REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED KHIDER - BISKRA

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

Département des sciences agronomiques

THESE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Présentée par

M^{elle} MENASRIA Hanane

THEME

L'EFFET DE LA ROTATION SUR LA DYNAMIQUE DE LA FLORE ADVENTICE ET LE COMPORTEMENT DE LA CULTURE DU BLE EN SEMIS DIRECT

Membres du jury

Président	Mr. MEHAOUA Med Seghir	Professeur	Université de Biskra
Directeur de thèse	Mr. FENNI Mohamed	Professeur	Université de Sétif1
Examinateur	Mme. BEDJAOUI Hanane	MCA	Université de Biskra
Examinateur	Mr. MERDAS Saifi	Professeur	CRAT Constantine

Année universitaire 2024-2025

REMERCIMMENT

Dans l'espoir que Dieu agréera nos louanges et nos remerciements pour son guidage et son assistance dans notre contribution, aussi modeste soit-elle, à l'édifice immense qu'est cette science, nous le prions de nous éclairer davantage sur ce sujet. Cette nature mystérieuse, qui demeure une quête inachevée, est au cœur de nos préoccupations.

L'achèvement de cette thèse a été rendu possible grâce au soutien et à l'assistance inestimables de nombreuses personnes, auxquelles je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de thèse, M. MOHAMED FENNI. Je tiens à le remercier pour sa supervision dévouée, son orientation et ses précieux conseils.

Je tiens à remercier chaleureusement tous les membres du jury pour leur remarquable implication remarquable et leur professionnalisme avéré, Mr le président MEHAOUA Med Seghir ainsi que les membres examinateurs ; Mr MERDAS Saifi Et Mme BEDJAOUI Hanane.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à M. BOUKHLIF R. pour m'avoir offert l'opportunité unique de mener à bien mon travail de terrain, pour ses encouragements continus et son soutien sans faille

Je tiens également à exprimer ma gratitude à tous les cadres et techniciens de la station ITGC de Sétif pour leur précieuse contribution.

Je tiens à remercier du fond du cœur mon frère **RIMI (MEHFOUDH).** Sa disponibilité, sa patience et son accompagnement sur le terrain ont été inestimables.

Je remercie infiniment mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi. Et je remercie également tous les membres de ma famille pour leur soutien si précieux.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide inestimable dans la réalisation de cette thèse : Dr. Oumene Tarek, et Dr Taher Chaouche Souad.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers tous mes amis et mes collègues. Leur soutien moral et intellectuel m'a beaucoup apporté, et je leur en suis vraiment reconnaissant.

Table de matiére

Liste des tableaux
Liste des figures
Introduction générale 1
Partie I. Synthèse bibliographique 4
Chapitre1 : L'état de culture du blé dur en Algérie et l'agriculture de conservation 4
1.1. Introduction 4
1.2. Généralité sur le blé dur 5
1.3. Besoins pédoclimatiques de blé dur 7
1.4. Situation de la production du blé dur dans le monde et en Algérie 8
1.5. Contraintes de la production du blé dur en Algérie 9
1.6. Impact de l'agriculture conservatrice sur la culture de blé dur 11
Chapitre2. Présentation de la région d'étude 14
2.1. Situation géographique 14
2.1.1. Relief 14
2.1.2. Climat 16
2.1.2.1. Températures 16
2.1.2.2. Précipitations 17
2.1.2.3. Vents 18
2.1.3. Synthèse climatique 19
2.1.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen 19
2.1.3.2. Le climagramme d'Emberger 20
2.1.4. Sols 21
2.1.5. Potentialité agricole et diversité de la flore la région de Sétif 22
Partie II. Partie expérimentale & resultats 24
Chapitre 1 : L'incidence de semis direct et la rotation sur la flore adventice 24
1.1. Introduction 24
1.2. Matériel et méthodes 25
1.2.1. Matériel 25

1.2.1.1. Matériel végétal 25
1.2.1.2. Le sol 25
1.2.1.3. Matériel de manipulation 25
1.2.2. Méthodes de travail 26
1.2.2.1. Choix des parcelles expérimentaux 26
1.2.2.2. Méthodes d'échantillonnage de la flore adventice 27
1.2.2.3. Détermination des caractéristiques du sol 29
1.2.2.4. Identification et conservation des mauvaises herbes 29
1.2.2.5. Analyse de diversité la flore adventice 30
1.2.3. Analyse statistique 32
1.3. Résultats et discussion 32
1.3.1. Caractérisation du sol 32
1.3.2. Recensement et composition de la flore adventice 36
1.3.3. Variation spatio-temporelle de la flore adventice 45
1.3.4. Variation de la flore adventice en fonction des formes biologiques 52
1.3.5. Variation de la flore adventice en fonction des origines biogéographiques 53
1.3.6. Richesse de la flore adventice en fonction de l'effort d'échantillonnage 54
1.3.6.1. Lors de la première campagne agricole 54
1.3.6.1.1. Avant la mise en culture 54
1.3.6.1.2. Durant la monoculture du blé dur d'hiver 56
1.3.6.2. Lors de la deuxième campagne agricole 58
1.3.6.3. Comparaison de l'effort d'échantillonnage intra-site 60
1.3.7. Structure et organisation spatio-temporelle des peuplements d'adventices 63
1.3.7.1. Durant la première campagne dans les deux sites d'étude 63
1.3.7.2. Diversité des adventices en fonction des stades phénologiques du blé 66
1.3.7.3. Durant la deuxième campagne dans les deux sites d'étude 68
1.3.8. Analyse statistique du peuplement d'adventices 69

1.3.9. Indices de biodiversité de la flore adventice 74

1.3.10. Conclusion

Chapitre 2 : Comportement de la culture du blé dur conduit en semi-direct 77

2.1. Introduction 77

2.2. Matériel et méthodes 77

2.2.1. Matériel de travail 77

2.2.1.1. Choix des variétés des cultures 77

2.2.2. Méthode de travail 79

2.2.2.1. Caractérisation des champs expérimentaux 79

2.2.2.2. Technique de semis et de fertilisation 79

2.2.2.3. Dispositif expérimental 80

2.2.2.4. Les paramètres de rendement mesurés 81

2.2.2.5. Analyses statistiques 82

2.3. Résultats et discussion 82

2.3.1. Paramètres de rendement en fonction des précédents culturaux du champ de Beni-Fouda 82

2.3.1.1 Le nombre de plants/m² 86

2.3.1.2 Le nombre d'épis par mètre carré (NS/m²) 87

2.3.1.3 Le nombre d'épis par plants (NS/P) 88

2.3.1.4 Rendement de grains par mètre (GY/m²) 88

2.3.1.5 Poids de 1000 grains (WTKg) 89

2.3.1.6 Rendement en paille (YP/m²) 90

2.3.1.7 Indice de récoltes (HI%) 91

2.3.1.8 Rendement en biomasse (BY/m²) 92

2.3.1.9 Infestation par mauvaises herbes (WN/m²) 92

2.3.1.10 Paramètres du traitement de l'épi 93

2.3.1.10.1 Hauteur de plants (HP cm) 93

2.3.1.10.2 Nombre d'épillets / épi (NS/S) 94

2.3.1.10.3 Nombre de grain/épis (GN/S) 94

2.3.1.10.4 Poids de grain/épis (GW/S) 94

2.3.2. Paramètres de rendement à Rmada en fonction des doses de semis des variétés Bousselam et Waha. 95

2.3.2.1 Le nombre de plants /m² 99

2.3.2.2 Le nombre d'épis par mètre carré (NS/m²) 101

2.3.2.3 Le nombre d'épis par plants (NS/P) 102

2.3.2.4 Rendement de grain par mètre carré (GY/m²) 102

2.3.2.5 Poids de 1000 graines (WTK g) 103

2.3.2.6 Rendements en paille (g/m²) 104

2.3.2.7 Indice de récolte (HI%) 104

2.3.2.8 Rendement en Biomasse (BY/m²) 105

2.3.2.9 Infestation par mauvaise herbes (W/m²) 105

2.3.2.10 Hauteur de plants (HP cm) 106

2.3.2.11 Nombre d'épillet/ épis (NS/S) 106

2.3.2.12 Nombre de grain/épis (GN/S) 107

2.3.2.13 Poids de grains/épis : (GW/S) 107

2.3.2.14 Conclusion

Conclusion générale et perspectives 109

Références bibliographiques 112

Résumé

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Données des Températures maximales, moyennes et minimales de la période 1988-2014 et des années d'étude 2015, 2016, et 2017 dans la région de Sétif(ONM).	16
02	Les analyses physiques et chimiques du sol et leurs méthodes utilisées	29
03	Caractérisation physico-chimique du sol à Beni-Fouda	33
04	Propriétés chimique et physique du sol à Rmada	34
05	Liste des espèces de plantes adventices inventoriées durant les campagnes d'étude dans la région de Sétif	37
06	Variation des espèces par mois recensée durant la campagne 2015-2016	40
07	Les espèces ubiquistes de la campagne 2015-2016	41
08	Variation des espèces par mois recensée durant la campagne 2016-2017	41
09	Les espèces ubiquistes de la campagne 2016-2017	42
10	La liste des espèces de plantes adventices inventoriées durant les campagnes d'études dans les deux sites de Beni-Fouda et de Rmada (Sétif). ("LC": préoccupation mineure,"VU": vulnérable,"CR": en danger critique)	45
11	Caractérisation de la flore adventice durant les deux campagnes (2015/2016 et 2016/2017, dans les deux sites A.C : Avant la culture, D.C : Durant la culture).	47
12	Résultats de l'estimateur Chao 1 pour les deux sites avant la mise de culture (SBF : site Beni-Fouda, SR : site Rmada, FC : première campagne, BC : avant la mise en culture)	55
13	Résultats de l'estimateur Chao 1 pour les deux sites durant la monoculture de blé dur d'hiver (SBF : site Beni-Fouda, SR : site Rmada, FC : première campagne, DC : durant la culture).	57
14	Résultats de l'estimateur Chao 1 pour les deux sites étudiés durant la rotation de culture	59
15	Résultats cumulatifs de l'estimateur Chao 1 pour les deux sites et durant les deux campagnes	62
16	Diversité spécifique et Abondance de la flore adventice au champ de Beni-	64

	Fouda durant la première campagne et avant la mise en culture	
17	Diversité spécifique et Abondance de la flore adventices au champ de Beni-Fouda durant la première campagne et après la mise en culture (blé dur)	64
18	Diversité spécifique et Abondance de la flore adventices au champ de Rmada durant la première campagne et avant la mise en culture	65
19	Diversité spécifique et Abondance de la flore adventices au champ de Rmada durant la première compagne et après la mise en culture (blé dur)	66
20	Importance qualitative et quantitative des espèces d'adventices en fonction des stades phénologiques dans le site de Beni-Fouda) (Avant-semis :(AS), Semis :(S) , stade 3 Feuilles :(3F) , Tallage :(T),Plein Tallage :(PT) , Epiaison (E) , Remplissage de grains : (RG) , Maturation (M).	67
21	Importance qualitative et quantitative des espèces d'adventices en fonction des stades phénologiques dans le site de Rmada) (Avant-semis :(AS), Semis :(S) , stade 3 Feuilles :(3F) , Tallage :(T),Plein Tallage :(PT) , Epiaison (E) , Remplissage de grains : (RG) , Maturation (M).	67
22	Diversité spécifique et Abondance de la flore adventices au champ de Beni-Fouda durant la seconde campagne et au cours de la rotation	68
23	Diversité spécifique et Abondance de la flore adventices au champ de Rmada durant la seconde campagne et au cours de la rotation	69
24	Valeurs des indices de diversité des deux sites (2015/2016 et 2016/2017)	74
25	L'ANOVA des Paramètre de rendement de la ferme privée à Beni fouda	83
26	Coefficients de corrélation des variables analysées (paramètres de rendement et les précédents culturaux avec les principales composantes retenues de l'analyse en composantes principales.	85
27	L'ANOVA des Paramètre de rendement de la ferme étatique à Rmada	95
28	Coefficients de corrélation des variables analysées (paramètres de rendement / doses de semis des deux variétés) avec les principales composantes retenues de l'analyse en ACP	98

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Schémas ; A : les feuilles du blé, B : la graine du blé	6
2	Situation géographique de la région de Sétif	14
3	Carte des reliefs de la wilaya de Sétif (Djenba, 2022)	15
4	Les cumules annuelles des précipitations de la période 1988-2014 et des années d'études 2015,2016 et région de Sétif (ONM 2017 dans l'Office rationnelle météorologique).	17
5	Distributions mensuelles de la pluviométrie durant de la période 1988-2014 et des années d'études 2015,2016 et 2017 dans la région de Sétif (ONM).	18
6	Vitesse de vents dans la région de Sétif durant de la période 1988-2014 et la période d'étude (2015-2017) (ONM)	19
7	Le diagramme ombrothermique de *Gaussen* de la région de Sétif de la période 1981-2014	20
8	Situation de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger selon les données climatiques de la période de 1988-2014	21
9	Quadrat de prélèvement des adventices et des épis de blé dur.	26
10	Localisation géographique des deux champs prospectés.	28
11	Profil du sol de la ferme privée de Boukhelif (Beni-Fouda)	33
12	Profil du sol de la ferme expérimentale d'ITGC à Rmada	34
13	Richesse spécifique et en genre par familles recensées dans la région de Sétif	39
14	Nombre des genres et des espèces par familles recensées dans le territoire de Beni-Fouda et de Rmada (Sétif).	43
15	Nombre des genres et des espèces par familles recensées dans les deux sites de Beni-Fouda et de Rmada	46
16	Diversité spécifique de la flore adventice associée aux différentes rotations dans le site de Beni-Fouda (BD : blé dur, L : lentille, T : triticale, V : vesce).	50
17	Diversité spécifique de la flore adventice associée aux différentes rotations dans le site de Rmada (BD : blé dur, L : lentille, T : triticale, P : pois).	50
18	Différentes formes biologiques de la flore adventice recensée dans les deux sites et durant la période d'études	53
19	Origine de la flore adventice recensée dans les deux sites et durant la période d'étude.	54
20	Courbes de raréfaction et d'explorations réalisées A : site de Beni Fouda (SBF), B:	56

site de Rmada (SR), C : comparaison entre les deux sites (FC: première compagne, BC : avant mise en culture).

21 Courbes de raréfaction et d'explorations réalisées. A : site de Beni Fouda (SBF), B: site de Rmada (SR), C : comparaison entre les deux sites, FC: première compagne, DC : durant la culture. 58

22 Courbes de raréfaction et d'explorations réalisées A : site de Beni Fouda (SBF), site de Rmada (SR), B : comparaison entre les deux sites. 59

23 Courbes de raréfaction et d'exploration réalisées, A : site de Beni-Fouda (SBF) durant la première campagne, B : site de Rmada (SR) durant la première campagne, C et D : comparaison entre les deux sites durant la première campagne, E : comparaison entre les deux sites durant les deux campagnes (FC : première campagne, SC : seconde campagne, DCp : durant la culture, BCp : avant la mise en culture. 61

24 (A)Projection des individus des espèces recensées sur les plans factoriels 1et 2 (ACP) selon les périodes et les sites étudiés sur la base des variables d'abondance, de densité et de fréquence (B) Arbre hiérarchique des espèces d'adventices dans les deux sites pendant les deux campagnes 70

25 Comparaison de nombre d'espèces entre les deux champs pendant les deux campagnes (AMC : avant la mise en culture, SC : seconde campagne, PC : première campagne, DC : durant la culture) 70

26 Comparaison des rotations entre les deux champs durant les deux campagnes, A : en nombre d'espèces, B : en nombre de plants (B/B : blé/blé, B/L: blé/lentille, B/T : blé/triticale, B/LG : blé/ légumineuse R:site Rmada, BF : site Beni-Fouda) 71

27 la richesse en espèces(A) et des individus(B) dans les deux sites au cours des ceux compagnes. (RDC bleu : durant les cultures de rotation, WBC rouge : Avant la mise en culture de blé, WDC vert : durant la culture de blé) 75

28 Projection graphique des paramètres de rendement en fonction des précédents culturaux sur les plans axes CP 1* CP2. 84

29 Classification ascendante hiérarchique (CAH) représentant le groupement des différents précédents culturaux en fonction des paramètres de rendement à Beni-Fouda. 85

30 Projection graphique des paramètres de rendement en fonction des doses de semis des deux variétés sur les plans axes CP 1* CP2. 97

31 Classification ascendante hiérarchique (CAH) représentant le groupement de différentes doses de semis des deux variétés Waha et Bousselam en fonction des paramètres de rendements à Rmada. 99

32 Taux de levé de plantes des deux variétés testées en fonction des différentes doses de semis 100

I. Introduction générale

La sécurité alimentaire reste toujours un sujet d'actualité qui touche plusieurs populations des pays en développement. Effectivement, chaque année, l'état algérien a recours à des importations massives de céréales (blé, orge, riz, ...) qui ont des impacts hostiles sur son revenu économique. À l'échelle mondiale, l'Algérie est classée en troisième rang comme importateur des céréales après l'Égypte et l'Indonésie **(MADR, 2017**). Les statistiques du ministere d'agriculture et developpement rural de 2017**,** ont noté que la facture d'achat des céréales représente en moyenne 30 % des produits agricoles importés, et elle est passée de 5,7 millions de dollars pendant la période 2006-2010 à 9,2 millions de dollars pour la période 2011-2017. En 2017, l'Algérie a importé 13 millions de tonnes (**Bessaoud et *al*., 2019**), tandis que pendant la campagne 2023-2024, les importations de céréales sont estimées à 14 millions de tonnes (**Bouaricha, 2024**).

La production nationale des céréales est souvent déficitaire en blé tendre qui ne représente que 20 % de la production totale, avec une facture d'achat qui dépasse 49 % sur le marché international ; Grâce à l'impact de cette insuffisance, la production en blé tendre ne dépasse pas 42 millions de quintaux, ce qui représente seulement 30% de notre besoin national**;** Par contre, le blé dur fait une part de 50 % de la production céréalière, sa couverture de l'importation est de 45 % (**MADR, 2017**). En plus, son volume d'achat est atteint de 1,28 million de tonnes lors de la campagne 2022/2023, avec des prévisions d'augmentation jusqu'à 1,5 million de tonnes en 2023/2024, ce qui représente 8% de plus (**Bouaricha, 2024**). A ce propos, la production céréalière demeure faible en raison d'une baisse de la récolte de blé qui représente 70 % de la production totale. Toutefois, les céréales sont essentiellement des cultures pluviales, et la variabilité des rendements dépend de la quantité et de la répartition des précipitations (**Bouaricha, 2024**).

En Algérie, la région des Hauts Plateaux Sétifiens est l'une des zones privilégiées pour la la céréaliculture (**Bouzerzour *et al.*, 2006, Chennafi, 2010**). Une politique d'intensification céréalière y est menée, fondée sur la mécanisation totale de la culture et l'utilisation optimale des intrants chimiques (engrais azoté et produits phytosanitaires). **Djenane (1992)** a estimé que l'évolution des rendements de céréales pendant la période 1983-1991 était défavorable. Ces rendements moyens enregistrés sont oscillés de 5 à 6 q/ha **(Kribaa, 1992)**. Cette faible production est justifiée par l'absence de référentiels techniques fondés sur des modèles agronomiques bien établis dans cette région (**Lahmer, 1993)**, ainsi que l'irrégularité de la pluviométrie en climat semi-aride qui ne dépasse pas en moyenne 350 mm/ année.

Par ailleurs, dans les Hautes Plaines Sétifiennes, le mécanisme de généralisation de l'agriculture céréalière pluviale intensive a affecté la productivité et la richesse des terres, provoquant la dégradation de leurs propriétés physiques et chimiques, et intensifiant l'ampleur de l'érosion (**Lahmer, 1993**). Une multiplication des situations d'impasse technique liées à l'épuisement des sols et aux résistances aux herbicides a handicapé l'optimisation des rendements, même en éliminant la contrainte hydrique (**Lahmer, 1993**). Face à cette situation, il est clairement établi qu'il est nécessaire de recourir aux pratiques de l'agriculture de conservation afin de protéger et améliorer l'utilisation des ressources naturelles disponibles, grâce à une gestion intégrée des sols, de l'eau et d'autres ressources (**FAO, 2020**). Elle s'appuie essentiellement sur trois pratiques qui sont la rotation des cultures, le labour minimal et la couverture permanente du sol (**FAO, 2020**).

La rotation culturale est un système où différentes cultures se succèdent de manière récurrente et ordonnée dans le temps sur une même parcelle agricole (**Vilain, 1989**). Son importance est perceptible à travers les effets précédents, qui affectent l'évolution des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques causée par la culture précédente, ainsi que la réaction de la culture suivante (**Sebillotte, 1990**). De plus, les effets agronomiques cumulatifs liés à la diversification de la succession culturale sont souvent bénéfiques pour la croissance des cultures de rente et pour le contrôle des bio-agresseurs (adventices, agents pathogènes, etc.) (**Schneider et al., 2010**). Des techniques antiérosives, telles que le semis direct et le labour minimum du sol, ainsi que le maintien des résidus sur le sol, étaient constamment préconisées dans un contexte de développement durable et d'amélioration des rendements (**Hannachi et Fellahi, 2010**).

La pratique de l'agriculture de conservation est admise dès l'année 2005 dans les Hauts plateaux Sétifiens. Néanmoins, le démarrage concret n'est abouti qu'après le début d'un projet CANA (Adapting conservation agriculture for rapid adoption by small holder farmers in North Africa : Algeria, Morroco and Tunisia) sur l'agriculture de conservation, en partenariat avec les Australiens en 2012.

Parmi les différentes techniques de l'agriculture de conservation, le semis direct occupe une position cruciale. A cet égard, durant la campagne 2009/2010 à la wilaya de Sétif, les agriculteurs ont commencé à l'appliquer sur une superficie de 30 ha pour le blé dur, 35 ha pour le blé tendre et 9 ha seulement pour la lentille. Cette nouvelle pratique est répartie entre 4 fermes pilotes privées et une étatique **(Chabane, 2014)**. En revanche, lors de la campagne agricole 2010/2011, cette superficie est élargie sur plusieurs exploitations agricoles Sétifiennes avec

presque 660 ha **(Chabane, 2014)**. Les premiers bilans de rendements des cultures sous semis direct ainsi que son impact sur la flore adventice sont apparues dès l'année 2011. En fait, ces rendements de blé étaient relativement intéressants avec des moyens de 30 q/ha **(Chabane, 2014)**. Ces déductions sont confirmées par l'analyse des résultats définitifs du projet CANA. En outre, **Rouabhi et *al.* (2016)** ont témoigné que la technique du semis direct (SD) agit positivement sur le revenu économique de certaines exploitations Sétifiennes et sur d'autres aspects techniques. Certes, l'uniformisation de l'adoption de la technique du SD se heurte de certains nombres de contraintes concernant les aspects techniques (manque de contrôle des semoirs et infestation par les mauvaises herbes), sociaux (pâturage illégal) et économiques **(Rouabhi et *al.*, 2016)**. Après trois années de pratique des techniques conservatrices, **Boudiar (2013)** a constaté leur impact sur l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques du sol. Par contre, ces techniques n'ont pas d'effet notable sur la végétation, car plusieurs infestations causées par l'envahissement des espèces de mauvaises herbes sont notées dans ces parcelles et surtout dans le cas de la rotation biannuelle pratiquée **(Boudiar, 2013)**.

C'est dans ce contexte que cette étude a été menée, afin d'étayer les travaux précédents et d'approfondir l'analyse de l'effet de ces techniques conservatrices que sont la rotation et le semis direct (SD) sur la flore adventice et la culture du blé dur. Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Évaluer l'effet des rotations de cultures sur la diversité et la dynamique des mauvaises herbes,
- Et analyser le comportement de la culture du blé dur d'hiver conduite en semis direct sous les conditions climatiques de la région d'étude.

Le manuscrit est divisé en deux grandes parties. La première est consacrée, dans un premier chapitre, à une étude bibliographique succincte sur le sujet, puis une description complète de la région de Sétif est présentée dans un deuxième chapitre. La deuxième partie, expérimentale, est composée de deux principaux chapitres. Le premier est consacré à une évaluation détaillée de la diversité et de la dynamique des mauvaises herbes, tandis que la deuxième porte sur l'analyse du comportement de la culture du blé dur d'hiver conduite en semis direct dans la région d'étude.

Partie I. Synthèse bibliographique

Chapitre1 : L'état de culture du blé dur en Algérie et l'agriculture de conservation

1.1. Introduction

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base en Algérie et dans les pays maghrébins. Le blé dur est un produit emblématique et millénaire dans la région méditerranéenne où ils assurent un apport significatif d'énergie et de protéines (**Abecassis et *al.*, 2017**). C'est un produit enraciné dans la tradition avec la semoule et ses sous-produits. Cependant, un changement radical du modèle de consommation des Algériens ces dernières décennies s'y produit, avec une consommation massive de farine, qui propulse le blé tendre au premier rang des importations, représentant 90 % du total d'importation céréalière (**Bekkis et *al.*, 2022**).

En Algérie, la filière céréalière constitue l'un des principaux piliers de la production agricole, elle occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 millions d'hectares **(Djermoun, 2009)**. La consommation de produits céréaliers est estimée à 205 kg/habitant/an **(Chehat, 2007)**. Récemment, elle est considérée à plus de 230 kg par habitant/an en 2020 **(Benabid, 2020)**.

Afin de subvenir aux besoins de la population, l'Algérie a recours massivement aux importations, d'une part, et au développement de la filière de production agricole de céréales, surtout à partir des années 2000, grâce à des programmes de développement agricole (**Bekkis et *al.*, 2022**). Bien que les efforts consentis par le gouvernement pour accroître la filière blé soient considérables, l'autosuffisance reste un défi à relever pour répondre aux besoins d'une population en pleine expansion (**Chabane & Boussard, 2012**). En raison des diverses contraintes climatiques, techniques, économiques et sociales, l'amélioration des rendements de la céréaliculture Algérienne est entravée, malgré le soutien notable de l'État à cette activité **(Chabane & Boussard, 2012)**. La faible production céréalière signalée par ces derniers auteurs témoigne d'une maîtrise insuffisante des rendements, qui oscillent entre 8 et 15 q/ha, restant aussi bas qu'aléatoires. **Zaghouane *et al.* (2006)** ont montré que l'amélioration de la céréaliculture requiert l'application de techniques nouvelles, en guise d'alternatives pour corriger l'impact négatif des systèmes de production conventionnels, comme le semis direct sous couvert végétal et les rotations des cultures. Une description de l'importance de ces techniques pour développer la production céréalière et ainsi gérer convenablement les adventices est

indispensable. Enfin, plusieurs éléments conditionnent la mise en place de pratiques favorables à la régulation des adventices. La fertilisation organique, l'allongement et la diversification des rotations sont notamment des techniques qui semblent avoir un impact positif. Par ailleurs, la mise en œuvre de ces systèmes de cultures est plus complexe et dépend de la stratégie décisionnelle générale de l'agriculteur **(Bretin, 2015).**

1.2. Généralité sur le blé dur

D'après **Wang et *al*. (1997),** *Triticum speltoides* est probablement le donneur maternel du blé dur et le génome de *T. speltoides* s'apparente plus au génome B du blé dur et du blé tendre **(Khlestkina & Salina, 2001**). Le résultat de cette hybridation naturelle est l'amidonnier sauvage (*Triticum turgidum ssp. dicoccoides* (Korn.), qui a créé une variabilité des blés tétraploïdes, au cours des milliers d'années de culture et de sélection, dans les régions du Proche-Orient jusqu'aux grandes régions productrices de la Méditerranée et du Moyen-Orient, y compris en Égypte et en Éthiopie **(Bozzini, 1988).**

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. (Triticum durum Desf*) est une plante monocotylédone, annuelle de la famille des Graminées, semée à l'automne (blé d'hiver) ou au printemps (blé de printemps). Elle se caractérise par une tige rectiligne cylindrique, dressée, habituellement creuse et/ou pleine, et subdivisée entre les nœuds (**Clarke & coll., 2002**), cette tige peut être naine, semi-nain ou haute. Les talles se forment à partir de bourgeons axillaires situés aux nœuds de la base de la tige principale. Aux conditions normales, une plante peut produire jusqu'à trois brins, en plus de la tige principale, et chacun de ces brins porte une inflorescence en épi terminal (**Bozzini, 1988**). Les feuilles de blé dur sont aplaties et disposées en deux rangées opposées autour de la tige. Elles se composent d'une gaine entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) (**Fig.1.A**) (**Clerget, 2011**).

