiaret. Durant la campagne 2018/2019, nous avons répertorié 62 espèces à Mascara et au cours des campagnes 2020/2021 et 2021/2022, nous avons recensé 48 espèces à Tiaret. Nos résultats se distinguent par un nombre d'espèces supérieur à celui observé par les résultats rapportés par plusieurs auteurs. Fortas *et al.* (2021) et Rahali *et al.* (2016) dans la zone Semi-aride de Sétif ont répertoriés respectivement 13 espèces et 19 espèces. Mehmeti *et al.* (2018) trouvent 16 espèces dans le nord-est du Kosovo, Hofmeijer *et al.* (2019) dénombrent 19 espèces en suisse, El-delfi et Safi (2023) comptent 19 espèces identifiées en Irak dans les champs céréaliers.

La dominance numérique des Asteraceae, Poaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Fabaceae, Apiaceae et Papaveraceae au sein de la flore adventice des champs céréaliers a été rapportée par Hannachi et Fenni (2011); kazitani *et al.* (2010); Ullah *et al.* (2016); Fertout (2018).

Parmi les espèces d'adventices répertoriées, il y a lieu de signaler les espèces, considérés largement répandues et les plus problématiques dans les cultures de blé, rencontré dans notre étude et signaler par plusieurs auteurs. Il s'agit notamment de *Amaranthus retroflexus* (Brankov *et al.*, 2022), *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis*, *Medicago polymorpha* (Mehmeti *et al.*, 2018 ; Ayana, 2020; Bajwa *et al.*, 2019), *Phalaris minor* Retz (Siddiqui *et al.*, 2010 ;Ullah, 2023), *Lolium multiflorum* (Hofmeijer *et al.*, 2019), *Cichorium intybus* (Babaei *et al.*, 2022), *Anagallis arvensis*, *Stellaria media*, *Scandix pecten-veneris*, *Vicia monantha*, *Melilotus indicus*, *Galium aparine*, *Emex spinosa*, *Capsella bursa-pastoris*, *Veronica polita* (Iqbal *et al.*, 2017), *Avena sterilis*, *Sinapis arvensis*, *Lactuca serriola*, *Silybum marianum*, *Sonchus oleraceus*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus asper*, *Lamium amplexicaule*, *Hordeum murinum*, *Phalaris paradoxa*, *Phalaris brachystachys*, *Polygonum aviculare* (Pala *et al.*, 2020), *Bromus rigidus*, *Lolium rigidum*, *Beta vulgaris*, *Papaver hybridum*, *Malva parviflora*, *Torilis nodosa*, *Calendula arvensis*, *Erodium cicutarium* (Eltaguri *et al.*, 2020) et *Bromus rubens* (Owen *et al.* 2015).

Les variations de la diversité des espèces sur les champs de blé peuvent être attribuées aux modifications dans les méthodes de gestion des activités agricoles (Babaei *et al.*, 2022). Notamment, la fréquence de l'utilisation d'herbicides (Bekele *et al.*, 2018 ; Megersa *et al.* 2017 ; Zahara et Shigute, 2017). Fried *et al.* (2008) indiquent que les principales variations dans la composition des espèces entre les champs étaient associées à plusieurs facteurs dont des facteurs de gestion humaine, le type de culture, le précédent cultural, le pH et la texture du sol. A ces derniers s'ajoutent l'influence du climat et de la région géographique qui était moins prononcée et identifiée principalement à travers les relations avec les précipitations et la longitude. Selon Basch *et al.* (2020), l'absence de perturbation du sol, la couverture permanente du sol avec les résidus de plantes et la rotation/association des cultures sont susceptibles d'avoir un effet sur la dynamique des adventices, à la fois en termes de diversité et de composition.

### 5.1.2. Effets des différents leviers agronomiques sur les paramètres de croissance et de rendement

La densité, le type et la biomasse des adventices sont des facteurs qui influent sur la diminution du rendement des cultures. Par conséquent, toute réduction de la densité des adventices entraînera une amélioration du rendement de la culture (Khan *et al.*, 2016).

Les différents systèmes de gestion des adventices ont modifié de manière significative la densité des adventices. Durant les trois campagnes, la modalité témoin (M4) a enregistré les densités les plus élevées, tandis que la modalité protection intégrée (M2) a enregistré les valeurs les plus basses. Pendant la campagne 2018-2019, la densité moyenne des adventices au stade levée – tallage était de 20.15 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 6.51 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2). En revanche, au stade montaison – maturation, la densité était de 16.5 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 1.42 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2). Au cours de la campagne 2020-2021, la densité moyenne des adventices au stade levée – tallage était de 102.39 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 12.82 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2). De même, au stade montaison – maturation, la densité était de 56.73 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 0.84 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2). Pour la campagne 2021-2022, la densité moyenne des adventices au stade levée – tallage était de 15.24 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 7.11 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2). Par ailleurs, au stade montaison – maturation, la densité était de 53.81 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 0.67 plants/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2).

Selon Yadav et Dixit (2014) et Kumar *et al.* (2018) une forte infestation des adventices a été observée dans le témoin (non désherbé) par rapport aux autres traitements étudiés. Les parcelles désherbées chimiquement ou manuellement sont relativement propres et contiennent un faible nombre d'espèces adventices (Tanji et Ait lhaj, 2010). Aucun des traitements testés (y compris les produits chimiques) n'a réussi à éliminer les adventices du champ, et les adventices ont été trouvées au moment de la récolte dans toutes les parcelles (Carrubba *et al.*, 2020). Selon Ayana, (2020), la période critique de compétition des adventices dans le blé se situe entre 30 et 60 jours après le semis.

Le contrôle des adventices durant cette période réduit la densité et la biomasse sèche des adventices jusqu'à 76 et 95% respectivement, et augmente le rendement en grains jusqu'à 34% (Ali *et al.*, 2014). La période critique pour le contrôle des adventices est également influencée par les espèces des adventices et de la culture, leur densité et les conditions du sol et de l'environnement pendant la saison de croissance (Knezevic *et al.*, 2002). Les pertes causées par les adventices dans le blé peuvent survenir dès les premiers stades jusqu'à la dernière étape de maturité, de la récolte et du stockage des grains (Ayana, 2020).

La biomasse des adventices est un bon indicateur, qui explique plus de 31% de la variabilité des pertes de rendement des céréales d'hiver dues aux adventices (Milberg et Hallgren, 2004). La biomasse sèche des adventices dans la présente étude varie significativement entre les années. Dans les deux régions, la modalité M4 a enregistré les valeurs les plus élevées. Tandis que, la modalité M2 a donné les valeurs les plus basses. Durant la campagne 2018-2019, la biomasse sèche a atteint 266.08 g/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et 40.4 g/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2). Au cours de la campagne 2020-2021, la biomasse sèche a été de 37.70 g/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 1.53 g/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2). Pour la campagne 2021-2022, la biomasse sèche a été de 50.39 g/m<sup>2</sup> sous la modalité témoin (M4) et de 1.40 g/m<sup>2</sup> sous la modalité protection intégrée (M2).

L'utilisation appropriée des herbicides de post levée ou le désherbage manuel au stade du tallage, réduit la biomasse sèche totale des adventices (Raize *et al.*, 2006). Pisal et Sagarka, (2013) trouvent que l'application d'un herbicide de prélevée + un désherbage manuel 40 jours après le semis s'est révélée supérieure au reste des traitements testés en entraînant une biomasse sèche totale minimum des adventices et une efficacité de contrôle des adventices plus élevée dans le blé. Wajeih *et al.* (2018), ont indiqué que même si les méthodes manuelles de désherbage sont fastidieuses et dépendent des conditions météorologiques, elles constituent la méthode la plus efficace. En revanche, la biomasse sèche totale des adventices la plus élevée a été enregistrée dans les traitements sans contrôle des adventices, Et cela peut-être être dû à la présence de la densité des adventices la plus élevée ainsi qu'à une plus grande compétition des adventices avec les cultures pour les mêmes nutriments, le même volume d'espace, la lumière et l'eau, ce qui entraîne une production de biomasse plus élevée (Mekonnen, 2022).

Sareta *et al.* (2016) et Mandal *et al.* (2014) précisent à ce sujet que la biomasse sèche totale des adventices la plus élevée était observée lors du traitement sans contrôle des adventices.

La protection intégrée (M2) a enregistré les valeurs les plus importantes durant la campagne 2018-2019. Nous avons obtenu 300.76 g/m<sup>2</sup> de biomasse sèche du blé dur, une hauteur de tige de 68.6 cm, une longueur d'épi de 7.55 cm, une surface foliaire de 16.25 cm<sup>2</sup>, un nombre d'épis par mètre carré de 130.1, un nombre de graines par épi de 52.9, un rendement en grain estimé de 28.15 q/ha, et un rendement en grain réel de 14.58 q/ha.

De plus, durant la campagne 2020-2021, nous avons enregistré une longueur d'épi de 7.7 cm, un nombre d'épis par mètre carré de 189, un nombre de graines par épi de 48.45, un nombre de plantes par mètre carré de 303.35, un poids de mille grains de 38.5 g, un rendement en grain estimé de 35.56 q/ha, et un rendement en grain réel de 11.4 q/ha. Enfin, durant la campagne 2021-2022, la longueur de l'épi a été de 6.9 cm, le nombre d'épis par mètre carré de 209, le rendement en grain estimé à 37.26 q/ha, et le rendement en grain réel de 12.1 q/ha.

Les travaux effectués par Kumar *et al.*, (2018) révèlent les valeurs les plus basses d'accumulation de matière sèche du blé dans le traitement sans désherbage, alors que dans les parcelles recevant des herbicides de post-levée, le taux de croissance des cultures était le plus élevé. De son côté Acker (2010), a conclu que l'accumulation de matière sèche du blé avait augmenté de 12 à 20 % par rapport au témoin (non désherbé). L'accumulation de matière sèche augmente de manière significative avec l'application de pratiques de gestion des adventices. En effet, Kumar *et al.*, (2023) rapportent qu'à la récolte l'accumulation de matière sèche la plus élevée a été enregistrée dans les parcelles sans adventices (1170.47g m<sup>-2</sup>), ce qui était statistiquement similaire à l'application d'herbicide post-levée et désherbages manuels. Cela pourrait être attribué à une plus grande synthèse de matières nutritives dans les plantes dans des conditions moins envahissantes (Paswan *et al.* 2012).

Le désherbage au bon moment a réussi à réduire la concurrence entre les plantes cultivées et les adventices, ce qui a permis d'obtenir un peuplement de culture sain (Riaz *et al.*, 2006). La plante atteignait sa hauteur maximale là où la compétition pour la lumière et le volume d'espace était sévère entre les cultures et les adventices (Ayana et Ejeta, 2021).

Mekonnen, (2022) trouvent que le blé a atteint une hauteur maximale (88,37 cm) dans les parcelles témoins (non désherbé). Les plantes les plus courtes ont été observées dans le témoin (non désherbé) à tous les stades de croissance du blé dur (Kumar *et al.*, 2023). Muhammad *et al.* (2012) trouvent que la hauteur du blé la plus élevée (98,30 cm) a été obtenue à partir du témoin non désherbé, bien que la hauteur minimale des plantes (81,6 cm) ait été obtenue avec le témoin sans adventices sans changement substantiel entre les traitements à désherbages manuels appliquée 30 et 45 jours après l'émergence et les traitements avec le sel d'amine de 2,4-D à 1,5 kg/ha + un désherbage manuel.

En revanche, Riaz *et al.* (2006), trouvent que le désherbage chimique au stade 2-3 feuilles des adventices + un désherbage manuel à 50 jours après le semis a entraîné une augmentation maximale de la hauteur de la plante (109,8 cm), suivi du désherbage mécanique à 20 jours après le semis + le désherbage manuel à 50 jours après le semis qui a abouti à une hauteur du blé de 104,8 cm à maturité.

Une augmentation significative de la longueur des épis, ainsi que l'obtention du meilleur indice de surface foliaire, était probablement due à une concurrence réduite des adventices et à la disponibilité adéquate d'éléments nutritifs et d'humidité pour les plantes cultivées (Riaz *et al.*, 2006 ; Tana *et al.*, 2018 ; Asad *et al.*, 2017). Cela a entraîné une meilleure croissance, se traduisant par un nombre et une taille de feuilles accrus, conduisant à une augmentation de la surface foliaire et de l'indice de surface foliaire. Une meilleure surface foliaire a été associée à une meilleure gestion des adventices (Pandey et Kumar, 2005).

La chlorophylle est le principal pigment d'absorption, de transport et de conversion de l'énergie lumineuse. Ce paramètre indique la performance de la photosynthèse. Les modalités M3 et M2 ont enregistrées les taux les plus élevés de chlorophylle totale avec respectivement 60.55 U/SPAD et 59.89U/SPAD, comparativement aux autres modalités M1 et M4 (54.55 U/SPAD et 50.04 U/SPAD). Selon Khaffagy *et al.*, (2022), la faible teneur en chlorophylle dans le témoin (non traité) s'explique par la croissance accrue des adventices et la compétition renforcée avec la culture, entraînant ainsi un impact négatif sur la concentration de chlorophylle dans les feuilles. Les mêmes auteurs rapportent dans leurs travaux des valeurs plus élevées de chlorophylle a (10,05 et 9,88  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) et de chlorophylle b (3,73 et 3,80  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) pour le désherbage manuel, suivi par le témoin (non traité) (9,62 et 9,59  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ).

Les traitements de désherbage chimique ont donné les valeurs les plus faibles des pigments chlorophylliens a et b.

Dans notre étude les meilleurs rendements en grain ont été enregistrés par la modalité protection intégrée (M2) suivi par la modalité traitement chimique (M1) et faux semis (M3), Durant la campagne 2018-2019, les meilleurs rendements en grain estimé ont été enregistrés par la modalité protection intégrée (M2) avec 28.15 q/ha, faux semis (M3) avec 19.5 q/ha et traitement chimique (M1) avec 13.67 q/ha. De même, les meilleurs rendements en grain réel ont été enregistrés par la modalité protection intégrée (M2) avec 14.58 q/ha, faux semis (M3) avec 10.67 q/ha et traitement chimique (M1) avec 9 q/ha.

Durant la campagne 2020-2021, les meilleurs rendements en grain estimé ont été enregistrés pour M2 avec 35.56 q/ha, M1 avec 24.85 q/ha et M3 avec 19.01 q/ha. De même, les meilleurs rendements en grain réel ont été enregistrés par M2 avec 11.4 q/ha, M1 avec 11 q/ha et M3 avec 8.89 q/ha. Quant- à la campagne 2021-2022, les meilleurs rendements en grain estimés ont été obtenus par M2 avec 37.26 q/ha, M1 avec 29.10 q/ha et M3 avec 14.46 q/ha. De même, les meilleurs rendements en grain réel ont été enregistrés pour M2 avec 12.1 q/ha, M1 avec 11.28 q/ha et M3 avec 8.9 q/ha.

Ces différents traitements ont réduit la compétition entre les adventices et le blé dur, ont amélioré les caractères de croissance des plants et ont augmenté la capacité de compétition du blé par rapport aux plants des adventices. Ils ont également inhibé et/ou réduit les caractères de croissance des plants d'adventices par le désherbage manuel, l'herbicide ou par le faux semis. L'utilisation du faux semis présente un potentiel en tant que stratégie efficace dans la gestion intégrée des adventices (Shahzad *et al.*, 2021). Zeller *et al.*, 2021, trouvent que le faux semis était capable de provoquer une réduction de 70 % de la densité du Vulpin des champs.

Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par plusieurs auteurs (Tomar *et al.*, 2003 ;Rana *et al.*, 2014; Kaur *et al.*, 2018). Para *et al.* (2020) trouvent que le plus grand nombre d'épis / m<sup>2</sup> a été enregistré dans le traitement désherbage manuel (345,83/m<sup>2</sup>), tandis que le plus faible nombre d'épis a été enregistré dans le traitement témoin (266,44/m<sup>2</sup>).

De leur côté Zand *et al.* (2007), indiquent que le nombre de grains par épi a considérablement diminué avec l'augmentation de la sévérité des adventices et s'est nettement amélioré avec l'augmentation de la durée de la période sans adventices. Les résultats de deux années d'étude (2014 et 2015), réalisées par Amare *et al.*, (2016), indiquent que le poids de mille grains le plus élevé (69.6 g, 76.7 g) a été enregistré dans la parcelle traitée avec du 2,4-D à 2,0 kg/ha + désherbage manuel, suivi du désherbage manuel (54.2 g, 69.1 g). Le poids minimum a été enregistré dans le témoin non désherbé (32 g, 51.5 g).

De leur côté Ali *et al.* (2014) et Melander *et al.* (2018) rapportent que le rendement en grains maximal était observé dans les parcelles sans adventices ou a une faible infestation, ce qui permet une meilleure efficacité d'utilisation des nutriments et de l'eau par la culture.

Selon Ayana (2020), les adventices peuvent réduire le rendement en grains du blé d'environ 40 à 50 %. Tana *et al.* (2018), trouvent que le rendement obtenu par le désherbage chimique pendant la période critique de la compétition des adventices est presque similaire à celui obtenu dans des conditions sans adventices tout au long de la saison. Une seule application d'herbicide a entraîné un rendement minimum en grains et en paille de blé en raison d'un contrôle insuffisant des adventices et d'une compétition plus élevée entre la culture et les adventices (Rajpoot *et al.*, 2018). D'autres auteurs soutiennent que le désherbage chimique seul peut engendrer des rendements en grains plus élevés (Sujoy *et al.*, 2006 ; Nadeem et coll., 2007 ; Mandal *et al.*, 2014). Cependant en raison du phénomène de résistance, l'option d'utiliser seule les herbicides chimiques pour le contrôle des adventices n'est pas la plus favorable.

Le climat méditerranéen est caractérisé par une variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie. Les irrégularités pluviométriques exercent un rôle important sur la croissance et la productivité des plantes (Diallo *et al.*, 2022) qui se manifestent par une variabilité interannuelle des rendement (Pagnani *et al.*, 2019 ; djaoudi *et al.*, 2021). Dans notre étude, le rendement en grain de 2021 a été plus faible par rapport à celui obtenu en 2022, ce qui peut être attribué à une densité élevée et à une biomasse importante des adventices, exerçant ainsi un stress concurrentiel plus important sur le blé. Il est habituel qu'un écart important existe entre le rendement estimé et le rendement réel (Chetmi, 2009), ceci pourrait être lié à la perte du rendement au moment des moissons dû au mauvais réglage de la moissonneuse batteuse.



En effet les pertes lors des moissons peuvent atteindre un taux de 25 % (ITGC, 2019). Il peut également être lié à la présence des fourmis sur les épis du blé dur au moment de la récolte.

## 5.2. Etude de la flore adventice potentielle ou stock semencier

La compréhension de la banque de graines du sol est essentielle pour prédire la distribution des communautés d'adventices et identifier les problèmes potentiels dans la gestion des adventices dans les agroécosystèmes (Restuccia *et al.*, 2020). Nous avons identifié 30 espèces, avec une prédominance des thérophytes (80%). Le cycle de vie court des thérophytes leur permet de résister aux stress environnementaux et aux perturbations anthropiques causées par les techniques agricoles (Mesquita *et al.*, 2015). *Chenopodium vulvaria*, *Amaranthus blitoides* et *Convolvulus arvensis* ont été les espèces germant le plus souvent dans cette étude.

Selon Rahali *et al.* (2011), les espèces dominantes dans le stock semencier dans le blé cultivé sous des systèmes conventionnels, minimaux et semi direct dans la zone semi-aride de Sétif sont *Chenopodium vulvaria* L., *Avena sterilis*, *Polygonum aviculare* L., et *Veronica hederifolia* L. Selon Hosseini *et al.* (2014), les espèces annuelles ont dominé dans la plupart des rotations et les dicotylédones étaient plus élevées que celle des graminées avec un rapport de 1/2 dans les cultures irriguées ou pluviales. Selon Andreasen *et al.* (2018), ces espèces peuvent produire de nombreuses graines et sont donc bien adaptées aux changements de la date de semis ou de rotation des cultures. Elles se distinguent par leur germination tout au long de l'année et leurs périodes de floraison plus longues, qui augmenteraient la possibilité de résistance aux herbicides.

Les densités de espèces dans notre étude étaient plus élevées ( $S_1= 86935.86 \text{ m}^2$ ,  $S_2= 104370.54 \text{ m}^2$  et  $S_3=41782.14 \text{ m}^2$ ) que celles mentionné à Sétif au nord-est de l'Algérie ( $5555.556 \text{ m}^2$ ) par Rahali *et al.* (2011). Butkeviciene *et al.* (2021) estiment qu'il y a entre 20.2 et 71.4 milliers de graines d'adventices dans  $1 \text{ m}^2$  de sol échantillonné à des profondeurs allant de 0 à 20 cm. Selon Mirsky *et al.* (2010), les cultures de couverture et le labour peuvent réduire de manière significative les banques de graines d'adventices en une seule saison. Hosseini *et al.* (2014) rapportent de leur côté, que les densités les plus importantes de stock semencier se trouvent dans les horizons inférieurs du sol (15-25 cm) en culture de blé irrigué et pluviale en raison de l'utilisation continue de charrues à socs.

La capacité de germination des graines de adventices est indirectement influencée par la profondeur à laquelle elles sont placées dans le sol, ce qui peut entraîner des différences de température, d'oxygène et de lumière (Feledyn-Szewczyk *et al.*, 2020). Piskier et Sekutowski (2013) ont découvert que les graines d'adventices étaient uniformément dispersées dans tous les horizons de sol de 0 à 20 cm pendant le travail du sol conventionnel (charrue). Le champ équipé d'une charrue à soc présentait la plus faible densité de terre arable. Par conséquent, bien que cet outil n'ait été utilisé que tous les trois ans, 52 % des graines ont été découvertes à une profondeur de 15 à 30 cm (Colbach *et al.*, 2014 ; Hosseini *et al.*, 2014). Pour Smith et Gross (2006), la composition et l'abondance des banques de graines d'adventices dans les rotations de blé d'hiver peut rapidement changer.

Les herbicides chimiques peuvent affecter la richesse des espèces, mais ils ont généralement un effet plus important sur l'abondance relative que sur la composition des espèces (Derksen *et al.*, 1995).

Les travaux menés par Vasileiadis *et al.* (2007) indiquent que les cultures traitées aux herbicides chimiques présentaient des densités totales de graines plus faibles pour les espèces annuelles (dicotylédones). L'efficacité des herbicides contre les dicotylédones pourrait expliquer la diminution de la densité de *Papaver rhoeas* et *Polygonum aviculare* dans le stock semencier (Izquierdo *et al.*, 2009). Dans cette étude, la diversité de la banque de semences du sol a varié en fonction de la saison. En effet S3 présentait la plus faible diversité d'adventices. Izquierdo *et al.* (2009), trouvent que les indices de diversité des adventices calculés, durant leur étude, ont révélé une diminution de la diversité au cours de la deuxième année et une légère augmentation au cours de la troisième année.

### **5.3. Effet des traitements sur la qualité des grains de blé dur Chen's**

Dans la présente étude, la qualité du grain varie significativement entre les modalités, où les paramètres moucheture, mitadinage et vitrosité ont enregistré les valeurs les plus importantes sous la modalité M1. Tandis que les paramètres taux d'extraction, taux de protéines et teneur en phosphore ont été donnés les meilleurs résultats sous la modalité M2. Une parcelle témoin non désherbée crée des conditions défavorables entraînant une faible absorption d'azote et une diminution de la teneur en protéines du grain (Pandey *et al.*, 2006).

Kumar et Agarwal (2010), a observé que les adventices concurrencent très efficacement la culture pour l'azote disponible, au point que la réduction des rendements due à la compétition des adventices s'accompagne généralement d'une réduction de la teneur en protéines. L'absorption de phosphore par le grain et la paille de blé dans les parcelles non désherbés était respectivement de 53.56 % et 54.07 % inférieure à celle dans des conditions sans adventices. Cela montre clairement la perte de nutriments due à la compétition des adventices (Chilwal *et al.*, 2017). Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Kavita *et al.* (2019); Para *et al.* (2022). Ces auteurs ont trouvé que la teneur en phosphore la plus élevée dans les grains de blé a été enregistrée dans le traitement de désherbage manuel et la plus faible fut pour le traitement témoin (non traité)

#### **5.4. Etude de l'effet allélopathique de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur les adventices du blé dur Chen's**

Les analyses GC-MS de l'huile essentielle de *S. molle* ont montré des quantités élevées de sesquiterpènes oxygénés. Dans cette étude, la composition chimique de l'huile essentielle de *S. molle* du nord-ouest de l'Algérie a montré une grande variabilité dans les proportions des principaux constituants par rapport à d'autres origines géographiques. Par exemple, les échantillons de la même plante (feuilles) collectés dans le nord-est de l'Algérie contenaient principalement de l' $\alpha$ -phellandrène (26.5 %) et du  $\beta$ -phellandrène (12.4 %) (Belhamel *et al.*, 2009). En revanche, les échantillons d'huile des parties aériennes de *S. molle* (feuilles et fruits) collectés en Tunisie ont montré une dominance de limonène +  $\beta$ -phellandrène (35.9-65.4 %),  $\alpha$ -phellandrène (24.3-20.1 %), myrcène (12.8-7.7 %) et  $\alpha$ -pinène (5.9-1.7 %) (Zahed *et al.*, 2010). Salem *et al.* (2016) ont rapporté que les principaux constituants de la branche ligneuse de *S. molle* en Égypte sont l' $\alpha$ -élémol (14.79 %), le  $\beta$ -pinène (13.39 %), le myrcène (12.26 %) et l' $\alpha$ -phellandrène (10.41 %). De plus, Aboalhaja *et al.* (2019) ainsi que Gad *et al.* (2022) ont indiqué que les  $\alpha$ - et  $\beta$ -phellandrènes sont les principaux constituants des parties fraîches des arbres poussant respectivement en Jordanie et en Égypte. Enfin, Garzoli *et al.* (2019) ont rapporté que les principaux composants de l'huile de *S. molle* provenant d'arbre fleuries et non fleuries cultivées en Italie sont l'élémol, le bicyclogermacrène, le  $\gamma$ -eudesmol et l' $\alpha$ -eudesmol. Quant aux feuilles séchées de la même plante récoltées au Brésil contenaient principalement du cubénol (27.1 %), de l'oxyde de caryophyllène (15.3 %) et du spathulénol (12.4 %) (dos Santos Cavalcanti *et al.*, 2015).

Cependant, seulement quelques rapports ont mentionné la présence du constituant Shyobunones dans l'huile de *S. molle* en provenance de Bolivie avec une quantité très faible (0.1 à 0.2 %) (St-Gelais *et al.*, 2016), comparée à ce qui a été obtenu dans la présente étude (10.14 %).

La variation de la composition des huiles essentielle des plantes dépend principalement des méthodes d'extraction, de la partie de la plante extraite et de son environnement. Elle peut également être attribuée à des différences génétiques et à plusieurs facteurs environnementaux, notamment la température, la photopériode, l'hygrométrie, la structure du sol et la disponibilité des nutriments (Amri *et al.*, 2012 ; Nornasuha et Ismail, 2017). Les huiles essentielles et leurs constituants sont étudiés pour la lutte contre les adventices et les ravageurs en raison de leur activité allélopathique, qui peut provoquer l'inhibition de la croissance (Anwar *et al.*, 2020 ; Jilani *et al.*, 2014).

Dans la présente étude, l'huile essentielle de *S. molle* a montré un fort effet allélopathique sur la germination et la croissance des plantules de six espèces d'adventices courantes, qui ont été testés *in vitro*. Les résultats obtenus ont révélé des réductions significatives du taux de germination, de la longueur des racines et de la longueur des parties aériennes des plantules. Une inhibition complète de la croissance des plantules a été observée pour trois espèces d'adventices étudiées (*C. vulvaria*, *S. marianum* et *B. rigidus*) aux concentrations les plus élevées de l'huile essentielle (0.02 et 0.03 %). Nos résultats sont similaires avec des rapports précédents sur les effets allélopathique des huiles essentielles.

En effet, il a été rapporté que les huiles essentielles de *S. molle* et ses composés ont des propriétés phytotoxiques qui inhibent la germination des graines et la croissance des plantules. Selon Zahed *et al.* (2010), le pourcentage élevé de  $\beta$ -phellandrène et de limonène dans l'huile de *S. molle* pourrait probablement justifier sa forte activité phytotoxique. Cependant, ce dernier composé (limonène ; 4,57 %) était présent à un faible niveau dans la présente étude. D'autres chercheurs ont déjà signalé le potentiel phytotoxique de plusieurs constituants trouvés dans cette étude, tels que le spathuléol, le germacrène B, le bicyclogermacrène, le globulol, l' $\alpha$ - et le  $\gamma$ -élémane (Kobaisy *et al.*, 2002), l' $\alpha$ -Pinène, le  $\beta$ -Pinène et le Limonène (Pinheiro *et al.*, 2016).

Les effets allélopathiques de l'huile essentielle peuvent être liés à tous les composés principaux ou à quelques-uns d'entre eux, soit de manière synergique, soit de manière additive.

## **CONCLUSION GENERALE**

---

## CONCLUSION GENERALE

Le présent travail de recherche portant sur la mise au point d'un système de gestion raisonnée des adventices du blé dur, s'est étalé sur trois campagnes agricoles (2018 à 2022). Il s'est déroulé dans deux régions (Mascara et Tiaret) appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride et connu pour leurs potentialités en production céréalière, notamment en blé dur. Les différentes expérimentations agronomiques se sont déroulées au niveau de la ferme expérimentale de l'université de Mascara en 2018-2019 et de la ferme de démonstration et de production de semences de Sebaine (ITGC Tiaret) en 2020-2021 et 2021-2022.

Dans le but d'améliorer et de concevoir une gestion raisonnée des adventices dans les conditions semi-arides, plusieurs aspects ont ainsi été traités et élucidés durant les années d'étude. Dans un premier temps, nous avons traité sur terrain les paramètres quantitatifs et qualitatifs de la flore adventices du blé dur ainsi que la caractérisation et l'évolution saisonnière du stock semencier du sol. Il a ensuite été question de l'identification de la diversité, de la composition floristique et de la structure de la végétation des adventices. Nous avons également examiné l'effet des différents leviers agronomiques mis en œuvre pour la gestion raisonnée des adventices. Dans un second temps, nous avons traité au laboratoire l'effet allélopathique de l'huile essentielle du faux poivrier sur les principales adventices du blé, en vue d'une utilisation ultérieure en lutte biologique et en complément des autres moyens de lutte.

La flore adventices associé au blé dur inventorié à Mascara et à Tiaret est constituée respectivement de 62 (20 familles) et 48 espèces (16 familles) avec la prédominance, au niveau des deux zones d'étude, des espèces appartenant à la famille des Astéraceae avec respectivement des taux de 20.97 et 29.16 %. Les autres familles dominantes sont les Poaceae, les Brassicaceae, les Boraginaceae et les Fabaceae pour la région de Mascara et les Fabaceae, les Apiaceae, les Papaveraceae et les Brassicaceae pour la région de Tiaret. L'analyse biologique montre une prédominance des adventices annuels. Cette diversité entre les deux régions est notamment associée aux conditions édapho-climatique et culturelles. Parmi les espèces d'adventices répertoriées, il y a lieu de signaler certaines espèces, comme les bromes, considérés comme envahissantes et les plus problématiques dans les cultures de blé ces dernières années.

Le diagnostic de la diversité floristiques constitue un outil déterminant dans la mise au point d'une stratégie intégrée de protection des cultures céréalières dans les zones semi-arides.

Pour ce qui est de la diversité floristique du stock semencier du sol, 30 espèces végétales réparties en 17 familles ont été identifiées. L'analyse biologique montre une prédominance des thérophytes avec 80 % suivie des hémicriptophytes et les géophytes avec 16.67 % et 3.33 % respectivement. Toutes les saisons d'étude ont donné des graines d'*A.blitoides* S. Watson, *C.arvensis*, *L. amplexicaule*, *C.vulvaria*, *F.parviflora* et *C.bursa-pastoris*. La distribution saisonnière des graines des dicotylédones était irrégulière. Le nombre le plus élevé a été trouvé au cours de la deuxième saison au niveau de l'horizon du sol 0-5 cm. Quant au nombre total de graines de graminées il a été trouvé par ordre décroissant de 5 cm à 30 cm dans les échantillons de sol de toutes les saisons et la pression était à l'horizon 0-5 cm de profondeur du sol. La densité totale des graines d'adventices, toutes saisons et profondeurs de sol confondues, était de 233088.54 graines/ m<sup>2</sup>. Elle variée d'une saison à l'autre entre 86935.86 et 104370.54 graines/ m<sup>2</sup> avec une prédominance de l'horizon 5-15 cm. Ce résultat est utile pour comprendre la variation de la dynamique de la banque de graines du sol dans un environnement semi-aride et par conséquent permet d'adapter les opérations culturales par un choix judicieux des outils de travail du sol avant la mise en place de la culture. Ces résultats peuvent être également exploités pour l'élaboration de modèle de prédiction de la dynamique saisonnière des adventices et développer par conséquent des protocoles de gestion durable des adventices.

Les différents leviers agronomiques mis en œuvre pour la gestion des adventices ont eu un effet significatif sur les adventices. La densité des adventices a significativement été modifiée, ce qui s'est traduit par l'amélioration des paramètres de croissance et de production du blé dur. En effet, parmi les modalités expérimentées, la modalité protection intégrée (M2) a engendrée une meilleure gestion des densités et une réduction de biomasse sèches des adventices. En effet et durant la première année d'étude, les densités moyennes des adventices aux stades levée - tallage et montaison –maturation n'étaient que de 6.51 et 0.67plants/m<sup>2</sup> pour la modalité protection intégrée contre 20.15 et 53.81 plants/m<sup>2</sup> pour la modalité témoin (M4). Ce qui met en exergue l'intérêt des différents leviers mis en œuvre dans la gestion intégrée.



Comparativement aux autres modalités mis en œuvre, dans les deux régions d'étude, les différents leviers de la modalité protection intégrée ont eu un effet significatif sur la majorité des paramètres végétatifs productifs et qualitatifs du blé dur.

Dans un second temps, l'étude menée au laboratoire a permis de montrer que l'huile essentielle de *S. molle* possède une activité herbicide significative à l'égard des espèces d'adventices les plus problématiques pour le blé dur. En effet, la germination et la croissance des cinq espèces d'adventices étudiées (*B. rigidus*, *C. vulvaria*, *S. marianum*, *A. sterilis* et *M. indicus*) a été significativement réduite. Le brome *B. rigidus*, un adventice envahissant des cultures céréalières dans la région semi-aride du nord-ouest de l'Algérie, a été complètement inhibé, ceci constitue un résultat très intéressant pour s'inscrire dans une démarche de conception d'un bioherbicide. Cependant, l'huile essentielle de *S. molle* a modérément réduit la germination du blé dur. Un produit allélochimique efficace doit inhiber la germination de plusieurs espèces d'adventices sans pour autant inhiber la germination des cultures. Bien que la propriété allélopathique de l'huile essentielle de *S. molle* a été démontré, elle nécessite cependant d'être approfondie avant toute utilisation sur terrain.

### ***Perspectives***

Les principaux résultats de cette thèse nous ont permis de démontrer que la mise en œuvre des leviers agronomiques adéquats, au sein des parcelles céréalières, permet de contrôler significativement les adventices et d'améliorer les paramètres quantitatifs et qualitatifs de la production de blé dans la zone semi-aride. Cependant et pour parfaire la stratégie intégrée de gestion des principales adventices, des expérimentations complémentaires, multisites et surtout pluriannuelles seraient nécessaires afin d'adapter le système de gestion raisonnée spécifiques aux conditions édapho-climatiques et culturelles de chaque région. Il serait également utile d'étudier l'effet à long terme des différents leviers agronomiques en prenant en considération les différents systèmes et mode de culture (conventionnel, simplifié, semis direct, rotation/assolement, variétés).

Dans un second temps et pour finaliser une stratégie optimale de lutte, les résultats de l'effet allélopathique de l'huile essentielle de *S. molle* doivent être renforcés.

En effet d'autres études sont nécessaires et doivent essentiellement portées sur l'identification des composants actifs responsables de l'efficacité herbicide et sur les mécanismes de phytotoxicité sur le blé dur.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

**Références bibliographiques**

1. AAC, 2006. Gestion des mauvaises herbes et de la fertilité du sol en production biologique de bleuets. Agriculture et Agroalimentaire, Canada, Rapport final de recherche E2006-06, 10 p.
2. AACC International, 2004. Method 44-15.02. Air-Oven Methods. Moisture. Approved Methods of Analysis, 11th ed.
3. Abdelguerfi A., Laouar M., 2000. Les ressources génétiques des blés en Algérie. Passé, présent et avenir. Actes du premier Symposium International sur la filière de blé. Enjeux et Stratégies. Office Algérien International sur la filière de blé. Alger, Algérie. 7-9 Février,133-148 p
4. Aboalhaja A, Amro R, Abaza I, Khalil E, Al-Aboudi A, Abu-Zarga M. and Afifi FU., 2019. *Schinus molle* L. Collected from Jordan and Turkey: essential oil composition and anticholinesterase activity. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 22(3):704–716.
5. Acker I., 2010. Grain yield and quality of wheat depending on the level of nitrogen fertilization form applied. Bangladesh Agronomy Journal, 8: 129-133.
6. AFPP, 2011. Répertoire terminologique en protection des plantes. 6ème édition, commission des essais biologiques, France, 104 p.
7. Aibar J., 2006. La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct, Principaux problèmes. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 69 :19-26.
8. Ait Belkacem A., Arrouf F., Bendjoudi D., Baaziz B. and Doumandji S., 2002. Intensité de la fréquentation journalière d'un champ de blé tendre *Triticum sativum* par le Moineau hybride, *Passer domesticus* *spp.* *hispanolensis* à Oued Smar Mitidja. Ornithologia Algerica, II(1) : 25- 30.
9. Ali H., Tahir M. and Nadeem M.A., 2014. Determining critical period of weed competition in wheat under different tillage systems. Life, 12(2): 74-79.
10. Al-Khayri J.M., Jain S.M. and Johnson D.V., 2019. Advances in plant breeding strategies: Cereals. (1st ed.). Springer, 667 p.
11. Amare T., Raghavaiah, C.V. and Zeki T., 2016. Productivity, yield attributes and weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by integrated weed management

- in central high lands of Ethiopia, East Africa. *Advances in Crop Science and Technology*, 4(1):206.
12. Amri I, Gargouri S, Hamrouni L, Hanana M, Fezzani T, Jamoussi B. 2012. Chemical composition, phytotoxic and antifungal activities of *Pinus pinea* essential oil. *Journal of Pest Science*. 85(2):199–207.
  13. Anderson W.K. and Garlinge J. R., 2000. The wheat book: principles and practice. Department of Primary Industries and Regional Development, Western Australia, Perth. Bulletin 4443, 332 p.
  14. Andreasen C., Jensen H. A. and Jensen S. M., 2018. Decreasing diversity in the soil seed bank after 50 years in Danish arable fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 259 :61–71.
  15. Andrew I. K.S., Storkey J. and Sparkes D. L., 2015. A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. *Weed Research*, 55(3): 239-248.
  16. ANIREF., 2018. Monographie de la wilaya de MASCARA, 28 p.
  17. Anwar T, Qureshi H, Parveen N, Bashir R, Qaisar U, Munazir M, Yasmin S, Basit Z, Mahmood R.T., Nayyar B.G., Khani S., Khanj S.A., Qureshi M.M. and Walii M., 2019. Evaluation of bioherbicidal potential of *Carica papaya* leaves. *Brazilian Journal of Biology*, 80(3):565–573.
  18. Arvalis., 2014. Blé dur-Variétés et interventions d'automne. Institut du végétal, France, 52p.
  19. Arvalis., 2018. Désherbage du blé dur. Institut du végétal, France, 35p.
  20. Arvalis., 2019. Les Essentiels d'ARVALIS : Quelle est la nuisibilité des mauvaises herbes en céréales à paille ? Institut du végétal, France. <https://www.arvalis.fr/infos-techniques>.
  21. Arvalis., 2021. Guide du Blé dur : En Région Centre Et Ile De France. Institut du végétal, France, 38 p.
  22. Arvalis., 2022. Variétés et intervention d'automne blé dur Sud-Ouest 2022. Institut du végétal, France, 62p.
  23. Asad M., Safdar A., Ansar M.R., Ijaz A., Suhaib M. and Abuzar M.K., 2017. Weed and wheat dynamics preceding different herbicide. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30(4):346-355.

24. Ayana B. and Ejeta M., 2021. Impact of herbicides on various weed flora in wheat under rainfed production system. *International Journal of Research*, 7(7): 1-9.
25. Babaei S., Lahooni S., Mousavi S. K., Tahmasebi I., Sabeti P. and Abdulahi A., 2022. Efficiency of herbicides for weed control in chickpea and effect of their residues on wheat growth. *Agronomía Colombiana*, 40(2) : 249-257.
26. Bagnouls F. and Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 88: 193-239.
27. Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., 2005. Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-arid condition. *Pakistan Journal of Agronomy*, 4 :360-365.
28. Bajwa A.A., Zulfiqar U., Sadia S., Bhowmik P. and Chauhan B.S., 2019. A global perspective on the biology, impact and management of *Chenopodium album* and *Chenopodium murale*: two troublesome agricultural and environmental weeds. *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 5357-5371.
29. Barker D.C., Knezevic S.Z., Martin A.R., Walters D.T., and Lindquist J.L., 2006. Effect of nitrogen addition on the comparative productivity of corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed science*, 54(2): 354-363.
30. Barralis G., 1984. Adventices des cultures 50 à 500 millions de semences/ha. *Cultivar, spécial désherbage*, 178 : 16-19.
31. Basch G., Teixeira F. and Duiker S.W., 2020. Weed management practices and benefits in Conservation Agriculture systems. In: Kassam, A. (ed), *Advances in Conservation Agriculture*, 2:105-142.
32. Bekele B., Dalga D. and Zemach S., 2018. Effect of weed management on yield components and yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) at Wolaita Sodo in Southern Ethiopia. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 5(10): 34-43.
33. Bekkis S., Benmehaia M.A. and Kaci A., 2022. Les enjeux de la dépendance de la filière de blé en Algérie : Analyse par asymétries de réponses de l'offre dans la chaîne de valeur. *New Medit*, 21(1) : 133–147.
34. Belaid D., 2015. Cultures des céréales en Algérie : Aspects techniques et économiques. *Revue Sciences et Techniques Agronomiques*, 8p.

35. Belhamel K, Abderrahim A, Ludwig R. 2009. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Schinus molle* L. growth in Algeria. *Acta Horticulturae*, 826 : 201–204.
36. Benbelkacem A., 2014. The history of wheat breeding in Algeria. In Proceedings of the International Symposium on Genetics and Breeding of Durum Wheat (Options Méditerranéennes: Série, A. Séminaires Méditerranéens (No. 110, pp. 363-370).
37. Benbelkacem A., Sadli F. et Brinis L., 1995. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. Options Méditerranéennes CIHEAM, Série A, Séminaires Méditerranéen : 61-65 .
38. Bendaoud H., Romdhane M., Souchard J.P., Cazaux S. and Bouajila J., 2010. Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils. *Journal of Food Science*, 75(6):C466–C472.
39. Benlakehal M, Makhlouf A. et Laouar (2013). La céréaliculture, Etude de la dose de semis sur le rendement de blé dur en semis direct dans les plaines sétifiennes semi aride. 47p.
40. Benmehaia M.A., Merniz N. and Oulmane A., 2020. Spatiotemporal analysis of rainfed cereal yields across the eastern high plateaus of Algeria: An exploratory investigation of the effects of weather factors. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 5(3): 1-12.
41. Benniou R, Badache F, Regoub A, Bendada H., 2018. Etude comparative du comportement et de l'adaptation de différents génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride dans l'Est de l'Algérie. *Revue Agriculture*, 9(1) : 16-31.
42. Benniou R., Souadia D., Nasri H., Benkherbache N., Hamdani M., Sersoub D., Laouer A., Bendada H. Belguet t H., 2016. Étude de l'effet de semis direct sur la dynamique des adventices en fonction de l'assolement culturale en milieu semi-aride. Cas de la région d'Ouled Mansour M' sila. *Revue Agriculture*, 1: 246 – 253.
43. Blackshaw R.E., Brandt R.N., Janzen H.H., Entz T., Grant C.A. and Derksen, D.A., 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. *Weed Science*, 51(4):532-539.

44. Blackshaw R.E., Semach G. and Janzen H.H., 2002. Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat. *Weed Science*, 50(5): 634-641.
45. Bonnot T., 2016. Réponse du grain de blé à la nutrition azotée et soufrée : étude intégrative des mécanismes moléculaires mis en jeu au cours du développement du grain par des analyses-omiques. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II. France, 158 p.
46. Bouaouina S., Zid E. and Hajji M., 2000. Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). Royo C., Nachit MM, Di Fonzo N. & Araus JL, eds. L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne: nouveaux défis. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 239-243.
47. Bouchetta T.B., 2006. Analyse des agro-systèmes en zone tellienne et conception d'une base de données Mascara-Algérie. Master of Sciences, n°80, CIHAM-IAMM, Montpellier, France, 162p.
48. Bounechada M., Fenni M. and Benia, F., 2011. Survey of insects pest stored and biological control of *Trogoderma granarium* evets in setifian region (North-East of Algeria). *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*, 68: 70-74.
49. Bouthiba A., & Debaeke P., 2009. Besoins en eau de différentes variétés de blé dur en conditions semi-arides. In Symposium international en Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED), Rabat, Maroc, 14-16 p.
50. Brankov M., Simić M., Tabaković M., Vukadinović J., Djuric N., Branković-Radojčić D., & Dragičević V., 2022. Weed management practices for redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and smooth pigweed (*A. hybridus* L.) control in maize. *Chilean journal of agricultural research*, 82(4), 611-618.
51. Brar L.S., 2002. Current status of herbicide resistance in Punjab and its management strategies. In Proceedings of International Workshop on herbicide resistance and zero tillage in rice-wheat cropping system, CCSHAU Hisar, India, 6-10 p.
52. Butkevičiene L.M., Skinuliene L., Auželiene I., Bogužas V., Pupalienė R. & Steponavičienė V., 2021. The influence of long-term different crop rotations and monoculture on weed prevalence and weed seed content in the soil. *Agronomy*, 11 :1367.



53. Cardina J., Johnson G. and Sparrow D., 1997. The nature and consequence of weed spatial distribution. *Weed Science*, 43: 364-373.
54. Carrubba A., Labruzzo A., Comparato A., Muccilli S. & Spina A., 2020. Use of plant water extracts for weed control in durum wheat (*Triticum turgidum* L. *Subsp. Durum*Desf.). *Agronomy*, 10(3): 364.
55. Caussanel J.P. & Barralis G., 1973. Les phénomènes de concurrence entre végétaux. In Quatrième Colloque International sur l'Ecologie et la Biologie des Mauvaises Herbes. 202-239p.
56. Caussanel J.P., 1989. Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, 9(3) : 219-240.
57. Celestina C., Hunt J., Brown H., Huth N., Andreucci M., Hochman Z., *et al.*, 2023. Scales of development for wheat and barley specific to either single culms or a population of culms. *European Journal of Agronomy*, 147:126824.
58. Chabane M., & Boussard J.M., 2012. La production céréalière en Algérie: Des réalités d'aujourd'hui aux perspectives stratégiques de demain. 20 p. hal-02804678.
59. Charles M., 2010. Evolution des génomes du blé (genres *Aegilops* et *Triticum*) au sein des Poaceae: dynamique rapide de l'espace occupé par les éléments transposables et conservation relative des gènes. Thèse de Doctorat, Université Evry-Val d'Essonne. France, 142 p.
60. Chehili F., Boudour L., Bouctab K., 2017. Etude de la variabilité agronomique et biochimique des quatre génotypes d'une variété de blé dur cultivé en Algérie (*Triticum durum*Desf.). *European scientific journal*, 13 (9): 409-425.
61. Chhokar R. S., Sharma R. K., & Sharma I., 2012. Weed management strategies in wheat-A review. *Journal of Wheat Research*, 4(2) : 1-21.
62. Chhokar R.S., Sharma R.K., Jat G.R., Pundir A.K., & Gathala M.K., 2007. Effect of tillage and herbicides on weeds and productivity of wheat under rice-wheat growing system. *Crop protection*, 26(11) : 1689-1696.
63. Chilwal A., Singh S.P., Singh V.P., Mahapatra B.S., & Shukla D.K., 2017. Determination of allelopathic effect of winter weeds on nutrient content and uptake in wheat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6) :1121-1125.
64. Clément-Grandcourt M., et Prats J., 1971. Les céréales. Ed. J-B Bailliere et Fils, Paris, 331 p.