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre-nœuds. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur peut donner lieu à un fruit à une seule graine, appelé caryopse. Chaque graine contient un large endosperme ainsi qu'un embryon aplati situé à l'apex de la graine, à proximité de la base de la fleur (**Fig.1.B**) (**Bozzini, 1988**). Le blé dur (du latin durum) est le blé dont le grain est le plus dur. Riche en protéines, il est apprécié des

transformateurs pour la préparation de pâtes alimentaires grâce à la force de son gluten. Les grains de blé dur sont ambrés et plus gros que ceux des autres catégories de blé. Il se distingue également par la couleur jaune de l'endosperme, qui donne aux pâtes alimentaires une couleur dorée **(Clarke & coll., 2005)**.

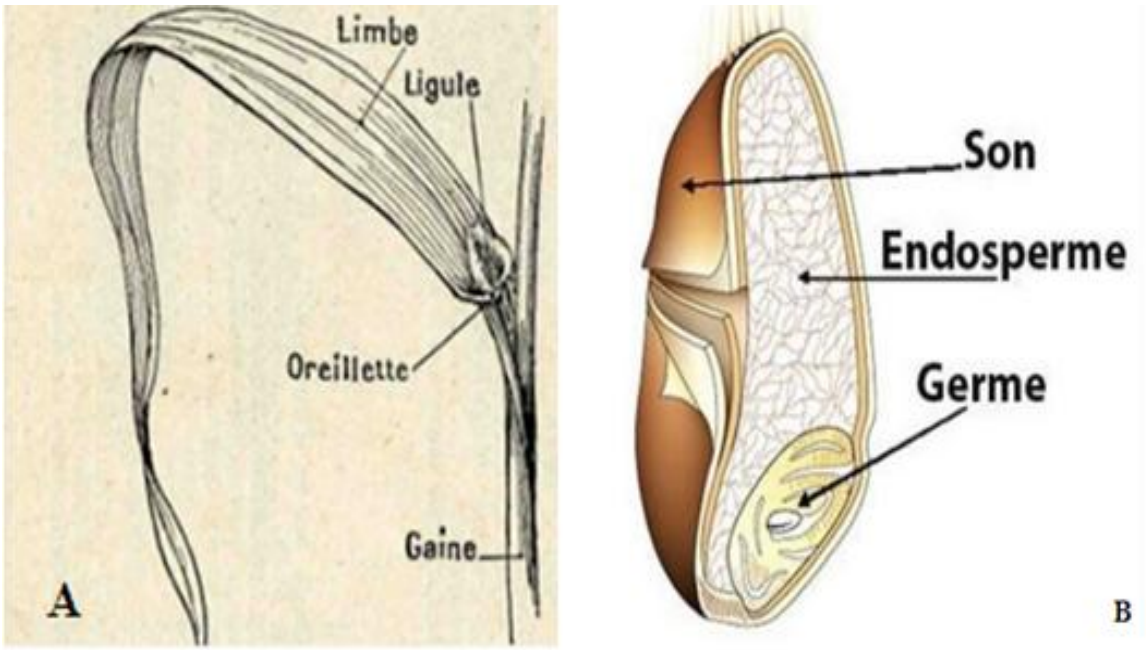


Figure 01 : A : la feuille du blé, **B :** la graine du blé (**Clerget, 2011**)

Le blé dur est particulièrement adapté aux régions à climat relativement sec, où les températures diurnes sont élevées et les températures nocturnes fraîches, comme c'est le cas dans les climats méditerranéens et tempérés. Les semences peuvent lever à une température aussi basse que 2 °C, même si la température optimale est de 15 °C (**Bozzini, 1988**). Le blé dur est représenté par un très grand nombre de variétés et de sortes en Afrique du Nord, ce qui a fait considérer cette région comme un centre d'origine de l'espèce (**Miège, 1950**). D'autres auteurs estiment que l'Afrique du Nord est un centre secondaire de diversité du *T. duruni*, surtout dans les parties montagneuses où ses formes sont les plus variées et les plus nombreuses (**Miège, 1950**). L'historique des variétés locales est décrit par **Laumont (1948)** qui a noté que les blés durs algériens appartiennent tous au groupe *T. durum aristatum.* Les variétés de blé dur originaires d'Algérie et recensées durant la période coloniale sont ; Blé Hedba, Pélissier, Chalvin, Bidi ou Bahi, Mazouza, Rouge de Médéa, Rouge de Tlemcen et Langlois n° 1527, Beliouni rouge, Mohamed ben Bachir, Kahla, Kohili, Tazarzout (Kabylie), Hached, Hechede, Hechadi, El-Beida, Piulot, Cheba, Chetta ou Blé de Boghar, Medeba, Meskiana, Azizi, Hamra, Hamina, Hemira, Noir de Médéa, Merouani, de Sicile, Labeter, Rouge de Montgolfier, Caïd de Siouf, Hadjini, Tafasit (Kabylie), Trikkia (Maroc), Zedouni, Hadjini rouge, Hadjini rouge velu, ou

Mekki, Mahmoudi de Setif, Ziri (Kabylie) ou Caïd Eleuze, Aouedj, el Aoudja, Sbaa-el-Roumia, Nab-el-Bel, Richi (**Miège, 1950**). Cependant, l'introduction de variétés à haut rendement a causé la disparition de nombreuses variétés locales algériennes, caractérisées par leur capacité d'adaptation aux différents étages bioclimatiques (**Bouzerzour et *al*., 2003**).

Le blé dur comprend principalement des espèces autogames. En revanche, peu de rapports portent sur l'évaluation du taux de croisement éloigné, qui peut atteindre 10 % chez le blé dur, notamment en raison de la sécheresse qui favorise la pollinisation croisée (**Bozzini, 1988**). Durant la floraison, les fleurs restent généralement fermées, elles sont alors dites « cléistogames », et les trois anthères éclatent, libérant le pollen qui représente la phase d'anthèse. Les fleurs peuvent toutefois s'ouvrir avant la libération du pollen. **De-Vries (1971)** a signalé que les fleurs de blé subsistent ouvertes de 8 à 60 minutes selon le génotype et les conditions du milieu. Après la déhiscence des anthères, de 5 à 7 %pollens sont libérés sur le stigmate, entre 9 et 12% demeure dans l'anthère et le reste est dispersé. Le pollen de blé reste généralement viable pendant 15 à 30 minutes. La floraison peut durer de trois à six jours, selon les conditions météorologiques. Elle débute habituellement juste au-dessus du centre de l'épi, puis se poursuit en s'étendant vers l'apex et la base de l'épi. Les fleurs non fécondées s'ouvrent généralement, exposant le stigmate réceptif au pollen étranger. Une fois fécondée, l'ovaire grossit rapidement. Deux à trois semaines après la fécondation, l'embryon est fonctionnel sur le plan physiologique et est capable de produire une nouvelle plantule **(Bozzini, 1988).**

1.3. Besoins pédoclimatiques de blé dur

Les besoins de la culture de blé dur sont de deux types, pédoclimatiques et culturales. Le premier type renferme les exigences de températures nécessaires pour l'achèvement de chaque stade phénologique en association avec La lumière qui est le facteur clé, agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé (**Mekhlouf et *al.*, 2001**). Le sol comme support, agit par l'intermédiaire de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, et jouent un rôle important dans la nutrition du végétal. Le blé dur apprécie les sols sains dont le pH optimal se situe dans une gamme comprise entre 6 à 8, de nature limoneux, argileux calcaires ou argileux siliceux profonds (**Nadjem, 2012).** Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est un facteur limitant, demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (**Soltner, 1987**) et la période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours (**Loué, 1982**).

Les besoins culturaux se résument dans un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15 cm pour les terres patentes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres (**Ouanzar, 2012**). Une date de semis propre à chaque région et respectueuse des conditions climatiques locales, en Algérie, elle commence dès la fin d'octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 25 cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3 cm (**Latreche, 2011**). Une fertilisation azote-phosphorique est utile dans les sols pauvres et squelettiques, elle est effectuée en fonction des potentialités des variétés (**Ouanzar, 2012**). L'entretien de la culture en éliminant les mauvaises herbes par les méthodes mécanique ou chimique et prévoir une rotation des cultures tout au moins sur une partie des zones de production dont les avantages sont l'amélioration de la structure et la fertilité du sol et la lutte contre la flore adventice (**Ouanzar, 2012**).

1.4. Situation de la production du blé dur dans le monde et en Algérie

Le blé dur (*Triticum durum*) est l'espèce la plus cultivée en Afrique du Nord (**Bonjean et *al.*, 2016**). Il occupe 5 % des terres réservées aux blés dans le monde (**Ranieri, 2015**). La production mondiale de blé dur de la campagne 2021/2022 est estimée à 30,6 million de tonnes soit un volume bien en dessous de la moyenne quinquennale de 36,4 million de tonnes (**Avelin, 2022**). Alors qu'en 2022/2023, elle est redressée à 32,9 millions de tonnes, ce qui représente une hausse de plus de 5,3 % (**CIC, 2023**). L'union européenne est le plus grand producteur de blé dur, avec un rendement annuel moyen de 8 millions de tonnes métriques. En revanche, durant la saison 2022/2023, cette production se replie de 11,4 % l'équivalent de 7,1 Millions de tonnes, comme c'est le cas en Italie de 9,2 % équivalent de 3,7 Millions de tonnes, et ainsi en France de 15,5 % équivalent de 1,3 Millions de tonnes. Cette baisse est principalement due à la réduction des superficies agricoles et des rendements (**CIC, 2023**). Les besoins en blé des pays du bassin méditerranéen sont supérieurs à ce qu'ils produisent, ce qui fait que chaque année, plus de 5 millions de tonnes sont acheminés vers ces pays, venant pour la plupart des USA et du Canada (**Rabti, 2021**). En 2021/2022, la consommation mondiale du blé est attendue en forte baisse à cause de l'insuffisance de cet aliment et de la hausse des prix des produits de la semoulerie (**Avelin, 2022**).

En Algérie, les rendements sont notamment affectés par la sécheresse dans les régions arides et semi-arides (**Mir et *al.*, 2012**). En 2021, la production a enregistré un recul de 23 % par rapport à 2020, avec 2,3 millions de tonnes, en raison d'une forte sécheresse qui a frappé plusieurs régions du pays, en particulier les zones agricoles d'ouest (**Avelin, 2022**). Deux

contraintes majeures influencent la culture du blé dur en Algérie, le stress hydrique et les hausses températures vers la fin de cycle de la plante (**Mekhlouf et *al.*, 2006**).

La production moyenne de céréales est évaluée à 2,25 millions de tonnes au cours de la décennie 1990 à1999, à 2,8 millions de tonnes pendant la période 1999 à 2008, et à 4,3 millions de tonnes durant la période 2009 à 2017 (**Bessaoud, 2018**). Le blé dur représente plus de 50% de la production. Toutefois les moyens des rendements sont modestes, ils ont enregistré 15, 4 qx/ha au cours de la période 2009 à 2013 (**Bessaoud, 2018**). En 2019, la production nationale de blé dur était 56 259 902qx sur une superficie de 3 185 647 ha et une moyenne de rendement de 20,3 qx/ha, alors que cette de moyenne de rendement était19,5 qx/ha en 2018 (**DSISP, 2021**).

À Sétif, durant l'année 2019, la superficie emblavée de blé dur s'élève à 127 438 ha, et celle récoltée à 127 055 ha, ce qui représente 85 %, avec une production enregistrée de 2 298 899 quintaux, soit une moyenne de rendement de 18,1 qx/ha. Grâce à cette production élevée, Sétif se classe en deuxième rang à l'échelle national après la wilaya de Tiaret (**DSISP, 2021**). Les meilleures moyennes de rendement des céréales conduites en pluvial sont respectivement notées à Mila (32,3 qx/ha), à Alger (31,9 qx/ha) et à Guelma (31,2 qx/ha). En ce qui concerne la production irriguée, les moyennes de rendement sont assez élevées, comme dans les cas de Biskra (42,2 qx/ha), Ghardaïa (38,8 qx/ha) et El-Oued (36,2 qx/ha). Un examen des moyennes de rendement des céréales enregistrées dans les principaux pays producteurs du monde, a indiqué que celles-ci varient d'environ 65 qx/ha au Mexique, 54 qx/ha en France et 30qx/ha au Canada, en Italie et aux États-Unis (**Carel, 2017**). A cet égard, notre observation note que les rendements nationaux restent assez faibles. Ainsi, pour atteindre de tels rendements, tous les efforts, sur les plans scientifique, technique et économique, doivent être réunis.

1.5. Contraintes de la production du blé dur en Algérie

En Algérie, la céréaliculture s'y accommode adéquatement avec les conditions pédoclimatiques. Elles y sont cultivées depuis l'Antiquité, notamment l'orge et le blé dur, qui dominent nettement les systèmes de production. Seules l'arboriculture fruitière et la viticulture peuvent, dans certains cas, la concurrencer, ou encore le système orge fourrage/élevage ovin, bien développé (**Lazarev, 1989**). La rotation bisannuelle céréales/jachère y est généralisée (**Jouve *et al.*, 1995**). La culture du blé dur est soumise à de multiples contraintes. Cependant, la faiblesse de sa production et ses fluctuations annuelles témoignent de l'impact de ces dernières sur le niveau d'autosuffisance, malgré l'appui étatique (**Chabane & Boussard, 2012**).

Sur le plan juridique, les réorganisations successives des structures agraires (en 1962, 1972, 1982 et 1988) ont créé une impression d'insécurité au sein du monde rural et constitué un frein au développement agricole (**Chehat et *al.,* 1993**). Cette instabilité a probablement diminué une partie importante des agriculteurs algériens. Le secteur public a également été handicapé presque 40 % de l'exploitation de la SAU, à cause de la faible motivation des cultivateurs, qui sont réduits à l'état de salariés et insuffisamment contrôlés dans leur travail, ce qui s'est traduit par une stagnation durable de la productivité (**Bedrani, 1993)**.

Pair ailleurs, sur le plan social, la grande majorité des exploitations céréalières sont des exploitations privées, familiales, quelle que soit leur taille, leur statut juridique ou même leur localisation, intégrant une ou plusieurs céréales dans leurs assolements et associant les cultures et l'élevage (**Bencharif et *al.,* 1994**). Ce secteur privé occupe une place particulière dans l'agriculture du pays. En effet, il représente 55 % de la surface céréalière et produit également 50 % de la production céréalière, notamment le blé dur et l'orge (**Masson, 1982**). Dans ces exploitations, l'utilisation des éléments d'intensification et des techniques culturales reste encore rudimentaire (**Chabane & Boussard, 2012)**. Les mêmes auteurs ont signalé que seulement14% parmi eux ont utilisé des semences sélectionnées, alors que 23,2%, 24,2 % et 15 % des exploitations ont utilisé du fumier, des engrais azotés et phosphatés, ainsi que des herbicides, respectivement. En plus, les enquêtes ont montré qu'une grande majorité des exploitants ne maîtrisait pas suffisamment les techniques de production **(Masson, 1982)**.

De point de vue économique, la recherche préférentiellement des productions procurant un revenu élevé par unité de surface ou de temps de travail, ce n'est évidemment pas le cas des céréales, a favorisé autres productions (mouton surtout, production maraîchère ou arboricole plus rarement) ou du travail extérieur **(Masson, 1982)**.

Les aléas climatiques, notamment la sécheresse, est la principale contrainte climatique en raison de la forte corrélation entre la pluviométrie et les rendements de céréales (**Mir et *al.,* 2012**), qui sont considérés comme le critère de réponse au déficit hydrique (**Bouniols et *al.,* 1982**). Une distribution irrégulière des pluies affecte les stades phénologique du blé les plus sensible dès la montaison, et cette sensibilité s'accentue particulièrement de la mi- montaison à la floraison(**Baldy,1993**). Une stratégie basée sur l'amélioration variétale et l'irrigation peut surmonter cette contrainte et permettre l'intensification de la productivité de la céréaliculture (**Jouve et *al,* 1995**). Cependant, l'amélioration variétale s'appuie sur les variétés locales qui

s'avèrent effectivement plus performantes que les variétés sélectionnées dans la plupart des cas (**Jouve et *al*, 1995**).

Dans ces conditions où les céréales sont cultivées en sec sous régime pluvial, les rendements sont confrontés à la stabilisation et les sols à la dégradation, résultant d'un travail du sol intensif et mécanisé ayant engendré une dégradation physique (émiettement, tassement et compaction) et chimique (appauvrissement en matière organique) **(Mrabet, 2010)**. Les agriculteurs doivent relever le défi de l'introduction de nouveaux systèmes de cultures basés sur des pratiques appropriées visant toujours le respect de l'environnement, la préservation et l'amélioration de la fertilité des sols, ainsi que l'augmentation de la productivité des cultures et de la rentabilité économique (**Saber & Mrabet, 2001**).

L'une des contraintes biotiques affectant les rendements du blé dur est la présence de mauvaises herbes. **Hamadache et *al.* (2002)** ont noté que les adventices avaient un impact sur l'action des autres facteurs d'intensification, comme l'eau, l'azote, les variétés à haut rendement et la production de paille chez les variétés de blé à paille courte. La compétition entre le blé et les adventices se fait surtout pour l'eau et les éléments fertilisants entre les stades de la levée et la montaison. Une lutte précoce et efficace contre les adventices, soit avant la montaison, garanti aussi une meilleure protection de la culture de certaines maladies foliaires inféodées au blé (**Hamadache et *al.*, 2002**).

1.6. Impact de l'agriculture conservatrice sur la culture de blé dur

En réponse aux problèmes de la baisse de la fertilité des sols, de l'augmentation du stress hydrique et des infestations par des mauvaises herbes, qui ont entraîné une baisse et/ou une stabilisation des rendements, une orientation vers les techniques de l'agriculture de conservation (AC) est réalisée en Algérie depuis la dernière décennie. Ces pratiques agricoles offrent des avantages majeurs pour la production du blé. Elles permettent de réduire les coûts de mise en œuvre, de limiter l'utilisation d'engrais, de réduire la dépendance au travail et à l'irrigation, et d'assurer des rendements fiables. Les résultats d'une étude de **Bouzid et *al.*** (**2020)**, sur la dynamique d'innovation dans des filières agricoles stratégiques en Algérie ont montré que les producteurs de blé dur ont partiellement adopté des innovations surtout durant la période 2012 à 2017, suite à des actions de vulgarisation intensive de la rotation céréales-légumineuses, du désherbage chimique des céréales, de la fertilisation minérale et des traitements phytosanitaires.

D'après **Liniger et *al.*, (2011)**, l'agriculture de conservation (AC) est basée sur trois principes :

1) Une perturbation minimale du sol est atteinte grâce à l'absence ou la réduction du travail du sol. Ce type de conduite favorise :

- ✓ La réduction de l'érosion du sol et l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau grâce au travail minimal du sol. En plus l'aération de la surface, offrent des avantages pour la production pluviale et irriguée.
- ✓ Le non-labour du sol ou le labour minimum permet aux agriculteurs d'économiser ; les coûts de préparation du sol par rapport au labourage intensif.
- ✓ Les systèmes d'AC permettent d'étendre la culture du blé à des zones où la disponibilité des ressources en eau et les propriétés natives des sols ne permettent pas de cultiver cette espèce sous les pratiques conventionnelles.

2) La rétention des résidus de culture à la surface du sol :

- ✓ La disponibilité des nutriments, l'acidification, la salinisation et la régulation de la température du couvert végétal.
- ✓ Le « zéro labour », laisse davantage de résidus biologiques à la surface du sol, et aussi fournit un milieu favorable à une meilleure activité biologique du sol, à une meilleure interconnexion des pores et des agrégats dans le sol, ainsi que le sol devient capable de résister à l'impact de la pluie (et à l'érosion par battance).
- ✓ Les sols agricoles qui sont recouverts d'un paillis sont souvent moins exposés aux stress dû à la sécheresse et à la chaleur pour les cultures.
- ✓ Un ralentissement de l''assèchement du sol et la croissance des mauvaises herbes sont observées sous l'effet des pratiques (AC), ce qui permet aux agriculteurs d'économiser l'eau d'irrigation et minimiser les applications des herbicides.

3) La rotation du blé avec des légumineuses ou d'autres cultures présente plusieurs avantages pour enrichir le sol en nutriments. Cette technique fait partie des systèmes agricoles diversifiés qui permettent aux agriculteurs d'élargir les bases de ce système et de réduire les risques d'échec de production.

Cependant, les adventices représentent un défi majeur pour l'AC et une bonne gestion de la banque de graines de ces plantes peut permettre de diminuer l'impact de ce risque au fil du temps. Les pratiques agricoles alternatives aux produits phytosanitaires aident à la régulation biologique des adventices (**Bretin, 2015**).

- ✓ La rotation culturale longue et diversifiée apparaît comme la méthode préventive la plus efficace et durable pour lutter contre les adventices dans le domaine de culture biologique.
- ✓ La rotation des cultures étouffantes afin d'interrompre le cycle des adventices comme la luzerne, ou des prairies temporaires fauchées.
- ✓ Combiner à une forte densité de semis et àun écartement réduit, donc il sera plus d'efficacité.
- ✓ Appliquer les cultures intercalaires et les semis sous couvert qui permettent de couvrir l'inter-rang et de concurrencer par conséquent les adventices.
- ✓ Choisir les variétés dont les caractéristiques, telles que la vitesse de levée, la vigueur de la croissance initiale, la vitesse et la précocité de montaison, le port étalé des feuilles et la hauteur, influent sur la compétitivité des cultures et donc sur le contrôle des adventices.
- ✓ Alterner entre le travail du sol profond et non profond pour effectuer une gestion efficace des différents types des espèces d'adventices.
- ✓ Le déchaumage précoce pendant l'interculture permet de détruire d'une manière physique les adventices.
- ✓ Le faux-semis permet de stimuler la levée des adventices pendant l'interculture afin de réduire les infestations dans les cultures suivantes.
- ✓ Le désherbage mécanique permet de détruire les levées précoces d'adventices.
- ✓ Le décalage des dates de semis.

Chapitre2. Présentation de la région d'étude

2.1. Situation géographique

La wilaya de Sétif est située dans les hautes plaines du nord-est Algérien. Elle s'étend sur une superficie estimée à 6 549,64 km². Elle est délimitée par des coordonnées géographiques suivantes : entre 35° 38′ 15″ et 36° 25′ 15″ de latitude, et entre 4° 44′ 36″ et 6° 00′ 29″ de longitude. Son altitude moyenne dépasse les 1000 m. Elle est localisée entre six wilayas : Jijel et Bejaïa au nord, Mila à l'est, Batna et M'Sila au sud, et Bordj-Bou-Arreridj à l'ouest. Elle comprend 60 communes regroupées autour de 20 daïras et occupe une position géographique importante entre le centre, l'est et le sud du pays (**Fig.2**).