65. Colbach N., Busset H., Roger-Estrade J., & Caneill J., 2014. Predictive modelling of weed seed movement in response to superficial tillage tools. *Soil and tillage research*, 138 : 1–8.
66. Colbach N., Gardarin A., Granger S., Guillemi J.P., & Munier-Jolain, N., 2008. La modélisation au service de l'évaluation et de la conception des systèmes de culture intégrés. *Proceedings of Carrefour de l'Innovation In Huyghe C (ed.)*, 61-73.
67. Cordeau S., Dessaint F., Deneuil C., Bonin L., Vuillemin F., Delattre M. & Chauvel, B., 2016. La nuisibilité directe des adventices en grandes cultures: quelles réponses nous apportent les essais désherbages? In *Conférence du COLUMA-Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*, 11-22.
68. Cronquist A., 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia university press, New York, 248-250.
69. Curtis B.C., Rajaram S., & Gómez Macpherson H., 2002. *Bread wheat: improvement and production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
70. Dangwal L.R., Singh A., Singh T., Sharma C. & Sharma C., 2010. Effect of weeds on the yield of wheat crop in Tehsil Nowshera. *Journal of American science*, 6(10): 405-407.
71. Darmency H., & Gasquez J., 1990. Résistances aux herbicides chez les mauvaises herbes. *Agronomie*, 10(6): 457-472.
72. De Lima Nogueira M., Campos N.A., do Santos S.C., Beijo L.A., Barbosa S., 2017. Allelopathic effects of aqueous and ethanolic leaves extracts of *Schinus molle* L. under different kinds of pruning. *Journal of Agriculture, Science and Technology*. 7:169–177.
73. Debernardi J.M., Greenwood J.R., Jean Finnegan E., Jernstedt J., & Dubcovsky J., 2020. APETALA 2 like genes AP2L2 and Q specify lemma identity and axillary floral meristem development in wheat. *The Plant Journal*, 101(1) : 171-187.
74. Derksen D.A., Thomas A.G., Lafond G.P., Loeppky H.A. & Swanton C.J., 1995. Impact of post emergence herbicides on weed community diversity within conservation tillage systems. *Weed Research*, 35(4) : 311–320.
75. DFRV, 2021. *Guide des bonnes pratiques de la céréaliculture*. Direction de la formation de la Recherche et de la Vulgarisation (DFRV), MADR, Algérie, 29p.

76. Diallo S., Faye M. & Nacro H.B., 2022. La variabilité pluviométrique et ses impacts sur les rendements et les surfaces cultivées dans le bassin arachidier de la région de Thiès (Sénégal). Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement.<http://journals.openedition.org/vertigo/34710>.
77. Din W.U., Naveed K., Iqbal S., Ali A., Khan S.M., Ali N. & Hussain I., 2016. Effect of different weeding intervals and methods on the yield and yield components of maize hybrid Zea maize L.),” Asian Research Publishing Network Journal of Agricultural and Biological Science, 11(3): 100-106.
78. Djermoun A., 2009. La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Nature & Technology, 1: 45.
79. Dos Santos Cavalcanti A., de Souza Alves M., da Silva L.C.P., dos Santos Patrocínio D., Sanches M.N., de Almeida Chaves D.S., de Souza M.A.A., 2015. Volatiles composition and extraction kinetics from *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* leaves and fruit. Revista Brasileira De Farmacognosia. 25(4):356–362.
80. Douh C., Daïnou K., Loumeto J.J., Fayolle A. & Doucet J.L., 2014. Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 18(4).
81. Ducellier L., 1930. Espèces et variétés de céréales cultivées en Algérie. Direction de l’Agriculture et de la Colonisation. 1-62.
82. Edwards M., 2010. Morphological features of wheat grain and genotype affecting flour yield, PhD thesis, Southern Cross University, Lismore, NSW. 242p.
83. El-Delfi M.R. & Safi S.M.A., 2023. Evaluating newer herbicides on the performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Central Iraq. Research on Crops, 24(1) : 8-14.
84. Eltaguri H.M., Elmogasapi A.M. & El-Barasi Y.M., 2020. Weed flora of man-made river agriculture project (Masiklo). Libyan Journal of Science & Technology, 11(1).
85. Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. Travaux de l’Institut Botanique. Montpellier. 7: 3-43.
86. FAO., 2019. Adventices: la menace qui plane sur la tête des agriculteurs. <https://www.fao.org/news/story/fr/item/29424/icode/>
87. FAO-Stat., 2020. Valeur de la Production Agricole. <https://www.fao.org/faostat/fr>.
88. FAO-Stat., 2023. Valeur de la Production Agricole. <https://www.fao.org/faostat/fr>.

89. Feddal M.A., 2015. Problématique de l'introduction des techniques culturales simplifiées pour la mise en place des grandes cultures en Algérie. Thèse de doctorat. ENSA. 296p.
90. Feillet P., 2000. Le grain de blé technique et documentation ITCF. Paris, 429 p.
91. Feldman M., & Millet E., 2001. The contribution of the discovery of wild emmer to an understanding of wheat evolution and domestication and to wheat improvement. *Isr J Plant Sci* 49(1):25–36.
92. Feldman M., 1995. Wheats. In: Smartt J, Simmonds NW, eds. *Evolution of crop plants*. Harlow, UK: Longman Scientific and Technical, 185–192.
93. Feledyn-Szewczyk B., Smagacz J., Kwiatkowski C. A., Harasim E. & Woźniak A., 2020. Weed flora and soil seed bank composition as affected by tillage system in three-year crop rotation. *Agriculture*, 10(5) : 186.
94. Feliachi K., 2000. Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. Dans : premier symposium international sur la filière blé 2000 - Enjeux et stratégies, Alger, Algérie, 21-27.
95. Feng T., Xi Y., Zhu Y-H., Chai N., Zhang X-T., Jin Y., Turner NC., Li FM., 2021. Reduced vegetative growth increases grain yield in spring wheat genotypes in the dry land farming region of north-West China. *Agronomy*, 11(4):663.
96. Feriani A., Tir M., Mufti A., Caravaca A.M.G., Contreras M.D.M., Taamalli A., Carretero A.S., Aldawood N, Nahdi S., Alwasel S., Harrath A.H.& Tlili N., 2021. HPLC–ESI–QTOF–MS/MS profiling and therapeutic effects of *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* fruits: investigation of their antioxidant, antidiabetic, anti-inflammatory and antinociceptive properties. *Inflammopharmacology*, 29(2):467–481.
97. Figueroa J.A., Teillier S. & Jaksic F.M., 2004. Composition, size and dynamics of the seed bank in a mediterranean shrubland of Chile. *Austral Ecology*, 29(5) : 574–584.
98. Forcella F., Eradat-Oskoui K. & Wagner S.W., 1993. Application of weed seedbank ecology to low input crop management. *Ecological Applications*, 3(1): 74–83.
99. Fortas B., Rouabhi A. & Mekhlouf A., 2021. Study of the effect of different types of previous crops on the dynamics of the weed flora under no-till condition in Algeria. *Egyptian Journal of Agronomy*, 43(3): 379-390.

100. Gad H.A., Hamza A.F. & Abdelgaleil S.A., 2022. Chemical composition and fumigant toxicity of essential oils from ten aromatic plants growing in Egypt against different stages of confused flour beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. *International Journal of Tropical Insect Science*. 42(1):697–706.
101. Garzoli S, Laghezza Masci V, Turchetti G, Pesci L, Tiezzi A. & Ovidi E., 2019. Chemical investigations of male and female leaf extracts from *Schinus molle* L. *Natural Product Research*, 33(13):1980–1983.
102. Gate P., 1995. *Ecophysiologie du blé: de la plante à la culture*. Paris: Technique et Doc. Lavoisier, France, 419 p.
103. Gazoulis I., Kanatas P., Antonopoulos N., Tataridas A. & Travlos I., 2022. False seedbed for agroecological weed management in forage cereal–legume intercrops and monocultures in Greece. *Agronomy*, 13(1) : 123.
104. Geren H., 2021. Wheat importance, history and adaptation. *Theoretical and practical new approach in cereal science and technology*, 3.
105. Giannini V., Loddo D. & McElroy J. S., 2021. Integrated weed management: Tools and strategies in a world of pesticide restriction. *Italian Journal of Agronomy*, 16(4). DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1981>.
106. Giraldo P., Benavente E., Manzano-Agugliaro F. & Gimenez E., 2019. Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. *Agronomy*, 9(7): 352.
107. Giuffrida D., Martínez N., Arrieta-Garay Y., Fariña L., Boido E. & Dellacassa E., 2020. Valorisation of *Schinus molle* fruit as a source of volatile compounds in foods as flavours and fragrances. *Food Research International*, 133:109103.
108. Golan G., Hendel E., Méndez Espitia G.E., Schwartz N. & Peleg Z. 2018. Activation of seminal root primordia during wheat domestication reveals underlying mechanisms of plant resilience. *Plant, Cell & Environment*, 41: 755–766.
109. Gomez K.A. and Gomez A.A., 1984. *Statistical procedures for agricultural research* (2 ed.). John Wiley and Sons, New York, 680p.
110. Goncharov N.P., Golovnina K.A., Glushkov S., Kilian B., Blinov A. & Shumny V.K., 2008. Evolutionary history of wheats—the main cereal of mankind. In: Dobretsov N et al (eds) *Biosphere origin and evolution. Part IV*. Springer, Berlin, pp 407–419.

111. Gonde P., Ratomahenina R., Arnaud A., & Galzy P., 1986. Purification and properties of the exocellular  $\beta$ -glucosidase of *Candida molischiana* (Zikes) and Yarrow capable of hydrolyzing soluble cellodextrins. *Can. Biochemistry and Cell Biology*. 363 p.
112. Gooding MJ., 2009. The wheat crop. In K. Khan (Ed.), *Wheat: Chemistry and Technology* (pp. 35-70). American Association of Cereal Chemists Press.
113. Gyawali A., Bhattraï S., Bhandari R. & Budhathoki P., 2022. A review on effect of weeds in wheat (*Triticum Aestivum* L.) and their management practices. *Food and Agri Economics Review (FAER)*, 2(2): 48-54.
114. Hajjaj B., Bouhache M., Mrabet R. & Taleb A., 2018. Stock semencier des mauvaises herbes dans le sol et évolution de la flore de surface sous système de semis direct. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, (12), 1 - 17.
115. Hamadache A.M, Makhlouf M. & Harkati N., 2002. Effet de la date et de l'outil de travail de sol sur le comportement des bromes (*Bromus sp*) et le rendement de blé dur (*Triticum durum*) dans la région de Sétif. *Céréaliculture*, n°37. ITGC Alger.
116. Hamadache A.M., 1989. Prospection et collecte de populations spontanées du dactyle (*Dactylis glomerata* L.) en vue de leur utilisation agronomique. *Annales de l'Institut National Agronomique - El-Harrach*, 13(2) :411-420.
117. Hamadache A.M., 2001. Manuel illustré des grandes cultures à l'usage des valorisateurs et techniciens de l'agriculture. Stades et variétés de blé, ITGC, Alger, 22p.
118. He Y.H., GAO P.L. & Qiang S., 2019. An investigation of weed seed banks reveals similar potential weed community diversity among three different farmland types in Anhui Province, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(4) : 927– 937.
119. Hébrard J.P., 1999. Outils de pilotage. *Perspectives Agricoles*, 244 :88-89.
120. Heimann B. & Cussans G.W., 1996. The importance of seeds and sexual reproduction in the population biology of *Cirsium arvense*- a literature review. *Weed Research*, 36(6): 493-503.
121. Henriët F., Jaunard D., Gillemann A., Monty A., Mahy G. et Bodson B., 2017. Influence du travail du sol sur la dynamique des adventices. In *Livre Blanc Céréales*. Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgium.

122. Hofmeijer M.A., Krauss M., Berner A., Peigné J., Mäder P. & Armengot L., 2019. Effects of reduced tillage on weed pressure, nitrogen availability and winter wheat yields under organic management. *Agronomy*, 9(4) : 180.
123. Hossain M.M. & Begum M., 2015. Soil weed seed bank: Importance and management for sustainable crop production-A Review. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 13(2): 221-228.
124. Hosseini P., Karimi H., Babaei S., Mashhadi H. R. & Oveisi M., 2014. Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. *Crop Protection*, 64: 1–6.
125. IGC., 2020. World Grain Statistics 2016.
126. INPV., 2010. Désherbage chimique des céréales. Fiche technique INPV, Algérie, 2 p.
127. INPV., 2023. Avertissement agricole du 01/11/2023. Vers blancs sur céréales. INPV, Direction de l'appui technique, Alger, Algérie, 1p.
128. Iqbal M., Khan S. M., Khan M.A., Ahmad Z., Abbas Z., Khan S.M. & Khan, M.S., 2017. Distribution pattern and species richness of natural weeds of wheat in varying habitat conditions of district Malakand, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 49(6) : 2371-2382.
129. ITGC., 2009. Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie. Symptômes, développement et moyens de lutte. ITGC, Algérie, 56 p.
130. ITGC., 2011. La culture intensive du blé. Editée par la Direction de la formation de la Recherche et de la Vulgarisation (DFRV), MADR, Algérie, 21p.
131. ITGC., 2013. La culture de blé dur (*Triticum durum*). 5p.
132. ITGC., 2021. Guide des bonnes pratiques de la céréaliculture. 29p.
133. ITGC., 2023. Caractérisation des ressources naturelles par l'utilisation du SIG. <https://www.itgc.dz>.
134. Izquierdo J., Blanco-Moreno J. M., Chamorro L., GonzalezAndujar J. L. & Sans F. X., 2009. Spatial distribution of weed diversity within a cereal field. *Agronomy for sustainable development*, 29 : 491–496.
135. Jilani I.B.H., Chebil S., Khiari R., Melki I., Saad S.L.B., Daoud-Bouattour A., Gammar-Ghrabi Z., 2014. Allelopathic potential of some essential oils vis-à-vis three noxious weed species invading cereals. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 4:77–97.



136. Kaci H., 2000. Effet de l'irrigation de complément sur le rendement et ses composantes de quelques lignées de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et de leurs parents. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach, Alger, 69p.
137. Kanatas P.J., Travlos I.S., Gazoulis J., Antonopoulos N., Tsekoura A., Tataridas A. & Zannopoulos S., 2020. The combined effects of false seedbed technique, post-emergence chemical control and cultivar on weed management and yield of barley in Greece. *Phytoparasitica*, 48 :131-143.
138. Kaur E., Sharma R. and Singh N.D., 2018. Evaluation of herbicides and their combinations for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(4): 1213-1215.
139. Kavita, Hooda V.S., Garg R. and Kavinder, 2019. Effect of tillage and weed control practices on nutrient uptake and yield of wheat under maize-wheat cropping system in Haryana India. *Current journal of applied science and technology*, 38(1): 1-8.
140. Khaffagy A.E., Mazrou Y.S., Morsy A.R., El-Mansoury M.A., El-Tokhy A.I., Hafez Y., Abdelaal K. & Khedr R.A., 2022. Impact of irrigation levels and weed control treatments on annual weeds, physiological traits and productivity of soybean under clay soil conditions. *Agronomy*, 12(5) : 1037.
141. Khalid A., Hameed A. & Tahir, M. F., 2023. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Frontiers in Nutrition*, 10 :1053196.
142. Kirouani A., Ould Kiar R., Boukhalfoun L. & Fellahi Z.A., 2019. Caractérisation de quelques variétés Algériennes de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) par le biais des marqueurs phénotypiques. *Journal of Applied Biosciences* 142: 14464 – 14477.
143. Knezevic S.Z., Evans S.P., Blankenship E.E., Van Acker R.C. & Lindquist J.L., 2002. Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science*, 50(6):773-786.
144. Kobaisy M., Tellez M.R., Dayan F.E. & Duke S.O., 2002. Phytotoxicity and volatile constituents from leaves of *Callicarpa japonica* Thunb. *Phytochemistry*. 61(1):37–40.
145. Kumar M., Ghosh, D. & Singh, R., 2018. Effect of crop establishment and weed management practices on growth and yield of wheat. *Indian Journal of Weed Science*, 50(2): 129–132.



146. Kumar M., Kumar R., Patel V.K. & Prajapati A.K., 2023. The Effect of weed management practices on the growth, yields and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(19), 644-652.
147. Kumar R., Kumawat N., Mishra J.S., Ghosh D., Ghosh S., Choudhary A.K. & Kumar U., 2022. Weed dynamics and crops productivity as influenced by diverse cropping systems in eastern India. *Indian Journal of Weed Science*, 54(1) : 18–24.
148. Kumar S. and Agarwal A., 2010. Effect of weed management practices on nitrogen removal by *Phalaris minor* and wheat (*Triticum aestivum*). *Asian Journal of Experimental Biological Science*, 81-84.
149. Labreuche J., Laurent F., Roger-Estrade J., 2014. Faut-il travailler le sol?, Quae. ed. Versailles Cedex, 192 p.
150. Labreuche J., Métais P., Vuillemin F., Bonin L. & Colbach N., 2020. Le faux semis: identifier les clés du succès. *Innovations Agronomiques*, 81 : 51-67.
151. Lecarpentier C., Barillot R., Blanc E., Abichou M., Goldringer I., Barbillon P., Enjalber J. & Andrieu B., 2019. WALTER: a three-dimensional wheat model to study competition for light through the prediction of tillering dynamics. *Annals of botany*, 123(6): 961-975.
152. Lee C., Herbek J. & Trimble R., 2009. A comprehensive guide to wheat management in Kentucky. University of Kentucky, College of Agriculture: Lexington, KY, USA, 13-19.
153. Lev-Yadun S., Gopher A. et Abbo S., 2000. The cradle of agriculture. *Science*, 288: 1602–1603.
154. Li L.P., Liu Y.Y., Luo S.G. & Peng X.L., 2012. Effects of nitrogen management on the yield of winter wheat in cold area of northeastern China. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(6), 1020-1025.
155. MADR, 2021. Statistiques agricoles- superficie et production. Série B 2019. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Algérie, 87 p.
156. Magnan A., Garnaud B., Billé R., Gemenne F., Hallegatte I. S. & France C. M., 2009. La Méditerranée au futur. Des impacts du changement climatique aux enjeux de l'adaptation. Institut du développement durable et des relations internationales.

157. Mandal H. S., Ali H.M., Amin R.M., Masum M.S., and Mehraj H., 2014. Assessment of different weed control methods on growth and yield of wheat, *International Journal of Applied Agricultural Research*, 5(5): 65–73.
158. Mandal M.S.H., Ali M.H., Amin A.K.M., Masum S.M. & Mehraj H., 2014. Assessment of different weed control methods on growth and yield of wheat. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 5(5) : 65-73.
159. Marañón T., 2001. Ecología del banco de semillas y dinámica de comunidades mediterráneas. In Zamora, R., Pugnaire, F.I. (eds), *Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional*. CSIC, AEET. 153–182 p.
160. Margalef, R. (1973). *Information theory in ecology*.
161. Marwat K.B., Saeed M., Hussain Z., Gul B. & Rashid H., 2008. Study of various herbicides for weed control in wheat under irrigated conditions. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 14(2):1-8.
162. Mbarek K.B. et Boubaker M., 2017. *Manuel de grandes cultures-Les céréales*. Éditions universitaires européennes, 256 p.
163. McCoy S., 2002. *Organic wheat: a production guide*. Department of Primary Industries and Regional Development, Western Australia, Perth. Bulletin 4519.
164. McCully K.V. & Jensen K., 2004. *Guide de lutte intégrée : contre les mauvaises herbes dans les cultures de fraises*. Nouveau Brunswick Agriculture, Pêches et Aquaculture, CANADA, 29 p.
165. Megersa K., Geleta G., Tigist B. and Chemedo B., 2017. Influence of post-emergence herbicides on major grass weeds and wheat (*Triticum aestivum* L.) at Gedo and Shambo, Western Oromia. *Communications in Plant Sciences*, 7(3/4), 55-61.
166. Mehmeti A., Pacanoski Z., Fetahaj R., Kika A. & Kabashi B., 2018. Weed control in wheat with post-emergence herbicides. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(1): 74-79.
167. Mekhlouf A., Hamana Bouzerzour H., Benmahammed A., Sahraoui A.H., Harkat N., 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse*, 17 (4): 507-1.
168. Melander B., Jabran K., De Notaris C., Znova L., Green O. & Olesen J. E., 2018. Inter-row hoeing for weed control in organic spring cereals—Influence of inter-row spacing and nitrogen rate. *European Journal of Agronomy*, 101: 49-56.

169. Melander B., Rasmussen I. A. & Bàrberi P., 2005. Integrating physical and cultural methods of weed control—examples from European research. *Weed Science*, 53(3), 369-381.
170. Merfield C.N., 2015. False and Stale Seedbeds: The most effective non-chemical weed management tools for cropping and pasture establishment. Report number 2-2015 The BHU Future Farming Centre, New Zealand. 25 p.
171. Mesquita M.L.R., Andrade L.A.D. & Pereira W.E., 2015. Soil weed seed bank in situ and ex situ at a smallholder field in Maranhão State, northeastern Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37: 93-100.
172. Mirsky S.B., Gallandt E.R., Mortensen D.A., Curran W.S. & Shumway D.L., 2010. Reducing the germinable weed seedbank with soil disturbance and cover crops. *Weed Research*, 50(4) : 341–352
173. Mouhouche B. & Bourahla A., 2007. Optimisation de l'irrigation d'appoint apportée à différentes phases phénologiques d'une culture de blé dur (*Triticum durum*). *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 53-58.
174. Moule C., 1971. Céréales. – Librairie Agricole, Horticole, Forestière et Ménagère. La maison rustique. Paris, France, 236 p..
175. Mourellos C.A., Malbrán I., Balatti P.A., Ghiringhelli P.D. & Lori G.A., 2014. Gramineous and non-gramineous weed species as alternative hosts of *Fusarium graminearum*, causal agent of Fusarium head blight of wheat, in Argentina. *Crop Protection*, 65 : 100-104.
176. Muminjanov H. & Karagöz A., 2018. Biodiversity of turkey: contribution of genetic resources to sustainable agriculture and food systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ankara. 222 p.
177. Munier-Jolain N., Deytieux V., Guillemin J. P., Granger S. & Gaba S., 2008. Conception et évaluation multicritères de prototypes de systèmes de culture dans le cadre de la Protection Intégrée contre la flore adventice en grandes cultures. *Innovations agronomiques*, 3 : 75-88.
178. Munns R. & Tester M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651–681.

179. Nadeem MA, Asghar A, Asif T., 2007. Effect of different weed control practices and fertilizer levels on the weeds and grain yield of wheat. *Pakistan Journal of Botany*,39: 173-182.
180. Nichols V., Verhulst N., Cox R. &Govaerts B., 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field crops research*, 183: 56-68.
181. Nornasuha Y. et Ismail B.S., 2017. Sustainable weed management using allelopathic approach. *Malaysian Applied Biology*. 46(2):1–10.
182. OCDE., 2018. « Céréales », dans *OECDFAO Agricultural Outlook 2018-2027*, Éditions OCDE, Paris/Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.
183. Oerke E.C., 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1): 31-43.
184. Olaniyan J., Isimikalu T., Affinnih K., Ahamefule H., Ajiboye G. & Ajala O., 2018. Soil properties and land-use influence on weed occurrence in the southern guinea savanna of Nigeria. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 17(1): 13–22.
185. ONS., 2019. Statistiques sur l'activité industrielle. *Annuaire statistique. Série E : Statistiques économiques*, N°105. Office national de statistiques, Algérie.
186. Ouffroukh A., khelifi D. &dehimat L., 2011. Contribution a l'étude des maladies foliaires des céréales "approche a l'étude épidémiologique et identification de la jaunisse nanisante de l'orge dans les céréales d'hiver dans les régions de l'est d'Algérie". *Sciences & technologie. C, Biotechnologies*, 33 : 53-61.
187. Owen M.J, Martinez N., Powles S.B., 2015. Herbicide resistance in *Bromus* and *Hordeum spp.* in the Western Australian grain belt. *Crop and Pasture Science*, 66:466–473.
188. Pagnani G., Galièni A., D'Egidio S., Visioli G., Stagnari F., Pisante M., 2019. Effect of soil tillage and crop sequence on grain yield and quality of durum wheat in Mediterranean areas. *Agronomy*, 9: 488.
189. Pala F., Erman M., Cig F., Dilmen H., 2020. A study on weed flora and importance value Index of weeds in wheat crop. *International Journal of Scientific and TechnologicalResearch*, 6(1) : 49-59.