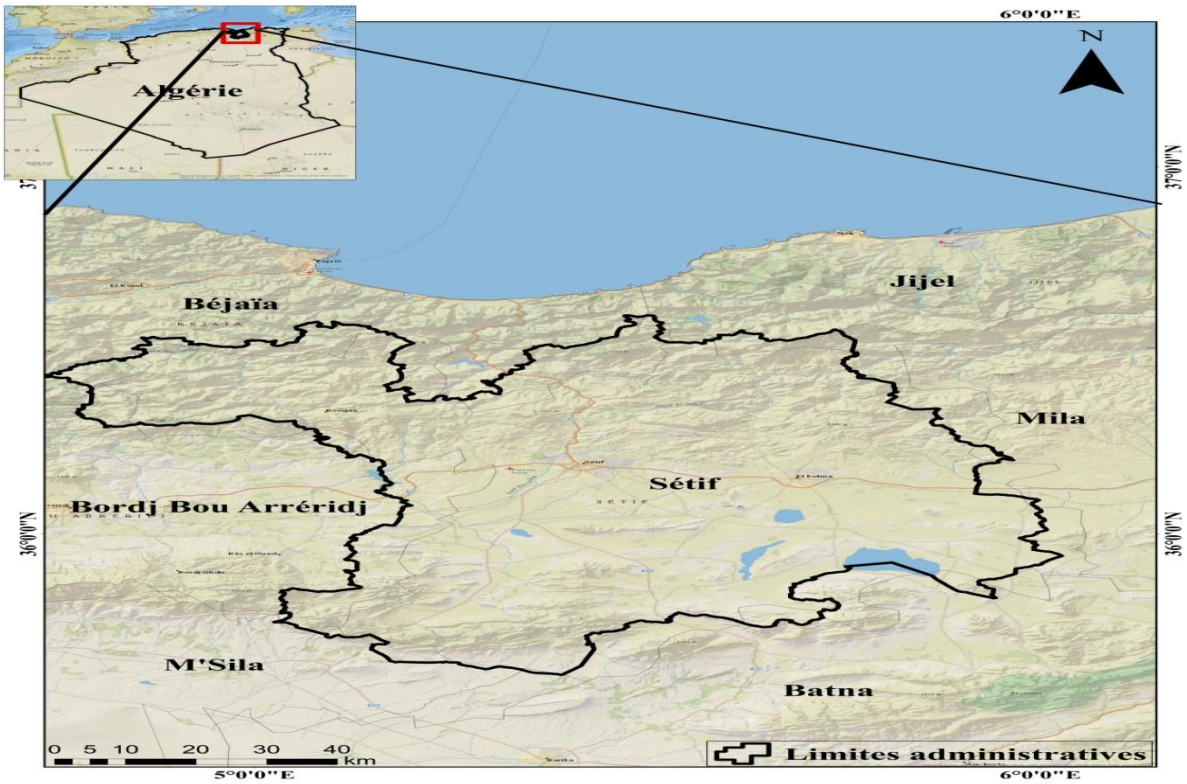


Figure.02 : Situation géographique de la région de Sétif

2.1.1. Relief

La structure naturelle de Sétif se caractérise par une grande hétérogénéité due à sa situation géographique entre deux zones distinctes : l'Atlas tellien au nord, et les montagnes des Aurès au sud, avec la plaine au milieu. Cette diversité du territoire se traduit par un relief qui donne à la région un aspect à la fois vaste et élevé. En effet, le relief de la wilaya se constitue par trois grandes zones(**Fig.3**) :

- ✓ **La 1ère zone :** est une zone montagneuse occupant plus 40% de la superficie de la wilaya. Elle est délimitée au Nord par la chaîne des Babors dont le point culminant est Djebel Babors (2004m). Cette zone se caractérise par une alternative de mamelons et de massifs montagneux dont :
  - Au Nord : Djebel Megress culminant à 1757 m
  - A l'Est : Djebel Braou 1263 m
  - Au Sud : Djebel Boutaleb Aferhane 1886 m
  - Au Centre : Djebel Youcef 1442 m
- ✓ **La 2ème zone :** est une zone des hautes plaines qui occupe la partie centrale de la wilaya et présente une altitude qui variant entre 800 et 1300 m.
- ✓ **La 3ème zone :** est une zone de dépressions à la limite Sud-ouest renfermant des cuvettes incluant les trois chotts :
  - Chott El Beida à proximité du Hammam Sokhna
  - Chott El Freïn près de la commune d'Ain Lahdjar
  - Chott de Melloul dans la Commune de Guellal

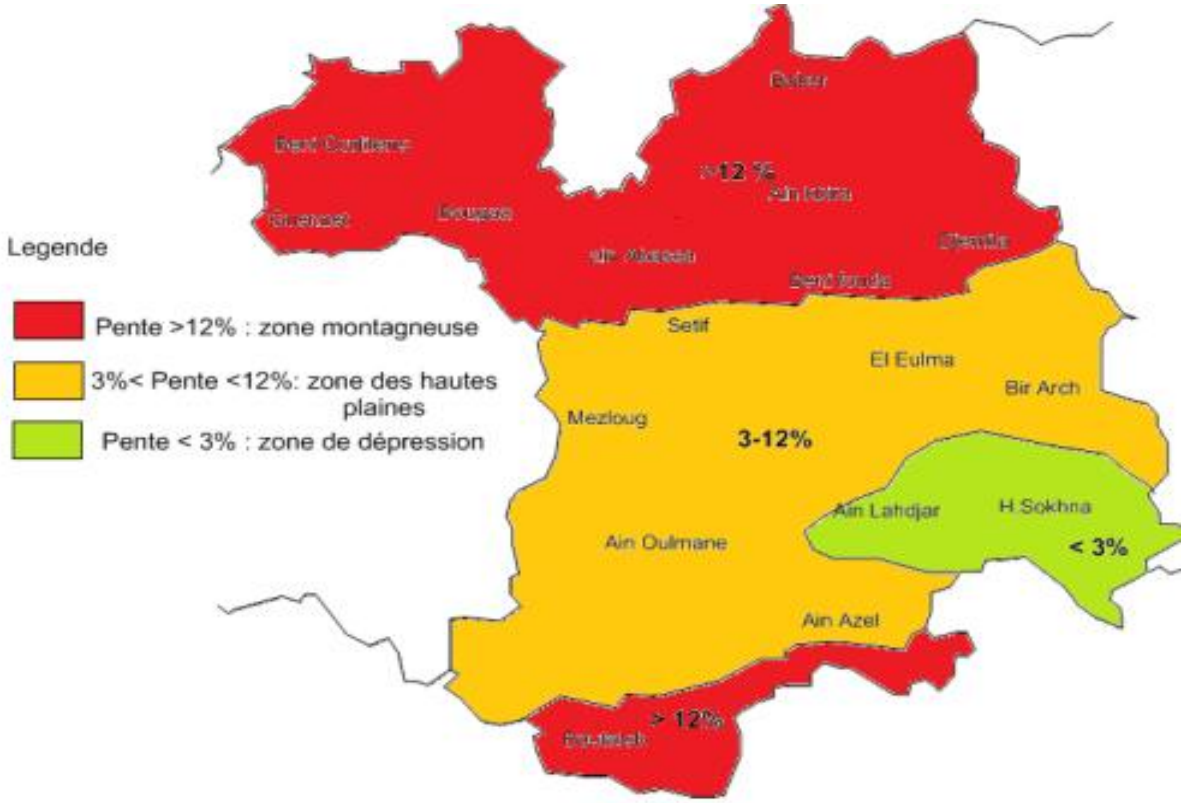


Figure 03 : Carte des reliefs de la wilaya de Sétif (**Djenba, 2022**)

2.1.2. Climat

Le climat comme facteur abiotique clé, a un effet direct sur la richesse spécifique des plantes, l'organisation de la végétation et la structure des écosystèmes (**Médial & Quézel, 2003**). Ces composantes, telles que les températures et les précipitations, déterminent la croissance, le développement et la phénologie des plantes, et par conséquent les rendements et la qualité des récoltes (**Adra, 2017**).

2.1.2.1. Températures

Les données climatiques montrent que les températures moyennes les plus basses pendant la période de 1988 à 2014, et les années d'étude (2015, 2016 et 2017) sont enregistrées durant les 3 mois : Décembre, Janvier et Février**.** En revanche, le mois de juillet persiste comme le mois le plus chaud durant la période de 1988 à 2014 et les deux années 2015 et 2016, alors que en 2017, le mois d'août est le plus chaud. Les moyennes des températures enregistrées durant l'année 2015 sont les plus basses par rapport aux deux autres années d'étude. Une comparaison des moyennes annuelles de la période allant de 1988 à 2014 et des trois années d'étude (2015, 2016 et 2017) montre des tendances assez faibles de variation entre eux, avec des valeurs de 15,17 ; 14,78 ;15,64 et 15,71°C respectivement **(Tab.1)**.

Tableau1 : Données des Températures maximales, moyennes sets minimaux de la période allant de 1988 à 2014 et des années d'expérimentation 2015, 2016 et 2017 dans la région de Sétif (ONM : **Office nationale de météorologique**).

Période	T °C	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
1988à 2014	TMax	10,20	11,46	14,89	17,46	26,12	29,52	33,81	33,14	27,46	22,28	15,00	11,94	**21,10**
	TMoy	5,55	6,38	9,38	11,66	18,13	22,26	27,12	25,94	21,06	16,92	10,20	7,49	**15,17**
	TMini	0,89	1,30	3,88	5,86	10,14	15,00	20,44	18,74	14,66	11,56	5,41	3,05	**09,24**
2015	TMax	9,9	8,2	14,6	20,7	26,6	29,4	35,3	34,6	28,0	21,6	16,3	14,0	**21,6**
	TMoy	4,5	4,3	8,5	13,0	18,5	21,5	26,4	26,5	21,3	15,9	10,1	6,9	**14,78**
	TMini	-0,9	0,4	2,3	5,4	10,4	13,6	17,6	18,5	14,6	10,2	3,9	-0,1	**07,99**
2016	TMax	13,6	13,4	13,7	20,4	24,5	31,4	34,4	32,7	27,6	25,2	16,2	12,7	**22,17**
	TMoy	7,2	7,5	7,8	13,9	19,5	23,5	25,9	24,6	20,9	18,5	10,6	7,8	**15,64**
	TMini	0,9	1,5	1,9	7,3	14,6	15,6	17,4	16,5	14,1	11,9	5,0	2,9	**09,13**
2017	TMax	7,7	14,6	17,2	19,7	27,9	31,9	35,4	35,8	28,1	22,2	16,3	9,4	**22,18**
	TMoy	4,4	8,5	10,7	13,0	20,3	24,7	27,3	28,0	20,8	15,7	10,1	5,1	**15,71**
	TMini	1,2	2,4	4,2	6,3	12,7	17,4	19,3	20,3	13,5	9,1	4,0	0,8	**09,26**

2.1.2.2. Précipitations

Le régime des précipitations est l'un des majeurs déterminants abiotiques qui agissent sur le cycle végétatif des cultures, ainsi que sur le développement des plantes adventices (**Moindrot, 1959)**. L'analyse des cumuls des précipitations de la période (1988 à 2014) indique une dissimilitude dans leurs distributions annuelles. La moyenne des précipitations annuelles de la période allant de 1988 à 2014 est d'environ 403 mm ; avec de fortes variations annuelles et interannuelles. La pluviométrie annuelle la plus basse est enregistrée durant les années 2001, 1994, 1993 et 2000 avec des quantités de 255 ; 291 ; 304 ; 324 mm respectivement. Cependant, la pluviométrie annuelle la plus élevée a été enregistrée de l'ordre de 600 mm en 2003. Le même scenario est noté durant les trois ans d'expérimentation avec une moyenne des précipitations de 313 mm. Les deux années 2016 et 2017 étaient exceptionnellement sèches comparé à la première année d'étude 2015, qui a été signalée avec 365 mm de pluviométrie **(Fig.4)**.

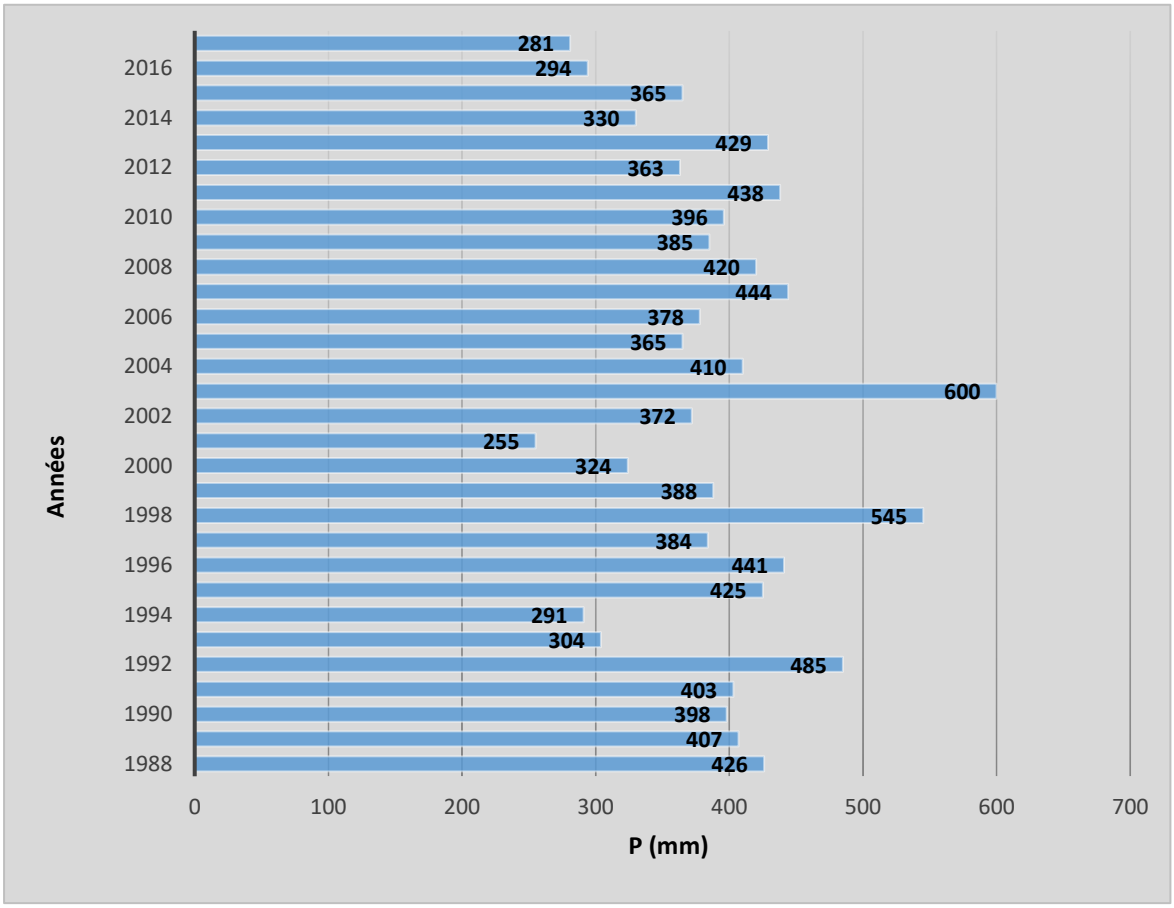


Figure 04: Les cumuls annuels des précipitations durant la période allant1988 à 2014 et des 3 années d'expérimentation dans la région de Sétif (**ONM**).

La distribution mensuelle de la pluviométrie durant de la période de 1988 à 2014 est marquée par une régularité propice au développement de la culture des céréales. Le mois de décembre est le plus pluvieux (48,15 mm), alors que le mois de juillet est le plus sec (11,41 mm) **(Fig.5)**. La période de notre étude est notée par une irrégularité des précipitations. A cet égard, l'année 2017 est la plus sèche, avec 281mm. Donc, durant cette campagne, la quantité enregistrée durant les différents stades phénologiques surtout les plus sensibles des céréales qui coïncident avec les mois suivants : Janvier, Février, Mars, Avril et Mai était insuffisante, avec un cumul de 178mm. Tandis que, en 2016, une faible pluviométrie annuelle de 294mm a été enregistrée, mais la quantité d'eau enregistrée durant les cinq premiers mois de l'année était suffisante, avec un cumul de 244mm**,** car elle est tombée en synchronisation pendant la période de croissance des cultures céréalières. Donc, elle a assuré un bon développement de ces cultures.

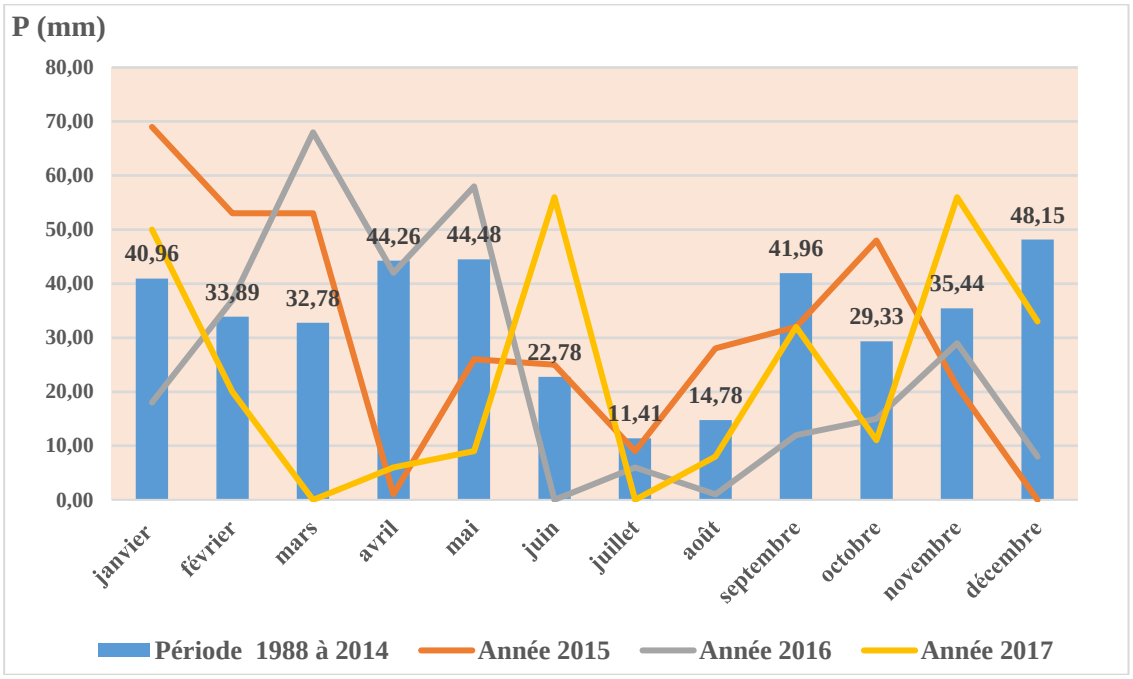


Figure 05 : Distributions mensuelles de la pluviométrie durant de la période de 1988 à 2014 et des 3 années d'expérimentation dans la région de Sétif (ONM).

2.1.2.3. Vents

La vitesse du vent est un facteur déterminant de la distance parcourue par les graines de mauvaises herbes à dissémination anémochore, parfois sur de grandes distances **(Chicouène, 2004)**. La région de Sétif est considérée comme une zone haute et froide vue sa position géographique et son relief accidenté. L'orientation des vents prépondérants est généralement de

l'ouest et du Nord-Ouest. Les vitesses moyennes mensuelles du vent dans cette région sont comprises entre 29,9 et 33,8 m/s **(Fig.6)**. Des variations saisonnières modérées de direction sont observées tout au long de l'année. Les vents viennent le plus souvent *du nord* (*Weatherspark, 2023*).

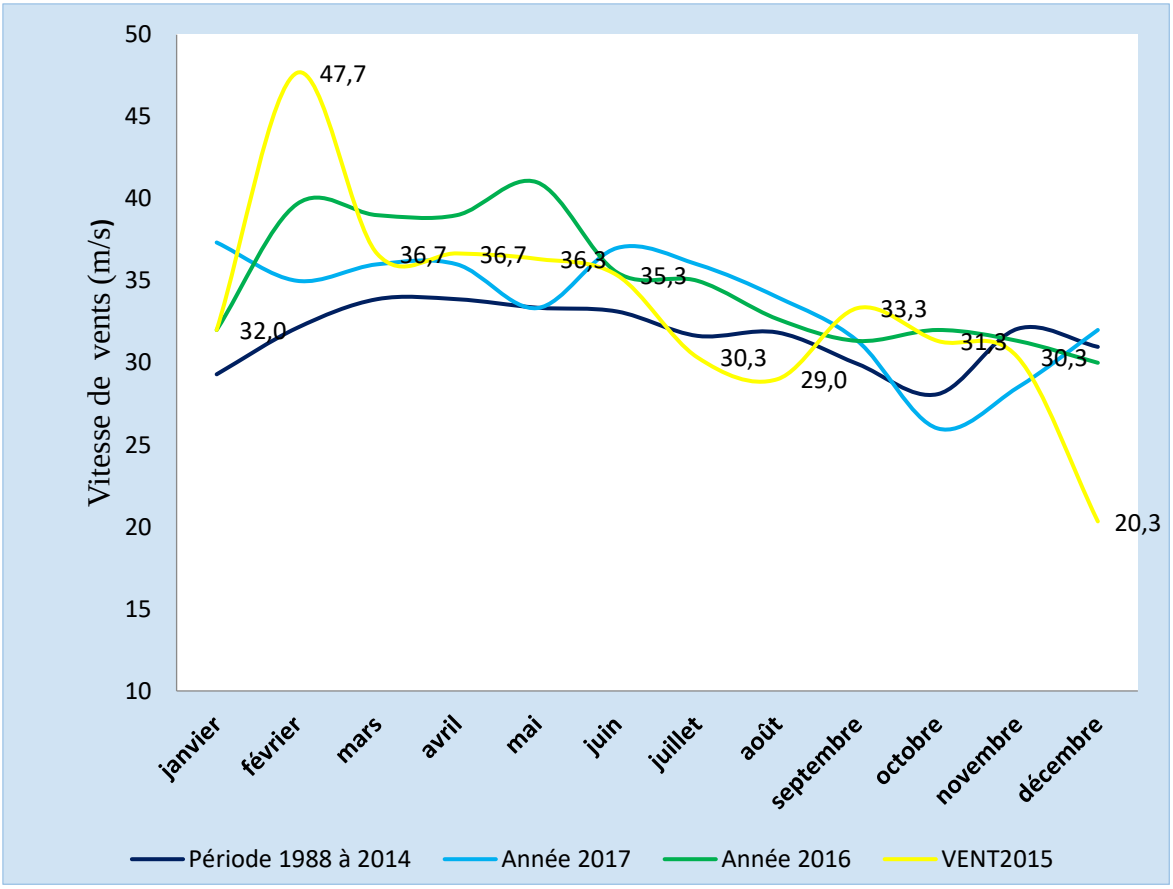


Figure 06 : Vitesses de vents moyennes mensuelles dans la région de Sétif durant de la période allant de 1988 à 2014 et la période d'étude de 2015 à 2017(**ONM)**.

2.1.3. Synthèse climatique

2.1.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme établi pour la région de Sétif à partir des données climatiques déclarées par l'Office Nationale de Météorologie (**ONM)** durant la période de 1988 à 2014 montre une période sèche débutant de la mi-Mai jusqu'au mois de Septembre, et les mois les plus pluvieux sont Décembre, Janvier, Avril et Mai (**Fig.7**). Les températures dépassent souvent les 40°C en été et descendent en dessous de zéro en hiver, avec des chutes de neige et des gelées fréquentes.

L'abondance des pluies automnales est importante surtout durant les mois de septembre et novembre.

Pour les années d'expérimentation 2015, 2016 et 2017, la période sèche est plus longue débutant du mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre, et les mois les plus pluvieux sont janvier, février et mars. La période automnale est généralement pluvieuse, mais les précipitations sont alors moins abondantes.

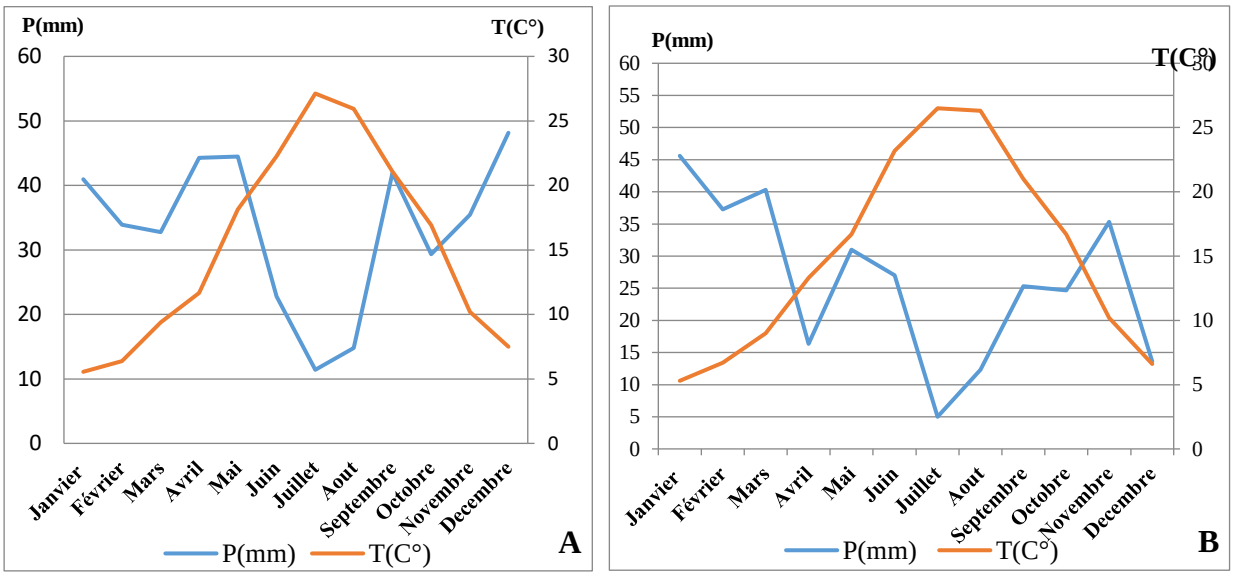


Figure 07 : Le diagramme ombrothermique de *Gaussen*,
A *:* la période entre 1988 - 2014, B : Années d'expérimentation de 2015 à 2017

2.1.3.2. Le climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une zone donnée. En appliquant la formule suivante élaborée par **Stewart (1968)** pour l'Algérie et le Maroc : $$Q_2 = 3{,}43\ (P/M-m)$$

- *Q*: le quotient pluviométrique d'Emberger
- *P*: Pluviométrie annuelle moyenne (mm)
- *M*: Moyenne maximale du mois le plus chaud (°C)
- *m* : Moyenne minimale du mois le plus froid (°C)

Les données enregistrées durant la période allant de 1988 à 2014, dont la pluviométrie moyenne annuelle est de 400,22 mm. Pour la température moyenne maximale du mois le plus chaud est de 33,81°C, et la température moyenne minimale du mois le plus froid est de 0,89°C. L'ensemble de ces données ont permis de calculer le quotient pluviométrique d'Emberger selon la formule citée ci-dessus :

$$Q_2 = 3,43 (400,22/ (33,81- 0,89)) = 41,7$$

D'après la valeur du quotient (Q_2 =41,7) et la valeur de la température moyenne minimale du mois le plus froid (0,89 °C), la région de Sétif fait partie de l'étage bioclimatique méditerranéen semis aride à hiver frais (**Fig.8)**.

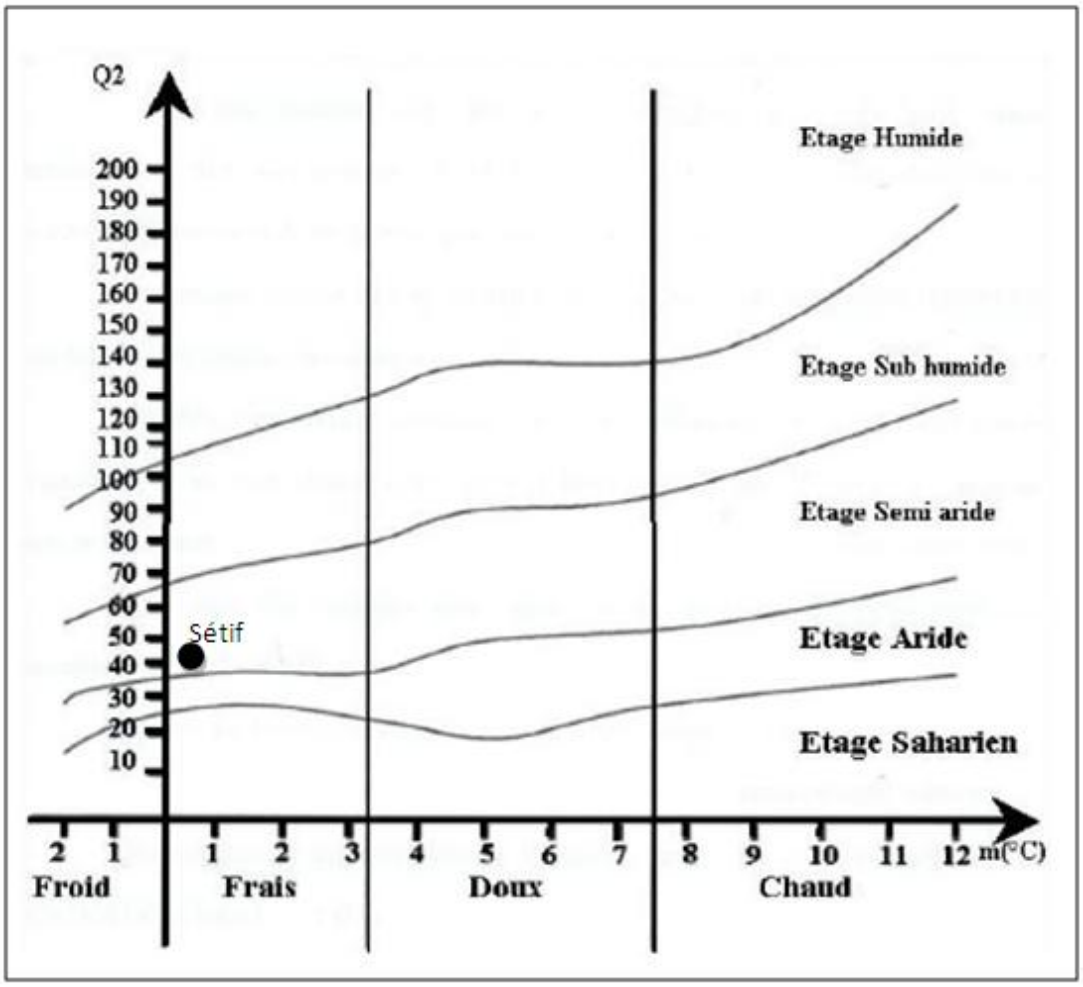


Figure 08 : Situation de la région d'étude dans le climagramme d'Emberger selon les données climatiques de la période de 1988 à 2014.

2.1.4. Sols

Généralement, les sols de la région de Sétif sont de type carbonaté. Dans la partie Nord, le sol se caractérise par une texture argileuse à argilo-limoneuse, souvent pauvre en humus, relativement homogène, sans ou avec peu de calcaires, vertiques et de couleur noire (**Lahmar, 1993**). Dans le centre et le sud de cette région, les sols sont fréquemment de type brun calcaire,

avec parfois des encroûtements calcaires et caillouteux (**Lahmar, 1993**). En outre, les sols salés dominent les chotts et la partie Sud-est de cette région.

D'après **Lahmar (1993)**, le potentiel pédologique des Hauts Plateaux Sétifiens est en voie de dégradation, à cause de l'érosion qui attrape certaines parties de la région. Le même auteur a noté qu'une diminution du stock organique et l'extension de la salinisation sont observées, probablement en raison d'une mauvaise gestion des ressources, comme les labours profonds en pente qui entraînent la perte des quantités énormes de terre fine dans ces parcelles labourées.

2.1.5. Potentialité agricole et diversité de la flore la région de Sétif

Une immense potentialité agricole caractérise la région de Sétif. La superficie agricole totale (SAT) est estimée à 459 847 ha, détient 70,2% de la (ST). La surface Agricole utile (SAU) s'étend sur 365 112 ha, soit 79,4% de la SAT. Alors que, la superficie irriguée est considérée de 47 269 ha, soit 12,94% de la SAU (**DSISP, 2021**). La superficie forestière s'étend sur les 100232 ha, soit 15,30% de la superficie totale de la wilaya **(Mihi, 2012)**. Les céréales d'hiver occupent 198 170 ha, soit 85,8 % de la SAU, avec la dominance de la culture de blé dur qui représente seule 64,30%, soit une superficie de 127 438 ha (**DSISP, 2021**).

D'après **Gharzouli & Djellouli (2005),** la flore naturelle de la région de Sétif est très riche, elle compte plus de 532 taxons dont l'élément endémique représente16 %. Un nombre remarquable en espèces ligneuses et 107 des taxons sont relayé à l'élément septentrional (**Gharzouli & Djellouli, 2005**). A ce propos, les familles les mieux représentées, avec le nombre de leur genre, sont celles des Asteraceae (47), des Poaceae (26), des Fabaceae (24), les Brassicaceae et les Umbellifereae (17), les Lamiaceae (15), les Rosaceae (13) et les Caryophyllaceae (12). Les taxons endémiques appartenant aux Asteraceae avec 13 taxons, aux Caryophyllaceae et Lamiaceae avec 7 espèces, aux Umbellifereae, Poaceae, Scrofulariaceae et Leguminoseae avec 5 taxons, et aux Brassicaceae et Ranunculaceae avec 4 espèces **(Gharzouli & Djellouli, 2005**). L'impact des changements climatiques a entraîné la disparition de plusieurs espèces et celles qui restent, n'existent plus que sur des territoires très restreints, comme est le cas pour les espèces suivantes : *Ribes petraeum* Wulfen, *Sorbus aria* L., *S. torminalis* L., *Prunus avium* L., *Rhamnus cathartica* L., *Sambucus ebulus* L., *Populus tremula* L., *Acer campestr*e L., *Neottia nidus-avis* (L.), *Sicllatia holosica* L., *Galium odoratum* (L.) (**Gharzouli & Djellouli, 2005)**.

Plusieurs études ont traité la diversité de la flore associée à différentes cultures. Les études de **Fenni (1991, 2003), Loubezda (2005), Henni (2005), Benarab (2007), Machane (2008), Rahali et *al*. (2011), Karkour & Fenni (2015), Chouter et *al*. (2018), Fertout-Mouri (2018), Mohammedi et *al*. (2021)**, **Fortas et *al*. (2021)**, ont recensé une diversité considérable qui compte des centaines d'espèces et des dizaines de genres.

D'après **Benarab (2007)**, la flore adventice des vergers de la région nord de Sétif est constituée de 183 espèces, réparties en 124 genres et 35 familles botaniques. Parmi celles-ci, 42 espèces sont importantes de point de vue agronomique parce qu'elles présentent une nuisibilité non négligeable et ce sont les plus fréquentes. Parmi ce groupe figurent les espèces suivantes : *Papaver rhoeas, Sinapis arvensis, Hordium murinum, Calendula arvensis, Scolymus hispanicus, Borago officinalis* et *Convolvulus arvensis.* Cependant, **Karkour & Fenni (2015)** ont dénombré à Sétif 178 espèces d'adventices des différentes cultures, réparties en 132 genres et 35 familles botaniques. Les familles les mieux représentées sont respectivement les Asteraceae, les Poaceae, les Brassicaceae, les Fabaceae et les Apiaceae.

Partie II. Partie expérimentale et résultats

Chapitre 1 : L'incidence de semis direct et la rotation sur la flore adventice

1.1. Introduction

L'agriculture moderne est de raccommoder la productivité des cultures et la durabilité environnementale (**Stoate *et al.,* 2009**). Les techniques conventionnelles de production appliquées à la céréaliculture ont abouti à la dégradation de la structure des sols et la stagnation voire la baisse des rendements **(Bouzerzour *et al.,* 2006**). Par ailleurs, l'augmentation de la productivité et la nuisibilité des adventices et des autres ravageurs des cultures ont rendu l'agriculture dépendante du travail intensif du sol et des intrants chimiques (engrais azotés et pesticides). Cette situation entraîne tout un panel d'impacts environnementaux (**Stoate *et al.,* 2009**). L'Agriculture de conservation est un système fondé sur le non-labour, la couverture permanente du sol par des végétaux et des rotations longues et diversifiées **(Queiroz Pereira, 2021)**. Le semis direct est l'une des techniques agricoles les plus simples, et aussi conservatrices du sol. Cette technique se base sur l'introduction des graines directement dans le sol sans labour (**Mrabet, 2006**), elle est la plus utilisée en Algérie.

Si le labour conventionnel constitue un pilier de la gestion agronomique pour contrôler les infestations d'adventices (**Khaliq *et al.,* 2013**), l'absence d'inversion du sol, résultant du non travail du sol, est généralement associée à une augmentation de cette infestation, car les graines nouvellement tombées se retrouvent à la surface du sol, favorisant ainsi leur émergence (**Froud-Williams, 1988 ; Cardina *et al.,* 1991 ; Spandl *et al.,* 1999**). Les méthodes alternatives de gestion des adventices, basées sur les différentes techniques agronomiques disponibles, ne peuvent difficilement atteindre l'efficacité des herbicides synthétiques à eux seuls **(Swanton *et al.,* 2008)**. Des chercheurs ont déduit que les rotations peuvent agir comme un ensemble de filtres susceptibles de perturber la croissance de la flore adventice potentiellement présente (**Derksen *et al.,* 2002**). L'objectif général de ce travail est de caractériser l'influence du semis direct et de la rotation comme moyen de gestion de la diversité et de la dynamique de la flore adventice dans la région de Sétif. Tout d'abord, un recensement de la flore adventice est effectué. Il s'agit d'une identification et comptage des plantes adventices directement au sein des parcelles expérimentales étudiées. Après cette détermination, une évaluation de l'influence du semis direct et de la rotation sur la composition de la flore adventice des deux sites prospectés sous des pratiques culturales différentes est réalisée, telles que : la monoculture de blé dur pour

la première campagne et les rotations pour la seconde. Différents indices écologiques sont utilisés afin de caractériser la diversité fonctionnelle de la flore adventice des champs étudiés.

1.2. Matériel et méthodes

1.2.4. Matériel

1.2.4.1. Matériel végétal

Il est composé de toutes les plantes adventices annuelles ou vivaces présentes dans les champs avant la mise en culture et ainsi que lors de l'installation de culture du blé et les autres cultures des différentes rotations. Ces plantes sont collectées, identifiées et dénombrées. En cas de présence d'espèces non identifiées, celles-ci ont été collectées, pressées et séchées dans un herbier afin d'être identifiées ultérieurement à l'aide des clés d'identification.

1.2.4.2. Le sol

Le sol est l'un des principaux descripteurs permettant de caractériser l'environnement et susceptibles d'expliquer la présence et l'abondance des mauvaises herbes. Deux profils sont creusés à une profondeur de 0cm-70cm durant la période d'étude allant de 2015 à 2017. Des échantillons du sol ont été prélevés avant le semis et le développement des cultures de du blé dur et de rotation. Ces échantillons sont préservés dans des sacs en plastique, et sont transmis au laboratoire pour effectuer des analyses physico-chimiques.

1.2.4.3. Matériel de manipulation

Matériel de manipulation sur terrain

Les collectes des plantes et la description pédologique des terrains échantillonnés nécessitent du matériel composé de :

- ✓ Un quadrat de 1 m^2 pour réaliser les relevés d'adventices et des épis de blé dur **(Fig. 09)**, Des sachets en papier et en plastique étiquetés (date, site, numéro de carré, stade de la culture...) pour le stockage des échantillons. Ainsi, un ruban de mesure, GPS, cylindres en acier.



Figure 09: Quadrat de prélèvement des adventices et des épis de blé dur

1.2.5. **Méthodes de travail**

1.2.5.1. **Choix des parcelles expérimentaux**

D'après la liste fournie par l'ITGC de Sétif pour la période de 2014 à 2017, une sélection préliminaire de cinq terrains pour l'inventaire floristique des mauvaises herbes est effectuée. Il s'agit de champs pratiquant le semis direct depuis plus de trois ans, Ils se situent dans les communes de la wilaya de Sétif : Mezloug et Beni fouda. Ces sites sont des terrains de agriculteurs de Koli, de Fellahi et de Boukhelif et aussi un terrain de la ferme pilote de Khebaba, ainsi que du terrain expérimental de l'ITGC. Cependant, dès le lancement des campagnes d'étude, nous avons constaté que plusieurs producteurs ont totalement abandonné l'utilisation de cette technique dans ces terrains, L'étude est donc limitée aux deux sites la ferme de Boukhelif et l'ITGC **(Fig.10)**.

❖ La Ferme Expérimentale d'ITGC, à Mezloug

L'étude est menée sur un terrain de la Ferme Expérimentale Agricole (SEA) de l'Institut Technique de Grandes Cultures (ITGC, Sétif) durant trois campagnes agricoles successives, en 2014/2015, 2015/2016 et 2016/2017. La ferme d'étude est située dans une plaine avec une pente de 2 %, dans une région appelée Rmada appartenant à la commune de Mezloug. Ses coordonnées et son altitude sont respectivement : 36°08'36 5" N, 005°20'376" E et 957 m, Elle s'étale sur une superficie de 2 ha (**Fig.10**). Cette ferme expérimentale se caractérise par un climat de type méditerranéen, avec une saison hivernale froide, et l'autre estivale chaude et sèche (**Chennafi, 2012**). Ces terrains agricoles sont destinés à la production et à l'expérimentation des grandes cultures (blé, orge, lentille, pois fourrager, triticale, etc,), cultivées en semis direct sous un mode de conduite pluviale, depuis la campagne agricole 2008/2009 (**Zaghouane *et al.*, 2011**).

Chennafi (2016) a indiqué que le sol du site d'étude présente une grande hétérogénéité, Il est peu profond, avec peu de calcaire et plus fertile à proximité du lit de l'Oued Boussalem. Les parcelles les plus éloignées dans la partie nord et en altitude se caractérisent par un sol moins profond, avec une profondeur ne dépassant pas 50 cm et 75 cm dans la partie nord-est, contre 100 cm dans la partie sud.

❖ La Ferme privée de Boukhelif à Beni-Fouda

Cette ferme pilote est localisée dans une région montagneuse à topographie irrégulière, nommée Draouis appartenant à la commune de Beni-Fouda. Elle se situe au Nord-est de la ville de Sétif centre à une distance de 20Km. Ses coordonnées géographiques sont : 36°15'096''Nord, 005°30'25,3'', et son altitude moyenne est de 1200 m. Elle couvre une superficie de 20 ha et pratique le semis direct depuis la campagne agricole 2008/2009 (**Fig.10**).

1.2.5.2. Méthodes d'échantillonnage de la flore adventice

Des visites régulières sont programmées pour l'ensemble des terrains sélectionnés. Ces visites sont effectuées à une fréquence s'étendant de sept (7) à quinze (15) jours, en fonction des conditions climatiques. Cette fréquence permet d'inventorier la majorité des espèces adventices au cours des stades phénologiques de la culture du blé dur ou des cultures de rotation. Les visites des terrains sont planifiées pour débuter au mois d'octobre, après les précipitations automnales, et se poursuivront jusqu'à l'atteinte du stade de maturité de la culture, qui coïncide avec la fin du mois de juin.

Pour les deux sites étudiés, 48 relevés floristiques ont été réalisés pour chaque campagne de 2015/2016 et 2016/2017, ce qui fait un total de 96 relevés, Durant la période d'étude, des prélèvements automnaux sont réalisés avant la mise en culture, ainsi que d'autres prélèvements printaniers sont effectués, ce qui correspond aux différents stades phénotypiques des mauvaises herbes. Les relevés de la flore adventice sont réalisés selon deux méthodes :

- ✓ **La première méthode** adoptée est « le tour du champ » (**Le Bourgeois, 1993**), Cette méthode consiste à parcourir le champ dans toutes les directions afin de recenser de façon subjective, toutes les espèces de mauvaises herbes présentes. Dans chaque champ de céréales enquêté, les inventaires des mauvaises herbes ont été réalisés sur des terrains n'excédant pas les 3 ha qui sont considérés comme des unités relativement homogènes.
- ✓ **La deuxième méthode** suit l'approche traditionnelle et semi-quantitative de Braun-Blanquet **(Guinochet, 1973),** basée sur l'évaluation de l'abondance et de la dominance. Elle consiste à mettre en place de petits carrés de 1 m^2 dans chaque champ, posés aléatoirement et immédiatement afin d'effectuer un prélèvement floristique, au sein de chaque cadre un comptage des espèces et des plants est réalisé ainsi une description de leur type biologique.

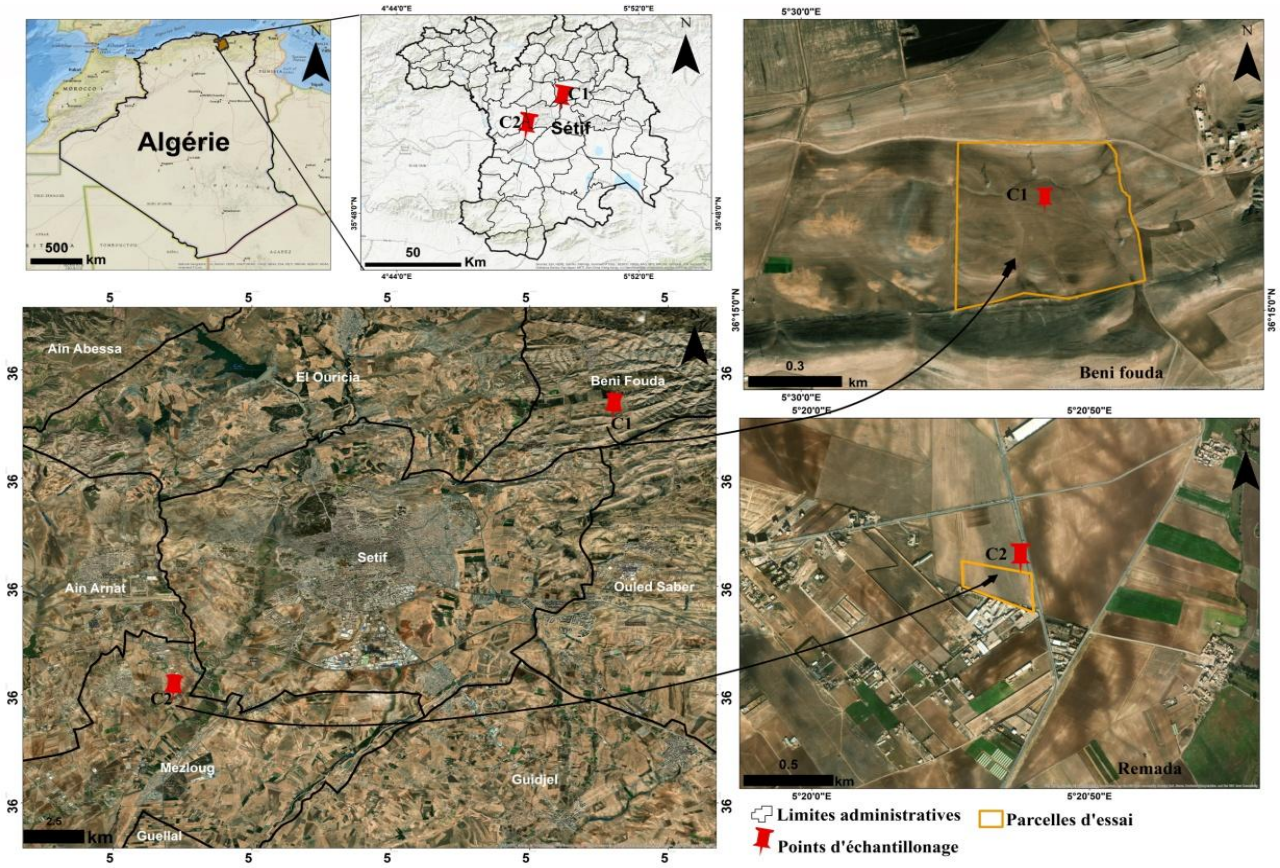


Figure 10 : Localisation géographique des deux parcelles prospectées.

Le premier champ de l'ITGC est conduit selon un protocole expérimental en bloc complet aléatoire, avec trois répétitions. La première campagne, en 2015/2016, se caractérise par le semis d'une monoculture de blé dur, tandis que la deuxième campagne (2016/2017) comprend la mise en place d'une rotation de quatre cultures différentes : blé/blé, blé/triticale, blé/lentille et blé/pois fourragé,

Sur le champ de la ferme privée de Boukhelif, des prélèvements floristiques aléatoires ont été effectués. Pour assurer une bonne représentativité de la diversité végétale prélevée, en suivant un transect traversant la topographie de la parcelle cultivée, sur une ligne pouvant être sinueuse, à l'aide d'un quadrat de 1 m^2, répartis de manière constante et subjective (**Theau *et al.*, 2010**). Ce champ a subi les mêmes traitements durant les deux campagnes : une monoculture de blé dur la première année, puis une rotation de quatre cultures différentes (blé/blé, blé/triticale, blé/lentille et blé/vesce) la seconde année.

1.2.5.3. Détermination des caractéristiques du sol

En vue de réaliser des analyses physiques de ce sol, telles que : la densité apparente, le pH ainsi que le point de flétrissement pF, la capacité aux champs CC. En plus, des analyses chimiques permettant de mesurer le taux d'éléments essentiels dans ce sol, tels que : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) et la matière organique (MO %). Les méthodes d'analyse employées sont celles décrites par **Mathieu & Pieltain (2003)** et résumées dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Les analyses physiques et chimiques du sol et leurs méthodes utilisées

Analyse	**Méthode**
Texture	Pipette de robinson
Densité apparente (Da)	Méthode de cylindre
pH	pH mètre
Point de flétrissement pF4,2	Marmite de richard
Capacité aux champs CC	Marmite de richard
Phosphore	Méthode Joret Hébert
Azote	Méthode kjeldahel
Potassium	Photomètre à flamme
Matière organique (MO%)	Méthode d'Anne modifié

1.2.5.4. Identification et conservation des mauvaises herbes

L'identification des espèces des mauvaises herbes a été faite à l'aide de quelques clés et guides ,à titre d'exemple : la nomenclature des mauvaises herbes des céréales d'hiver en Algérie (**ITGC, 1976**) ; la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (**Quezel & Santa, 1963**) ; la flore des champs cultivés (**Jauzein, 2001**) ; guide de reconnaissance des messicoles (**Collectif,2013** ; **Gautier et al., 2018**), ainsi que par l'exploitation des données disponibles de l'herbier de CRSTRA (centre de recherche scientifique et technique en régions arides). Un herbier des espèces collectées est dressé comme référence de la flore adventice de Sétif. Pour noter rapidement et de façon claire les plantes sur le relevé, il est plus commode d'utiliser le code OEPP (Ancien Bayer), qui est un code identificateur utilisé par l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (OEPP),

1.2.5.5. Analyse de diversité de la flore adventice

Une analyse floristique qualitative de l'ensemble des deux sites prospectés a permis de définir la composition de la flore adventice en espèces. Une analyse floristique quantitative a permis d'exprimer l'importance agronomique des différentes espèces, en fonction de leur fréquence d'occurrence (Fr), de leur abondance (A) et de leur densité (D) par rapport aux 96 relevés. La diversité de la flore adventice a été décrite à l'aide de quelques descripteurs de biodiversité, comme la richesse en espèces (ou richesse spécifique), l'estimateur non paramétrique Chao1, ainsi que les indices de diversité de Shannon, de Margalef, l'indice d'équitabilité de Pielou et de similarité.

La fréquence d'occurrence (Fr), la fréquence l'abondance (A) et la densité (D) ont été calculées à l'aide des formules proposées par **Curtis (1956)** :

- **Fréquence d'occurrence** (ou constance des espèces) (%) = Nombre de quadrats dans lesquels l'espèce est apparue / Nombre total de quadrats étudiés*100
- **Abondance%** = Nombre total d'individus d'une espèce / Nombre total de quadrats dans lesquels l'espèce est présente*100
- **Densité** = Nombre total d'individus d'une espèce / Nombre total de quadrats étudiés

Dans la partie ci-dessous, toutes les formules de calcul des indices de la biodiversité des espèces d'adventices sont proposées par **Marcon (2024**).

- **Richesse spécifique**

La richesse en espèce (*S*) est le nombre d'espèces différentes dans un milieu donné (**Gardener, 2014**). Elle représente une estimation du nombre d'espèces rencontrées lors de l'échantillonnage. La pertinence des mesures de la richesse est dépendante de l'effort d'échantillonnage. Le comptage usuel a tendance à sous-évaluer la richesse réelle en espèces (**Palmer, 1990**). L'estimateur non paramétrique Chao1, est exploitées pour évaluer le nombre d'espèces non détectées par l'échantillonnage (**Colwell & Coddington, 1994 ; Brose & Martinez, 2004**).

Équation : Estimateur Chao 1 $$S_1 = S_{obs} + \frac{a^2}{2b}$$

Avec S_{obs}, le nombre d'espèces observées, « a » le nombre d'espèces représentées par un seul individu et « b » le nombre d'espèces représentées par deux individus.

- **Indice de Shannon**

Il est basé sur la richesse spécifique **(Shannon & Weaver, 1949)** et se calcule comme suit :

Équation : $\boldsymbol{H = 1 - \sum_{i=1}^{s} p_i \ \ln p_i}$

- **Indice de Margalef**

Cet indice de richesse spécifique (noté RMg) permet d'estimer la richesse spécifique absolue, indépendamment de la taille de l'échantillon, mais il peut s'avérer très dépendant de l'effort d'échantillonnage, La valeur de cet indice s'obtient par la formule suivante :

Équation: **RMg = S -1/ ln (N)**

- **Indice de d'équitabilité de Pielou**

Pour mieux discuter le résultat de l'indice de Shannon(*H'*), il est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité de Piélou (*J*), ou indice d'équi-répartition (*E*), Sa formule correspond au rapport entre *H'* et H'_{max}

Équation : **$E = H'/H_{max}$**

Cet indice varie donc entre 0 et 1, S'il tend vers le 1, les espèces présentes dans le peuplement ont des abondances identiques, S'il tend vers le 0, cela indique la présence d'un déséquilibre où une seule espèce domine l'ensemble du peuplement.

- **Indice de similarité**

L'indice de Jaccard est le rapport entre le nombre d'espèces communes et le nombre total d'espèces. Il est utilisé pour calculer la diversité β, Plus elle est faible, moins la composition spécifique des communautés est semblable, plus la diversité β est considérée comme grande.

Équation : $$S_3 = \frac{s_{1,1}}{s_{1,1} + s_{1,0} + s_{0,1}}.$$

Notons que $s_{1,1}$: les espèces observées dans les deux communautés,
$s_{1,0}$:celles observées dans la première communauté mais pas pour la deuxième (et de même $s_{0,1}$).

1.2.6. **Analyse statistique**

Une analyse en composantes principales (ACP) s'est réalisée pour étudier et classer les différents groupes d'espèces d'adventices en fonction des variables sélectionnées qui sont l'abondance, la fréquence et la densité des espèces d'adventices. Cette analyse est réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT version 0,16 et Excel 2007 est servi pour établir les courbes, graphes et quelques figures.

1.3. Résultats et discussion

1.3.1. **Caractérisation du sol**

Le sol de l'exploitation agricole de Beni-Fouda est peu profond ou la roche mère se situe à une profondeur de 60 cm à 70 cm. Le premier horizon de (0 cm-21 cm) est peu compact avec une densité apparente de 1,08 % et une couleur brun grisâtre foncé (10YR 4/2) en présence de granules de calcaire, avec une charge caillouteuse élevée (**Fig.11**). La texture du sol est limono-argileuse, et le taux de matière organique est de 3 % (**Tab. 3)**. Le deuxième horizon est compact avec une couleur marron grisâtre très foncé (10YR3/2), et présente une charge caillouteuse élevée repose sur une roche mère de marne.



Figure 11 : Profil du sol de la ferme privée de Boukhelif (Beni-Fouda)

Tableau03 : Caractérisation physico-chimique du sol à Beni-Fouda

Profil	Horizon	pH	DA	CE (mmoh/cm)	CC	pF4.2	N% N-tot)	C % (C-tot)	MO%	Calcaire total%	P_2O_5 ppm	K_2o
P1	H1	7.60	1.08	0,3	22,8	23,83	1.0	1,7	3,0		21,17	0.09
	H2	7.49	1.46	0,4	21,7	21,60	1.6	1,9	3,4		23,67	0.06
P2	H1	7.70	1.62	0,3	19,0	18,74	1.5	1,5	2,7		17,83	0.04
	H2	7.80	1.6	0,4	20,5	20,17	1.2	1,3	2,3		21,83	0.05

À Rmada, les deux horizons des deux profils pédologiques de la parcelle d'étude ont révélé une texture limoneuse-argileuse, Le premier horizon entre (0-21cm) est peu compact avec une densité apparente de 1,3 %et une couleur brun grisâtre foncé (10yR3/4) avec une charge caillouteuse élevée et un taux de matière organique est de 1,5 % (**Fig.12**), le calcaire total et active sont élevés, le pH est alcalin (**Tab.04).** Le deuxième horizon est très compact et se limite à une profondeur de 50cm, puis vient une croûte calcaire et la roche mère de couleur marron très foncé (10YR 2/2).



Figure 12 : Profil du sol de la ferme expérimentale d'ITGC à Rmada

Tableau04 : Propriétés chimique et physique du sol à Rmada

Profil	Horizon	PH	DA	CE (mmoh/cm)	CC	PF4.2	N% (N-tot)	C % (C-tot)	MO%	Calcaire total %(CT)	P_2O_5 ppm	K_2O%
P1	H1	7.9	1,33	0,3	23,7	22,98	0.6	0,8	1,5	13,291	34,3	0.39
	H2	7.88	1,29	0,2	26,8	29,39	1.0	0,6	1,0	8,734	5,8	0.41
P2	H1	7.90	1,28	0,2	22,4	22,50	0.9	0,5	0,9	11,392	5,3	0.39
	H2	7.86	1,45	0,3	23,6	25,55	0.6	0,7	1,3	11,392	5,1	0.39

Concernant les caractères physiques du sol des deux sites, les résultats obtenus ont confirmé que la texture limono-argileuse des couches superficielles et argileuse de celles souterraines des sols conduits en semis direct dans ces deux régions de Sétif. De même, les valeurs de pF classent les sols des deux sites dans la catégorie des sols argileux, alors que celles de CC, selon **Garane et *al.*, (2017)**, indiquent que les sols des horizons de Rmada sont assez denses, par rapport à ceux de Beni-Fouda qui se situent entre les sols assez denses pour l'horizon H1 et les sols assez meubles de H2.