190. Palta J.A. & Peltzer S., 2001. Annual ryegrass (*Lolium rigidum*) reduces the uptake and utilisation of fertiliser-nitrogen by wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52(5): 573-581.
191. Pandey I.B. and Kumar K., 2005. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to seeding methods and weed management. *Indian Journal of Agronomy*, 50(1):48-51.
192. Para P.K., Kushwah S.S., Sasode D.S., Joshi, Sharma B.K. and G. Malgaya, (2022). Impact of tillage and chemical weed management practices on wheat yield and nutrient uptake (*Triticum aestivum* L). *Biological Forum – An International Journal*, 14(1): 1726-1734.
193. Parish T., Lakhani K.H. & Sparks T.H., 1995. Modelling the relationship between bird population variables and hedgerow, and other field margin attributes. II. Abundance of individual species and of groups of similar species. *Journal of Applied Ecology*, 362-371.
194. Paswan A.K., Kumar R., Kumar P. and Singh R.K., 2012. Influence of metsulfuron methyl and carfentrazone-ethyl either alone or in combination on Weed Flora, Crop Growth and Yield in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Madras Agricultural Journal*, 99(7-9):560-562.
195. Paulsen G.M., 1997. Growth and development. in wheat production handbook -C529,. Kansas State University, Manhattan, Kansa, 2-7 p.
196. Petersen J., 2003. Weed: spring barley competition for applied nitrogen in pig slurry. *Weed Research*, 43(1), 33-39.
197. Pinheiro P.F., Costa A.V., Tomaz M.A., Rodrigues W.N., Fialho Silva W.P., Moreira Valente V.M., 2016. Characterisation of the essential oil of mastic tree from different biomes and its phytotoxic potential on Cobbler's pegs. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(4):972-979.
198. Pisal R.R. and Sagarka K.B., 2013. Integrated weed management in wheat with new molecules. *Indian Journal of Weed Science*, 45(1):25-28.
199. Piskier T. & Sekutowski T.R., 2013. Effect of simplified tillage on the number and distribution of weed seeds in soil. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 58:109-117.
200. Pomeranz Y., 1988. Chemical composition of kernel structures. *Wheat: chemistry and technology*, 97-158.

201. Prieur L., 2009. Maitriser les adventices dans les cultures biologiques. Agronomie, fiche n°1, Devab, France, 4p.
202. Quezel P. & Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris. Tome I, 238 p.
203. Rahali A., Makhoulouf M., Benkherbache N., 2011. Influence de l'itinéraire technique sur le stock semencier de mauvaises herbes de la zone semi-aride de Sétif. In Bouzerzour H. (ed.), Irekti H. (ed.), Vadon B. (ed.). 4. Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT. p. 153-162 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, n. 96).
204. Rajpoot S.K., Rana D.S. and Choudhary A.K., 2018. Bt-cotton–vegetable-based intercropping systems as influenced by crop establishment method and planting geometry of bt-cotton in indo-gangetic plains region. *Current Science*. 115: 516–522.
205. Rana S.S., Negi S.C., Kumar S. & Subehia S.K., 2014. Effect of resource-conserving and planting techniques on productivity of maize (*Zea mays*)–wheat (*Triticum aestivum*) cropping system. *Indian Journal of Agronomy*, 59(1): 34-40.
206. Ranamukhaarachchi S.L. & Begum M., 2005. Soil fertility and land productivity under different cropping systems in highlands and medium highlands of Chandina sub-district, Bangladesh. *Asia-Pacific Journal of Rural Development*, 15(1) : 63-76.
207. Rasmussen I. A., 2004. The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed Research*, 44(1) : 12-20.
208. Proagri, 2023. Grandes cultures biologiques : les clés de la réussite. Chambres d'agriculture, France, 132 p.
209. Restuccia A., Scavo A., Lombardo S., Pandino G., Fontanazza S., Anastasi U., Cristina A. & Mauromicale G., 2020. Long-term effect of cover crops on species abundance and diversity of weed flora. *Plants*, 9(11) : 1506.
210. Reynolds M. P. & Braun H. J., 2022. Wheat improvement. In *Wheat Improvement: Food Security in a Changing Climate* (pp. 3-15). Cham: Springer International Publishing.
211. Rharrabti Y., Villegas D., Royo C., Martos-Núñez V. & Del Moral L.G., 2003. Durum wheat quality in Mediterranean environments: II. Influence of climatic variables and relationships between quality parameters. *Field Crops Research*, 80(2): 133-140.

- 212.** Riaz M., Malik M.A., Mahmood T.Z. & Jamil M., 2006. Effect of various weed control methods on yield and yield components of wheat under different cropping patterns. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8(5): 636-640.
- 213.** Rolland B., Jahier J., Branlard G., Duperrier B., Lonnet P., Senellart P., Margalé E. & Olivier A., 2014. Exploitation de la variabilité génétique d'[i] *Aegilops tauschii* [i] dans l'amélioration du blé tendre. *Innovations Agronomiques*, 35 :119-131
- 214.** Safir A., 2007. Approche phénologique de quelques groupements d'adventices des cultures dans la région de Tipaza. 73p.
- 215.** Salem M.Z., Zayed M.Z., Ali H.M., El-Kareem A., Mamoun S.M., 2016. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Schinus molle* wood branch growing in Egypt. *Journal of Wood Science*. 62(6):548–561.
- 216.** Sareta H., Worku W., and Begna B., 2016. Economics of herbicide weed management in wheat in Ethiopia. *African Crop Science Journal*, 24(1):109–116.
- 217.** Selb D., Schneider C.C. & Rabolin-Meinrad C., 2017. Évaluation du stock semencier suite à l'implantation de bandes enherbées pendant 8 années. *Sciences de l'environnement*. hal-02909474
- 218.** Shahzad M., Hussain M., Jabran K., Farooq M., Farooq S., Gašparovič K., Barboricova M., Aljuaid B.S., El-Shehawi A.M. & Zuan A.T.K., 2021. The impact of different crop rotations by weed management strategies' interactions on weed infestation and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 11(10) : 2088.
- 219.** Shang Z.H., Deng B., Ding L.M., Ren G.H., Xin G.S., Liu Z.Y., Wang Y.L., & Long R.J., 2013. The effects of three years of fencing enclosure on soil seed banks and the relationship with above-ground vegetation of degraded alpine grasslands of the Tibetan plateau. *Plant Soil*, 364 (1–2) : 229–244.
- 220.** Shehzad M. A., Nadeem M. A., Sarwar M. A., Naseer-ud-Din G. M. and Ilahi, F., 2012. Comparative efficacy of different post-emergence herbicides in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 49(1) : 27-34.
- 221.** Shewry P.R., 2009. Wheat. *Journal of experimental botany*, 60(6), 1537-1553.
- 222.** Siddiqui I., Bajwa R., Javaid A., 2010. Effect of six problematic weeds on growth and yield of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 42:2461–2471



223. Simon H., Codaccioni P., et Lecoœur X., 1989. Produire des céréales à paille. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 333 p.
224. Smith R.G. & Gross K.L., 2006. Rapid change in the germinable fraction of the weed seed bank in crop rotations. *Weed science*, 54(6) :1094–1100.
225. Soltner D., 1988. Les grandes productions végétales. Ed. 16<sup>ème</sup> éditions, Les collections sciences et techniques agricoles, 464P.
226. Soltner D., 2005. Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies. 20<sup>ème</sup> Ed, collection sciences techniques agricoles. 464 P.
227. Soltner D., 2016. Les grandes productions végétales. 22<sup>ème</sup> Ed, collection sciences techniques agricoles. 472 P.
228. Spagnoletti Zeuli P.L. & Qualset C.O., 1990. Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. *Plant Breeding*, 105(3) : 189-202.
229. Stewart P., 1969. Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord*. Alger. 59-14 p.
230. St-Gelais A., Mathieu M., Levasseur V., Ovando J.F., Escamilla R., Marceau H., 2016. Preisolcalamendiol, shyobunol and related oxygenated sesquiterpenes from Bolivian *Schinus molle* Essential Oil. *Natural Product Communications*. 11(4):1934578X1601100.
231. Stouff P., 2002. Le blé. <http://pst.chez-alice.fr/svtiufm/images/cycleble>.
232. Sujoy D., Sarkar A.K., Bhattacharya S.P., Abhijit S., 2006. Effect of various weed management practices in wheat. *Environment and Ecology* 24: 620-622.
233. Surget A. et Barron C., 2005. Histologie du grain de blé. *Industrie des céréales*, 145 : 4-7.
234. Swaine M.D., Whitmore T.C., 1998. On the definition of ecological species groups in tropical rainforest. *Vegetation*, 75 : 81-86.
235. Tana T., Lemlem M. and Dejene M., 2018. Determination of critical period of weed competition in bread wheat *Triticum aestivum* L. at Haramaya, Eastern Ethiopia, Doctoral dissertation, Haramaya University, 1-92p.
236. Tanji A., 2005. Adventices du blé et de l'orge au Maroc. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Rabat, 458p.
237. Tomar R.K., Singh J.P., Garg R.N., Gupta V.K., Sahoo R.N., Arora R.P., 2003. Effect of weed management practices on weed growth and yield of wheat in rice



- basedcropping system under varying levels of tillage. *Annals of Plant Protection Sciences*, 11: 123–128.
- 238.** Ullah F., Ullah A., Sohail A., 2016. Medicinal and ecological diversity of weeds in wheat crop at Lower Dir, Pakistan. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 22(4).
- 239.** USSL., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Handbook n°60, U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C, 160 p.
- 240.** van der Meulen A. & Chauhan B.S., 2017. A review of weed management in wheat using crop competition. *Crop Protection*, 95 : 38-44.
- 241.** Vasileiadis V.P., Froud Williams R.J. & Eleftherohorinos I.G., 2007. Vertical distribution, size and composition of the weed seedbank under various tillage and herbicide treatments in a sequence of industrial crops. *Weed Research*, 47(3) :222–230.
- 242.** Volpini-Klein A.F.N., Lima Júnior S.E., Cardoso C.A.L., Cabral M.R., Louro G.M., Coutinho E.J., de Jesus D.A., Junior D.P., Simionatto E., 2021. Chemical composition of essential oils from leaves and fruits of *schinus molle* obtained by different extraction methods (hydrodistillation, fractional hydrodistillation and steam distillation) and seasonal variations. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(2):228–242.
- 243.** Vullioud P. & Delabays N., 2007. Effets de l'intensité du désherbage en grandes cultures. *Revue suisse d'agriculture (Switzerland)*, 39(3).
- 244.** WSSA (Weed Science Society of America), (2023) WSSA Glossary. <https://wssa.net/wssa/wssa-glossary>.
- 245.** Weiner J., Griepentrog H.W. & Kristensen L., 2001. Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of applied ecology*, 784-790.
- 246.** Yadav N.S. and Dixit A., 2014. Bioefficacy of some herbicides and their mixture against complex weed flora in wheat. *Indian Journal of Weed Science*. 46(2): 180–183
- 247.** Yang F., Zhang J., Liu Q., Liu H., Zhou Y., Yang W. & Ma W., 2022. Improvement and re-evolution of tetraploid wheat for global environmental challenge and diversity consumption demand. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2206.
- 248.** Zahara M. and Shugute A., 2017. Evaluation of sequential application of herbicides for broad and grass weed management in durum wheat, Ethiopia. *American Journal of Environmental and Resource Economics*, 1:32-36.

- 
249. Zahed N., Hosni K., Ben Brahim N., Kallel M., Sebei H., 2010. Allelopathic effect of Schinusmolle essential oils on wheat germination. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32(6):1221–1227.
250. Zand M.A., Baghestani S., Soufizadeh N., Bagherani and Deihimfard R., 2007. Weed control and wheat (*Triticum aestivum* L.) yield under application of 2, 4-D plus carfentrazone-ethyl and florasulam plus flumetsulam: evaluation of the efficacy. *Crop Protection*, 26(12), 1759 p.
251. Zeller A.K., Zeller Y.I., Gerhards R., 2021. A long-term study of crop rotations, herbicide strategies and tillage practices: Effects on *Alopecurus myosuroides* Huds. Abundance and contribution margins of the cropping systems. *Crop Protection*, 145: 105613.
252. Zhang M., Chen F., Wu Y., Ma Y., Guan S. & Huang Y., 2017. Characteristics of the soil seed bank of planted and natural restored draw-down zones in the three gorges reservoir region. *Ecological Engineering*, 103: 127–133.
253. Zhang Z., Li R., Zhao C., Qiang S., 2021. Reduction in weed infestation through integrated depletion of the weed seed bank in a rice-wheat cropping system. *Agronomy for Sustainable Development*, 41:10.
254. Zhao X., Fu X., Yin C. & Lu F., 2021. Wheat speciation and adaptation: perspectives from reticulate evolution. *aBIOTECH*, 2(4), 386-402.
255. Zohra R., Aissa M., Miloud H. & Nadia T., 2020. Study of the infestation of durum wheat with cyst nematodes of genus "heterodera" in two localities (Medea, Algeria). *Plant Archives*, 20(1): 2626-2631.

## **ANNEXES**

## Annexe 01. Analyses statistiques

**Tableau 01.** Analyse de la variance de l'effet de la modalité du désherbage sur la densité moyenne des adventices (Mascara)

Paramètres	F value	P value
Levée –tallage	105.956	0.0001
Montaison – maturité	135.241	0.0001

**Tableau 02.** Analyse de la variance de l'effet de la modalité du désherbage sur la densité moyenne au stade Levée –tallage du blé dur chen's(Tiaret) durant les deux campagnes 2020-2021 et 2021-2022.

	F value	P value
Année	363.07	0.0001
Modalité	136.94	0.0001
Année*modalité	95.36	0.0001

**Tableau 03.** Analyse de la variance de l'effet de la modalité du désherbage sur la densité moyenne au stade Montaison – maturité du blé dur chen's(Tiaret) durant les deux campagnes 2020-2021 et 2021-2022.

	F value	P value
Année	2.86	0.093
Modalité	432.14	0.000
Année*modalité	14.33	0.000

**Tableau 04.** Analyse de la variance de l'effet de la modalité du désherbage sur les paramètres étudiés durant l'année 2018-2019 à Mascara.

Paramètre	F value	P value
BA	89.78	0.0001
BB	23.61	0.001
NPM	6.12	0.0008
HT	59.24	0.001
LE	19.38	0.00001
CT	43.47	0.001
SF	41.76	0.001
NEM	91.72	0.001
NGE	11.65	0.000002
PMG	21.63	0.000001
RDR	56.46	0.000001
RDT	79.23	0.001

**Tableau 05.** Analyse de la variance de l'effet de la modalité du désherbage sur les paramètres étudiés durant l'année 2020-2021 et 2021-2022 à Tiaret.

BA		
	F value	P value
Modalité	21.02	0.000000
Année	0.93	0.337214
Modalité *Année	0.52	0.668819
BB		
	F value	P value
Modalité	67.69	0.001
Année	763.92	0.001
Modalité *Année	64.63	0.001
NPM		
	F value	P value
Modalité	23.99	0.000000
Année	20.42	0.000012
Modalité *Année	6.68	0.000288
HT		
	F value	P value
Modalité	162.77	0.000000
Année	331.46	0.000000
Modalité *Année	3.63	0.014322
LE		
	F value	P value
Modalité	190.71	0.000000
Année	15.40	0.000107
Modalité *Année	5.12	0.001805
SF		
	F value	P value
Modalité	157.18	0.001
Année	334.87	0.001
Modalité *Année	61.08	0.001

- Suite du tableau 5

NEM		
	F value	P value
Modalité	13.08	0.000001
Année	3.85	0.051412
Modalité *Année	0.41	0.744735
NGE		
	F value	P value
Modalité	141.77	0.0000001
Année	63.17	0.0000001
Modalité *Année	12.67	0.0000001
PMG		
	F value	P value
Modalité	78.01	0.000000
Année	192.24	0.000000
Modalité *Année	9.17	0.000013
RDT		
	F value	P value
Modalité	91.538	0.000000
Année	1.175	0.280092
Modalité *Année	4.049	0.008393
RDR		
	F value	P value
Modalité	28.0782	0.000000
Année	0.7319	0.400735
Modalité *Année	1.9880	0.142664

**Tableau 06.** Analyse de la variance de l'effet de la modalité du désherbage sur les paramètres de qualité de graines du blé dur chen's (étudié durant la campagne agricoles 2020-2021 à Tiaret).

Paramètre	F value	P value
Moucheture	7.3	0.0009
Mitadinage	6.61	0.001
Vitrosité	6.3	0.002
Taux d'extraction	1.25	0.308
Humidité des grains	0.911	0.44
Protéines	53.53	0.000001
Phosphore	1.63	0.23

**Tableau 07.** Analyse de la variance de l'effet de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur la germination des adventices.

	f value	P value
<i>T. durum</i>	32.08	0.000001
<i>C. vulvaria</i>	84.88	0.0000001
<i>S. marianum</i>	124.88	0.0000001
<i>A. sterilis</i>	101.75	0.0000001
<i>M. indicus</i>	108.86	0.0000001
<i>B. rigidus</i>	571.25	0.0000001

**Tableau 08.** Analyse de la variance de l'effet de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur la longueur des plantules des adventices (cm).

	F value	P value
<i>T. durum</i>	79.6	0.0000001
<i>C. vulvaria</i>	74.21	0.0000001
<i>S. marianum</i>	1027.94	0.0000001
<i>A. sterilis</i>	96.34	0.0000001
<i>M. indicus</i>	73.95	0.0000001
<i>B. rigidus</i>	170.83	0.0000001

**Tableau 9.** Analyse de la variance de l'effet de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur la longueur des racines des plantes(cm).

	F value	P value
<i>T. durum</i>	443.81	0.0000001
<i>C. vulvaria</i>	36.51	0.0000006
<i>S. marianum</i>	146.99	0.0000001
<i>A. sterilis</i>	47.52	0.0000002
<i>M. indicus</i>	53.57	0.0000001
<i>B. rigidus</i>	136.71	0.0000001

## Annexe 2.

**Tableau 01.** Effet de la modalité du désherbage sur la densité moyenne des adventices au stade levée-tallage (DLT) et au stade montaison-maturation (DMM) dans la région de Mascara.

Modalité	La densité totale par stade		
	Levée – tallage	Montaison – maturité	Moyenne
M1	17.12±0.60 <sup>a</sup>	6.18±0.53 <sup>a</sup>	11.65
M2	6.51±0.25 <sup>b</sup>	1.42±0.17 <sup>b</sup>	3.96
M3	7.03±0.37 <sup>b</sup>	5.3±0.42 <sup>a</sup>	6.165
M4	20.15±1.12 <sup>c</sup>	16.5±0.86 <sup>c</sup>	18.32
<b>Moyenne</b>	<b>12.70</b>	<b>7.35</b>	

**Tableau 02.** Effet de la modalité du désherbage sur la densité moyenne des adventices au stade levée-tallage (DLT) et au stade montaison-maturation (DMM) dans la région de Tiaret.

Modalité	Année 2020-2021			Année 2020-2021		
	Levée-tallage	Montaison-maturité	Moyenne	Levée-tallage	Montaison-maturité	Moyenne
M1	101.40±0.79 <sup>b</sup>	6.56±0.28 <sup>ab</sup>	53.98	15.27±6.59 <sup>a</sup>	2.36±0.21 <sup>ab</sup>	8.81
M2	12.82±0.71 <sup>a</sup>	0.84±0.19 <sup>a</sup>	6.65	7.11±1.15 <sup>a</sup>	0.67±0.11 <sup>a</sup>	3.89
M3	11.83±0.51 <sup>a</sup>	9.11±0.87 <sup>b</sup>	10.47	7.22±1 <sup>a</sup>	24.52±0.65 <sup>c</sup>	15.87
M4	102.39±1.74 <sup>b</sup>	56.73±4.40 <sup>d</sup>	79.56	15.24±6.69 <sup>a</sup>	53.81±1.50 <sup>d</sup>	34.52
<b>Moyenne</b>	<b>57.11</b>	<b>18.31</b>		<b>11.21</b>	<b>20.34</b>	

**Tableau 03.** Effet de la modalité du désherbage sur la biomasse sèche des adventices (BA) et du blé dur (BB) dans la région de Mascara

Modalité	Biomasse des adventices	Biomasse de blé dur
M1	86.07±7.5 <sup>a</sup>	256.25±8.66 <sup>a</sup>
M2	40.4±1.69 <sup>b</sup>	300.76±8.39 <sup>b</sup>
M3	51.17±2.64 <sup>ab</sup>	255.43±13.01 <sup>a</sup>
M4	266.08±20.67 <sup>c</sup>	177.55±13.37 <sup>c</sup>
<b>Moyenne</b>	<b>110.93</b>	<b>247.49</b>



**Tableau 04.** Effet de la modalité du désherbage sur la biomasse sèche des adventices et du blé dur dans la région de Tiaret.

	Biomasse des adventices		Moyenne
	2020-2021	2021-2022	
M1	7.36±2.28 <sup>a</sup>	8.85±1.78 <sup>a</sup>	8.10
M2	1.53±0.24 <sup>a</sup>	1.40±0.31 <sup>a</sup>	1.46
M3	15.44±1.86 <sup>ab</sup>	17.12±1.88 <sup>ab</sup>	16.27
M4	37.70±0.74 <sup>bc</sup>	50.39±15.83 <sup>c</sup>	36.26
Moyenne	15.50	15.54	
	Biomasse de blé dur		Moyenne
M1	219.25±9.56 <sup>cd</sup>	1096.25±47.79 <sup>a</sup>	657.750
M2	160.25±6.51 <sup>d</sup>	801.25±32.57 <sup>b</sup>	480.750
M3	146.25±9.73 <sup>d</sup>	731.25±48.66 <sup>b</sup>	438.750
M4	202±9.90 <sup>cd</sup>	311.35±19.18 <sup>c</sup>	262.925
Moyenne	181.938	738.150	

**Tableau 05.** Effet de la modalité du désherbage sur le nombre de plantes par mètre carré du blé dur(NPM) dans la région de Mascara

Modalité	NPM
M1	149.2± 12.31 <sup>a</sup>
M2	214.8±22.87 <sup>ab</sup>
M3	260.8±35.84 <sup>b</sup>
M4	139.2±13.7 <sup>a</sup>
Moyenne	191

**Tableau 06.** Effet de la modalité du désherbage sur les paramètres de croissance de blé dur dans la région de Mascara

Modalité	HT	LE	SF	CT
M1	64.12±1.01 <sup>a</sup>	6.32±0.15 <sup>a</sup>	10.77±0.40 <sup>a</sup>	54.55±0.64 <sup>a</sup>
M2	68.6±0.89 <sup>b</sup>	7.55±0.18 <sup>b</sup>	16.62±0.48 <sup>b</sup>	59.89±0.65 <sup>b</sup>
M3	59.11±0.80 <sup>c</sup>	6.59±0.19 <sup>b</sup>	16.19±0.79 <sup>b</sup>	60.55±0.83 <sup>a</sup>
M4	53.34±0.67 <sup>d</sup>	5.49±0.22 <sup>a</sup>	10.09±0.34 <sup>c</sup>	50.04±0.83 <sup>c</sup>
Moyenne	61.2925	6.4875	13.42	56.26

**Tableau 07.** Effet de la modalité du désherbage sur les paramètres de la production du blé dur dans la région de Mascara

Modalité	NEM	NGP	PMG
M1	77.65±4.24 <sup>a</sup>	43.25±2.29 <sup>ab</sup>	41.28±0.78 <sup>a</sup>
M2	130.1±4.77 <sup>b</sup>	52.9±1.15 <sup>c</sup>	40.79±0.40 <sup>ab</sup>
M3	106.1±3.29 <sup>c</sup>	48.3±2.25 <sup>bc</sup>	37.94±1.17 <sup>b</sup>
M4	44.85±2.70 <sup>d</sup>	36.95±2.10 <sup>a</sup>	32.73±0.83 <sup>c</sup>
Moyenne	89.675	45.35	38.185

**Tableau 08.** Effet de la modalité du désherbage sur le rendement du blé dur dans la région de Mascara

Modalité	RDR	RDT
M1	9±0.22 <sup>ab</sup>	13.67±0.97 <sup>a</sup>
M2	14.58±0.42 <sup>c</sup>	28.15±1.31 <sup>b</sup>
M3	10.67±0.51 <sup>b</sup>	19.5±1.31 <sup>c</sup>
M4	5.12±0.40 <sup>a</sup>	5.45±0.46 <sup>d</sup>
Moyenne	9.48	16.69

**Tableau 09.** Effet de la modalité du désherbage sur le nombre de plantes par mètre carré du blé dur dans la région de Tiaret.