Les valeurs de la densité apparente (Da) expriment des différences significatives entre les profils de chaque site, A Beni-Fouda, la Da de la couche superficielle est faible, tandis que celle de la seconde couche et des deux couches (H1et H2) du deuxième profil, ce qui signifie que les vides sont réduits et que les particules du sol sont compactées. Dans ce cas, des constatations semblables sont notées dans l'étude de **Daroui (2018)**. Pour le champ de Rmada, le premier

profil avec la couche souterraine apparaît moins compact que la couche superficielle. Il se peut que l'emploi continu de SD a amélioré la qualité physique du sol, principalement dans les couches les plus profondes (**Moacir et *al.*, 2016**). Cependant, le second profil présente des valeurs de Da faibles pour la première couche, **Alvarez & Steinbach (2009)** ont démontré que la Da dans la couche superficielle peut être plus élevée qu'en profondeur en SD. Par conséquence, cette catégorie du sol, conduit en SD, peut avoir des valeurs de Da élevées, tandis que **McVay et *al.*, (2006)** ont constaté que ces valeurs de Da demeuraient inférieures aux seuils critiques pour assurer la croissance et l'activité des racines.

Le pH, la CE et les nutriments sont les caractéristiques chimiques du sol qui sont généralement affectées par techniques de travail du sol. Les valeurs du pH sont moyennement alcalines des deux sites, ce qui n'indique pas des différences considérables entre les profils de ces deux champs. Pour l'ensemble les profils, le pH de la couche superficielle est plus élevé, en revanche des chercheurs ont rapporté un pH plus faible dans la couche supérieure du sol en SD après 5 ans, en raison des processus acidifiants lors de la minéralisation de la matière organique (**López-Fando & Pardo, 2009**). Par contre, **Rasmussen (1999**) a signalé que les techniques de travail du sol n'ont aucun effet sur le pH du sol. De ce fait, **Daroui (2018)** a conclu que les effets de travail du sol n'affectent pas directement le pH du sol, mais dépendent des conditions climatiques, du type de sol et des pratiques de gestion. Les valeurs de CE indiquent que les sols analysés ne sont pas salés (**Tab.3, 4).**

Les taux de la matière organique des deux champs se classent entre les catégories des sols pauvres du champ de Rmada et des sols moyennement fertiles de Beni-Fouda. De manière générale, les teneurs en N-tot total diminuent avec la mise en culture à l'horizon 0-20 cm, à l'exception des teneurs en azote apporté par la fumure minérale. Dans l'horizon 20-50 cm, les teneurs en azote total augmentent **(Segda et *al.*, 2014)**. Dans notre cas, les teneurs sont différentes d'un profil à l'autre dans le même champ. Les premiers profils des deux sites concordent avec les données précédentes, alors que les deux autres profils sont dissemblables. **Daroui (2018)** a trouvé que les concentrations d'azote les plus élevées s'accumulent principalement dans la couche superficielle, suivie par la couche souterraine (SS2), puis par la couche souterraine (SS1). Le même auteur a ajouté que l'augmentation des teneurs en C-tot et N-tot revient à une différence de vitesse de dégradation des résidus de culture. Au contraire, les teneurs en C-tot et N-tot diminuent dans les horizons qui ne sont plus fragmentés et où aucun résidu de culture n'est enfoui. La comparaison entre les sols des deux champs exprime une situation plus performante du champ de Beni-Fouda par rapport au champ de Rmada. Les teneurs

en calcaire total (CaT) mesurées dans les sols des deux sites révèlent que ces sols sont modérément calcaires selon les normes de **Baize (2000)**, indiquant que les valeurs les plus élevées allant de la surface aux horizons les plus profonds.

Dans les sols étudiés, les teneurs en phosphore **(**P_2O_5**)** sous sa forme assimilable par la plante sont considérées comme moyennes à faibles pour le champ de Rmada, et moyennes dans le champ de Ben-Fouda. Les résultats des teneurs de P_2O_5 trouvées dans les horizons de profondeurs du champ de Beni-Fouda peuvent êtres dus aux racines des plantes qui s'associent en symbiose avec des microorganismes, ce qui leur facilite l'absorption du phosphore. En plus, les ions de phosphore sont très peu mobiles dans le sol, ce qui réduit le risque de lessivage (**Delaunois, 2006**).

D'après **Ait-Mechedal et *al*, (2017)**, les sols qui présentent des teneurs inférieures à 1 %, sont considérés pauvres en potassium total. Par conséquent, les sols des deux sites sont pauvres en potassium total, mais la carence du sol de Beni-Fouda est plus élevée. Le potassium est principalement contenu dans les parties végétatives et la restitution des pailles apporte donc cet élément (**Delaunois, 2006**). A ce propos, l'état des deux sols étudiés peut donc être expliqué par l'impact de l'intensité du pâturage pratiqué en association avec les cultures.

1.3.2. **Recensement et composition de la flore adventice**

Un total de 83 espèces d'adventices a été identifié sur l'ensemble de la région étudiée, Elles appartiennent aux 24 familles et 71 genres, 8 espèces de plantes sont des monocotylédones et 75 espèces sont des dicotylédones, Parmi les espèces identifiées, 56sont des annuelles, 4 des bisannuelles et 23 des vivaces.

Parmi les espèces inventoriées (**Tab.5**), les dicotylédones sont les plus répandues dans les champs explorés, représentant 90,36 % du total des espèces prélevées, appartenant aux 64 genres et aux 23 familles botaniques. La majorité des plantes adventices recensées présentent une activité printanière avec 83,13 %. La richesse la plus élevée en espèces est celles des familles suivantes : des Astéracées, des Graminées, des Apiacées, des Fabacées et des Brassicacées avec 20 ; 8 ; 7 ; 7 ; 6 espèces respectivement. La famille des Borraginacées est représentée par 4 espèces, ainsi que les familles des Papavéracées, des Ranunculacées, des Polygonacées et des Caryophyllacées qui renferment chacune 3 espèces. Le reste des familles, à savoir les Amarantacées, les Convolvulacées, les Cucurbitacées, les Euphorbiacées, les Iridacées, les

Lamiacées, les Malvacées, les Resedacées, les Chénopodiacées et les Rubiacées, ne sont représentées que par une seule ou deux espèces (**Tab.5 et Fig.13**).

Tableau 05 : Liste des espèces de plantes adventices inventoriées durant les campagnes d'étude dans la région de Sétif.

N	Famille	**Nom scientifique**	**EPPO-CODE**	**Type biologique**	**Période d'activité**
1	Amaranthaceae	*Amaranthus blitoides* S.Watson	AMABL	Annuelle	Printanière
2	Apiaceae	*Bunium pachypodum* P.W.Ball	BUNPA	Vivace	Hivernale
3	Apiaceae	*Bupleurum lancifolium* Hornem	BUPLA	Annuelle	Printanière
4	Apiaceae	*Caucalis platycarpos* L.	CAUPL	Annuelle	Printanière
5	Apiaceae	*Daucus carota L.*	DAUCA	Biannuelle	Printanière
6	Apiaceae	*Erynguim campestre*	ERYCA	Vivace	Fin-Printanière
7	Apiaceae	*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm.	TURLA	Annuelle	Printanière
8	Apiaceae	*Scandix pecten-veneris* L	SCAPV	Annuelle	Printanière
9	Asteraceae	*Anacyclus clavatus* (Desf.) Pers.	ANACL	Annuelle	Printanière
10	Asteraceae	*Anthemis cotula* L.	ANCO	Annuelle	Printanière
11	Asteraceae	*Calendula arvensis* L.	CALAR	Annuelle	Printanière
12	Asteraceae	*Carduus pycnocephalus L.*	CARPY	Biannuelle	Printanière
13	Asteraceae	*Carthamus lanatus* L.	CARS LA	Annuelle	Printanière
14	Asteraceae	*Carthamus pinnatus* Desf	CARPI	Vivace	Printanière
15	Asteraceae	*Centaurea acaulis* L.	CENAC	Vivace	Printanière
16	Asteraceae	*Centaurea orientalis* L.	CENOR	Vivace	Printanière
17	Asteraceae	*Centaurea nicaensis* All.	CENNI	Annuelle	Automnale
18	Asteraceae	*Centaureapullata* L.	CENPU	Biannuelle	Printanière
19	Asteraceae	*Cirisumarvens* L.	CIRAR	Vivace	Printanière
20	Asteraceae	*Cyanus segetum* Hill	CYASE	Annuelle	Printanière
21	Asteraceae	*Echinops spinosus* Rossi,	ECHISP	Vivace	Printanière
22	Asteraceae	*Podospermum laciniatum* (L.) DC.	PODLA	Biannuelle	Printanière
23	Asteraceae	*Scolymus hispanicus* L	SCOHI	Annuelle	Printanière
24	Asteraceae	*Senecio sp*	SEN	Annuelle	Printanière
25	Asteraceae	*Silybummarianum* L	SILMA	Annuelle	Automnale
26	Asteraceae	*Sonchus asper* L	SONAS	Annuelle	Printanière
27	Asteraceae	*Sonchus oleraceus* L	SONOL	Annuelle	Automnale
28	Asteraceae	*Taraxacum officianilis* F.H.Wigg.	TAROF	Vivace	Printanière
29	Borraginaceae	*Anchusaarvensis* (L)	ANCAR	Annuelle	Printanière
30	Borraginaceae	*Anchusaazurea* Mill	ANCAZ	Vivace	Printanière
31	Borraginaceae	*Echiumhumile* Desf	ECHHU	Vivace	Printanière
32	Borraginaceae	*Lithospermum arvense* (L.) I.M.Johnst.	LITAR	Annuelle	Automnale
33	Brassicaceae	*Capsellabursa-pastoris* (L.) Medik.	CAPBP	Annuelle	Printanière
34	Brassicaceae	*Diplotaxis erucoides* (L.) DC.	DIPER	Annuelle	Automnale
35	Brassicaceae	*Eruca vesicaria* (L.) Cav.	ERUVE	Annuelle	Printanière
36	Brassicaceae	*Raphanusraphanistrum* L	RAPRA	Annuelle	Automnale
37	Brassicaceae	*Sinapis arvensis* L	SINAR	Annuelle	Printanière
38	Brassicaceae	*Thlaspi arvense* L	THLAR	Annuelle	Printanière

39	Caryophylaceae	*Melandriumdioicum* (**L,) Cross, et Germ,**	MELDI	Annuelle	Printanière
40	Caryophylaceae	*Silene vulgaris* (Moench) Garcke	SILVU	Vivace	Printanière
41	Caryophylaceae	*Vaccaria hispanica* (L.) Sm.	VCCHI	Annuelle	Printanière
42	Chenopodeaceae	*Chenopodiastrum murale* (L.) S.Fuentes	CHEMU	Annuelle	Printanière
43	Chenopodeaceae	*Chenopodium album* L	CHEAL	Annuelle	Printanière
44	Convonvulaceae	*Convonvulus arvensis* L	CONAR	Vivace	Printanière
45	Cucurbitaceae	*Ecballiumelaterium(*L,) A,Rich,	ECBEL	Vivace	Printanière
46	Euphorbiaceae	*Euphorbia helioscopia* L	EUPHE	Annuelle	Printanière
47	Fabaceae	*Lathyrus ochrus* (L.) DC.	LATOC	Annuelle	Printanière
48	Fabaceae	*Medicago sativa L*	MEDSA	Annuelle	Printanière
49	Fabaceae	*Melilotus sp*	MEL SP	Annuelle	Printanière
50	Fabaceae	*Onobrychis viciifolia* Scop.	ONOVI	Vivace	Printanière
51	Fabaceae	*Ononis natrix* L	ONONA	Vivace	Printanière
52	Fabaceae	*Pisium sativum* L	PISSA	Annuelle	Printanière
53	Fabaceae	*Vicia sativa* L	VICSA	Annuelle	Printanière
54	Fumariaceae	*Fumariadensiflora* DC	FUMDE	Annuelle	Automnale
55	Fumariaceae	*Fumaria officinalis* L	FUMOF	Annuelle	Printanière
56	Fumariaceae	*Fumaria parviflora* Lam.	FUMPA	Annuelle	Printanière
57	Iridaceae	*Gladiolus segetum* Mill.	GLASE	Vivace	Printanière
58	Lamiaceae	*Marrubium vulgare* L	MARVU	Vivace	Printanière
59	Liliaceae	*Leopoldia comosa* (L.) Mill.	LEOCO	Vivace	Printanière
60	Liliaceae	*Ornithogalum narbonense L*	ORNNAR	Vivace	Printanière
61	Malvaceae	*Malva syvestris L*	MALSY	Annuelle	Automnale
62	Malvaceae	*Glaucium corniculatum (L.) Rudolph*	GLACO	Annuelle	Printanière
63	Papaveraceae	*Papaver rhoeas L*	PAPRH	Annuelle	Printanière
64	Papaveraceae	*Reomeria hybrida* (L.)DC.	REOHY	Annuelle	Hivernale
65	Plantaginaceae	*Plantago lagopus L*	PLALA	Annuelle	Hivernale
66	Poaceae	*Aegilops cylindrica* Host	AEGCY	Annuelle	Printanière
67	Poaceae	*Avena sterilis* L	AVEST	Annuelle	Automnale
68	Poaceae	*Bromus rigidus* (L.)	BRORI	Annuelle	Hivernale
69	Poaceae	*Bromus rubens* (L.) Nevski,	BRORU	Annuelle	Hivernale
70	Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	CYNDA	Vivace	Printanière
71	Poaceae	*Hordeum murinum* L	HORMU	Annuelle	Printanière
72	Poaceae	*Loliummultiflorum* Lam,	LOLMU	Vivace	Printanière
73	Poaceae	*Phalaris brachystachys* Link	PHABR	Annuelle	Printanière
74	Polygonaceae	*Rumex sp*	RUM	Vivace	Printanière
75	Polygonaceae	*Polyganum oviculare* L	POLOVI	Annuelle	Printanière
76	Polygonaceae	*Polygonum bellardii* All.	POLBE	Annuelle	Printanière
77	Renonculaceae	*Adonis aestivalis* L	ADOAE	Annuelle	Printanière
78	Renonculaceae	*Ceratocephalus falcatus* L	CERFA	Annuelle	Printanière
79	Renonculaceae	*Nigellahispanica* L	NIGHI	Annuelle	Printanière
80	Resedaceae	*Reseda alba* L	RESAL	Vivace	Printanière
81	Rubiaceae	*Galium tricornutum* Dandy	GALTR	Annuelle	Printanière
82	Scrophulariaceae	*Veronica hederifolia* L	VERHE	Annuelle	Printanière
83	Scrophulariaceae	*Veronica persica* Poir	VERPE	Annuelle	Printanière

Durant la période printanière de l'année 2015, un total de 62 sur 83 espèces soit 75% sont prélevées dans la région d'étude, Pour les deux campagnes d'étude 2015/2016 et 2016/2017, les mois de Mars, Avril et Mai sont les plus diversifiés quantitativement en espèces, suivis par la période hivernale, automnale, et enfin l'estivale représenté par le moi de juin. Au cours de la campagne 2015/2016, le mois d'Avril est le plus riche, avec 27 espèces, alors que le mois de Mars est représenté par 34 taxons, donc il est floristiement le plus diversifié pour la seconde campagne (**Fig.13**).

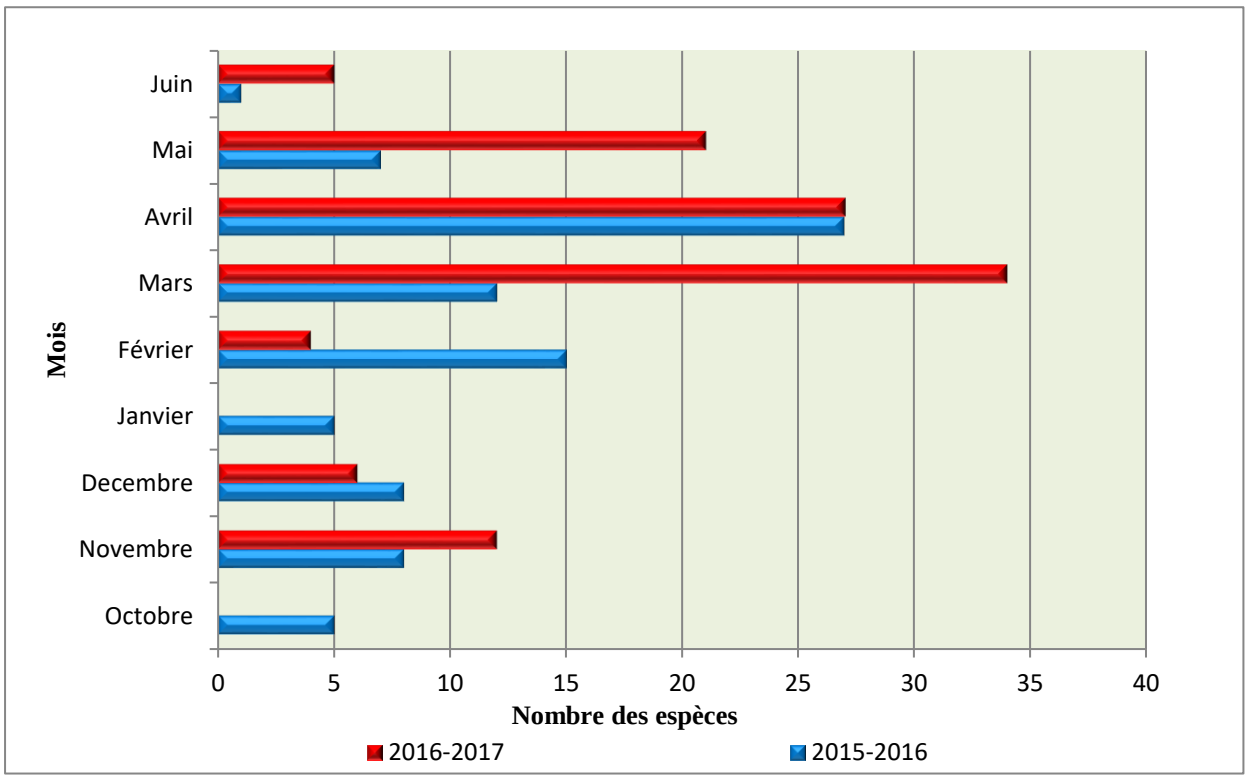


Figure 13: La distribution temporelle des espèces d'adventices durant les deux campagnes agricoles.

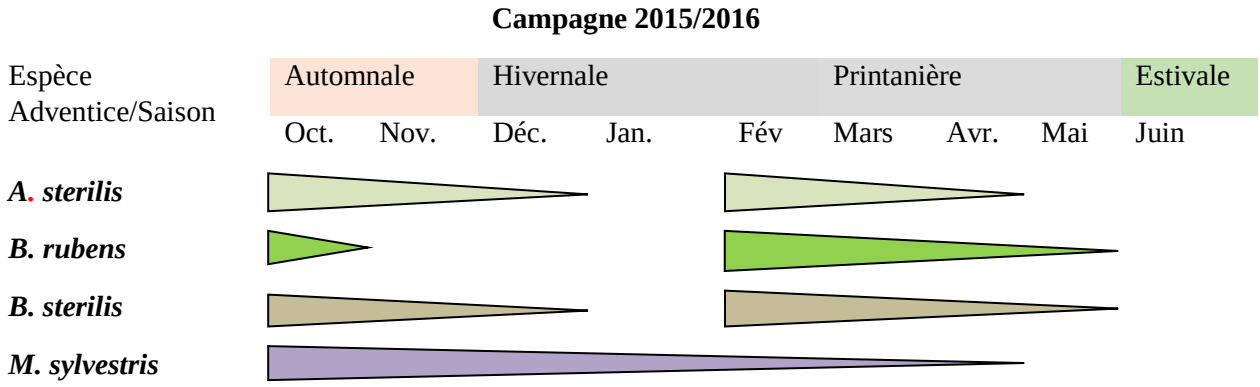
La diversité qualitative des espèces a révélé une variation temporelle annuelle de la composition de la flore adventice. Pour la campagne 2015/2016, trois catégories des espèces sont remarquées, 6 espèces rares telles que :*Amaranthus blitoides, Lithospermum arvense, Glaucium corniculatum, Ecballium elaterium, Polygonum bellardii* et *Lathyrus ochrus* enregistrés une à deux fois dans les relevées ; En outre, 10 espèces très fréquentes connues généralement sous la nomination messicoles comme : *Bunium pachypodum, Calendula arvensis, Daucus carota, Papaver rhoeas, Reseda alba, Scandix pecten-veneris, Silybum marianum, Veronica hederifolia, Sonchus oleraceus* et *Sinapis arvensis* (**Tab,06**).

Tableau 6 : Variation des espèces recensées par mois durant la campagne 2015/2016

Compagne 2015-2016	
Mois	**Espèces**
Octobre	*Avena sterilis, Bromus rubens, Malva syvestris, Silybum marianum, Sonchus oleraceus*
Novembre	***Amaranthus blitoides**, Avena sterilis, Bromus rubens, Diplotaxis erucoides, Convonvulus arvensis, Fumaria densiflora, **Lithospermum arvense**, Malva syvestris, Polyganum oviculare, Reomeria hybrida, Sinapis arvensis, Sonchus oleraceus, Convonvulus arvensis*
Décembre	*Avena sterilis, Bromus sterilis, Carduus pycnocephalus, Diplotaxis erucoides, Fumaria densiflora, Malva syvestris, Raphanus raphanistrum, Silybum marianum.*
Janvier	*Diplotaxis erucoides, Malva syvestris, Melilotus sp, Scandix pecten-veneris L, Silybum marianum.*
Février	*Bunium pachypodum, Carthamus lanatus, Malva syvestris, Melilotus sp, Raphanus raphanistrum, Veronica hederifolia L, Sonchus oleraceus, Sinapis arvensis, Polyganum oviculare, Papaver rhoeas, **Glaucium corniculatum**, **Ecballium elaterium,** Bromus sterilis, Avena sterilis, Fumaria oficinalis*
Mars	*Anchusa arvensis, Bromus rubens, Bromus sterilis, Bunium pachypodum, Calendula arvensis, Daucus carota, Malva syvestris, Melilotus sp, Papaver rhoeas, Reseda alba, Scandix pecten-veneris, Silybum marianum.*
Avril	*Anchusa arvensis, Anchusa azurea, Avena sterilis, Bromus rubens, Bromus sterilis, Bunium pachypodum, Calendula arvensis, Carduus pycnocephalus, Carthamus lanatus, Carthamus pinnatus, Daucus carota Fumaria densiflora, Glaucium corniculatum, Fumaria parviflora, Galium tricornutum, Hordeum murinum, Malva syvestris, Medicago sativa, Papaver rhoeas, Polyganum oviculare, Reseda alba, Scandix pecten-veneris, Sinapis arvensis, Veronica hederifolia, Veronica persica, Vicia sativa, Fumaria officinalis*
Mai	*Bromus sterilis, Bromus rubens, Fumaria densiflora, Polyganum oviculare, Polygonum bellardii, Reomeria hybrid, Sinapis arv*ensis
Juin	***Lathyrus ochrus***

Des espèces ubiquistes caractéristiques de la région et présentes durant les trois saisons hivernale, automnale et printanière comme *A, sterilis, B, rubens* et *M, sylestris* (**Tab.07**).

Tableau 07 : Les espèces ubiquistes de la campagne 2015/2016



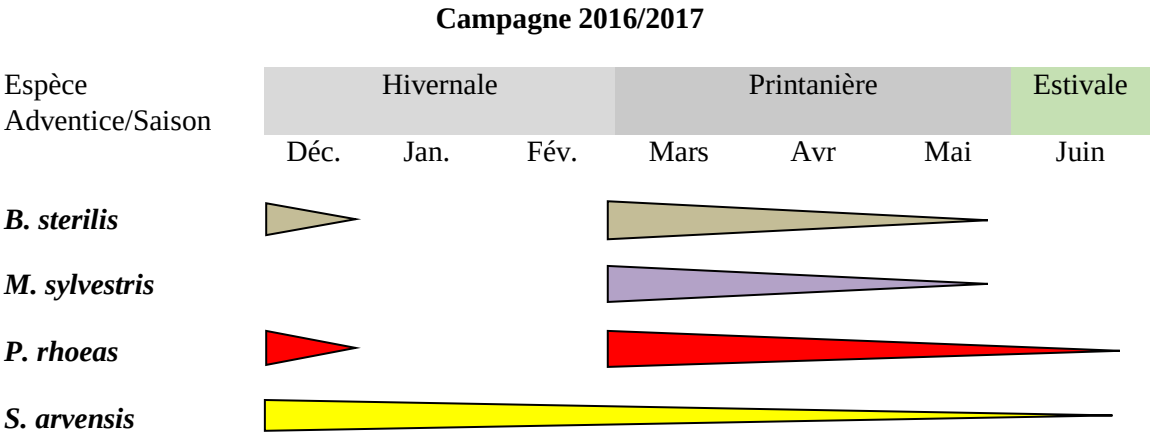
Des catégories semblables des espèces d'adventices sont observées durant les deux campagnes agricoles, mais des différences qualitatives sont notées, 11 espèces rares qui sont : *Nigella hispanica, Caucalis platycarpos, Adonis aestivalis, Plantago lagopus, Podospermum laciniatum, Onobrychis viciifolia, Euphorbia helioscopia, Vaccaria hispanica, Erynguim campestre* et *Taraxacum officianilis* **(Tab.08)**. Le cortège des espèces ubiquistes est varié et dominé par les dicotylédones ; *Malva syvestris, Papaver rhoeas, Sinapis arvensis* et *Bromus sterilis* **(Tab. 09)**.