NPM	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	273.85±4.34 <sup>a</sup>	274.7±3.64 <sup>a</sup>	274.275
M2	305.45±3.57 <sup>bc</sup>	303.35±4.46 <sup>bc</sup>	304.4
M3	314.55±4.82 <sup>c</sup>	287.75±5.48 <sup>ab</sup>	301.15
M4	288.95±1.93 <sup>ab</sup>	251.5±9.40 <sup>d</sup>	270.225
Moyenne	295.70	279.325	

**Tableau 10.** Effet de la modalité du désherbage sur la hauteur de la tige du blé dur dans la région de Tiaret.

HT	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	81.70±1.21 <sup>d</sup>	103.61±2.83 <sup>e</sup>	92.65
M2	55.75±1.00 <sup>b</sup>	74.85±0.84 <sup>cd</sup>	65.30
M3	42.30±1.17 <sup>a</sup>	72.99±1.05 <sup>c</sup>	57.64
M4	75.45±1.13 <sup>cd</sup>	102.38±3.80 <sup>e</sup>	88.92
Moyenne	63.80	88.45	

**Tableau 11.** Effet de la modalité de désherbage sur la Longueur de l'épi du blé dur dans la région de Tiaret.

LE	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	6.9±0.13 <sup>b</sup>	6.8±0.06 <sup>b</sup>	6.8
M2	7.7±0.09 <sup>a</sup>	6.9±0.09 <sup>b</sup>	7.3
M3	5.9±0.07 <sup>c</sup>	5.8±0.07 <sup>c</sup>	5.9
M4	5.1±0.14 <sup>d</sup>	5.0±0.11 <sup>d</sup>	5.0
Moyenne	6.4	6.1	

**Tableau 12.** Effet de la modalité de désherbage sur la surface foliaire du blé dur dans la région de Tiaret.

SF	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	18.7±0.55 <sup>b</sup>	27.3±0.91 <sup>a</sup>	23.0
M2	13.5±0.59 <sup>c</sup>	27.1±0.61 <sup>a</sup>	20.3
M3	8.1±0.24 <sup>e</sup>	21.1±0.73 <sup>b</sup>	14.6
M4	11.2±0.56 <sup>cd</sup>	9.4±0.74 <sup>de</sup>	10.3
Moyenne	12.9	21.2	

**Tableau 13.** Effet de la modalité de désherbage sur le nombre d'épi du blé dur par mètre carré dans la région de Tiaret.

NEM	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	165.6±6.48 <sup>bc</sup>	168.8±5.67 <sup>bc</sup>	167.2
M2	189.3±5.76 <sup>ab</sup>	209±16.4 <sup>a</sup>	199.15
M3	149.9±6.02 <sup>c</sup>	168±9.78 <sup>bc</sup>	158.93
M4	142.5±5.46 <sup>c</sup>	150.3±9.05 <sup>c</sup>	146.38
Moyenne	161.8	174.02	

**Tableau 14.** Effet de la modalité de désherbage sur le nombre de grain par épi du blé dur dans la région de Tiaret

NGE	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	41.30±1.37 <sup>b</sup>	41.45±0.69 <sup>b</sup>	41.38
M2	48.45±1.38 <sup>a</sup>	40.90±0.88 <sup>b</sup>	44.68
M3	34.05±1.51 <sup>c</sup>	28.65±1.33 <sup>d</sup>	31.35
M4	29.25±1.34 <sup>cd</sup>	14.47±1.07 <sup>e</sup>	21.86
Moyenne	38.26	31.37	

**Tableau 15.** Effet de la modalité du désherbage sur le poids de mille grains du blé dur dans la région de Tiaret

PMG	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	35.86±0.67 <sup>a</sup>	30.50±0.29 <sup>b</sup>	33.18
M2	38.51±0.70 <sup>a</sup>	29.30±0.74 <sup>bc</sup>	33.90
M3	37.28±0.78 <sup>a</sup>	28.46±0.33 <sup>bc</sup>	32.87
M4	26.48±0.69 <sup>c</sup>	23.34±0.94 <sup>d</sup>	24.91
Moyenne	34.53	27.90	

**Tableau 16.** Effet de la modalité de désherbage sur le rendement estimé du blé dur dans la région de Tiaret

RDT	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	24.85±1.60 <sup>cd</sup>	29.10±1.31 <sup>bc</sup>	26.98
M2	35.56±1.83 <sup>ab</sup>	37.26±3.73 <sup>a</sup>	36.41
M3	19.01±1.66 <sup>de</sup>	14.46±1.56 <sup>ef</sup>	16.73
M4	10.92±0.70 <sup>fg</sup>	3.82±0.57 <sup>g</sup>	7.37
Moyenne	22.59	21.16	

**Tableau 17.** Effet de la modalité de désherbage sur le rendement réel du blé dur dans la région de Tiaret.

RDR	2020-2021	2021-2022	Moyenne
M1	11.0±1.32 <sup>a</sup>	11.28±0.65 <sup>a</sup>	11.1
M2	11.4±0.79 <sup>a</sup>	12.1±0.63 <sup>a</sup>	11.8
M3	8.89±0.91 <sup>ab</sup>	8.9±0.53 <sup>ab</sup>	8.9
M4	6.18±1.60 <sup>bc</sup>	3.13±0.66 <sup>c</sup>	4.7
Moyenne	9.4	8.85	

### Annexe 03.

**Tableau 01.** Matrice de corrélation des paramètres mesurés dans la région de Mascara durant la campagne 2017-2018

	DLT	DMM	BA	BB	NPM	HT	LE	SF	CT	NEM	NGE	PMG	RDT	RDR
DLT	1	0.83	0.83	-0.8	-0.93	-0.58	-0.86	-0.99	-0.98	-0.95	-0.95	-0.51	-0.92	-0.87
DMM	0.83	1	0.98	-0.99	-0.64	-0.91	-0.94	-0.78	-0.89	-0.94	-0.95	-0.9	-0.94	-0.85
BA	0.83	0.98	1	-0.95	-0.71	-0.81	-0.86	-0.77	-0.92	-0.9	-0.91	-0.88	-0.88	-0.75
BB	-0.8	-0.99	-0.95	1	0.58	0.94	0.96	0.76	0.85	0.94	0.95	0.9	0.95	0.89
NPM	-0.93	-0.64	-0.71	0.58	1	0.28	0.62	0.93	0.92	0.78	0.77	0.29	0.72	0.62
HT	-0.58	-0.91	-0.81	0.94	0.28	1	0.9	0.53	0.63	0.8	0.81	0.93	0.84	0.82
LE	-0.86	-0.94	-0.86	0.96	0.62	0.9	1	0.84	0.86	0.98	0.98	0.77	0.99	0.98
SF	-0.99	-0.78	-0.77	0.76	0.93	0.53	0.84	1	0.95	0.93	0.93	0.43	0.9	0.87
CT	-0.98	-0.89	-0.92	0.85	0.92	0.63	0.86	0.95	1	0.95	0.95	0.64	0.91	0.81
NEM	-0.95	-0.94	-0.9	0.94	0.78	0.8	0.98	0.93	0.95	1	1	0.71	0.99	0.95
NGE	-0.95	-0.95	-0.91	0.95	0.77	0.81	0.98	0.93	0.95	1	1	0.72	0.99	0.95
PMG	-0.51	-0.9	-0.88	0.9	0.29	0.93	0.77	0.43	0.64	0.71	0.72	1	0.72	0.62
RDT	-0.92	-0.94	-0.88	0.95	0.72	0.84	0.99	0.9	0.91	0.99	0.99	0.72	1	0.98
RDR	-0.87	-0.85	-0.75	0.89	0.62	0.82	0.98	0.87	0.81	0.95	0.95	0.62	0.98	1

**Tableau 02.** Matrice de corrélation des paramètres mesurés dans la région de Tiaret durant la campagne 2020-2021

	DLT	DMM	BA	BB	NPM	HT	LE	SF	NEM	NGE	PMG	RDT	RDR
DLT	1	0.6	0.51	0.96	-0.92	0.94	-0.43	0.53	-0.43	-0.41	-0.71	-0.52	-0.38
DMM	0.6	1	0.97	0.39	-0.25	0.41	-0.85	-0.29	-0.72	-0.8	-0.99	-0.83	-0.93
BA	0.51	0.97	1	0.27	-0.13	0.26	-0.95	-0.44	-0.86	-0.92	-0.94	-0.93	-0.99
BB	0.96	0.39	0.27	1	-0.99	0.99	-0.17	0.74	-0.2	-0.16	-0.53	-0.28	-0.12
NPM	-0.92	-0.25	-0.13	-0.99	1	-0.97	0.04	-0.83	0.08	0.03	0.39	0.16	-0.03
HT	0.94	0.41	0.26	0.99	-0.97	1	-0.12	0.75	-0.11	-0.09	-0.54	-0.22	-0.11
LE	-0.43	-0.85	-0.95	-0.17	0.04	-0.12	1	0.53	0.97	0.99	0.82	0.99	0.97
SF	0.53	-0.29	-0.44	0.74	-0.83	0.75	0.53	1	0.47	0.53	0.15	0.42	0.58
NEM	-0.43	-0.72	-0.86	-0.2	0.08	-0.11	0.97	0.47	1	0.99	0.7	0.98	0.87
NGE	-0.41	-0.8	-0.92	-0.16	0.03	-0.09	0.99	0.53	0.99	1	0.76	0.99	0.93
PMG	-0.71	-0.99	-0.94	-0.53	0.39	-0.54	0.82	0.15	0.7	0.76	1	0.81	0.88
RDT	-0.52	-0.83	-0.93	-0.28	0.16	-0.22	0.99	0.42	0.98	0.99	0.81	1	0.93
RDR	-0.38	-0.93	-0.99	-0.12	-0.03	-0.11	0.97	0.58	0.87	0.93	0.88	0.93	1

**Tableau 03.** Matrice de corrélation des paramètres mesurés dans la région de Tiaret durant la campagne 2021-2022

	DLT	DMM	BA	BB	NPM	HT	LE	SF	NEM	NGE	PMG	RDT	RDR
DLT	1	0.47	0.64	-0.23	-0.9	0.99	-0.39	-0.5	-0.71	-0.42	-0.47	-0.45	-0.57
DMM	0.47	1	0.98	-0.91	-0.79	0.32	-0.99	-0.99	-0.76	-1	-0.96	-0.96	-0.99
BA	0.64	0.98	1	-0.86	-0.89	0.51	-0.94	-0.99	-0.8	-0.96	-0.95	-0.93	-1
BB	-0.23	-0.91	-0.86	1	0.55	-0.08	0.88	0.93	0.44	0.93	0.97	0.78	0.89
NPM	-0.9	-0.79	-0.89	0.55	1	-0.83	0.74	0.8	0.9	0.75	0.74	0.79	0.85
HT	0.99	0.32	0.51	-0.08	-0.83	1	-0.24	-0.36	-0.63	-0.27	-0.33	-0.31	-0.43
LE	-0.39	-0.99	-0.94	0.88	0.74	-0.24	1	0.97	0.78	0.99	0.91	0.98	0.97
SF	-0.5	-0.99	-0.99	0.93	0.8	-0.36	0.97	1	0.73	0.99	0.98	0.93	1
NEM	-0.71	-0.76	-0.8	0.44	0.9	-0.63	0.78	0.73	1	0.74	0.6	0.88	0.78
NGE	-0.42	-1	-0.96	0.93	0.75	-0.27	0.99	0.99	0.74	1	0.96	0.96	0.98
PMG	-0.47	-0.96	-0.95	0.97	0.74	-0.33	0.91	0.98	0.6	0.96	1	0.84	0.96
RDT	-0.45	-0.96	-0.93	0.78	0.79	-0.31	0.98	0.93	0.88	0.96	0.84	1	0.94
RDR	-0.57	-0.99	-1	0.89	0.85	-0.43	0.97	1	0.78	0.98	0.96	0.94	1

## Annexe 4



*Comportement du blé dur dans les quatre modalités de désherbage (contrôle chimique M1, protection intégrée M2, faux semis M3, témoin M4).*



Annexe 05.

Les principales adventices associées au blé dur dans la région de Tiaret et Mascara

---



*Amaranthus blitoides*



*Convolvulus arvensis* L.



*Picnomanacarna* L.



*Scolymus hispanicus* L.



*Daucus muricatus* (L.) L.



*Centaurea calcitrapa* L.

---





*Calendula arvensis*



*Lithospermum arvense* L.



*Malva parviflora*



*Sonchus asper* L.



*Carthamus lanatus* L.



*Centaurea diluta* Aiton

---





*Onopordum acanthium L.*



*Silybum marianum Gaertn.*



*Scandix pecten veneris*



*Reseda alba*





---

*Ceratocephala falcata* (L.) Pers.



*Muscari comosum* (L.) Mill.



---

*Vaccaria hispanica* (Mill.) Rauschert



*Hypochaeris glabra* L.



---

*Sinapis arvensis* L.



*Anagallis foemina*



---

*Asperugo procumbens* L.



*Torilis nodosa* L. Gaertn



---

*Papaver hybridum*



*Papaver rhoeas* L.



---

*Astragalus hamosus* L.



*Eryngium campestre* L.



---

*Chenopodium vulvaria* L.

*Ridolfia segetum* (L.) Moris

---





*Medicago orbicularis* (L.) Bartal.



*Medicago polymorpha* L.



*Medicago arabica*



*Vicia monantha* Retz



*Sisymbrium runcinatum*



*Erysimum repandum* L.

---



*Sonchus oleraceus*



*Leontodon saxatilis*



*Chrozophora tinctoria*



*lactuca serriola* L.



*Cichorium intybus* L.



*Emex spinosa*

---





*Chenopodium album* L.



*Melilotus indicus*



*Capesella bursa-pastoris* (L.) Medik



*Erodium cicutarium*



*Melilotus sulcatus*



*Lamium amplexicaule*

---



*Erodium cicutarium*



*Launea nudicaulis*



*Silenemuscipula* L.



*Roemeria hybrida* (L.) DC.



*Fumaria parviflora* Lam.



*Rhaponticum acaule* (L.) DC.

---





*Chondrilla juncea* L.



*Galium tricorneratum*

---



*Hordeum murinum* L.



*Bromus rigidus* Roth

---



*Phalaris brachystachys*



*Phalaris paradoxa*

---



*Hordeum vulgare* L.



*Bromus rubens* L.



*Lolium multiflorum* L.



*lolium rigidum*

---

**PRODUCTIONS SCIENTIFIQUES**

### **Publications internationales**

- Ammar, L., Harizia, A., & Righi, K., 2023. Weed seed bank dynamics during a three year crop rotation in Mediterranean semi-arid region (Northwestern Algeria). *Acta fytotechnica et zootechnica*, 26(3).
- Ammar L., Harizia A., Righi K., & Daikh Z.E., 2023. Chemical composition and allelopathic potential of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) essential oils against common weeds of wheat crop. *Natural Product Research*, 1-7.

### **Communications nationales**

1. AMMAR L., HARIZIA A., RIGHI K. 2019. Gestion durable des adventices dans la céréaliculture en zone semi-aride : cas du blé dur dans la région de Mascara. Premier Séminaire National de l'Appart des Biotechnologies sur la Protection de l'Environnement. 15-16 Decembre 2019. Msila.
2. AMMAR L., HARIZIA A., RIGHI K. 2019. L'évaluation de l'effet des pratiques culturales sur la gestion durable des adventices en zone semi-arides : cas du blé dur dans la région de Mascara. First National Science Day of Nature and Life 17 Decembre 2019. Laghouat.
3. AMMAR L., HARIZIA A., RIGHI K. 2020. La protection intégrée contre les adventices dans la céréaliculture en zone semi-aride : cas du blé dur dans la région de Mascara. La Conférence Nationale sur l'Environnement et le Développement Durable 22-23 Janvier 2020. Mascara.

### **Communications internationales**

1. AMMAR L., HARIZIA A., RIGHI K. 2019. Mise au point d'un système de gestion des adventices en zone semi-aride : cas du blé dur dans la région de Mascara. 3rd International Seminar on Biology Bioresources & food safety 3SIB Béchar – Algeria. 16-19 November 2019.
2. AMMAR L., HARIZIA A., RIGHI K. 2023. Gestion raisonnée des adventices du blé dur en zone semi-aride: le cas de la région de Mascara. 1er Symposium International de la Production du Blé et de la Sécurité Alimentaire (SIBSA 2023). 12 et 13 décembre 2023 à l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA).



## Weed seed bank dynamics during a three year crop rotation in Mediterranean semi-arid region (Northwestern Algeria)

Lalia Ammar<sup>1,2\*</sup>, Abdelkader Harizia<sup>2</sup>, Kada Righi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mascara University, Biology Systems and Geomatics Laboratory, Faculty of Natural Sciences and Life, Agronomy Department, Algeria

<sup>2</sup> Geo-Environment and Space Development Laboratory, Faculty of Natural Sciences and Life, Agronomy Department, Mascara University, Algeria

Article Details: Received: 2023-04-11 | Accepted: 2023-06-05 | Available online: 2023-09-30

<https://doi.org/10.15414/afz.2023.26.03.314-323>

 Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



A better understanding of the soil seed bank system could help agricultural systems plan more effective weed control strategies. This study aims to assess the qualitative and quantitative soil weed seed bank composition in a cereal crop grown in northwestern Algeria under conventional farming systems and semi-arid conditions. The study was evaluated each autumn for three years (2018–2019–2020). Soil samples were collected from the field zone at each depth category (0–5 cm, 5–15 cm, and 15–30 cm) and evaluated in a temperature-controlled greenhouse over six months using the seedling-emergence method. Several indexes were used to evaluate the seed bank density, diversity, and species composition. Thirty weed plants from seventeen families were recovered from the soil seed bank. Asteraceae and Poaceae were the most dominant families. The density of seed bank species varied significantly between the superficial (0–5 cm), middle depth (5–15 cm), and deeper soil depth (15–30 cm). The averages were 14,776.08 m<sup>-2</sup> (19.01%), 36,977.04 m<sup>-2</sup> (47.59%) and 25,943.06 m<sup>-2</sup> (33.4%), respectively. According to our findings, *Chenopodium vulvaria*, *Amaranthus blitoides*, and *Convolvulus arvensis* were abundant. As a result, the weed seed bank research was critical in predicting the size and distribution of viable weed seeds in the soil. It aids in developing a sustainable weed management program in semi-arid areas by providing early warnings of weed community composition and allowing for informed decisions on long-term weed control.

**Keywords:** soil seed bank, seedling emergence method, species diversity, density, semi-arid area

### 1 Introduction

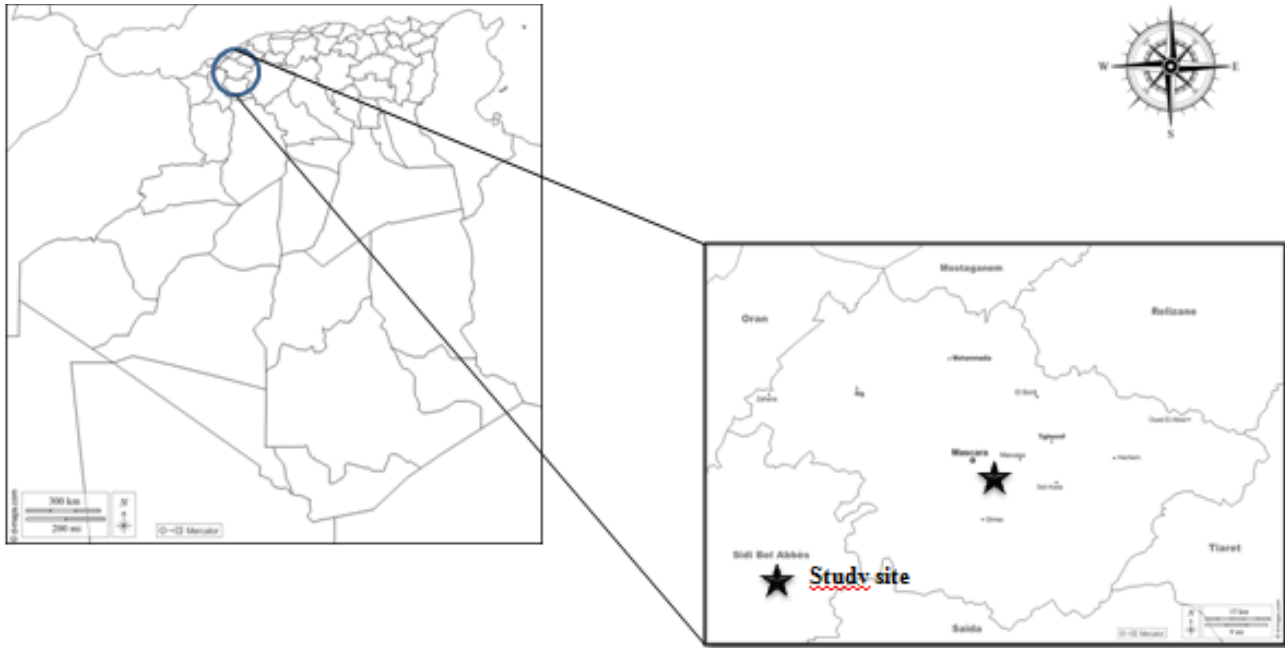
Weed control is one of agriculture's major challenges and is an expensive, complex, and controversial problem (PAN, 2018). With limited effectiveness, various weed management methods can regulate or control their dynamics. Herbicides typically play a critical role in ensuring agricultural production in conventional cropping systems due to their high efficiency and low cost (Mahé et al., 2022). However, with the growing threat of herbicide-resistant weeds (Carpenter et al., 2010). As a result, weed management requires integrated control methods based on manipulating the soil seed bank, more commonly integrated herbicide management (Schwartz-Lazaro et al., 2017).

Understanding the soil weed seed bank is required for developing more effective weed control strategies in

agricultural systems (Forcella et al., 1993). Long-term weed community monitoring and seed bank dynamics are major concerns when implementing new cropping systems and are critical for assessing weed management practices' efficacy, sustainability, and applicability (Zheng et al., 2021). According to Maranon (2001), the soil seed bank is a reservoir of viable seeds present in the soil that significantly impacts the space-time distribution, dynamics, and structure of Mediterranean plant communities (Figuerola et al., 2004). Understanding the structure of weed seed banks will thus aid in predicting weed community structure and implementing appropriate control measures (He et al., 2019).

There have been few studies on seed banks in cereal crops in Mediterranean semi-arid areas, with most of the research focusing on annual legumes and grasslands.

\*Corresponding Author: Lalia Ammar, Mascara University, City teffeh 03 N° 595, 14000, Tiaret, Algeria, [✉ lalia.ammar@univ-mascara.dz](mailto:lalia.ammar@univ-mascara.dz) <https://orcid.org/0000-0003-4875-6686>



**Figure 1** Study site location in Mascara (Algeria)

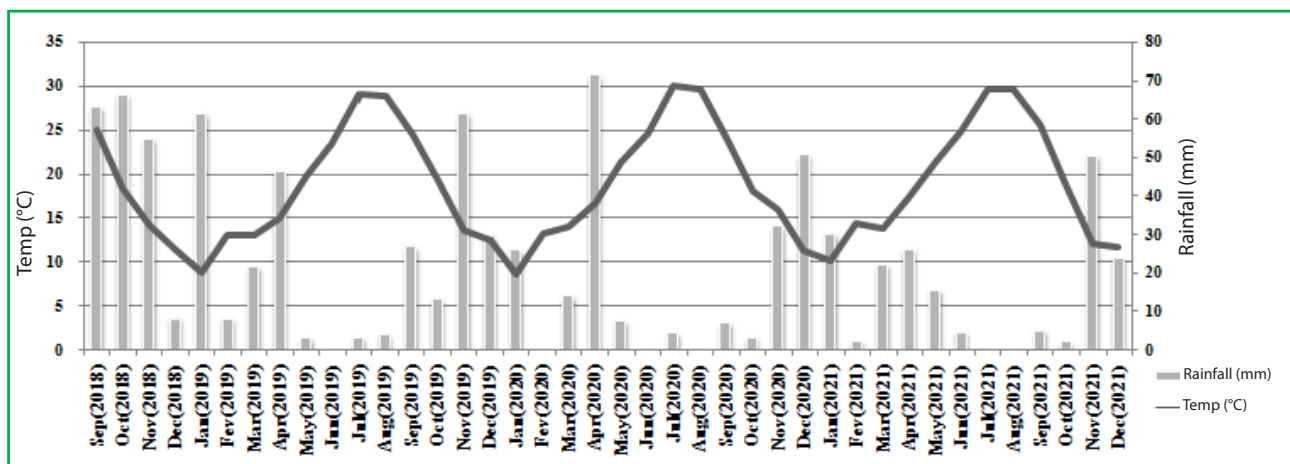
In this three-year study, we focused on the soil seed bank in a northwestern semi-arid region of Algeria dominated by winter cereals. This research is part of a larger project to develop integrated weed management. To this end, this work aims to determine (i) the floristic composition and structure of the germinable soil seed bank, as well as (ii) the abundance and diversity of the soil seed bank in a winter wheat field in northwestern Algeria.