Tableau08 : Variation des espèces recensées par mois durant la campagne 2016/2017

Compagne 2016/2017	
Mois	**Espèces**
Décembre	*Bromus sterilis, Malva syvestris, Papaver rhoeas L, Scandix pecten-veneris L, Silybum marianum, Sinapis arvensis*
Janvier	*Diplotaxis erucoides,* ***Plantago lagopus****, Sinapis arvensis, Sonchus oleraceus L,*
Mars	*Vicia sativa, Veronica hederifolia ,Sonchus asper ,Sinapis arvensis, Silybum marianum ,Senecio sp, Reseda alba, olygonum bellardii, Polyganum oviculare,* ***Podospermum laciniatum****, Papaver rhoeas ,****Onobrychis viciifolia****, Malva syvestris, Lolium multiflorum, Hordeum murinum, Galium tricornutum, Fumaria densiflora,* ***Euphorbia helioscopia,*** *Diplotaxis erucoides, Daucus carota, Cyanus segetum, Cirisum arvens, Centaurea pullata, Centaurea nicaeensis, Centaurea orientalis, Centaurea acaulis , Carthamus lanatus, Carthamus pinnatus, Bromus sterilis, Avena sterilis , Bromus rubens,Anchusa azurea,Anacyclus clavatus,Anchusa arvensis*
Avril	***Adonis aestivalis*** *, Anchusa azurea,Anacyclus clavatus,Anchusa arvensis, Bromus sterilis, Carthamus pinnatus, Ceratocephalus falcatus* ***Chenopodiastrum murale****, Chenopodium album, Cirisum arvens, Fumaria densiflora, Glaucium corniculatum, Fumaria parviflora, Galium tricornutum,* ***Lathyrus ochrus****, Malva*

	syvestris, Papaver rhoeas ,Polyganum oviculare, Reomeria hybrida, Reseda alba, Silybum marianum, Sinapis arvensis, Thlaspi arvense, Veronica hederifolia, Veronica persica, Vicia sativa, Fumaria officinalis
Mai	***Vaccaria hispanica, Taraxacum officianilis**, Sinapis arvensis, Silybum marianum, Senecio sp, Reseda alba, Papaver rhoeas, Galium tricornutum, Euphorbia helioscopia, Erynguim campestre, Echium humile, Convonvulus arvensis, Cirisum arvens, Ceratocephalus falcatus, Centaurea pullata, **Caucalis platycarpos**, Carthamus pinnatus, **Adonis aestivalis** , Anchusa azurea, Bromus rubens,Bromus sterilis,*
Juin	*Polyganum oviculare, Papaver rhoeas, **Nigella hispanica**, Erynguim campestre, Convonvulus arvensis.*

Tableau9 : Les espèces ubiquistes de la compagne 2016/2017



La flore adventice constitue une composante essentielle des agro-écosystèmes, elle est considérée comme dommageable en raison de sa compétition avec les cultures. Elle exprime la combinaison de plusieurs variables biotiques et abiotiques du milieu, ainsi que l'hétérogénéité du paysage (**Van Den Abeele, 2022**),

Deux types de facteurs sont responsables de la distribution et de l'abondance des espèces au sein des communautés de mauvaises herbes dans les agro-systèmes, les facteurs écologiques d'ordre pédoclimatique et les facteurs anthropiques liés à l'intensification des pratiques culturales **(Le Bourgeois, 1993)**. Les changements dans le travail du sol et la gestion des cultures peuvent significativement influencer la diversité et la structure des communautés d'adventices (**Nichols et *al*., 2015**).

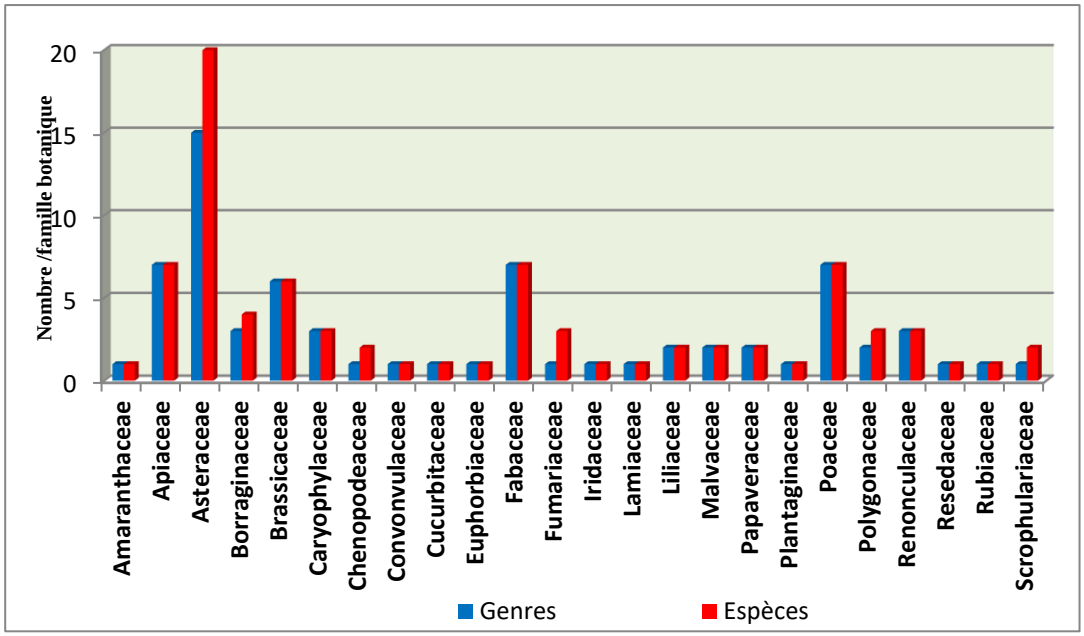


Figure 14 : Richesse spécifique et en genre par familles recensées dans la région de Sétif

En Algérie, on estime que la flore adventice compte 500 espèces de plantes (**Kazi Tani *et al.*, 2021)**, Les mêmes auteurs ont noté que les 50 taxons les plus abondants et fréquents sont par conséquence nuisibles à diverses cultures.

D'après les résultats obtenus dans l'ensemble des champs de : Rmada, Beni-Fouda, Mezloug et Sétif, la richesse spécifique de 83 espèces d'adventices identifiées est relativement assez faible par rapport aux données précédentes de la même région, qui sont 183 et 178 espèces inventoriées respectivement par **Benarab (2008)** et **Karkour & Fenni (2012),** en plus120 espèces recensées par **Hannachi (2010)** dans de la région de Batna. Ce déclin de la richesse en espèces est enregistré par **Melakhssou (2020),** qui a d'identifié 77 espèces à partir de 72 relevés floristiques effectués dans 11 différents champs de blé dur dans la région de Batna. La décadence de la diversité des espèces est liée aux efforts visant à accroître le rendement des cultures céréalières grâce à une gestion du sol, connue sous le nom de travail du sol conventionnel, qui affecte la distribution verticale des graines de mauvaises herbes dans le sol (**Forcella et *al*, 2000**), ainsi que leur l'abondance et leur richesse (**Hernández-Plaza et *al*., 2011**). De même, l'utilisation des herbicides provoque la dégradation de la biodiversité de la flore adventice (**Schütte, 2003**). En plus, l''utilisation répétée des mêmes catégories d'herbicides apparaît comme le facteur induisant la plus forte sélection, ce qui se traduit par un appauvrissement général de cette flore au profit de quelques espèces résistantes **(Le Bourgeois, 1993)**.

La dominance enregistrée des familles botaniques suivantes (**Fig.14)** : Astéracées, Poacées, Apiacées, Brassicacées et Fabacées est un caractère élémentaire de la flore algérienne

dans son ensemble ainsi que de la flore méditerranéenne dans sa globalité (**Kazi Tani et *al*., 2010 ; 2021).** Par ailleurs, d'autres familles telles que les Borraginacées, les Papavéracées, les Renonculacées et les Caryophyllacées sont moins représentées en termes de richesse spécifique, mais conservent pratiquement le même ordre de classement que dans la flore algérienne et la flore des régions de l'ouest méditerrané d'Europe (**Guillerm & Maillet, 1982**). Ces 9 familles renferment en effet 74% de la totalité des espèces recensées. Les monocotylédones comptent 8 espèces, dont 10% appartiennent à la famille des Poacées, tandis que les dicotylédones renferment 70 espèces, soit 90% des plantes collectées. Le rapport du nombre d'espèces monocotylédones au nombre d'espèces dicotylédones (M/D) qui est de 11,42 pour l'ensemble des parcelles prospectées, alors qu'il s'élève à 17,64 pour les deux champs étudiés, ce qui confirme la prédominance des dicotylédones, ces résultats sont proches de ceux de **Fenni (2003)**.

En outre, **Alarcón et *al*.,** (**2018**) indiquent que la variabilité climatique interannuelle élevée, comme dans le cas du bassin méditerranéen, et l'absence d'information concernant les terres cultivées en rotation extensive céréales/légumineuses, où la biodiversité de la flore adventice a été façonnée par une longue histoire évolutive et culturelle, sont responsables ~~des résultats~~ des résultats non exhaustifs (**Fried et *al*., 2008 ; Hernández-Plaza et *al*., 2015**), seuls les résultats issus d'études à long terme permettent de caractériser l'impact des pratiques agricoles sur la communauté de mauvaises herbes.

Effectivement, la richesse spécifique en espèce d'adventices mentionnée dans la présente étude est semblable à celle de **Melakhssou (2020)**, toute en gardant toujours les différences inter-région, le nombre de champs prospectés, et la période de prélèvement. Au Canada, une étude a testé l'effet du travail du sol et des rotations de cultures sur la diversité et la densité des espèces de mauvaises herbes levées, ainsi que sur le réservoir de semences durant 6 ans, dans 4 fermes représentant 36 champs. Les résultats ont montré que le travail du sol avait l'effet le plus important sur la diversité et la densité des mauvaises herbes, et que l'absence de travail du sol favorisait la plus grande diversité de ces espèces (**Murphy et *al*., 2006**). L'absence d'inversion du sol en labour réduit favorise les chances de germination des graines nouvellement tombées à la surface du sol, ce qui permet un niveau d'infestation plus important (**Froud-Williams, 1988 ; Cardina et *al*., 1991 ; Spandl et *al*., 1999**).

Dans le même contexte, **Alarcón et *al*,** (**2018**) ont recensé 42 espèces dans une étude sur la diversité des communautés de mauvaises herbes dans les sols non- labourés, faisant partie d'une rotation de cultures céréalières/légumineuses pratiquée pendant 9 ans à la station El Encín

en Espagne. Ils ont conclu que l'influence de la variabilité environnementale interannuelle était plus importante que l'impact du labour, et que les espèces les moins communes étaient particulièrement affectées, tandis que les espèces principales étaient uniformes dans tous les systèmes de travail du sol.

1.3.3. **Variation spatio-temporelle de la flore adventice**

A l'aide de 96 relevés réalisés, les inventaires des adventices dans les deux champs étudiés durant les deux campagnes agricoles 2015/2016 et 2016/2017 ont permet d'identifier un total de 40 espèces dont 31 étaient des annuelles, 4 bisannuelles et 5 vivaces (**Tab.10 ; Fig.15**).

Tableau 10 : La liste des espèces d'adventices inventoriées dans les deux sites d'étude durant les deux campagnes agricoles, avec des informations sur leur biologie, leur origine et leur statut dans la liste rouge. ("LC": préoccupation mineure, "VU": vulnérable, "CR": en danger critique)

Espèces	Formes biologiques	Origine biogèographique	Statut dans la liste rouge l'UICN
Avena sterilis	therophyte	Méditerranéenne	-
Bromus sterilis	therophyte	Eurasienne(meridional)	-
Hordeum murinum	therophyte	holarctique	"LC"
Lolium multiflorum	therophyte	Medit -atlantique	-
Hordeum vulgare	therophyte	Introduite (W, Asia)	-
Bromus rubens	therophyte	Méditerranéenne	-
Papaver rhoeas	therophyte	Européenne	"LC"
Polyganum aviculare	therophyte	Cosmopolite	"LC"
Veronica hederifolia	therophyte	Européenne	"LC"
Podospermum laciniatum	hemicryptophyte	Méditerranéenne	-
Sonchus oleraceus	therophyte	Cosmopolite	"LC"
Lens culinaris	therophyte	Eurasienne	-
Malva sylvestris	hemicryptophyte	Européenne	"LC"
Galium tricornutum	therophyte	Méditerranéenne	"CR"
Eruca vesicaria sativa	therophyte	Méditerranéenne	-
Vicia sativa	therophyte	Europe (meridionale)	"LC"
Ornithogalum narbonense	geophyte	Méditerranéenne	-
Daucus carota	hemicryptophyte	Européenne	"LC"
Carthamus lanatus	therophyte	Méditerranéenne	-
Ceratocephala falcata	therophyte	Eurasienne(meridionale)	-
Silybum marianum	hemicryptophyte	Méditerranéenne	"LC",
Carthamus pinnatus	hemicryptophyte	Méditerranéenne	-
Fumaria officinalis	therophyte	circumboreale	"LC"
Fumaria densiflora	therophyte	cosmopolite	"LC"
Raphanus raphanistrum	therophyte	Eurasienne(temperée)	"LC"
Carduus pycnocephalus	hemicryptophyte	Méditerranéenne	-
Anchusa azurea	hemicryptophyte	Méditerranéenne	-
Scandix pecten-veneris	therophyte	Européenne	-

		(meridionale)	
Bunium pachypodum	geophyte	Méditerranéenne(w)	-
Reseda alba	hemicryptophyte	Méditerranéenne	
Roemeria hybrida	therophyte	Méditerranéenne	"VU"
Centaurea acaulis	therophyte	Méditerranéenne	-
Amaranthus blitoides	therophyte	"Introduite (N, America)"	-
Lithospermum arvense	therophyte	Europienne	-
Cirsium arvense	geophyte	Eurasienne	-
Convolvulus arvensis	liana	cosmopolite	"LC"
Centaurea pullata	hemicryptophyte	Méditerranéenne	-
Calendula arvensis	therophyte	Européenne (meridionale)	-
Diplotaxis erucoides	therophyte	Méditerranéenne(w)	-
Sinapis arvensis	therophyte	Européenne (temperée)	"LC"

Cependant, 6 espèces de graminées et 34 espèces de dicotylédones ont été recensées, Les espèces de dicotylédones sont dominantes en représentant 75 % (34/40), réparties en 34 genres et 17 familles, Un ensemble de 60 % des espèces identifiées appartenant aux familles des Astéracées avec 25 % (10/40), des Poacées avec 15 % (soit 6/40), des Papavéracées avec 10 % (4/40), et des Brassicacées avec 10 % (4/40) (**Tab.10 ; Fig.15**).

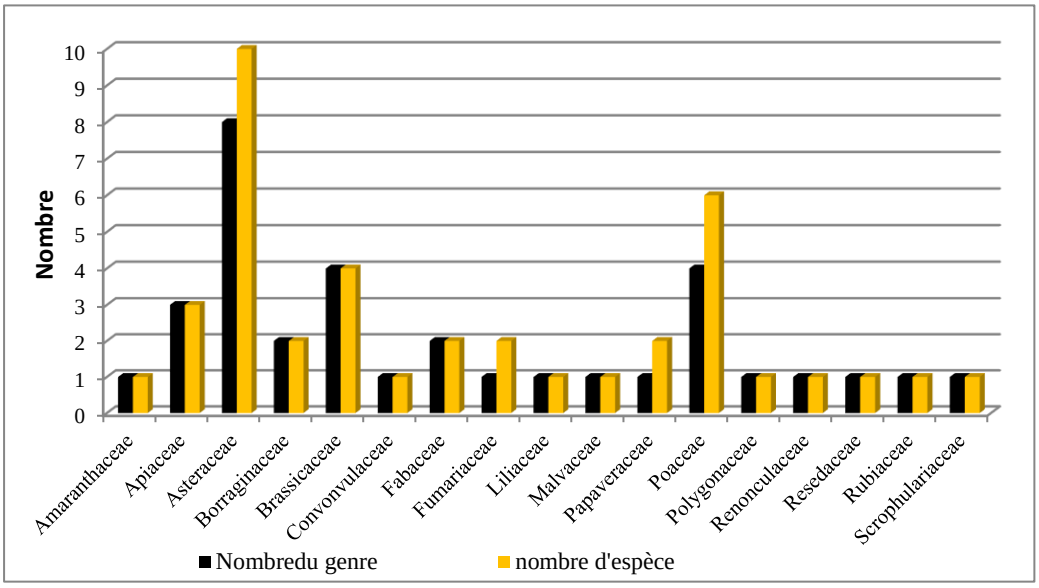


Figure 15 : Nombre de genres et d'espèces par famille botanique recensée dans les deux champs d'étude

La richesse spécifique totale en espèces d'adventices inventoriées dans le champ de Rmada (SR) est de 26 espèces, dont 20 espèces sont annuelles, 3 bisannuelles et 3 vivaces. En revanche, la flore adventice du champ de Beni-Fouda (SBF) est représenté par 29 espèces d'adventices distinctes, dont 24 espèces sont des annuelles, 3 bisannuelles et 2 vivaces. La

période printanière reste la plus diversifiée en espèces de plantes pour les deux sites et durant les deux campagnes **(Tableau 11).**

Tableau 11 : Caractérisation de la flore adventice durant les deux campagnes (2015/2016 et 2016/2017), dans les deux sites (**A.C : Avant la culture, D.C : Durant la culture)**

	Site1 Beni-Fouda (SBF)			**Site2 Rmada (SR)**		
	1ère campagne Culture de blé dur		2ème campagne Rotation	1ère campagne Culture de blé dur		2ème campagne Rotation
Richesse en taxons	A.C	D.C	D.C	A.C	D.C	D.C
Familles	6	12	14	10	8	9
Genres	6	21	19	17	14	13
Espèces	6	24	20	18	14	13

L'analyse de la flore adventice dans les sites d'étude révèle que sa composition varie d'une année sur l'autre. Les familles d'adventices les plus dominantes affectant la culture de blé dur sont : les Asteracées, les Poacées, les Fabacées, les Polygonacées, les Euphorbiacées, les Lamiacées, les Brassicacées, les Cyperacées, et les Solanacées (**Dangol, 2013**).

Certaines espèces restent constantes dans le temps, tandis que d'autres ont décliné ou disparu et ne sont réapparues qu'une seule fois (**San Martín et *al.*, 2019**), **Schmid et *al.*, (1983)** ont montré qu'à partir de la cinquième année de culture continue, la diversité floristique globale diminue et que des changements de la flore se manifestent. Cela se traduit par une perte des espèces natives des milieux naturels, et après dix ans de culture consécutive, par le développement d'une flore qui se spécialise en fonction de l'adaptation des espèces aux différentes pratiques culturales **(Le Bourgeois, 1993)**. **Le même auteur** ajoute que de nombreuses espèces annuelles apparaissent après 4 à 5 ans de culture, puis deviennent de plus en plus abondantes au détriment des espèces moins compétitives. Ces mêmes constatations sont observées dans la présente étude et peuvent expliquer la présence incessante d'un cortège de flore adventice constitué de 7 espèces dans le site de Rmada qui sont : *A, sterilis, P, aviculare, G. tricornutum, P. rhoeas, S. arvensis, F. officinalis* e *S. oleraceus*, ainsi que 4 espèces à Beni-Fouda : *M. sylvestris, S. marianum, S. arvensis* et *B. sterilis.* Ces espèces sont considérées comme des espèces « centrales » dans le contexte actuel **(Magurran & Henderson, 2003)**. En effet, elles se caractérisent par leur forte capacité de colonisation, conséquence de leur production abondante de graines et de leur capacité à persister et à se développer à côté des plantes cultivées **(Mohler, 2004)**.

Au cours de la première campagne et avant la mise en culture, la faible diversité de 6 espèces d'adventices enregistrées dans le champ de Beni-Fouda **(Tab.11),** peut être justifiée par l'intensité du pâturage ovin dès la récolte, car ce champ fait partie d'une ferme à double fin production et élevage. Or dans le site de Rmada, le pâturage ovin est temporaire. Plusieurs études affirment que le pâturage est l'un des moyens de gestion qui constituent des filtres écologiques distincts des communautés végétales, favorisant sélectivement certains taxons tout en excluant d'autres (**Smith et *al.*, 2017**). Les ovins pourraient également, lors du pâturage, servir d'auxiliaires pour contrôler certaines infestations d'adventices (**Zaller, 2006**). Les conditions climatiques estivales locales peuvent constituer un facteur limitant pour la diversité de la flore adventice, **Dupre et al, (2022)** ont observé qu'une augmentation des températures estivales, couplée à une réduction de l'humidité disponible, avait un impact sur la composition des communautés d'adventices dans une région semi-aride et froide semblable à la nôtre, provoquant une diminution de la richesse et de la diversité des espèces d'adventices. En l'absence de ré-enfouissement des graines et donc de dormance secondaire associé aux traitements chimiques, ces systèmes épuisent plus rapidement le stock semencier en surface **(Van Den Abeele, 2022)**,

Dans le champ de Rmada , les deux espèces de graminées *B, sterilis* et *A, sterilis* sont prépondérantes, mais arrivent en seconde rang après un groupe d'espèces des Brassicacées : *E. vesicaria sativa* , *S. arvensis* et *R. raphanistrum*, Il se peut que les réactions allélopathiques de ces mauvaises herbes justifient leur dominance dans ce champ, car certains membres de la famille des Brassicacées, appartenant particulièrement aux genres *Sinapis, Raphanus* et *Brassica*, sont déjà exploités pour la gestion des mauvaise herbes **(Jabran, 2017)**. Un troisième groupe fait une part importante de cette diversité, et se compose de deux espèces des Asteracées : *S. marianum* et *S. oleraceus*. Cette dernière est une espèce anthropophile bien répandue, favorisée par les perturbations induites par les activités humaines et les conditions d'habitat (apports de fumures azotées, accumulation de déchets organiques, pâturage, etc,) **(Kazi Tani et *al.*, 2010)**. Bien que *S. marianum*, soit une espèce vivace et originale de la région d'étude.

Les mauvaises herbes font partie des facteurs biotiques importants qui affectent la production de blé. Plusieurs recherches, comme celle de **Mennan & Işik (2004)**, ont montré qu'une augmentation de la densité des adventices entraîne une baisse du rendement de certaines variétés de blé à maturation précoce et tardive. Les résultats suggèrent que l'ampleur de la perte de rendement due aux adventices est plus importante chez les cultivars de blé nains moins compétitifs et à haut rendement que chez les cultivars hauts (**Zerner et *al.*, 2008**).

En outre, la richesse spécifique en espèces adventices a atteint 24 espèces lors la mise en culture du blé dur durant la première campagne à Beni-Fouda **(Tab.11)**. Les espèces appartiennent à plusieurs familles botaniques, mais l'abondance quantitative des plants des deux espèces de graminées *B. sterilis* et *A. sterilis*, est nettement observée. D'après **Fried et *al.*, (2011)**, la monoculture de blé dur, favorise avec le temps le développement de certains espèces spécialistes comme celles des Bromes, en raison de la stabilité de leur cycle cultural (**Fried et *al.*, 2011)**. L'espèce *B, sterilis* se développe grâce à son mimétisme avec le cycle de développement de la culture, ce qui rend son impact d'autant plus important. Les adventices présentant cette caractéristique comme *B, sterilis* dans notre cas, sont favorisés par le semis direct qui laisse les semences en surface, où elles se dégradent lors de l'enfouissement, pour germer et s'enraciner facilement (**Aiber, 2006**). Cette espèce et d'autres sont avérées résistantes aux molécules actives utilisées lors de désherbage (**Van Den Abeele, 2022**) et deviennent un grand problème en l'absence de maîtrise suffisante par des herbicides sélectifs pour protéger les céréales d'hiver.

Concernant la monoculture du blé dur à Rmada, une richesse spécifique plus basse a été enregistrée lors de la première campagne, avec 14 espèces adventices (Tab,11). Ces dernières sont dominées qualitativement par les espèces des Brassicacées, suivies par des Asteraceae. Quantitativement, *Polygonum aviculare* des Polygonaceae était l'espèce la plus abondante dans ce champ. **Seipel et *al.*, (2022)** ont indiqué que les systèmes de culture sans labour avec gestion chimique présentaient les niveaux d'abondance d'adventices les faibles, mais ils étaient également associés aux niveaux de biodiversité les plus faible. En revanche, **Royo-Esnal et *al.*, (2015)** ont montré que le semis direct, qui présentait les rendements en graines les plus élevés des cultures de céréales d'hiver chaque saison, était le seul système de gestion du sol à réduire efficacement la population de *P. aviculare*, grâce l'émergence réduite de cette espèce. Cependant, les résultats opposés obtenus peuvent être dus au recours répété au désherbage chimique, avec toujours les mêmes molécules chimiques, ce qui a engendré le développement d'une flore résistante (**Van Den Abeele, 2022**). Dans notre étude, la dominance de *P, aviculare* peut être due à l'utilisation d'une petite quantité de matière active, principalement du glyphosate, comme herbicide de contact en pré-semis, ce qui a conduit à l'apparition d'écotypes résistants chez les deux espèces du genre *Polygonum*, Ce phénomène a été noté en Espagne par **Aiber (2006**). L'étude de **Kloot & Boyce (1982**) a signalé que cette espèce est un agent allélopathique interférant avec la germination et la croissance précoce de certaines plantes médicinales.

Sur un autre plan, la rotation des cultures permet de réduire les problèmes causés par les adventices (**Nichols et *al*., 2015**) et ce système de culture pourrait constituer une mesure de contrôle efficace. Toutefois, les effets positifs de la rotation des cultures peuvent nécessiter plusieurs années (**Bàrberi, 2002 ; Bellinder et *al*., 2004**), le temps qu'ils influent sur la banque de graines des espèces adventices (**Ball, 1992**).

Les systèmes de culture qui comprennent diverses cultures (céréales, légumineuses) facilitent l'utilisation d'herbicides ayant des modes d'action différents et réduisent ainsi le risque de développement d'écotypes résistants (**Blackshaw et *al*., 2002**). Dans les deux sites étudiés, les résultats des rotations des cultures (céréales/céréales et céréales/ légumineuses) appliquées durant la deuxième année de campagne n'ont pas d'effet significatif sur la diversité qualitative, qui a diminué du nombre d'espèces de 24 à 20 à Beni-Fouda, et de 14 à 13 à Rmada,

À Beni-Fouda, la prépondérance quantitative (nombre de plants) d'une espèce de graminées *B, rubens* est clairement envisagée sur les rotations céréales/céréales représentées par le blé dur/blé dur et le blé dur/triticale (**Fig.16**), alors qu'elle est absente ou très rare sur les rotations de type céréales/ légumineuses. Cette pratique a pu diminuer la densité des espèces, surtout les plus dominantes, mais pas la diversité des espèces. Les deux espèces *V. hederifolia*et, *G. tricornutum* sont les seules collectées lors des différentes rotations. En revanche, dans le site de Rmada, le résultat est similaire, l'espèce dicotylédone *P. aviculare* est toujours dominante quantitativement, et la diversité qualitative est presque indifférente. Seulement, la densité de *P. aviculare* a sensiblement diminué, mais aucun type de rotation n'a pas pu la contrôler. Sa densité la plus importante est enregistrée sur les rotations blé dur/blé dur et blé dur/lentille (**Fig.17**), tandis que la faible densité est notée pour la rotation blé dur/triticale. Pour la totalité des espèces détectées, *V. hederifolia* est la seule plante présente dans toutes les rotations, avec *P. aviculare*, mais avec une densité très faible.