## 2 Material and methods

### 2.1 Experimental area

The field experiment was conducted for three consecutive years (2018–2019–2020) at the experimental farm of the Faculty of Natural Sciences and Life, University of Mascara,

at Mascara (Algeria) (latitude 35° 22' N; 00° 10' E) (Figure 1). The elevation of the sample site was 474 m. The local climate is typically Mediterranean semi-arid, the mean annual temperature ranges between 18.3 and 19.1 °C, and rainfall ranges between 193.1 and 447.5 mm (Figure 2). Crop rotation was established on the farm on arable land of 50 ha (Table 1). The soil seed bank was assessed in a 1 ha experimental area. At the beginning of the experiment, the soil consisted of 43%, 47% silt, and 10% sand. The organic matter content was 1.9%, and the total nitrogen content was 0.09% (Table 2). The experimental field had been cultivated in a cereal-legumes-fallow crop rotation under natural rainfall conditions and surrounded by perennial vegetation (olive orchard).



**Figure 2** Meteorological data recorded during the study period

**Table 1** Crop rotation in the 1 ha experimental area (2017–2020) under conventional management

Year	Crop	Principal farming operations
2017	fallow	no-till
2018	winter durum wheat	plough (August) soil tillage before sowing (November); sowing in December, followed by rolling; mineral fertilization (March); chemical weed control (April); harvesting in July
2019	leguminous: lentils	winter soil tillage before sowing (November); chemical weed control (April); harvesting in August
2020	winter durum wheat	winter soil tillage before sowing (November); sowing in December, followed by rolling; chemical weed control (April); harvesting in July

**Table 2** Soil physico-chemical characteristics of the studied field

Parameters	Values
% clay	43
% silt	47
% sand	10
Textural class	silty clay
Total CaCO <sub>3</sub> (%)	6.7
Active CaCO <sub>3</sub> (%)	2.2
MO (%)	1.9
Total N (%)	0.09
Available N (ppm)	48
Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	50.1
Available K <sub>2</sub> O (ppm)	318.8
Cation exchange capacity (CEC) (meq.100 g <sup>-1</sup> )	11.1
Ca <sup>++</sup> (meq.100 g <sup>-1</sup> )	9
Mg <sup>++</sup> (meq.100 g <sup>-1</sup> )	0.82
K <sup>+</sup> (meq.100 g <sup>-1</sup> )	0.677
Na <sup>+</sup> (meq.100 g <sup>-1</sup> )	0.4
Hydraulic conductivity (cm.h <sup>-1</sup> )	0.25

## 2.2 Sampling

Soil sampling was done in November for the next three years (2018–2019–2020) before cultivation operations. Each year, 50 soil cores were collected randomly from the experimental plots of 1 ha using a 5 cm diameter auger. Soil samples were collected along a W-shaped transect at three depths (0–5 cm, 5–15 cm, and 15–30 cm); each core contained 392.5 cm<sup>3</sup> of soil. A total of 600 cores were sampled. Each depth subsample was mixed and passed through a 4 mm sieve to remove plant fragments and stones. The soil samples were air-dried and stored at laboratory temperature until further processing.

## 2.3 Weed soil seed bank germination and identification

In the greenhouse, the seedling emergence method was used to estimate the number of viable seeds in the soil (Shang et al., 2013). According to Kumar et al. (2022), the seed extraction technique accurately assesses the species' composition. Soil from each depth was spread as a 3 cm deep layer over sterilised coarse sand in 50 × 50 × 5 cm germination trays. The germination trays were kept in a non-heated greenhouse under natural light conditions for six months (every year from December to June) and irrigated thrice weekly. To keep moss and algae at bay, soil samples were mixed once a week to bring non-germinated seeds to the surface. Moreover, emerging weed seedlings were counted and removed as soon as they were identified to avoid allelopathic effects on the germination of other seeds in the soil samples. Seedlings that proved difficult to identify were transplanted and grown in new pots until they could be identified.

Each seedling was identified using photographs and plant specimens from Gérard de Belair's herbarium (National Superior School of Agronomy in El Harrach, Algeria). When no new seedlings appeared for two weeks, soil samples were washed with water through a 250 μm mesh. The sieved plant materials were air dried before the extracted materials (seeds, plant residues, and stones) were manually separated using an MS5 stereo-microscope (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany). After stratifying at 4 °C for a month to break seed dormancy, they were soaked for 2 hours in a 500 mg.L<sup>-1</sup> gibberellic acid (GA3) (Sigma, USA) solution to accelerate germination. To encourage the germination of any remaining viable seeds from each sample, seeds were placed in Petri dishes on filter paper and watered with distilled water. The experiment was terminated when no further seedling emergences were recorded for more than eight weeks and were deemed non-viable.

## 2.4 Data analysis

Several indices were calculated using the following formulas to describe floristic diversity, species density,

soil seed bank depth, and seasonal variation in the experimental area:

The weed seed density ( $D_s$ ) (Olaniyan et al., 2018):

$$D_s = \frac{\text{number of seeds}}{m^2}$$

Richness index ( $R$ ) (Margalef, 1973):

$$R = \frac{(T-1)}{\ln N}$$

Simpson's Index of Dominance ( $D$ ) (Parish et al., 1995):

$$D = 1 - \sum pi^2$$

Shannon diversity indices ( $H'$ ) (Zhang et al., 2017):

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

Pielou evenness index ( $J$ ) (Zhang et al., 2017):

$$J = \frac{H'}{H' \max}$$

Sørensen community similarity index (He et al., 2019):

$$C_s = \frac{2c}{a+b}$$

where:  $pi$  – the relative importance value of species  $i$ ;  $pi = ni/N$ ;  $ni$  – the total number of seeds of species  $i$ ;  $N$  – the total number of seeds;  $T$  – the total number of species in the sample;  $c$  – the number of a particular species in communities A and B, and  $a$  and  $b$  are the total number of species in communities A and B

Analysis of variance (ANOVA) was used to determine the effects of the season (S) and soil depth on the density of the seed bank. The statistical data analyses were performed using Statistica 8.1 software at a significance level of 5%.

### 3 Results and discussion

#### 3.1 Floristic composition and structure of seed bank

Thirty (30) weed species belonging to 17 families and 28 genera were identified (Table 3), with 27 annuals and three perennials. Therophytes were the most common biological type (80%), followed by hemicriptophytes (16.67%) and geophytes (3.33%). The Asteraceae (20%), Poaceae (16.67%), Chenopodiaceae, Apiaceae, Brassicaceae, and Polygonaceae (6.66%) families have the

most species. The remaining families (Caryophyllaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Fumariaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Amaranthaceae, and Rubiaceae) each had only one species (3.33%) (Table 4). The family composition varied across the three seasons, with a similarity index ranging from 0.8 to 0.57. The highest was found between the soil seed banks of S1 and S2 ( $C_s = 0.8$ ), S2 and S3 ( $C_s = 0.67$ ), and S1 and S3 ( $C_s = 0.57$ ). Broadleaf weeds dominated the seed bank composition (83.33%), followed by grasses (16.67%). The seasonal distribution of broadleaf weed seeds was erratic. The most (17 species) were discovered in the second season at 0–5 cm soil depth. The total grass weed seed was found in descending order from 5 cm to 30 cm in soil samples from all seasons, and the pressure was at 0–5 cm soil depth, with four species. However, no grass species were discovered in all depths during the third season. *Chenopodium vulvaria* was the most dominant broadleaf weed, present in all depths throughout the three seasons, while *Hordeum murinum* was the dominant grassy weed, present only in S1 and S2 (Table 5).

#### 3.2 Density and seasonal variation in the seed bank

The results reveal that season and depth had a significant ( $p < 0.05$ ) effect on soil seed bank density. During three consecutive years, seed density was higher in S2 (104,370.54  $m^{-2}$ ) than in S1 (86,935.86  $m^{-2}$ ), and S3 (41,782.14  $m^{-2}$ ), while it was higher in 5–15 cm than in 15–30 cm and 0–5 cm depths, with 110,931.12  $m^{-2}$  (47.59%), 77,829.18  $m^{-2}$  (33.4%), and 44,328.24  $m^{-2}$  (19.01%), respectively.

The total seedling density across all seasons and soil depths was 233,088.54 (Table 6, Figure 4). *Sinapis arvensis*, *Erodium malacoides* (L.) L'Hér., *Scandix pecten veneris* and *Lolium multiflorum* seeds were recovered only from S1. *Triticum durum* was discovered in the second season, while *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers. and *Malva parviflora* were discovered in the third. *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule*, *Chenopodium vulvaria*, and *Fumaria parviflora* Lamcan also be noted. Furthermore, *Capsella bursa-pastoris* was discovered in the seed banks of all three seasons. Figure 3 shows information on the six species with the highest density. Throughout the study period, the density of weed seeds in the experimental fields followed a similar trend across the three layers, with seed density in the middle layer exceeding that in the deepest and upper layers.

In S1 (2018/2019), 22 weed species were recorded, belonging to 14 families emerged. Seed density was the highest in the middle soil layer (5–15 cm) (46,046.88



**Table 3** Floristic composition, weed morphology and life form of the weed seed bank, for all the three study year

N°	Family	Scientific name	Common name	A/P	Weed morphology	Life form
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson	mat amaranth	A	B	T
2	Apiaceae	<i>Scandix pecten veneris</i>	shepherd's needle	A	B	T
3		<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.	knotted hedge-parsley	A	B	T
4	Asteraceae	<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	white buttons	A	B	T
5		<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass	soldier thistle	A	B	T
6		<i>Scolymus hispanicus</i> L.	common golden thistle	A	B	H
7		<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	milk thistle	A	B	H
8		<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	prickly sow thistle	p	B	H
9		<i>Sonchus oleraceus</i> L.	common sow thistle	p	B	H
10	Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	shepherd's-purse	A	B	T
11		<i>Sinapis arvensis</i> L.	wild mustard	A	B	T
12	Caryophyllaceae	<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.)	cowcockle	A	B	T
13	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L.	lambs quarters	A	B	T
14		<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	stinking goosefoot	A	B	T
15	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	field bindweed	P	B	G
16	Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i> L.	burclover	A	B	T
17	Fumariaceae	<i>Fumaria parviflora</i> Lam	fine-leaffumitory	A	B	T
18	Geraniaceae	<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.	mediterranean stork's bill	A	B	T
19	Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	common henbit	A	B	T
20	Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.	cheeseweed	A	B	H
21	Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.	common poppy	A	B	T
22	Poaceae	<i>Avena sterilis</i> L.	wild oat	A	G	T
23		<i>Hordeum murinum</i> L.	wall barley	A	G	T
24		<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	italian ryegrass	A	G	T
25		<i>Phalaris paradoxa</i> L.	awned canary-grass	A	G	T
26		<i>Triticum durum</i> (Desf.) Husn	wheat	A	G	T
27	Polygonaceae	<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd.	spiny emex	A	B	T
28		<i>Polygonum aviculare</i> L.	common knotgrass	A	B	T
29	Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	cleavers	A	B	T
30	Scrophulariaceae	<i>Veronica hederifolia</i> L.	ivy leaf speedwell	A	B	T

A – annual or biennial; P – perennial; B – broadleaf; G – grasses; T – therophyte; G – geophyte; H – hemicriptophyte

seedlings.m<sup>-2</sup>) and the lowest in the superficial layer (0–5 cm) (12,610.62 seedlings.m<sup>-2</sup>). The seeds of species recovered only from the first layer (0–5 cm) were *Phalaris paradoxa* and *Lolium multiflorum*, species including *Picnomon acarna* (L.) Cass, *Papaver rhoeas*, *Erodium malacoide* L'Hér. *Chenopodium album* were recovered only from the soil seed bank's second layer (5–15 cm). Seedlings including *Scandix pecten veneris*, *Silybum marianum* and *Torilis nodosa* (L.) Gaertn. were found only in the third layer (15–30 cm). *Hordeum murinum*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium vulvaria*, *Convolvulus*

*arvensis*, *Amaranthus blitoides* S. Watson and *Fumaria parviflora* were found in all layers.

In S2 (2019/2020), 23 weed species were recorded, belonging to 14 families emerged. Seed density was the highest in the middle soil layer (5–15 cm) (44,884.08 seedlings.m<sup>-2</sup>) and the lowest in the superficial layer (0–5 cm) (23,565.3 seedlings.m<sup>-2</sup>). The seeds of species recovered only from the first layer (0–5 cm) were *Papaver rhoeas*, *Silybum marianum* and *Medicago polymorpha*. *Vaccaria hispanica* (Mill.) was recovered only from the second layer (5–15 cm). *Triticum durum* was found only in the third layer (15–30 cm). Species

**Table 4** Number of species in different families over the three seasons

Family	S1	S2	S3
Poaceae	4	4	0
Asteraceae	3	5	3
Amaranthaceae	1	1	1
Chenopodiaceae	2	2	1
Apiaceae	2	0	0
Brassicaceae	2	1	1
Polygonaceae	1	2	1
Caryophyllaceae	1	1	0
Convolvulaceae	1	1	1
Fabaceae	1	1	0
Fumariaceae	1	1	1
Geraniaceae	1	0	0
Lamiaceae	1	1	1
Malvaceae	0	0	1
Papaveraceae	1	1	0
Plantaginaceae	0	1	1
Rubiaceae	0	1	1
Total number of species	22	23	13

**Table 5** Number of species under the weed morphology

Season	Depth (cm)	Broad leaf	Grass
S1	0–5	8 (66.67%)	4(33.33%)
	5–15	15(88.24%)	2(11.76%)
	15–30	11(91.67%)	1(8.33%)
S2	0–5	17(85%)	3(15%)
	5–15	14(82.35%)	3(17.65%)
	15–30	11(91.67%)	1(8.33%)
S3	0–5	5(100%)	0
	5–15	8(100%)	0
	15–30	10(100%)	0

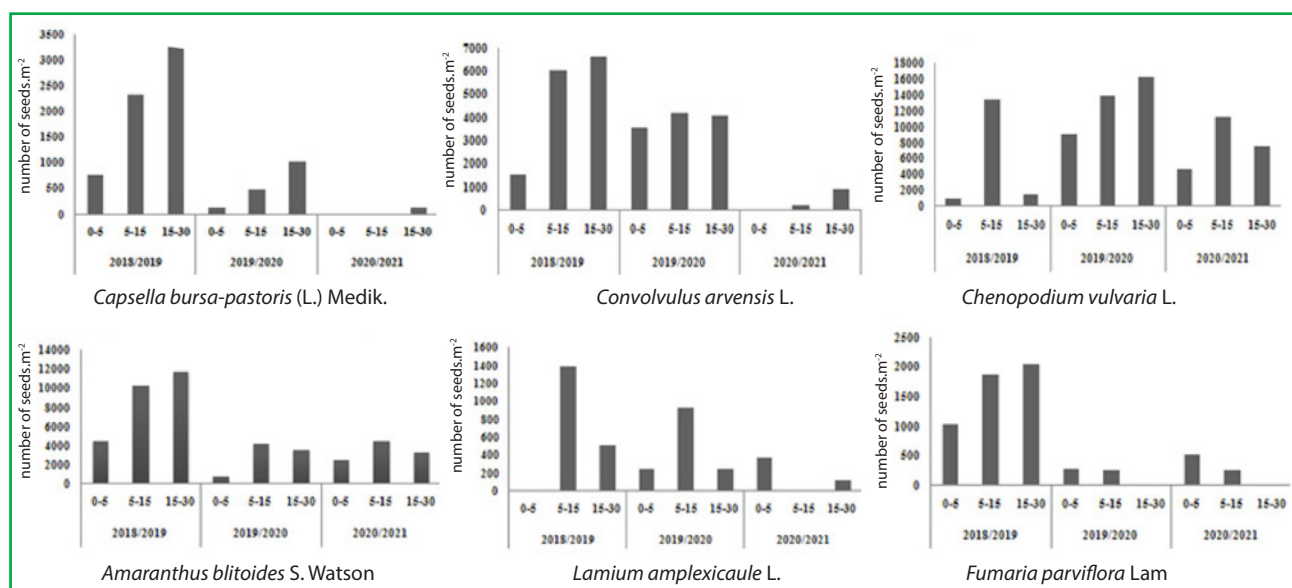
including *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Chenopodium album*, *Chenopodium vulvaria*, *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule*, *Veronica hederifolia* L., *Polygonum aviculare* and *Capsella bursa-pastoris* were found in all layers.

In S3 (2020/2021), 13 weed species belonging to 11 families were recorded. Seed density was the highest in

the middle soil layer (5–15 cm) (20,000.16 seedlings.m<sup>-2</sup>) and the lowest in the superficial layer (0–5 cm) (8,152.32 seedlings.m<sup>-2</sup>). The seed of species recovered only from the first layer (0–5 cm) was *Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers. *Galium aparine* L was recovered only from the second layer (5–15 cm). *Capsella bursa-pastoris* was found only in the third layer (15–30 cm). Species, including *Chenopodium vulvaria* and *Amaranthus blitoides* S. Watson, were found in all layers.

### 3.3 Weed diversity indices

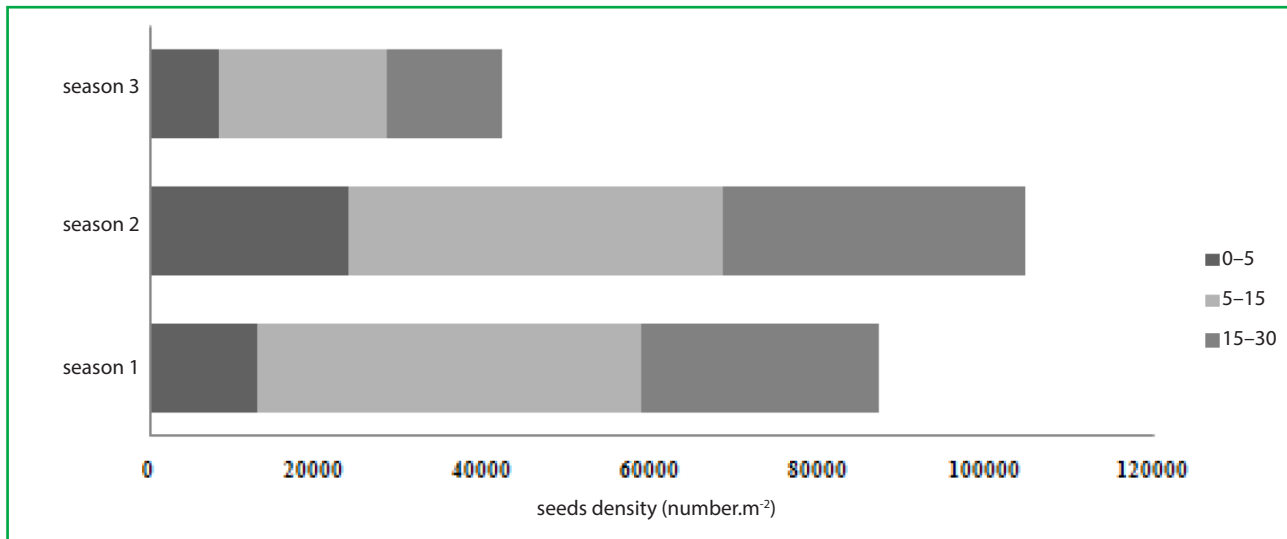
The richness index, Shannon Wiener index, Evenness index, and Simpson index were used to calculate species diversity at different depths (0–5 cm, 5–15 cm, and 15–30 cm) over three seasons. The findings indicate that weed seed banks' Richness Index (Table 7) varied by season. The soil seed bank's species richness index was highest in S2 at 0–5 cm (3.64) and lowest in S3 at



**Figure 3** Change in seed density of dominant weeds in all seasons

**Table 6** Weed seed density (m<sup>-2</sup>) in soil seed banks according to study season and soil depth

Species	2018/2019			2019/2020			2020/2021		
	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30	0-5	5-15	15-30
	<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson.	4,458.3	10,232.64	11,718.96	764.28	4,186.08	3,566.64	2,547.6	4,418.64
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	0	0	0	0	0	0	127.38	0	0
<i>Avenasterilis</i> L.	509.52	930.24	0	254.76	465.12	0	0	0	0
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik	764.28	2,325.6	3,311.88	127.38	465.12	1,019.04	0	0	127.38
<i>Chenopodium album</i> L.	0	930.24	0	1,019.04	1,395.36	1,273.8	0	0	0
<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	764.28	13,488.48	1,273.8	8916.6	1,395.36	16,304.64	4,585.68	11,162.88	7,515.42
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1,528.56	6,046.56	6,623.76	3,566.64	4,186.08	4,076.16	0	232.56	891.66
<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd.	764.28	465.12	0	127.38	465.12	0	0	0	0
<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.	0	1,395.36	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fumaria parviflora</i> Lam	1,019.04	1,860.48	2,038.08	254.76	232.56	0	509.52	232.56	0
<i>Galium aparine</i> L.	0	0	0	254.76	0	382.14	0	232.56	0
<i>Hordeum murinum</i> L.	1,019.04	465.12	254.76	254.76	465.12	0	0	0	0
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	0	1,395.36	509.52	254.76	930.24	254.76	382.14	0	127.38
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	254.76	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Malva parviflora</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	232.56	636.9
<i>medicago polymorpha</i> L.	254.76	465.12	0	254.76	0	0	0	0	0
<i>Papaver rhoeas</i> L.	0	930.24	0	254.76	0	0	0	0	0
<i>Phalaris paradoxa</i> L.	764.28	0	0	509.52	930.24	0	0	0	0
<i>Picnoman acarna</i> (L.) Cass	0	465.12	0	127.38	232.56	0	0	0	0
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0	0	0	1,528.56	6,976.8	4,330.92	0	1,395.36	382.14
<i>Scandix pecten veneris</i> L.	0	0	254.76	0	0	0	0	0	0
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	509.52	465.12	0	509.52	0	127.38	0	0	0
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	0	0	764.28	509.52	0	0	0	0	0
<i>Sinapis arvensis</i> L.	0	1,395.36	509.52	0	0	0	0	0	0
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	0	0	0	764.28	232.56	0	0	0	127.38
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	0	0	0	0	232.56	127.38	0	0	254.76
<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.	0	0	254.76	0	0	0	0	0	0
<i>Tricicum durum</i> (Desf.) Husn	0	0	0	0	0	127.38	0	0	0
<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.)	0	2,790.72	764.28	0	232.56	0	0	0	0
<i>Veronica hederifolia</i> L.	0	0	0	3,311.88	9,302.4	4,330.92	0	2,093.04	254.76
Total number of seedlings (m <sup>-2</sup> )	12,610.62	46,046.88	28,278.36	23,565.3	44,884.08	35,921.16	8,152.32	20,000.16	13,629.66
Total number of species	12	17	12	20	17	12	5	8	10



**Figure 4** Total density in the weed seed bank

10–15 cm (0.96). Shannon’s diversity index for the soil seed bank community showed a high value of weed biodiversity in S1 and S2, the highest values were found at 0–5 cm and 5–15 cm soil depth ( $H' = 2.13$  and  $H' = 2.2$  in S1 and  $H' = 2.14$  and  $H' = 2.02$  in S2, respectively), while the lowest values were recorded in S3 with  $H' = 1.07$ ,  $H' = 1.29$  and  $H' = 1.37$  at 0–5 cm, 5–15 cm and 15–30 cm soil depth, respectively. Also, in S1 and S2, Simpson’s dominance index decreased in the order middle layers > superficial layers > deeper layers, and in S3, it decreased in the order deeper layers > middle layers > superficial layers. With depth layers, the Evenness index decreased over the experiment period. The first 0–5 cm soil depth had the highest value, 0.86, followed by 0.71 in S2 and 0.66 in S3.

### 3.4 Similarity in species composition over the three seasons

The results show that the species composition similarity between soil seed banks was generally low over the three-year study period (ranging from (Cs: 0.40–0.51).

The highest similarity was found between S2 and S3 ( $C_s = 0.51$ ), followed by S1 and S2 ( $C_s = 0.44$ ) and S1 and S3 ( $C_s = 0.40$ ). The results showed that the species composition in S2 and S3 was more similar (Table 8).