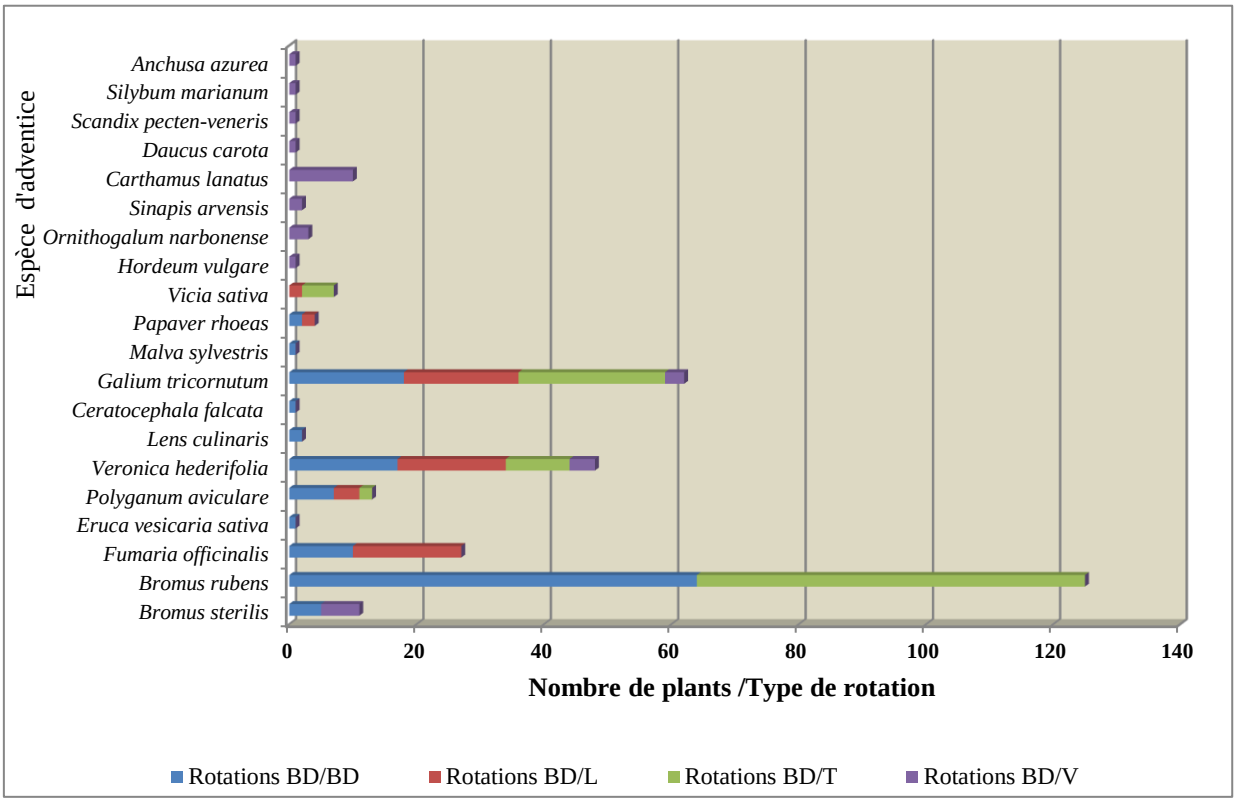


Figure 16 : Diversité spécifique de la flore adventice associée aux différentes rotations dans le site de Beni-Fouda (**BD : blé dur, L : lentille, T : triticale, V : vesce**).

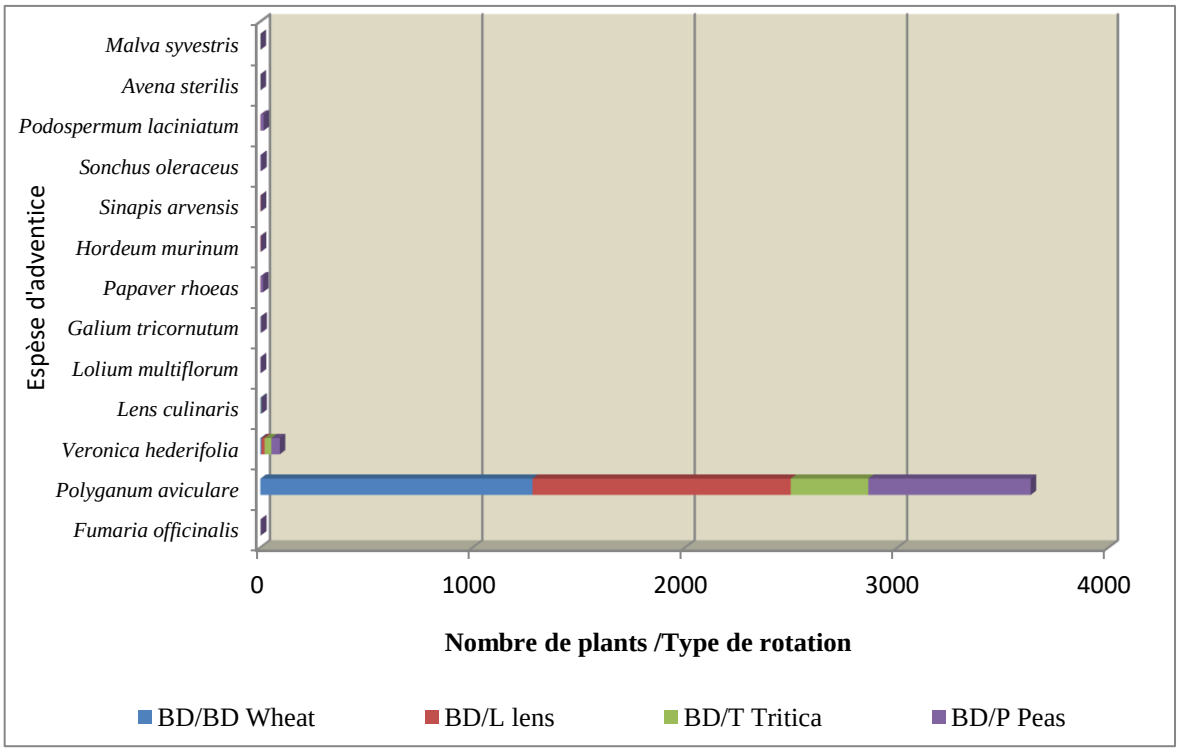


Figure 17 : Diversité spécifique de la flore adventice associée aux différentes rotations dans le site de Rmada (**BD : blé dur, L : lentille, T : triticale, P : pois)**

A ce propos, la dynamique de la population d'adventice est affectée par la variabilité annuelle des paramètres environnementaux, suivie par la rotation des cultures et enfin l'intensité de travail du sol **(Blackshaw et *al*., 2002)**. Les mêmes auteurs ont également ajouté que les adventices annuels et vivaces sont plus nombreux lorsque les précipitations des périodes automnales et printanières sont abondantes. L'étude en cours a enregistré un nombre de plants réduit pour l'ensemble des espèces recensées par apport à la monoculture de blé dur. Une analyse des données climatiques de la seconde campagne (2016/2017) montre qu'elle a été marquée par un déficit de précipitations, surtout durant les 3 mois d'automne et du printemps.

1.3.4. **Variation de la flore adventice en fonction des formes biologiques**

Les résultats obtenus ont révélé une diversité de types biologiques parmi les 40 espèces de plantes adventices recensées. Sur la totalité de ces espèces, nous avons trouvé 67,5 % de thérophytes, 22,5 % d'hémicryptophytes, 7,5 % de géophytes et 2,5 % de lianes **(Fig. 18, Tab.10)**. La composition du spectre biologique montre une prédominance des thérophytes qui représente 67.5 % du nombre total des espèces suivis par les hémicryptophytes, les géophytes et les lianes, Ce type biologique dominant indique l'expression actuelle de l'adaptation aux habitats productifs et perturbés (**Grime, 1977)**. Les espèces thérophytes sont particulièrement adaptées aux perturbations, car leur cycle est court et elles sont annuelles, ce qui est plus fréquent dans les grandes cultures que dans les cultures pérennes **(Kazi Tani et *al*., 2010)**. Selon d'autres chercheurs, la « thérophytie » s'expliquerait par l'intensité d'anthropisation des systèmes (surpâturage, culture) (**Floret et *al*., 1990**), c'est une forme résistante à l'aridité (**Barbero et *al*., 1990**). Les hémicryptophytes occupent la deuxième position, avec une diversité importante et qui est essentiellement liée aux conditions pédoclimatiques de la région d'étude. L'abondance de ces espèces, s'explique par une plus grande richesse du sol en matière organique (**Aubert, 2003 ; Wesemael & Brahy, 2012**), ainsi que par les précipitations et les basses températures selon un gradient altitudinal (**Barbero et *al*., 1989**).

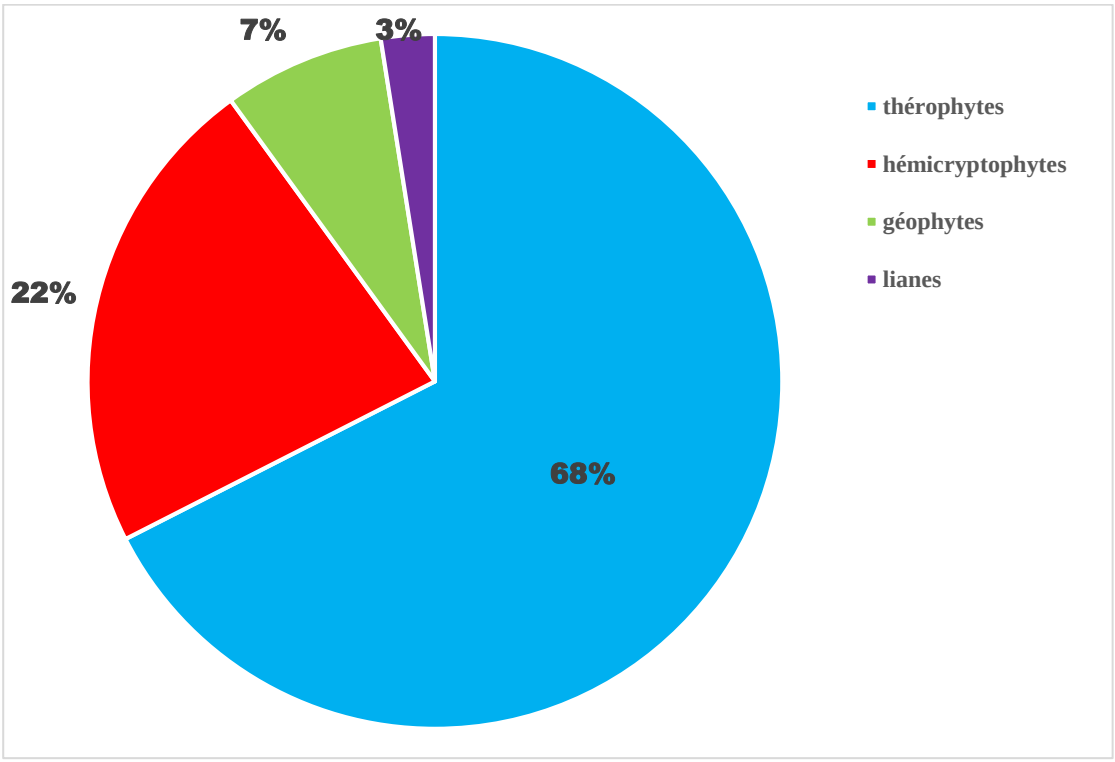


Figure18 : Différents formes biologiques de la flore adventice recensée dans les deux sites durant la période d'études,

Les géophytes se classe en troisième rang. Leur faible proportion est liée aux conditions climatiques rigoureuses (**Aidoud et *al.*, 1983**). Ces espèces indigènes issues des habitats primaires adjacents s'étant adaptées aux biotopes culturaux **(Kazi *Tani* et *al.*, 2010),** elles sont nettement plus abondantes dans les sols peu travaillés (**Delpech, 1980**).

1.3.5. Variation de la flore adventice en fonction des origines biogéographiques

Le tableau 09 présente le spectre floristique en fonction des zones biogéographiques d'origine des espèces de plantes inventoriées. Dans ce sens, 7types biogéographiques ont été répertoriés, Toutefois, l'affinité du territoire étudié à la flore méditerranéenne est confirmée dans une large mesure, avec 45 %, soit 18/40, ce qui est nettement perceptible (**Fig.19, Tab.10**). Cette dominance est également notée dans plusieurs régions de l'Algérie, comme dans le nord-ouest de Tlemcen (**Ghezlaoui et *al.*, 2009, 2011**), dans la partie ouest du Tell algérien (**Kazi Tani et *al.*,2010**), et l'est du pays (**Fenni, 2003 ; Hannachi & Fenni, 2013 ; Karkour & Fenni, 2016)**. Ces communautés d'adventices se sont adaptées aux systèmes de travail du sol traditionnels utilisés depuis des siècles (**Murphy & Lemerle, 2006** ; **Neve et *al.*, 2009**). Les autres types

biogéographiques sont plus ou moins représentés, comme le type européen avec 22 % (9 espèces), et le type eurasien avec 4 % (5 espèces). Les espèces cosmopolites représentent 10% (4 espèces). Les autres d'origines sont représentées par une à deux espèces.

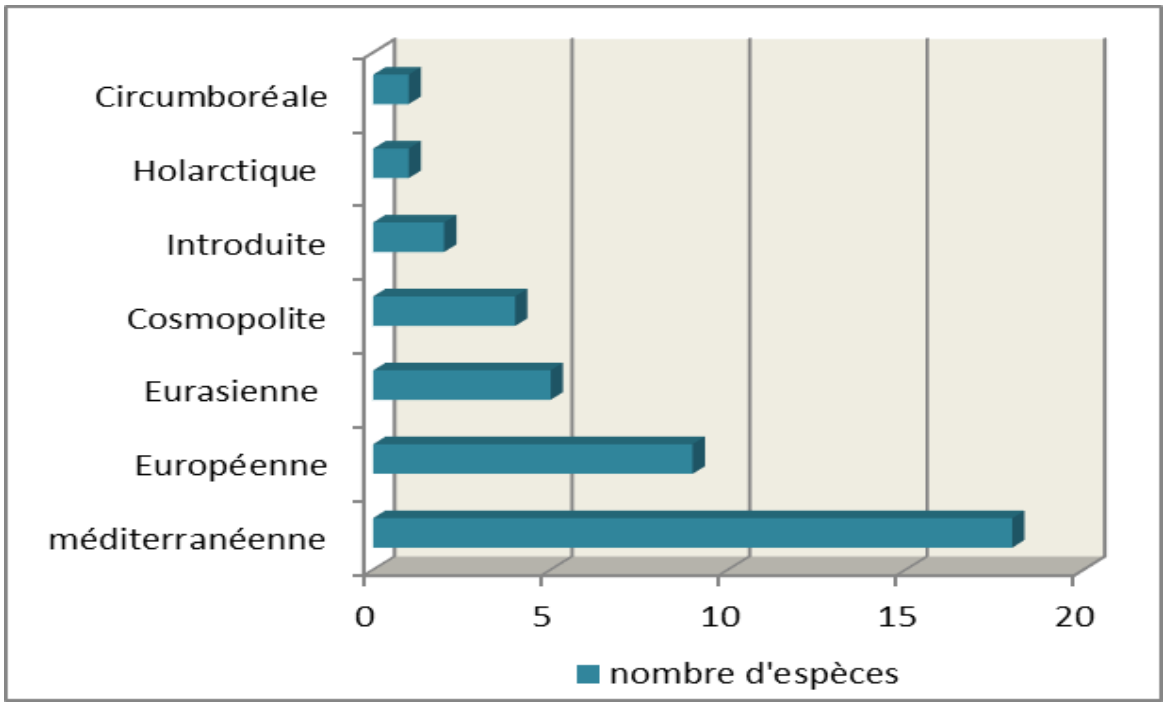


Figure 19 : Origine géographique de la flore adventice recensée dans les deux sites durant la période d'étude,

D'après le guide de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) 14 espèces de plantes adventices recensées sont classées dans la catégorie de préoccupation mineure (LC) (**Tab.10**). Certaines espèces sont respectivement considérées comme en danger critique d'extinction et vulnérables. À titre d'exemple, le *G. tricornutum* est présumé comme étant une espèce disparue dans les Hauts-de-France **(Collectif, 2013 ; Asset et *al*., 2020)**. Les espèces de plantes adventices figurant dans ce guide, dont la situation est de type préoccupation mineure (LC), critique (CR) et vulnérable (VU), sont des espèces messicoles qui se développent préférentiellement dans les moissons (**Collectif, 2013**).

1.3.6. **Richesse de la flore adventice en fonction de l'effort d'échantillonnage**

Afin d'évaluer l'impact du mode de conduite des champs en monoculture et en rotation sur la richesse de la flore adventice, un examen de l'exhaustivité de l'échantillonnage est réalisé à l'aide des courbes d'accumulation de la richesse.

1.3.6.1. Lors de la première campagne agricole

1.3.6.1.1. Avant la mise en culture

La qualité de l'échantillonnage de la flore adventice est testée à partir de l'estimateur Chao1 et des courbes de raréfaction (**Fig.20 A, B ; Tab.12**), Ces courbes expriment le nombre d'espèces cumulées en fonction de l'effort d'échantillonnage (nombre de quadrat), Il apparaît pour la première campagne, dans les deux sites, et avant la mise en culture, que 48 quadrats suffisent à dénombrer les espèces. Le tableau (12) présente les résultats de l'estimateur Chao 1 qui décrit la qualité de l'échantillonnage. En effet, ils montrent que presque toutes les espèces sont potentiellement recensées lors de l'échantillonnage dans les deux sites et qu'une très faible proportion d'espèces est manquée. Le plateau est atteint pour les deux sites, avec un écart nul entre les données de l'estimateur Chao 1 et celles trouvées.

Tableau 12 : Résultats de l'estimateur Chao1 pour les deux sites avant la mise en culture

Site/campagne /mode de conduite	**Richesse (*S*) en espèces Observées**	**Effectif (*N*) en individus Observés**	**Nombre d'espèces estimées par l'estimateur Chao 1**	**Intervalle moins - plus**	**Ecart-type**	**Pourcentage d'espèces échantillonnées** (%)
SBF_FC_BC	6	67	6	06-06	00	100
SR_FC_BC	18	1762	18	17-18	00	100

(SBF : site Beni-Fouda, SR : site Rmada, FC : première campagne, BC : avant mise en culture)

La comparaison entre les deux sites a révélé des différences en termes de nombre d'espèces et d'individus **(Fig.17C)**. Ces différences sont probablement dues aux types des désherbants chimiques appliqués dans chaque site. Les courbes d'exploration prévoient un nombre double des individus des espèces recensées dans les deux champs. Le nombre d'espèces que nous pouvons nous attendre à trouver en améliorant la couverture de l'échantillonnage est presque constant,

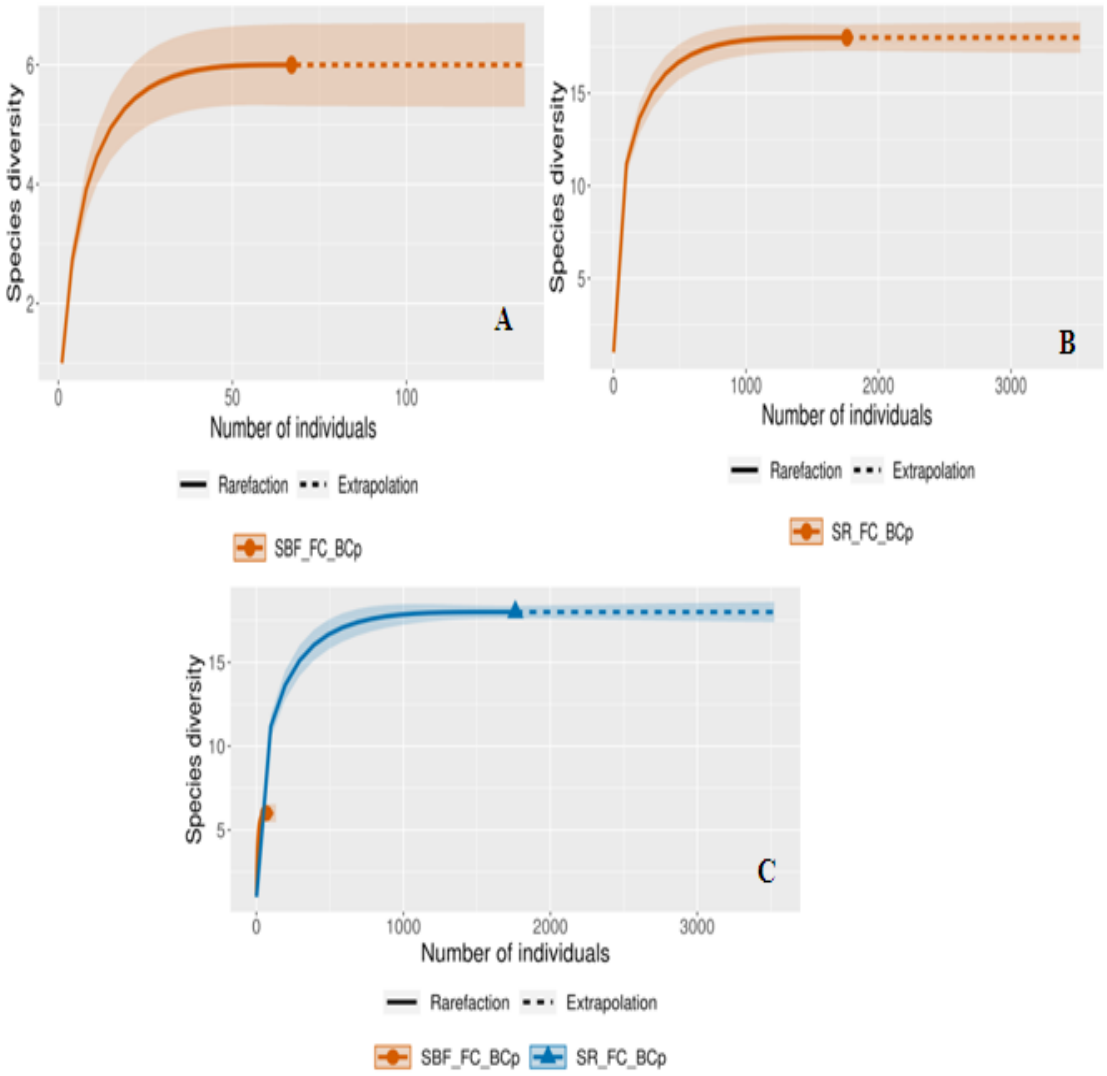


Figure 20 : Courbes de raréfaction et d'exploration réalisées,
A : site de Beni Fouda (SBF), **B** : site de Rmada (SR), **C** : comparaison entre les deux sites (**FC : première campagne, BC : avant mise en culture).**

1.3.6.1.2. Durant la monoculture du blé dur d'hiver

La **figure (21.A, B)** illustre les courbes de raréfaction exprimant le nombre d'espèces cumulées en fonction de l'effort d'échantillonnage pour la monoculture de blé dur. Le nombre d'espèces cumulées s'élève à 23 espèces pour le champ de Beni-Fouda (SBF). Seule la courbe de raréfaction du site de Rmada (SR) est également proche d'atteindre un palier avec 14 espèces recensées. L'ensemble des données collectées durant la période de la croissance de la culture du blé dur dans le site de Rmada (SR) indique une efficacité d'échantillonnage suffisante par rapport au nombre d'espèces collectées et à l'écart donné par l'estimateur Chao 1. Cependant, à Beni-Fouda (**SBF)**, seuls 52,27 % des espèces ont été recensées (**Tab.13**). De fait, le nombre moyen d'espèces qui n'ont potentiellement pas été recensées lors de l'échantillonnage est de 21 espèces. Par conséquence, la couverture de l'échantillonnage par les 18 quadrats dans ce site est insuffisante et le nombre d'espèces manquantes varie entre 14 et 28. Les courbes d'extrapolation

estiment toujours une richesse spécifique de 16 espèces à Rmada (SR) et un nombre pouvant atteindre les 51 espèces à Beni-Fouda (**SBF)**. De plus, le nombre de plants d'adventices est deux fois plus élevé pour les deux sites (**Fig.21 A, B).**

Tableau 13 : Résultats de l'estimateur Chao 1 pour les deux sites durant la monoculture de blé dur d'hiver

Site/campagne/mode de conduite	Nombre d'espèces Observées	Nombre D'individus observés	Nombre d'espèces estimée par l'estimateur Chao 1	Intervalle Moins - plus	Ecart-type	Pourcentage d'espèces Échantillonné %
SBF_FC_DCp	**23**	**390**	**44**	**37- 51**	**21**	**52,27**
SR_FC_DCp	**14**	**1762**	**14**	**12-16**	**00**	**100**

(**SBF : site Beni-Fouda, SR : site Rmada, FC: première campagne, DC : durant la culture).**

La comparaison entre les deux sites, avant et après la mise en culture, exprime une richesse spécifique assez diversifiée, et sous-évaluée par l'effort d'échantillonnage de la flore adventice et aussi par l'effectif limité de plants durant la mise en culture dans le site de Beni-Fouda. En revanche, avant la mise en culture, cette richesse était très limitée, tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Cependant, dans le site de Rmada, soit avant la mise en culture, soit après, la richesse spécifique qualitative est faible, comme le suggère l'échantillonnage de 30 quadrats, mais le nombre de plants est important (**Fig.21 C**).

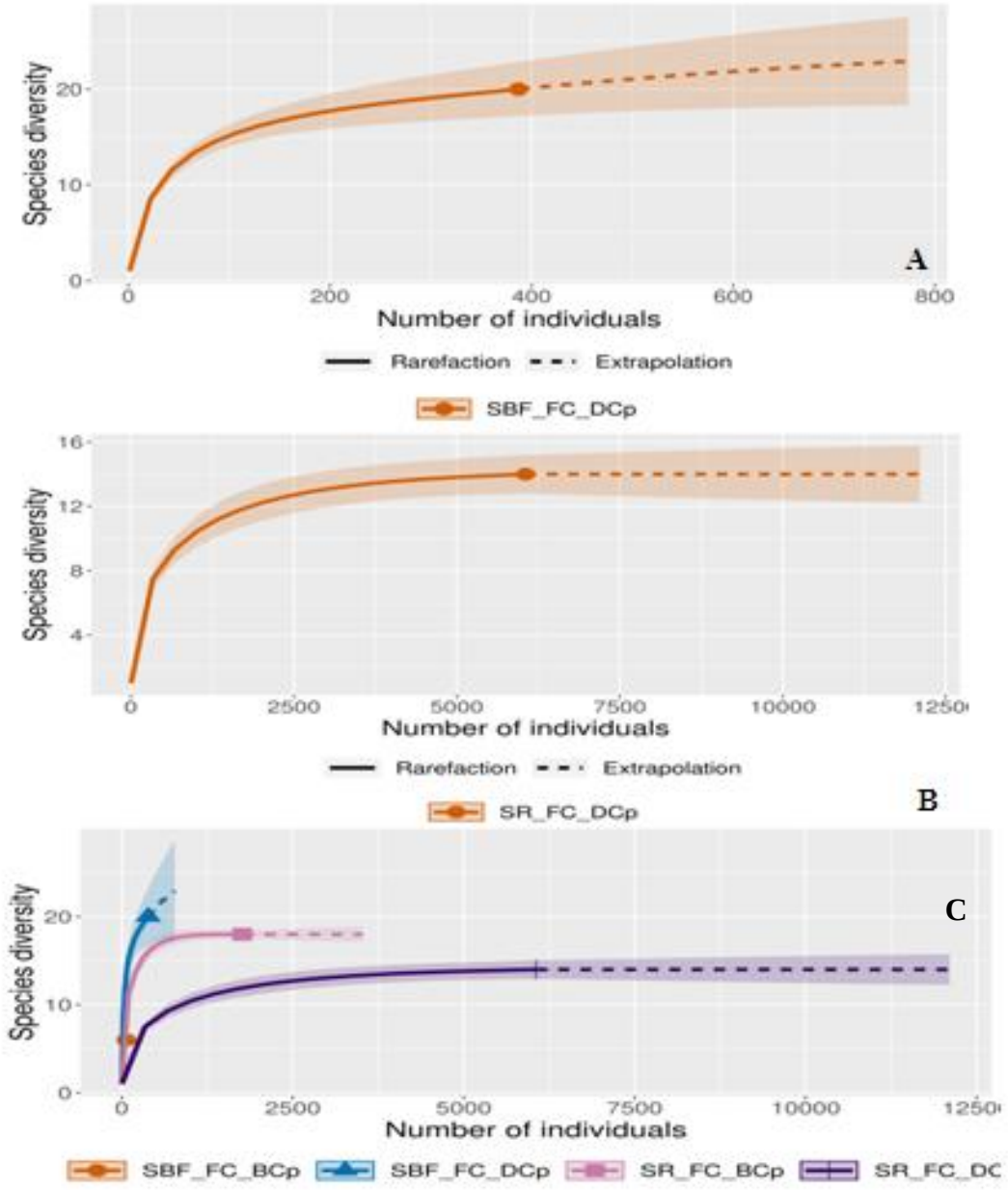


Figure 21 : Courbes de raréfaction et d'exploration réalisées.