**Table 8** Weed species similarity index

	S1	S2	S3
S1	1	0.44	0.40
S2		1	0.51
S3			1

Understanding the soil seed bank is critical for predicting the distribution of weed communities and identifying potential problems in agroecosystem weed management (Restuccia et al., 2020). We identified 30 species, with therophytes dominating (80%). Thus, it refers to therophytes’ short life cycles, which allow them to withstand environmental stresses and a significant level of anthropogenic disturbance caused by agricultural

**Table 7** Indices of diversity and evenness

Season	Depth	Richness index	Shannon diversity index	Evenness index	Simpson index
S1	0–5	2.39	2.13	0.86	0.83
	5–15	3.03	2.2	0.78	0.84
	15–30	2.04	1.75	0.71	0.75
S2	0–5	3.64	2.14	0.71	0.8
	5–15	3.04	2.02	0.71	0.82
	15–30	1.95	1.71	0.69	0.74
S3	0–5	0.96	1.07	0.66	0.58
	5–15	1.57	1.29	0.62	0.62
	15–30	1.93	1.37	0.6	0.63

techniques (Mesquita et al., 2015). *Chenopodium vulvaria*, *Amaranthus blitoides* S. Watson, and *Convolvulus arvensis* were this experiment's most common germinating species.

According to Rahali et al. (2011), the dominant species in soil seed banks in the wheat crop grown under conventional, minimum, and no-till systems in the semi-arid zone of Setifare *Chenopodium vulvaria* L., *Avena sterilis*, *Polygonum aviculare* L., and *Veronica hederifolia* L. According to Hosseini et al. (2014), in continuous wheat, annual species dominated in most rotations, and the population of broad leaves was higher than grass plants when the ratio of grasses/broad leaves was 1/2 under irrigated or dry land cropping. According to Andreasen et al. (2018), these species can produce many seeds and are thus well-adapted to changes in sowing season or crop rotation. They are distinguished by their year-round germination and longer flowering periods, which are thought to increase the possibility of herbicide resistance.

The densities of seedlings in our seed bank were higher than those in the Sétif provenance in northeastern Algeria (Rahali et al., 2011). Butkeviciene et al. (2021) estimate that there are between 20.2 and 71.4 thousand weed seeds in 1 m<sup>2</sup> of sampled soil at depths ranging from 0 to 20 cm. According to Mirsky et al. (2010), cover crops and ploughing can significantly reduce the seed banks of weedy fields in a single field season. Hosseini et al. (2014) reported that the most important densities of soil seed banks were found in the lower soil layer (15–25 cm) in continuous cropping of irrigated wheat and continuous cropping of dry land wheat due to the continuous use of mouldboard ploughs. Weed seed germination capacity is indirectly influenced by the depth at which they are placed in the soil, which can result in temperature, oxygen, and light differences (Feledyn-Szewczyk et al., 2020). Piskier and Sekutowski (2013) discovered that weed seeds were evenly dispersed throughout all 0–20 cm soil layers during conventional tillage (plough). The field with the mouldboard plough had the lowest topsoil density. As a result, although this tool was only used every three years, 52% of seeds were discovered at a depth of 15–30 cm (Colbach et al., 2014; Hosseini et al., 2014).

Smith and Gross (2006) observed that the composition and abundance of weed seed banks in winter wheat rotations changed rapidly. Herbicides may affect species richness, but they usually have a greater effect on relative abundance than on species composition (Derksen et al., 1995). Vasileiadis et al. (2007) discovered that herbicide-treated crops had lower total seed densities of annual broad-leaved species. The effectiveness of broad-leaved herbicide during the trial could explain the decrease in seed bank size of *Papaver rhoeas* and *Polygonum aviculare* (Izquierdo et al., 2009). In this study, the diversity of the

soil seed bank varied according to season, with S3 having the lowest weed diversity. According to Izquierdo et al. (2009), weed diversity indices calculated for the entire field revealed a decrease in diversity and evenness in the second year and a slight increase in the third year.

#### 4 Conclusions

This study discussed the diversity, floristic composition, and vegetation structure in a wheat field soil seed bank in northwestern Algeria. A total of 30 plant species from families were reported. Broadleaf weeds have the highest seed density and species composition. All seasons yielded seeds of *Amaranthus blitoides* S. Watson, *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule*, *Chenopodium vulvaria*, *Fumaria parviflora* Lam., and *Capsella bursa-pastoris*. The soil seed bank in seasons 2 and 3 was the most similar in species composition ( $C_s = 0.51$ ), while the soil seed bank in seasons 1 and 3 was the least similar ( $C_s = 0.40$ ). The soil seed bank contained 44,328.24 to 110,931.12 m<sup>-2</sup> seedlings per square meter. S1 had the smallest weed seeds, while S2 had the largest. This finding is useful for understanding soil seed bank dynamics variation in a semi-arid environment. The qualitative and quantitative knowledge of the soil seed bank, as well as the spatial distribution of weed seeds, can be used to predict weed dynamics and develop sustainable weed management protocols.

#### Reference

- Andreasen, C., Jensen, H. A., & Jensen, S. M. (2018). Decreasing diversity in the soil seed bank after 50 years in Danish arable fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 259, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.034>
- Butkeviciene, L.M., Skinuliene, L., Auželienė, I., Bogužas, V., Pupalienė, R., & Steponavičienė, V. (2021). The influence of long-term different crop rotations and monoculture on weed prevalence and weed seed content in the soil. *Agronomy*, 11, 1367. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071367>
- Carpenter, J. E., & Gianessi, L. P. (2010). Economic impacts of glyphosate-resistant weeds. *Glyphosate Resistance in Crops and Weeds: History, Development, and Management* (pp. 297–312).
- Colbach, N., Busset, H., Roger-Estrade, J., & Caneill, J. (2014). Predictive modelling of weed seed movement in response to superficial tillage tools. *Soil and tillage research*, 138, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.12.002>
- Derksen, D. A., Thomas, A. G., Lafond, G. P., Loepky, H. A., & Swanton, C. J. (1995). Impact of post emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Research*, 35(4), 311–320. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1995.tb01794.x>
- Feledyn-Szewczyk, B., Smagacz, J., Kwiatkowski, C. A., Harasim, E., & Woźniak, A. (2020). Weed flora and soil seed bank composition as affected by tillage system in three-year crop rotation. *Agriculture*, 10(5), 186. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050186>




- Figueroa, J. A., Teillier, S., & Jaksic, F. M. (2004). Composition, size and dynamics of the seed bank in a mediterranean shrubland of Chile. *Austral Ecology*, 29(5), 574–584. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2004.01392.x>
- Forcella, F., Eradat-Oskoui, K., & Wagner, S. W. (1993). Application of weed seedbank ecology to low input crop management. *Ecological Applications*, 3(1), 74–83. <https://doi.org/10.2307/1941793>
- He, Y. H., GAO, P. L., & Qiang, S. (2019). An investigation of weed seed banks reveals similar potential weed community diversity among three different farmland types in Anhui Province, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(4), 927–937. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62073-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62073-8)
- Hosseini, P., Karimi, H., Babaei, S., Mashhadi, H. R., & Oveisi, M. (2014). Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. *Crop Protection*, 64, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.05.022>
- Izquierdo, J., Blanco-Moreno, J. M., Chamorro, L., Gonzalez-Andujar, J. L., & Sans, F. X. (2009). Spatial distribution of weed diversity within a cereal field. *Agronomy for sustainable development*, 29, 491–496. <https://doi.org/10.1051/agro/2009009>
- Kumar, R., Kumawat, N., Mishra, J. S., Ghosh, D., Ghosh, S., Choudhary, A. K., & Kumar, U. (2022). Weed dynamics and crops productivity as influenced by diverse cropping systems in eastern India. *Indian Journal of Weed Science*, 54(1), 18–24. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8164.2022.00003.X>
- Mahé, I., Chauvel, B., Colbach, N., Cordeau, S., Gfeller, A., Reiss, A., & Moreau, D. (2022). Deciphering field-based evidences for crop allelopathy in weed regulation. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(3), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00749-1>
- Marañón, T. (2001) Ecología del banco de semillas y dinámica de comunidades mediterráneas. In Zamora, R., Pugnaire, F.I. (eds), *Ecosistemas mediterráneos*. Análisis funcional. CSIC, AEET (pp. 153–182).
- Margalef, R. (1973). Information theory in ecology. <http://hdl.handle.net/10261/284346>
- Mirsky, S. B., Gallandt, E. R., Mortensen, D. A., Curran, W. S., & Shumway, D. L. (2010). Reducing the germinable weed seedbank with soil disturbance and cover crops. *Weed Research*, 50(4), 341–352. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00792.x>
- Olanayan, J., Isimikalu, T., Affinnih, K., Ahamefule, H., Ajiboye, G., & Ajala, O. (2018). Soil Properties and Land-Use Influence on Weed Occurrence in the Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Albanian Journal of Agricultural Sciences*, 17(1), 13–22.
- PAN – Pesticide Action Network Europe. Alternative Methods in Weed Management to Glyphosate; Intergrated Weed Management. Pesticide Action Network Europe: Brussels, Belgium, 2017. Available online: [https://www.pan-europe.info/sites/paneurope.info/files/Report\\_Alternatives%20to%20Glyphosate\\_July\\_2018.pdf](https://www.pan-europe.info/sites/paneurope.info/files/Report_Alternatives%20to%20Glyphosate_July_2018.pdf)
- Parish, T., Lakhani, K. H., & Sparks, T. H. (1995). Modelling the relationship between bird population variables and hedgerow, and other field margin attributes. II. Abundance of individual species and of groups of similar species. *Journal of Applied Ecology*, 362–371. <https://doi.org/10.2307/2405102>
- Piskier, T., & Sekutowski, T. R. (2013). Effect of simplified tillage on the number and distribution of weed seeds in soil. *J. Res. Appl. Agric. Eng*, 58, 109–117.
- Rahali, A., Makhlouf, M., & Benkherbache, N. (2011) Influence de l'itinéraire technique sur le stock semencier de mauvaises herbes de la zone semi-aride de Sétif. In Bouzerzour, H., Irekti, H., Vadon, B. (eds.), 4. *Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct*. Zaragoza: CIHEAM/ATU-PAM/INRAA/ITGC/FERT (pp. 153–162). (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96) <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=801430>
- Restuccia, A., Scavo, A., Lombardo, S., Pandino, G., Fontanazza, S., Anastasi, U., Cristina, A., & Mauromicale, G. (2020). Long-term effect of cover crops on species abundance and diversity of weed flora. *Plants*, 9(11), 1506. <https://doi.org/10.3390/plants9111506>
- Shang, Z.H., Deng, B., Ding, L.M., Ren, G.H., Xin, G.S., Liu, Z.Y., Wang, Y.L., & Long, R.J. (2013). The effects of three years of fencing enclosure on soil seed banks and the relationship with above-ground vegetation of degraded alpine grasslands of the Tibetan plateau. *Plant Soil*, 364 (1–2), 229–244. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1362-9>
- Smith, R. G., & Gross, K. L. (2006). Rapid change in the germinable fraction of the weed seed bank in crop rotations. *Weed science*, 54(6), 1094–1100. <https://doi.org/10.1614/WS-06-090R.1>
- Vasileiadis, V. P., Froud Williams, R. J., & Eleftherohorinos, I. G. (2007). Vertical distribution, size and composition of the weed seedbank under various tillage and herbicide treatments in a sequence of industrial crops. *Weed Research*, 47(3), 222–230. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2007.00564.x>
- Zhang, M., Chen, F., Wu, Y., Ma, Y., Guan, S., & Huang, Y. (2017). Characteristics of the soil seed bank of planted and natural restored draw-down zones in the Three Gorges Reservoir Region. *Ecological Engineering*, 103, 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.011>
- Zhang, Z., Li, R., Zhao, C. et al. (2021). Reduction in weed infestation through integrated depletion of the weed seed bank in a rice-wheat cropping system. *Agron. Sustain. Dev.*, 41, 10. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00660-1>
- Zhao, N., He, M. X., Li, H. Y., & Meng, W. Q. (2016). The influence of substrates rates on the germination characteristic of a soil seed bank. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (p. 012018). IOP Publishing. DOI10.1088/1755-1315/41/1/012018

# Chemical composition and allelopathic potential of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) essential oils against common weeds of wheat crop


Ammar Lalia, Abdelkader Harizia, Kada Righi & Zine Eddine Daikh

To cite this article: Ammar Lalia, Abdelkader Harizia, Kada Righi & Zine Eddine Daikh (25 Nov 2023): Chemical composition and allelopathic potential of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) essential oils against common weeds of wheat crop, Natural Product Research, DOI: [10.1080/14786419.2023.2287174](https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2287174)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2287174>

 View supplementary material 



---

 Published online: 25 Nov 2023.

---

 Submit your article to this journal 

---

 View related articles 


---

 View Crossmark data 

---



## Chemical composition and allelopathic potential of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) essential oils against common weeds of wheat crop

Ammar Lalia<sup>a,b</sup> , Abdelkader Harizia<sup>a</sup>, Kada Righi<sup>b</sup> and Zine Eddine Daikh<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Geo-Environment and Space Development Laboratory, Faculty of Natural Sciences and Life, Agronomy Department, Mascara University, Mascara, Algeria; <sup>b</sup>Biology Systems and Geomatics Laboratory, Faculty of Natural Sciences and Life, Agronomy Department, Mascara University, Mascara, Algeria; <sup>c</sup>Laboratory of Physical Chemistry of Macromolecules and Biological Interfaces, Faculty of Natural Sciences and Life, Mascara University, Mascara, Algeria

### ABSTRACT

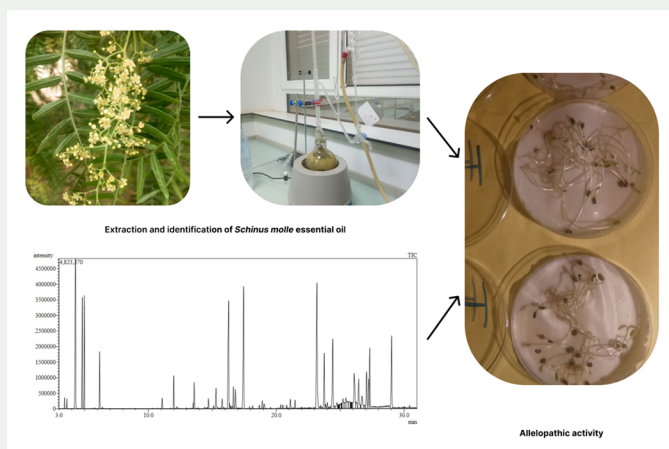
This study aims to determine the chemical composition of essential oil (EO) extracted from the aerial parts of *Schinus molle* L., as well as its phytotoxicity on germination and seedling growth against some invasive weed species of cereal crops and wheat (*Triticum durum*, cultivar Chen'S). Gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS) identified 51 components (representing 95.26% of the total EO composition). Shyobunone (10.14%), 1-phellandrene (9.63%),  $\alpha$ -cadinol (7.46%),  $\delta$ -cadinene (7.45%), and germacrene D (7.09%) were the most abundant compounds. The effect of EO on weed species germination, root and shoot growth was moderate to strong. When 0.02% and 0.03% of the oil were applied, EO had a strong phytotoxic effect, resulting in 100% failure of *Bromus rigidus* germination. In addition to determining the responsible compound, the observed phytotoxicity suggested that *S. molle* essential oil could be used as an environmentally friendly biopesticide.

### ARTICLE HISTORY


Received 7 August 2023  
Accepted 18 November 2023

### KEYWORDS

Essential oil; GC-MS; phytotoxic effect; *Schinus molle* L.; weeds



**CONTACT** Ammar Lalia  [lalia.ammar@univ-mascara.dz](mailto:lalia.ammar@univ-mascara.dz)

 Supplemental data for this article can be accessed online at <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2287174>.

© 2023 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group



## 1. Introduction

Chemical pesticide overuse has resulted in high levels of pesticide residues in agricultural products, causing severe environmental problems and posing a significant threat to human health (Wang et al. 2008). Many plants can synthesise allelopathic substances used in weed control to avoid using this chemical (Anwar et al. 2019). Secondary metabolites produced by plants can interact with other plants and organisms, in which case they are called allelochemicals and impact the surrounding ecosystem (De Lima Nogueira et al. 2017). Allelopathic chemicals can directly affect other species by reducing germination or growth, and they play an essential role in plant-plant interactions (Weir and Vivanco 2008). Essential oils (EOs) are examples of secondary plant products that typically contain various allelochemical compounds, primarily terpenoids and phenolics (Almarie 2021). These compounds have been shown to have phytotoxic effects on various physiological processes, including seed germination and seedling growth (Jilani et al. 2014). As a result, they are regarded as viable alternatives to synthetic herbicides. Several EOs and their constituents are potential reservoirs of natural herbicides regarding phytotoxicity (Jiang et al. 2021). As a result, allelopathy has increased interest in agricultural weed management as a sustainable and environmentally friendly solution (Nornasuha and Ismail 2017; Egushova and Anokhina 2022).

*Schinus molle* L. (Sapindales: Anacardiaceae), also known as the Peruvian pepper, is a South American ornamental evergreen tree with perennial foliage that is widely distributed in the Mediterranean region (Giuffrida et al. 2020) and can tolerate adverse environmental conditions (Volpini-Klein et al. 2021). Essential oils of *S. molle* demonstrated diverse biological activities, including anti-inflammatory, antidiabetic, antioxidant activity, antiproliferative activities, antibacterial, antifungal, insecticidal, antiparasitic, analgesic, cytotoxic, antitumor, antioxidant, antihypertensive, anti-inflammatory, antimycobacterial, anti-Parkinson, anti-allergic, antiviral, wound healing, chemoprotective, anthelmintic, and hepatoprotective (Abdel-Sattar et al. 2010; Bendaoud et al. 2010; El-Nashar et al. 2021; Feriani et al. 2021; Ovidi et al. 2021). Many studies have shown that *S. molle* has allelopathic activity against various species (Zahed et al. 2010; De Lima Nogueira et al. 2017). Under laboratory conditions, the current study was carried out to (1) identify the chemical composition of *S. molle* EO and (2) evaluate its phytotoxic effects on six common weed species that damage cereal crops and wheat.

## 2. Results and discussion

Table S2 shows the chemical composition of essential oils identified by hydro-distillation from the aerial parts of *S. molle*. Fifty-one compounds were identified, accounting for 95.26% of the oil. The primary component was Shyobunone at 10.14%, followed by 1-Phellandrene (9.63%),  $\alpha$ -Cadinol (7.46%),  $\delta$ -Cadinene (7.45%), Germacrene D (7.09%) and  $\alpha$ -Elemol (6.48%). The contents of oxygenated (41.18%) and hydrocarbonated sesquiterpenes (39.21%) were dominant. The contents of hydrocarbonated and oxygenated monoterpenes were 11.76% and 7.84, respectively.

## 2.1. Allelopathic effect of *Schinus molle* essential oils

Table S3 Lists the effects of each concentration of *S. molle* essential oil on weed and wheat seed germination after 7 days of sowing (as mean values). According to the findings, increasing essential oil concentrations reduced germination rate (%) and seedling growth. The essential oil had a strong inhibitory effect on weed seeds. The germination rate of weed seeds varied according to oil concentration and ranged between 0% and 46.66%. the highest oil concentrations (0.02 and 0.03%) resulted in total inhibition of *B. rigidus* and germination rates ranging from 3.33% to 33.33% for the other weed species *C. vulvaria*, *S. marianum*, *A. sterilis*, and *M. indicus*. While the control group showed germination of 93.33%–100%, the different oil concentrations showed a moderate inhibition of wheat germination (50%–98%). the differences in sensitivity observed between plants may be attributed to seed size and genetic makeup. Similarly, different *S. molle* essential oil concentrations inhibited seedling growth, with the intensity of the growth inhibitory action varying depending on the tested oil concentrations and weed species.

Tables S4 and S5 show a significant reduction in weed seed root and shoot length at all tested concentrations compared to the control group. The highest oil concentration (0.03%) resulted in any tested species' greatest root and shoot length reduction. At the same time, a moderate effect on durum wheat was observed at 0.01% and 0.02%. At 0.01%, *S. molle* oil reduced root and shoot lengths by most of any tested species, with lengths of less than 2 cm and 0.4 cm, respectively. The concentration of 0.03% inhibited total shoot growth of two weed species, *C. vulvaria* and *S. marianum*, and strong inhibition of the other species (0–0.7 cm), including durum wheat. The root and shoot lengths of the control group ranged from 4.16 to 14.96 cm for weed seeds and 5.13 to 13.70 cm for durum wheat, respectively. When compared to other geographical origins, the essential oil chemical composition of *S. molle* from north-western Algeria showed high variability in the proportions of the main constituents (Shyobunone (10.14%), 1-phellandrene (9.63%),  $\alpha$ -cadinol (7.46%),  $\delta$ -cadinene (7.45%), and germacrene D (7.09%). For example, in northeast Algeria, samples of the same plant (leaves) contained primarily  $\alpha$ -phellandrene (26.5%) and  $\beta$ -phellandrene (12.4%) (Belhamel et al. 2009). Oil samples collected from the aerial parts of *S. molle* (leaves and fruits) in Tunisia revealed a dominance of limonene +  $\beta$ -phellandrene (35.9%–65.4%),  $\alpha$ -phellandrene (24.3%–20.1%), myrcene (12.8%–7.7%), and  $\alpha$ -pinene (5.9%–1.7%) (Zahed et al. 2010).

The major compounds in the leaf essential oil hydrodistilled from *Schinus molle* grown in Costa Rica were  $\beta$ -pinene (31.1%) and  $\alpha$ -pinene (22.7%) (Diaz et al. 2008). Salem et al. (2016) reported that the significant constituents of the wood branch of *S. molle* from Egypt are  $\alpha$ -Elemol (14.79%),  $\beta$ -pinene (13.39%), myrcene (12.26%), and  $\alpha$ -phellandrene (10.41). Aboalhaja et al. (2019) and Gad et al. (2022) reported that  $\alpha$ - and  $\beta$ -phellandrenes are the major constituents of the fresh parts from trees growing in Jordan and Egypt, respectively. Garzoli et al. (2019) reported that the main components of *S. molle* oil from flowering and off-flowering leaves cultivated in Italy are Elemol, bicyclogermacrene,  $\gamma$ -eudesmol, and  $\alpha$ -eudesmol. Dried leaves of the same plant collected from Brazil contained mainly Cubenol (27.1%), caryophyllene oxide (15.3%) and spathulenol (12.4%) (Dos Santos Cavalcanti et al. 2015). The main

constituents, Germacrene D and  $\beta$ -caryophyllene were extracted from the dried leaves of *S. molle* from Yemen using both supercritical carbon dioxide and hydrodistillation methods (Ali et al. 2011). However, only a few reports mentioned the presence of the constituent Shyobunone in *Schinus molle* oil from Bolivia with a very low amount (0.1%–0.2%) (St-Gelais et al. 2016) compared to what was obtained in the present study (10.14%).

The essential composition of plants varies primarily due to the analytical methods used, the plant part extracted, and its location. Temperature, photoperiod, hygrometry, soil structure, and nutrient availability can also be attributed to genetic differences and various environmental factors (Amri et al. 2012; Nornasuha and Ismail 2017). Because of their allelopathic activity, essential oils and their constituents are being studied for weed and pest control (Anwar et al. 2019; Jilani et al. 2014). The essential oil of *S. molle* was found to have a strong allelopathic effect on the germination and seedling growth of six common weed seeds *in vitro*. The results show that germination rate, root seedling length, and shoot seedling length decreased significantly. The germination capacity and root and shoot growth were reduced even at low concentrations. The highest concentrations of *S. molle* essential oil (0.02% and 0.03%) completely inhibited seedling growth in three weed species studied (*C. vulvaria*, *S. marianum*, and *B. rigidus*). Our findings agreed with previous research on the allelopathic effects of essential oils.

Previous research has also demonstrated the allelopathic activities of some essential oils on seed germination or seedling growth in several common crop weed species (Benchaâ et al. 2018; 2019; Shixing et al. 2021). It has been reported that the essential oils and compounds of *S. molle* have phytotoxic properties that prevent seed germination and seedling growth. According to Zahed et al. (2010), a higher percentage of limonene and  $\beta$ -phellandrene in *S. molle* leaf oil could explain its high phytotoxic activity. However, in the current study, this last compound (limonene; 4.57%) was present at a low level. Several constituents found in this study have previously been reported to have phytotoxic potential, including spathulenol, germacrene B, bicyclogermacrene, globulol,  $\alpha$ - and  $\gamma$ -elemene (Kobaisy et al. 2002),  $\alpha$ -Pinene,  $\beta$ -Pinene, and Limonene (Pinheiro et al. 2016). The allelopathic effects of essential oil can be linked to all or a few significant compounds, either synergistically or additively.

### 3. Conclusion

Based on the findings, we conclude that the allelopathic effect of *S. molle* essential oil on seedling growth differed between weed species. The seedling growth of five weed species was significantly reduced, and *B. rigidus*, an invasive cereal crop weed in the semi-arid region of northwestern Algeria, was completely inhibited. However, the essential oil of *S. molle* reduced the germination of durum wheat moderately. A successful allelochemical should inhibit the germination of multiple weed species while not inhibiting crop germination. Although the allelopathic property of *S. molle* essential oil can be used to control weeds, more research is needed to identify the compounds responsible for the allelopathic effects and their mechanism of phytotoxicity.

## Disclosure statement

The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of this article.

## Funding

The authors report no funding associated with the work featured in this article.

## ORCID

Ammar Lalia  <http://orcid.org/0000-0003-4875-6686>

## References

- Abdel-Sattar E, Zaitoun AA, Farag MA, Gayed SHE, Harraz FM. 2010. Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. *Nat Prod Res.* 24(3):226–235. doi:10.1080/14786410802346223.
- Aboalhaja A, Amro R, Abaza I, Khalil E, Al-Aboudi A, Abu-Zarga M, Afifi FU. 2019. *Schinus molle* L. Collected from Jordan and Turkey: essential oil composition and anticholinesterase activity. *J Essential Oil Bearing Plants.* 22(3):704–716. doi:10.1080/0972060X.2019.1639552.
- Ali NAA, Marongiu B, Piras A, Porcedda S, Falconieri D, Al-Othman AHM. 2011. Comparative analysis of the oil and supercritical CO<sub>2</sub> extract of *Schinus molle* L. growing in Yemen. *Nat Prod Res.* 25(14):1366–1369. doi:10.1080/14786419.2010.513978.
- Almarie A. 2021. Bioherbicide potential of eucalyptus and clove oil and their combinations on four weedy species. *eijs.* :1494–1502. doi:10.24996/eijs.2021.62.5.13.
- Amri I, Gargouri S, Hamrouni L, Hanana M, Fezzani T, Jamoussi B. 2012. Chemical composition, phytotoxic and antifungal activities of *Pinus pinea* essential oil. *J Pest Sci.* 85(2):199–207. doi:10.1007/s10340-012-0419-0.
- Anwar T, Qureshi H, Parveen N, Bashir R, Qaisar U, Munazir M, Yasmin S, Basit Z, Mahmood RT, Nayyar BG, et al. 2019. Evaluation of bioherbicide potential of *Carica papaya* leaves. *Braz J Biol.* 80(3):565–573. doi:10.1590/1519-6984.216359.
- Belhamel K, Abderrahim A, Ludwig R. 2009. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Schinus molle* L. growth in Algeria. *Acta Hort.* (826):201–204. doi:10.17660/ActaHortic.2009.826.27.
- Benchaâ S, Hazzit M, Abdelkrim H. 2018. Allelopathic effect of *Eucalyptus citriodora* essential oil and its potential use as bioherbicide. *Chem Biodivers.* 15(8):e1800202. doi:10.1002/cbdv.201800202.
- Benchaâ S, Hazzit M, Zermane N, Abdelkrim H. 2019. Chemical composition and herbicidal activity of essential oils from two Labiatae species from Algeria. *J Essent Oil Res.* 31(4):335–346. doi:10.1080/10412905.2019.1567400.
- Bendaoud H, Romdhane M, Souchard JP, Cazaux S, Bouajila J. 2010. Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils. *J Food Sci.* 75(6):C466–C472. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01711.x.
- De Lima Nogueira M, Campos NA, do Santos SC, Beijo LA, Barbosa S. 2017. Allelopathic effects of aqueous and ethanolic leaves extracts of *Schinus molle* L. under different kinds of pruning. *J Agricultural Sci Technol A.* 7:169–177. doi:10.17265/2161-6256/2017.03.004.
- Diaz C, Quesada S, Brenes O, Aguilar G, Ciccio JF. 2008. Chemical composition of *Schinus molle* essential oil and its cytotoxic activity on tumour cell lines. *Nat Prod Res.* 22(17):1521–1534. doi:10.1080/14786410701848154.

- Dos Santos Cavalcanti A, de Souza Alves M, da Silva LCP, dos Santos Patrocínio D, Sanches MN, de Almeida Chaves DS, de Souza MAA. 2015. Volatiles composition and extraction kinetics from *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* leaves and fruit. *Revista Brasileira De Farmacognosia*. 25(4):356–362. doi:10.1016/j.bjp.2015.07.003.
- Egushova EA, Anokhina OV. 2022. Allelopathic effect of weed extracts on vegetable seeds. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 1010(1):012104. April(IOP Publishing. 10.1088/1755-1315/1010/1/012104
- El-Nashar HA, Mostafa NM, Abd El-Ghffar EA, Eldahshan OA, Singab ANB. 2021. The genus *Schinus* (Anacardiaceae): a review on phytochemicals and biological aspects. *Nat Prod Res*. 36(18):4839–4857. doi:10.1080/14786419.2021.2012772.
- Feriani A, Tir M, Mufti A, Caravaca AMG, Contreras MDM, Taamalli A, Carretero AS, Aldawood N, Nahdi S, Alwasel S, et al. 2021. HPLC–ESI–QTOF–MS/MS profiling and therapeutic effects of *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* fruits: investigation of their antioxidant, anti-diabetic, anti-inflammatory and antinociceptive properties. *Inflammopharmacology*. 29(2):467–481. doi:10.1007/s10787-021-00791-1.
- Gad HA, Hamza AF, Abdelgaleil SA. 2022. Chemical composition and fumigant toxicity of essential oils from ten aromatic plants growing in Egypt against different stages of confused flour beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. *Int J Trop Insect Sci*. 42(1):697–706. doi:10.1007/s42690-021-00592-7.
- Garzoli S, Laghezza Masci V, Turchetti G, Pesci L, Tiezzi A, Ovidi E. 2019. Chemical investigations of male and female leaf extracts from *Schinus molle* L. *Nat Prod Res*. 33(13):1980–1983. doi:10.1080/14786419.2018.1480624.
- Giuffrida D, Martínez N, Arrieta-Garay Y, Fariña L, Boido E, Dellacassa E. 2020. Valorisation of *Schinus molle* fruit as a source of volatile compounds in foods as flavours and fragrances. *Food Res Int*. 133:109103. doi:10.1016/j.foodres.2021.112856.
- Jiang C, Zhou S, Liu L, Toshmatov Z, Huang L, Shi K, Zhang C, Shao H. 2021. Evaluation of the phytotoxic effect of the essential oil from *Artemisia absinthium*. *Ecotoxicol Environ Saf*. 226:112856. doi:10.1016/j.ecoenv.2021.112856.
- Jilani IBH, Chebil S, Khiari R, Melki I, Saad SLB, Daoud-Bouattour A, Gammar-Ghrabi Z. 2014. Allelopathic potential of some essential oils vis-à-vis three noxious weed species invading cereals. *Intern J Agronomy Agric Res*. 4:77–97.
- Kobaisy M, Tellez MR, Dayan FE, Duke SO. 2002. Phytotoxicity and volatile constituents from leaves of *Callicarpa japonica* Thunb. *Phytochemistry*. 61(1):37–40. doi:10.1016/S0031-9422(02)00207-8.
- Nornasuha Y, Ismail BS. 2017. Sustainable weed management using allelopathic approach. *Malaysian Applied Biology*. 46(2):1–10.
- Ovidi E, Garzoli S, Laghezza Masci V, Turchetti G, Tiezzi A. 2021. GC-MS investigation and antiproliferative activities of extracts from male and female flowers of *Schinus molle* L. *Nat Prod Res*. 35(11):1923–1927. doi:10.1080/14786419.2019.1644628.
- Pinheiro PF, Costa AV, Tomaz MA, Rodrigues WN, Fialho Silva WP, Moreira Valente VM. 2016. Characterisation of the essential oil of mastic tree from different biomes and its phytotoxic potential on Cobbler's pegs. *J Essential Oil Bearing Plants*. 19(4):972–979. doi:10.1080/0972060X.2016.1197799.
- Salem MZ, Zayed MZ, Ali HM, El-Kareem A, Mamoun SM. 2016. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Schinus molle* wood branch growing in Egypt. *J Wood Sci*. 62(6):548–561. doi:10.1007/s10086-016-1583-2.
- Shixing Z, Xunzhi Z, Kai S, Caixia H, Kuchkarova N, Chi Z, Hua S. 2021. Chemical composition and allelopathic potential of the invasive plant *Solanum rostratum* Dunal essential oil. *Flora*. 274:151730. doi:10.1016/j.flora.2020.151730.
- St-Gelais A, Mathieu M, Levasseur V, Ovando JF, Escamilla R, Marceau H. 2016. Preisolamentol, shyonol and related oxygenated sesquiterpenes from Bolivian *Schinus molle* Essential Oil. *Nat Prod Commun*. 11(4):1934578X1601100. doi:10.1177/1934578X1601100432.
- Volpini-Klein AFN, Lima Júnior SE, Cardoso CAL, Cabral MR, Louro GM, Coutinho EJ, de Jesus DA, Junior DP, Simionatto E. 2021. Chemical composition of essential oils from leaves and fruits of *schinus molle* obtained by different extraction methods (hydrodistillation, fractional

- hydrodistillation and steam distillation) and seasonal variations. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 24(2):228–242. doi:[10.1080/0972060X.2021.1914739](https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1914739).
- Wang YX, Zhao X, Zhang X. 2008. The pollution of chemical pesticides to the environment and bioremediation measures. *Territory and Natural Resources. Study*. 4:69–70.
- Weir TL, Vivanco JM. 2008. Allelopathy: full circle from phytotoxicity to mechanisms of resistance. *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. 105–117. doi:[10.1007/978-0-387-77337-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-0-387-77337-7_5).
- Zahed N, Hosni K, Ben Brahim N, Kallel M, Sebei H. 2010. Allelopathic effect of *Schinus molle* essential oils on wheat germination. *Acta Physiol Plant*. 32(6):1221–1227. doi:[10.1007/s11738-010-0492-z](https://doi.org/10.1007/s11738-010-0492-z).

# Chemical composition and allelopathic potential of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) essential oils against common weeds of wheat crop

Lalia AMMAR<sup>1,2\*</sup>, Abdelkader HARIZIA<sup>1</sup>, Kada RIGHI<sup>2</sup>, Zinedinne DAIKH<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geo-Environment and Space Development Laboratory, Faculty of Natural Sciences and Life, Agronomy Department, Mascara University, 29000, Algeria.

<sup>2</sup> Biology Systems and Geomatics Laboratory, Faculty of Natural Sciences and Life, Agronomy Department, Mascara University, 29000, Algeria.

<sup>3</sup> Laboratory of Physical Chemistry of Macromolecules and Biological Interfaces, Faculty of Natural Sciences and Life, Mascara University, 29000, Algeria.

\*Corresponding author: [lalia.ammar@univ-mascara.dz](mailto:lalia.ammar@univ-mascara.dz)

ORCID: 0000-0003-4875-6686

## Abstract:

This study aims to determine the chemical composition of essential oil (EO) extracted from the aerial parts of *Schinus molle* L., as well as its phytotoxicity on germination and seedling growth against some invasive weed species of cereal crops and wheat (*Triticum durum*, cultivar Chen'S). Gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS) identified 51 components (representing 95.26% of the total EO composition). Shyobunone (10.14%), 1-phellandrene (9.63%),  $\alpha$ -cadinol (7.46%),  $\delta$ -cadinene (7.45%), and germacrene D (7.09%) were the most abundant compounds. The effect of EO on weed species germination, root and shoot growth was moderate to strong. When 0.02% and 0.03% of the oil were applied, EO had a strong phytotoxic effect, resulting in 100% failure of *Bromus rigidus* germination. In addition to determining the responsible compound, the observed phytotoxicity suggested that *S. molle* essential oil could be used as an environmentally friendly biopesticide.

**Keywords:** Essential oil; GC-MS; Phytotoxic effect; *Schinus molle* L.; Weeds.

## 1. Experimental

### 1.1. Plant materials

*Schinus molle* aerial parts (fresh leaves and flowers) were collected in February 2020 at the University of Mascara's experimental farm (3522'36.00" N, 0010'59.20" E, 474 m a.s.l.). A voucher specimen was collected and stored in the herbarium of Mascara University's geo-environment and space development laboratory. *Chenopodium vulvaria*, *Silybum marianum*, *Avena sterilis*, *Melilotus indicus*, and *Bromus rigidus* Roth seeds were collected (in 2020) from commercial wheat crops on the aforementioned experimental farm. Wheat seeds (*Triticum durum* Desf., cultivar: Chen'S) were obtained from Mascara's cereals and pulses cooperatives. These species can be found in the Geo-Environment and Space Development Laboratory using the codes listed in Table S1.

### ***1.2. Essential oil extraction and GC-MS analysis***

*S. molle* plant samples were dried in the shade for three days. The essential oil (EO) was extracted from the dried plant material (100 g) using Clevenger-type equipment (ISOLAB, Germany) for 2 h. To dry the oil sample, anhydrous sodium sulphate was used. The oils were weighed and stored at 4°C in sealed glass vials until the GC-MS analysis.  $5.4 \pm 0.02\%$  colourless oil was extracted from the samples. The oil yield was calculated using dry weight. At the Laboratory of Physical Chemistry of Biological Macromolecules and Interfaces, Faculty of Natural Sciences and Life, University of Marsala, EOs samples were analysed using GC-MS. The oil of *Schinus molle* was analysed with a SHIMADZU GC/MS (GC/MS TQ 8030, USA) equipped with a detector flame ioniser (FID) and an HP-5 (phenylmethyl siloxane, 30 m x 0.32 mm ID 0.25  $\mu\text{m}$  df) capillary column. The experiments were carried out with the following parameters: helium as the carrier gas at a flow rate of 1.2 ml/min; split mode (1:1500); injected volume = 1  $\mu\text{L}$  of diluted oil solution (0.01) in n-hexane. The oven temperature was held at 50°C for 3 minutes before being programmed to 230°C at a rate of 5°C/min. The injector and detector were kept at a temperature of 230 °C. Mass spectra were collected at 70 eV with a range of 45-600 m/z, and the compounds were identified using mass spectra compared to those in the equipment database.

### ***1.3. Allelopathic effect of Schinus molle essential oils***

*S. molle* EO was tested for phytotoxicity against the germination and seedling growth of the five weeds listed above and durum wheat. To avoid contamination, homogeneous seeds were selected and sterilised for 10 minutes in a 15% sodium hypochlorite aqueous solution before being rinsed three times with sterilised distilled water. EO concentrations of 0.01, 0.02 and 0.03% were prepared (100 mL of sterile distilled water was mixed with 10, 20, and 30  $\mu\text{L}$  of the EO, respectively), with 0.02% Tween-20 (Sigma-Aldrich, Germany) serving as an emulsifying agent. Controls were sterile distilled water and 0.02% Tween-20 in sterile distilled water (control 1 and control 2, respectively). To assess allelopathic activity, 20 seeds of each plant species were transferred separately to sterile Petri dishes (90 mm) lined with a double-layer filter paper (Whatman N°1). Then, 4 mL of each EO concentration was poured onto the plates and sealed with Parafilm® tape. It was incubated in a germination room at  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  for 12 h. Instead of EO, control plates were made with a similar volume of sterile distilled water and 0.02% Tween-20. Seedling root and shoot length were measured 7 days after sowing and seed germination (expressed as a percentage of germination calculated as the quotient of the number of seeds germinated and total seeds). A seed germinated when a 1 cm long radical protruded through the seed coat.

### ***1.4. Statistical analysis***

In a completely randomised design with six replicates per treatment, the allelopathic activity of *S. molle* EO was tested. The data on seed germination and root and shoot length were analysed using one-way ANOVA (concentrations as a factor), and differences between means were compared using Tukey's Test at  $p < 0.05$ . The mean  $\pm$  standard error (SE) of the mean was used to express the bioassay results. STATISTICA 8.0 software was used for all statistical analyses.



**Table S1.** Voucher specimen numbers for all the plants under study

Species	Family	Voucher specimen number
<i>Avena sterilis</i>	Poaceae	UGEDE-5469
<i>Bromus rigidus</i> Roth	Poaceae	UGEDE-1972
<i>Chenopodium vulvaria</i>	Chenopodiaceae	UGEDE-1939
<i>Melilotus indicus</i>	Fabaceae	UGEDE-1965
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	UGEDE-3124
<i>Silybum marianum</i>	Asteraceae	UGEDE-1111
<i>Triticum durum</i>	Poaceae	UGEDE-0030

**Table S2.** Chemical composition (%) of *Schinus molle* L. essential oil from northwestern Algeria

Retention time	Compound	Area (%)
3.441	$\beta$ -Pinene	0.32
4.306	1-Phellandrene	9.63
4.831	Limonene	4.57
4.995	Sabinene	4.93
6.192	$\rho$ -Cymene	2.30
11.080	$\alpha$ -Copaene	0.49
11.985	Guaia-3,9-diene	1.58
12.236	$\beta$ -cubebene	0.12
13.514	$\beta$ -Elemene	0.38
13.587	trans-Caryophyllene	1.29
14.699	Nealloocimene	0.51
15.106	10- $\beta$ (H)-Cadina-1(6),4-diene	0.16
15.292	$\alpha$ -Humulene	1.21
15.779	6- $\alpha$ -cadina-4,9-diene	0.66
16.277	Germacrene D	7.09
16.343	epi-Bicyclosesquiphellandrene	0.21
16.438	$\beta$ -Selinene	0.14
16.555	$\alpha$ -Selinene	0.14
16.648	$\alpha$ -muurolene	1.10
16.804	Bicyclogermacrene	1.06
17.443	$\delta$ -Cadinene	7.45
17.916	Cadina-1.4-diene	0.11
18.150	$\alpha$ -Cadinene	0.16
18.672	$\alpha$ -Phellandrene epoxide	0.19
18.905	Germacrene B	0.43
19.052	trans-Ascaridole	0.43
20.343	trans-Sesquisabinene hydrate	0.20
20.805	Longifolene aldehyde	0.18
21.104	Palustrol	0.52
21.467	Selin-6-en-4 $\alpha$ -ol	0.43
23.138	Shyobunone	10.14
23.481	$\gamma$ -Elemene	0.12
23.752	germacrene D-4-ol	2.98
24.211	Globulol	0.14
24.415	$\alpha$ -Elemol	6.48
24.900	$\delta$ -Guaijene	0.13
25.100	Cubenol	0.22
25.211	spatulanol	0.87
25.571	$\alpha$ -Eudesmol	0.76
25.727	Isospathulenol	0.85
25.870	Acoradiene	0.17
25.896	Santolina alcohol	0.20
26.093	$\gamma$ -Eudesmol	4.11
26.248	Guaiol	1.26
26.705	$\alpha$ -Muurolol	1.93
26.896	Bulnesol	0.29
27.061	Agarupsirol	2.52
27.226	$\beta$ -eudesmol	1.73
27.310	$\alpha$ -Cadinol	7.46
29.024	Carotol	4.74
30.432	Pinanediol	0.17
	Total	95.26
	Hydrocarbon monoterpenes	11.76

Oxygenated monoterpenes	7.84
Hydrocarbon sesquiterpenes	39.21
Oxygenated sesquiterpenes	41.18

**Table S3.** The effect of *Schinus molle* L. essential oils on germination rate % of weed species and wheat

Essential oils	Species					
	Durum wheat	<i>C. vulvaria</i>	<i>S. marianum</i>	<i>A. sterilis</i>	<i>M. indicus</i>	<i>B. rigidus</i>
Control 1	100±0 <sup>a</sup>	93.33±0 <sup>a</sup>	100±0 <sup>a</sup>	100±0 <sup>a</sup>	98.33±1.66 <sup>a</sup>	96.67±3.33 <sup>a</sup>
Control 2	98±1.66 <sup>a</sup>	91.67±0 <sup>a</sup>	100±0 <sup>a</sup>	93.33±3.33 <sup>a</sup>	95±2.87 <sup>a</sup>	93.33±3.33 <sup>a</sup>
0.01%	86.67±1.67 <sup>ab</sup>	46.66±1.66 <sup>b</sup>	18.33±8.81 <sup>b</sup>	40±5.77 <sup>b</sup>	40±7.64 <sup>b</sup>	10±0 <sup>b</sup>
0.02%	73.33±1.67 <sup>b</sup>	33.33±6.67 <sup>b</sup>	10±2.87 <sup>b</sup>	20±5.77 <sup>c</sup>	13.33±4.41 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>
0.03%	50±7.63 <sup>c</sup>	5±0 <sup>c</sup>	3.33±3.33 <sup>b</sup>	6.67±3.33 <sup>c</sup>	3.33±1.66 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>

Means in the same column followed by different letters differ significantly according to Tukey test at  $P \leq 0.05$ .

**Table S4.** The effect of *Schinus molle* L. essential oils on root length (cm) of weed species and wheat

Essential oils	Species					
	Durum wheat	<i>C. vulvaria</i>	<i>S. marianum</i>	<i>A. sterilis</i>	<i>M. indicus</i>	<i>B. rigidus</i>
Control 1	9.1±0.15 <sup>a</sup>	4.16±0.12 <sup>a</sup>	14.96±0.07 <sup>a</sup>	14.23±0.91 <sup>a</sup>	4.3±0.3 <sup>a</sup>	10.16±0.67 <sup>a</sup>
Control 2	8.6±1.66 <sup>a</sup>	3.36±0.32 <sup>a</sup>	14.26±0.17 <sup>a</sup>	11.60±0.2 <sup>ab</sup>	4.3±0.1 <sup>a</sup>	9.36±0.70 <sup>a</sup>
0.01%	7.2±0.25 <sup>b</sup>	2.06±0.23 <sup>b</sup>	6.9±0.73 <sup>b</sup>	10.17±0.48 <sup>bc</sup>	3.27±0.14 <sup>b</sup>	8.2±0.15 <sup>a</sup>
0.02%	5.3±0.15 <sup>c</sup>	1.26±0.27 <sup>b</sup>	3.33±0.17 <sup>c</sup>	6.97±0.59 <sup>c</sup>	2.5±0 <sup>b</sup>	0±0 <sup>b</sup>
0.03%	1.1±0.06 <sup>d</sup>	1.1±0.06 <sup>b</sup>	0.73±0.43 <sup>d</sup>	1.53±1.03 <sup>d</sup>	1.33±0.17 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>

Means in the same column followed by different letters differ significantly according to Tukey test at  $P \leq 0.05$ .

**Table S5.** The effect of *Schinus molle* L. essential oils on shoot length (cm) of weed species and wheat

Essential oils	Durum wheat	Species				
		<i>C. vulvaria</i>	<i>S. marianum</i>	<i>A. sterilis</i>	<i>M. indicus</i>	<i>B. rigidus</i>
Control 1	10.5±0.72 <sup>a</sup>	6.07±0.63 <sup>a</sup>	8.07±0.07 <sup>a</sup>	13.70±0.46 <sup>a</sup>	6.23±0.14 <sup>a</sup>	9.69±0.63 <sup>a</sup>
Control 2	8.4±0.30 <sup>b</sup>	5.13±0.03 <sup>a</sup>	8±0 <sup>a</sup>	12±0.35 <sup>a</sup>	6.16±0.17 <sup>a</sup>	8.93±0.29 <sup>a</sup>
0.01%	7.9±0.29 <sup>b</sup>	2.63±0.20 <sup>b</sup>	4.67±0.27 <sup>b</sup>	12.07±0.8 <sup>a</sup>	5.8±0.40 <sup>a</sup>	6.83±0.44 <sup>b</sup>
0.02%	5.9±0.15 <sup>c</sup>	0.8±0.15 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>	5.67±0.69 <sup>b</sup>	2.7±0.23 <sup>b</sup>	0±0 <sup>c</sup>
0.03%	0.7±0.37 <sup>d</sup>	0±0 <sup>c</sup>	0±0 <sup>c</sup>	0.4±0.4 <sup>c</sup>	2.1±0.1 <sup>b</sup>	0±0 <sup>c</sup>

Means in the same column followed by different letters differ significantly according to Tukey test at  $P \leq 0.05$ .