A : site de Beni-Fouda (SBF), **B** : site de Rmada (SR), **C** : comparaison entre les deux sites (**FC** : première campagne, **DC** : durant la culture)

1.3.6.2. Lors de la deuxième campagne agricole

Cette campagne se caractérise par la pratique d'une rotation biannuelle dans les deux sites, Les résultats obtenus sont similaires à ceux de la campagne précédente, Les courbes de raréfaction indiquent que les données de la rotation à Rmada sont les seules à former un «

plateau » significatif et que l'effort d'échantillonnage de 30 quadrats est suffisant, ainsi que le montre le nombre d'espèces cumulées, qui est de 13 espèces de plantes (**Fig. 22**). Cette qualité d'échantillonnage est garantie par l'estimateur Chao 1 (**Tab.14)**. Effectivement, le nombre d'espèces qui n'ont potentiellement pas été recensées lors de l'échantillonnage est compris entre 0 et 1. Dans le site de Beni-Fouda, la courbe de raréfaction montre que l'effort d'échantillonnage de 18 quadrats est insuffisant (F**ig.21B)**. L'information complémentaire issue du résultat de l'estimateur Chao 1 dans le **Tableau (13)**, indique une différence moyenne de 7 espèces manquantes.

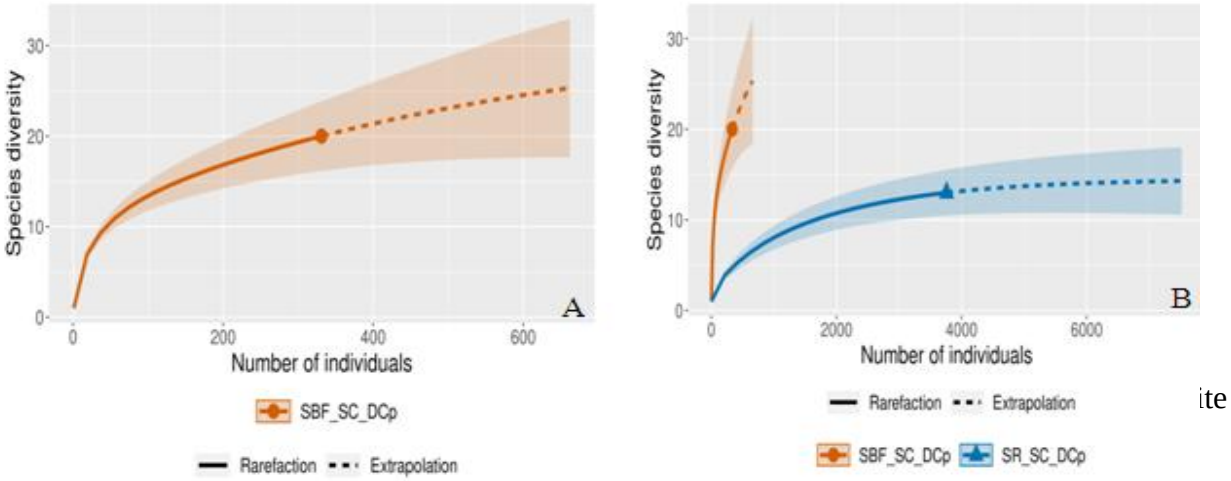


Tableau 14 : Résultats de l'estimateur Chao 1 pour les deux sites étudiés durant la rotation de culture

Site/compagne/ mode de conduite	Nombre d'espèces Observées	Nombre D'individus observés	Nombre d'espèces estimée par l'estimateur Chao 1	Intervalle moins - plus	Ecart-type	Pourcentage d'espèces échantillonnées (%)
SBF_SC_DCp	20	331	27	18-36	7	74,07
SR_SC_DCp	13	3760	14	08-19	1	92,85

Selon les courbes d'extrapolation réalisées durant la rotation, le nombre des espèces d'adventices est respectivement augmenté à 36 à Beni-Fouda et à 19 à Rmada. De même, les effectifs des plants sont estimés à trois ou quatre fois plus nombreux que ceux trouvés. Une comparaison entre les deux sites dévoile une structure semblable à la campagne précédente. Le champ de Beni-Fouda abrite un nombre plus important d'espèces, mais il est moins infesté. L'effort d'échantillonnage effectué est insuffisant pour décrire toute sa richesse réelle. Cependant, à Rmada, la diversité des espèces est restreinte, mais l'infestation est importante et la qualité d'échantillonnage est meilleure.

1.3.6.3. Comparaison de l'effort d'échantillonnage intra-site

La figure **(23A, B)** reprend les courbes de raréfaction exprimant le nombre d'espèces cumulées en fonction de l'effort d'échantillonnage à l'intérieur de chaque site durant la première campagne, avant et pendant l'installation de la culture de blé dur. A Beni-Fouda (SBF), le nombre des espèces cumulées s'élève de 6 avant la mise en culture à 23 durant la culture, et la qualité de l'effort d'échantillonnage passe d'un niveau suffisant à un autre insuffisant. Ces résultats sont complétés par les données de l'estimateur Chao1 présentées dans le **Tableau 15**. Les courbes d'exploration estiment un nombre d'espèces presque constant et l'effectif de plants a doublé, avant et après la mise en culture.

Au champ de Rmada (SR), les courbes de raréfaction des deux phases, avant et après la mise en culture, rapprochent d'un palier avec 18 espèces recensées avant la mise en culture et 14 pendant l'installation de culture du blé dur, La qualité de l'effort d'échantillonnage est bonne et suffisante, avec un nombre de 30 quadrats. Ces résultats sont confirmés par l'estimateur Chao1 **(Tab.15)**, Concernant, les courbes d'exploration, le nombre d'espèces manquantes est très faible pour les deux phases, avec une fourchette de 0 à 2, par contre l'effectif de plants est très important (**Fig.23A, B)**.

La figure (fig**23.C, D**) illustre les courbes de raréfaction exprimant le nombre d'espèces cumulées en fonction de l'effort d'échantillonnage à l'intérieur de chaque site étudié durant les deux campagnes, ainsi que la comparaison du nombre d'espèces cumulées en fonction de la monoculture de blé dur et de la rotation.

A Beni-Fouda (SBF) (**Fig.23C**), les courbes de raréfaction notent des nombres d'espèces cumulées proches lorsque les données de la monoculture et de la rotation sont comparées. Ces résultats révèlent que l'effort d'échantillonnage, basé sur18 quadrants, est insuffisant sur ce site, L'estimateur Chao 1 prévoit que le nombre d'espèces potentiellement manquées pour la rotation est de 7 et s'élève à 21pour la monoculture de blé dur (**Tab.15)**, Les courbes d'exploration estiment qu'il existe près de 30 espèces pour les différents types de cultures et que l'effectif de plants est doublé.

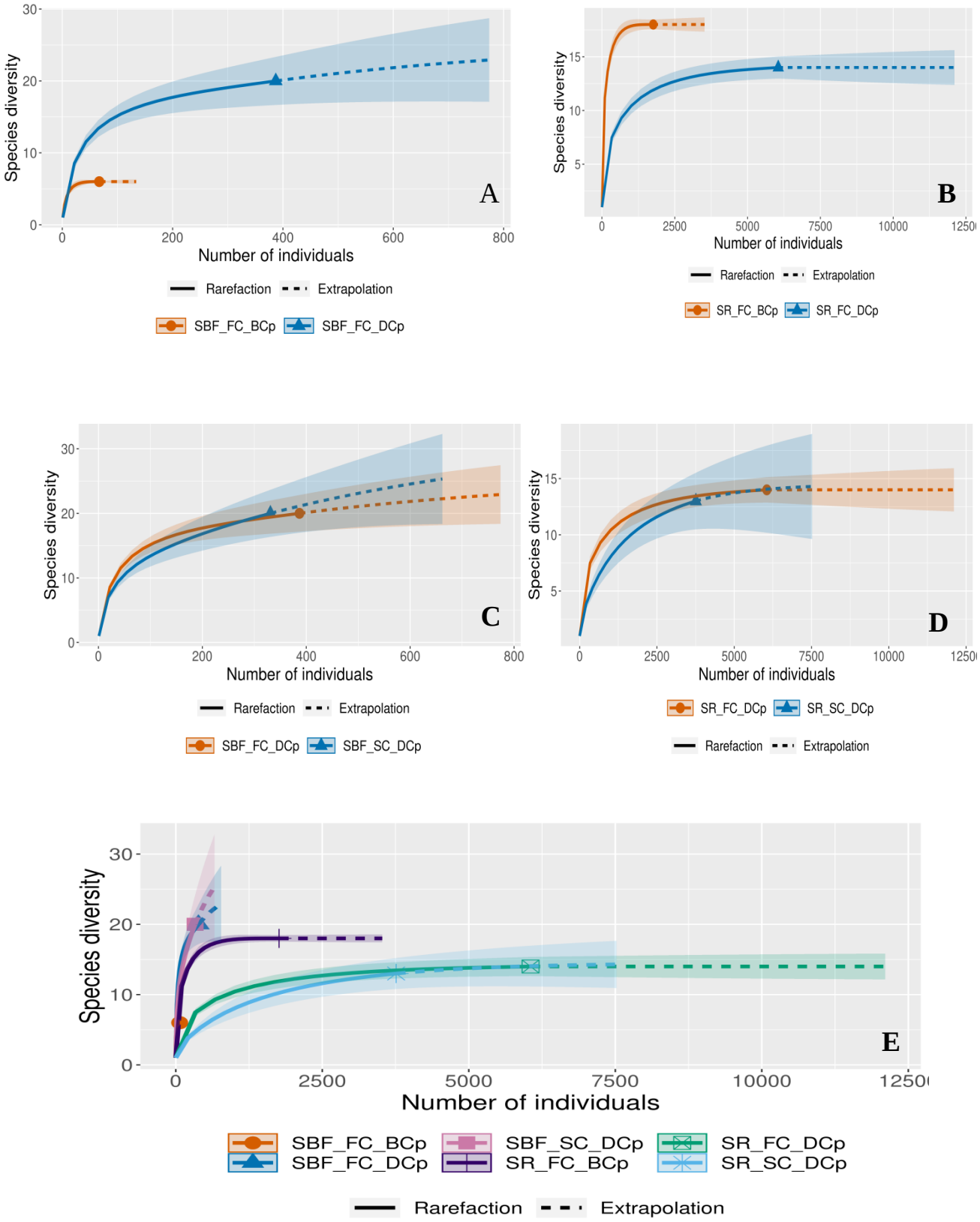


Figure 23 : Courbes de raréfaction et d'exploration réalisées, **A** : site de Beni-Fouda (SBF) durant la première campagne, **B** : site de Rmada (SR) durant la première campagne, **C et D** : comparaison entre les deux sites durant la première campagne, E : comparaison entre les deux sites durant les deux campagnes (FC: première campagne, **SC** : seconde campagne, **DCp** : durant la culture, **BCp** : avant la mise en culture.

Tableau 15 : Résultats cumulatifs de l'estimateur Chao 1 pour les deux sites étudiés pendant les deux campagnes agricoles

Site/compagne/mode de conduite	Nombre d'espèces observées	Nombre d'espèces estimée par l'estimateur Chao 1	Ecart-type	Pourcentage d'espèces échantillonné (%)
SBF_FC_BCp	6	6	0	100
SBF_FC_DCp	23	44	21	52,27
SBF_SC_DCp	20	27	7	74,07
SR_FC_BCp	18	18	0	100
SR_FC_DCp	14	14	0	100
SR-SC_DCp	13	14	1	92,85

Dans la parcelle de Rmada (SR) (**Fig.23, D**), les courbes de raréfaction des deux types de cultures approchent également d'un palier, avec 14 et 13 espèces recensées lors de la culture de blé dur et de la rotation, respectivement. La qualité de l'effort d'échantillonnage est suffisante, avec un nombre de 30 quadrats. Ces résultats sont confirmés par l'estimateur **C**hao1 (**Tab.15)**. Pour les courbes d'exploration, le nombre d'espèces manquantes est réduit et l'effectif de plants est important, surtout pour la monoculture de blé dur. La **Figure (23.E)**, montre l'ensemble des courbes de raréfaction et d'exploration pour les deux sites durant les deux campagnes, et des différences sont nettement observées entre les deux sites.

La variation de la flore adventice dépend de plusieurs gradients, Les champs dont le sol est calcaire, ensoleillés et peu profond sont réputés pour accueillir une plus forte diversité d'espèces (**Collectif, 2013**). L'âge du champ est l'un des gradients important d'évolution de la flore au fil du temps et la spécialisation de la flore dépend de l'adaptation des espèces aux différentes pratiques culturales après dix d'années de culture consécutive (**Le Bourgois, 1993**). A Rmada, les 3 courbes de raréfaction atteignent toutes un palier avec un pourcentage d'espèces échantillonné variant entre 92,85 et 100 %, ce qui traduit un effort d'échantillonnage satisfaisant durant les deux campagnes d'échantillonnage. La différence entre le nombre d'espèces observées et estimées varie entre 0 et 1. Le facteur âge des deux parcelles peut justifier ces résultats, le champ de Rmada se localise dans une station expérimentale étatique spécialisée dans la production des céréales depuis des dizaines d'années. Cette production est associée à l'utilisation répétée de la même catégorie d'herbicides, ce qui induit une forte sélection, traduite par un appauvrissement général de la flore au profit de quelques espèces résistantes (**Le Bourgois, 1993**). Par ailleurs, à Beni-Fouda, l'effort d'échantillonnage s'est avéré insuffisant, surtout durant la culture de blé, L'estimateur Chao 1 révèle en effet que 21 d'espèces sont manquantes,

alors que seuls 52,27 % des espèces ont potentiellement été échantillonnées sur l'ensemble du recensement (**Tab.15**).

Ainsi, il est rapporté que l'abondance, la diversité et la régularité de la communauté d'adventices dans un champ de blé sont considérablement accrues dans les systèmes sans labour **(Santín-Montanyá et *al.*, 2013)**. Néanmoins, d'autres facteurs peuvent expliquer ces différences. La topographie varie dans la parcelle de Beni-Fouda, comme l'indique **Gaba et al, (2010)**. L'hétérogénéité des paysages à l'échelle locale au sein des zones cultivées influe davantage sur les bordures de cultures qui peuvent abriter de nombreuses espèces d'adventices.

Par contre, dans le même champ, le taux de 74,07% d'espèces identifiées durant les rotations est considéré comme représentatif par **Van Den Abeele (2022)**, ce qui traduit un effort d'échantillonnage satisfaisant. Toutefois, le même auteur a remarqué que l'indice de Chao 1 est sensiblement impacté par le nombre d'espèces représentées par un seul individu, Dans notre cas, elles représentent 45% des espèces recensées lors de la rotation.

1.3.7. Structure et organisation spatio-temporelle des communautés d'adventices

1.3.7.1. Durant la première campagne dans les deux sites d'étude

Dans le champ de Beni-Fouda, les espèces des Poacées étaient les plus répandues. Les espèces de dicotylédones représentent à elles seules 78% de l'abondance totale des adventices. La famille des Astéracées est représentée par *Sonchus oleraceus* et *Carduus pycnocephalus*, Les 5 espèces les plus abondantes sont : *Bromus rubens, Bromus sterilis, Avena sterilis, Sonchus oleraceus et Carduus pycnocephalus*.

Pendant la première campagne et avant la mise en culture, 6 espèces sont notées sur le champ de Beni-Fouda. La densité et l'abondance des plants des espèces *S. oleraceus et* de *B. sterilis* sont les plus élevées. En revanche, les espèces *S. arvensis, M. sylvestris* et *S. marianum* sont les plus constantes (**Tab.16).**

Tableau 16 : Diversité spécifique et Abondance de la flore adventice au champ de **Beni-Fouda** durant la première campagne et avant la mise en culture

Flore adventice	Fréquence (%)	Densité	Abondance(%)
Sinapis arvensis	17,39	0,17	1
Malva sylvestris	17,39	0,17	1,75
Bromus sterilis	8,69	0,56	6,5
Carthamus pinnatus	8,69	0,43	5
Silybum marianum	13,04	0,34	1
Sonchus oleraceus	4,34	1,31	30

Dans le même site et après la mise en culture de blé dur, le nombre d'espèces d'adventices est atteint 23 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques (**Tab.17)**. Dans ce cas, une nette densité et une abondance de plants des deux espèces sont observées ; *B. sterilis* et *A. sterilis*, suivies par les plants de ; *C, pycnocephalus* et *V, hederifolia.* Alors que, les espèces *S, arvensis, M, sylvestris* restent toujours les plus constantes (**Tab.17).**

Tableau17 : Diversité spécifique et Abondance de la flore adventice au champ de **Beni-Fouda** durant la première campagne après la mise en culture (blé dur)

Espèces d'adventices	Fréquence(%)	Densité	Abondance(%)
Avena sterilis	1,58	0,31	20
Bromus sterilis	7,93	6,26	33
Papaver rhoeas	3,17	0,031	2
Veronica hederifolia	7,93	0,68	8,6
Lens culinaris	1,58	0,79	5
Malva sylvestris	15,87	0,41	2,6
Galium tricornutum	1,58	0,047	3
Eruca vesicaria sativa	1,58	0,015	1
Daucus carota	3,17	0,047	1,5
Carthamus lanatus	3,17	0,23	7,5
Ceratocephala falcata	1,58	0,015	1
Silybum marianum	1,58	0,015	1
Carthamus pinnatus	4,76	0,26	5,66
Fumaria officinalis	3,17	0,79	2,5
Fumaria densiflora	1,58	0,015	1
Raphanus raphanistrum	3,17	0,14	4,5
Carduus pycnocephalus	3,17	0,58	18,5
Anchusa azurea	1,58	0,09	6
Scandix pecten-veneris	1,58	0,015	1

Bunium pachypodum	1,58	0,015	1
Reseda alba	1,58	0,015	1
Roemeria hybrida	1,58	0,063	4
Sinapis arvensis	12,69	0,44	3,5

Dans le champ de la ferme étatique à Rmada avant la mise la mise en culture, 18 espèces d'adventices ont été identifiées appartenant aux diverses familles. L'abondance et la densité des espèces des Brassicacées sont les plus importantes, représentées par les deux espèces *E. Vesicaria sativa* et *S. Arvensis* **(Tab.18),** suivies par celles des deux espèces ; *B. sterilis* et *A. sterilis*, puis par celles des *S. oleraceus* et *C. acaulis*. La fréquence de *S. oleraceus* est la plus élevée, avec 21,64 % **(Tab.18)**.

Tableau 18: Diversité spécifique et Abondance de la flore adventice au champ de **Rmada** durant la première campagne et avant la mise en culture

Espèces d'adventices	Fréquence(%)	Densité	Abondance(%)
Avena sterilis	15,46	3,21	20,8
Bromus sterilis	4,12	1,15	28
Polygonum aviculare	2,06	0,16	8
Sonchus oleraceus	21,64	4,22	19,52
Lens culinaris	1,03	0,04	4
Eruca vesicaria sativa	13,4	6,26	46,76
Centaurea acaulis	1,03	0,12	12
Centaurea pullata	1,03	0,08	8
Silybum marianum	9,27	0,94	10,22
Fumaria officinalis	3,09	0,16	5,33
Raphanus raphanistrum	9,27	1,07	11,55
Amaranthus blitoides	2,06	0,08	4
Lithospermum arvense	1,03	0,08	8
Cirsium arvense	1,03	0,04	4
Convolvulus arvensis	2,06	0,16	8
Malvasylvestris	0,4	0,004	4
Roemeria hybrida	4,1	0,04	4
Sinapis arvensis	4,12	1,31	32

Les résultats durant la mise en culture du blé dur étaient différents, 14 espèces d'adventices ont été identifiées. La dominance des dicotylédones est importante et représentent 95,5 % de l'ensemble des adventices. Les espèces dont la densité et l'abondance élevées sont : *P. aviculare, V. hederifolia, B. sterilis* et *G. tricornutum*. Les individus de l'espèce *P. aviculare*

domine clairement les autres espèces sur ce site, comme le montrent les valeurs **(Tab.19)**. Elle a 5508 plants qui représentent 91% du nombre total d'individus d'adventices.

Tableau 19 : Diversité spécifique et Abondance de la flore adventice au champ de **Rmada** durant la première campagne et après la mise en culture (blé dur).

Espèces d'adventices	Fréquence(%)	Densité	Abondance(%)
Avena sterilis	2,3	0,02	1
Bromus sterilis	2,3	0,21	9,33
Polygonum aviculare	23,07	42,36	183,6
Sonchus oleraceus	6,15	0,084	1,37
Veronica hederifolia	19,23	2,08	10,84
Eruca vesicaria sativa	6,15	0,15	2,5
Galium tricornutum	13,07	0,87	6,7
Fumaria officinalis	16,92	0,59	3,5
Sinapis arvensis	2,3	0,023	1
Calendula arvensis	1,53	0,03	2
Papaver rhoeas	2,3	0,038	1,66
Raphanus raphanistrum	2,3	0,069	3
Diplotaxis erucoides	0,76	0,023	3
Bunium pachypodum	0,76	0,007	1

1.3.7.2. Diversité des adventices en fonction des stades phénologiques du blé

Une analyse de la diversité qualitative et quantitative des adventices en fonction des stades phénologiques du blé dur des deux sites montre une constance nette de l'espèce *M. sylvestris* sur le site de Beni-Fouda, depuis l'avant-semis jusqu'au stade d'épiaison. En revanche, les deux espèces de bromes sont plus abondantes dès le semis. Le stade de montaison est le plus diversifié en termes d'espèces d'adventices, avec 19 espèces (**Tab.20)**.

Tableau 20 : Importance qualitative et quantitative des espèces d'adventices en fonction des stades phénologiques du blé dur dans le site de Beni-Fouda

Beni-Fouda	**Stade phénologique**					**Campagne 2015/2016**			
Espèce	Automnale		Hivernale			Printanière			Estivale
	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jun
	AS	S		3F+Tal		PT	M		E+RG+M
Bromus rubens									
Bromus sterilis									
Malva sylvestris									
Nombre d'espèces	5	08		12		13	**19**		01

(Avant-semis :(AS), Semis :(S), stade 3 Feuilles :(3F) , Tallage :(T),Plein Tallage :(PT) , Epiaison (E) , Remplissage de grains : (RG) , Maturation (M).

En outre, les données sur la richesse des adventices en fonction des stades phénologiques du blé dans l'essai de Rmada ont révélé une constance nette et une abondance marquée de l'espèce *Polyganum oviculare*, suivie de *F. officinalis* à partir du semis jusqu'au stade d'épiaison, Les deux espèces *S. oleraceus* et *V. hederifolia* apparaissent en deuxième position dès le semis, Le stade de plein tallage est le plus varié en termes de nombre d'espèces d'adventices, avec 12 espèces (**Tab.21)**,

Tableau 21: Importance qualitative et quantitative des espèces d'adventices en fonction des stades phénologiques dans le site de Rmada**)**

Rmada	**Stade phénologique**					**Campagne 2015/2016**			
Espèce Adventice/Saison/	Automnale		Hivernale			Printanière			Estivale
	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jun
Stade phénologique du blé	AS	S		3F+Tal		PT	M		E+RG+M
Sonchus oleraceus									
Veronica hederifolia									
Fumaria officinalis									
Polyganum oviculare									
Nombre d'espèces	12	03		03		**12**	06		05

(Avant-semis :(AS), Semis :(S), stade 3 Feuilles :(3F), Tallage :(T), Plein Tallage :(PT), Epiaison (E), Remplissage de grains : (RG), Maturation (M).

1.3.7.3. **Durant la deuxième campagne dans les deux sites d'étude**

L'analyse qualitative de la flore adventice lors de la deuxième campagne et au cours des rotations suivantes : blé/blé ; blé /triticale ; blé/lentille et blé /vesce qui sont effectuées à Beni-Fouda, a permis d'identifier 20 espèces appartenant aux 14 familles botaniques. Parmi ces espèces, 4 adventices sont les plus répandues, *B. rubens* et *Carthamus lanatus*, qui présentent respectivement l'abondance (31,25%, 10%) les plus importantes, alors que le *G. tricornutum* et *V. hederifolia* sont les plus fréquentes, avec 17,33 % et 16%. **(Tab.22)**.

Tableau 22 : Diversité spécifique et Abondance de la flore adventice au champ de Beni-Fouda durant la seconde campagne et au cours de la rotation.

Espèces d'adventices	Fréquence(%)	Densité	Abondance(%)
Bromus sterilis	6,66	0,14	2,2
Bromus rubens	5,33	1,66	**31,25**
Hordeum vulgare	1,33	0,01	1
Fumaria officinalis	6,66	0,36	5,4
Eruca vesicaria sativa	1,33	0,01	1
Polygonum aviculare	9,33	0,17	1,85
Veronica hederifolia	**16**	0,64	4
Lens culinaris	1,33	0,02	2
Ceratocephala falcata	1,33	0,01	1
Galium tricornutum	**17,33**	0,82	4,76
Malva sylvestris	1,33	0,01	1
Papaver rhoeas	4	0,05	1,33
Vicia sativa	4	0,09	2,33
Ornithogalum narbonense	1,33	0,04	3
Sinapis arvensis	2,66	0,02	1
Carthamus lanatus	1,33	0,13	**10**
Daucus carota	1,33	0,01	1
Scandix pecten-veneris	1,33	0,01	1
Silybum marianum	1,33	0,01	1
Anchusa azurea	1,33	0,01	1

Sur le deuxième champ de la ferme de Rmada, 13 espèces sont notées, L'espèce *P. aviculare* est la plus fréquente et aussi constante par rapport aux autres espèces. En plus, elle a des valeurs d'abondance et de densité plus élevées, avec 49,03 et 23,07% respectivement, suivie par *V. hederifolia* **(Tab.23)**.

Tableau 23 : Diversité spécifique et Abondance de la flore adventice au champ de Rmada durant la seconde campagne au cours de la rotation

Espèces d'adventices	Fréquence(%)	Densité	Abondance(%)
Fumaria officinalis	5,76	0,057	1
Polygonum aviculare	**23,07**	11,31	**49,03**
Veronica hederifolia	**15,38**	1,75	**11,37**
Lens culinaris	3,84	0,096	2,5
Lolium multiflorum	5,76	0,096	1,66
Galium tricornutum	3,84	0,096	2,5
Papaver rhoeas	5,76	0,25	4,33
Hordeum murinum	3,84	0,11	3
Sinapis arvensis	5,76	0,11	2
Sonchus oleraceus	5,76	0,23	4
Podospermum laciniatum	3,84	0,28	7,5
Avena sterilis	1,92	0,019	1
Malva syvestris	1,92	0,019	1

1.3.8. **Analyse statistique du peuplement d'adventices**

Une classification des espèces recensées a été réalisée au moyen de l'analyse en composantes principales (ACP) et d'un arbre hiérarchique, basées sur les valeurs mesurées de 3 paramètres : densité, abondance et fréquence des deux campgnes sur les deux sites. Ces analyses ont permis de classer les espèces en 3 groupes **(Fig.24**).

- ✓ Le groupe 1 : est composé des individus de la majorité des espèces recensées. Ils se caractérisent par de faibles valeurs mesurées pour les variables fréquence, densité et abondance durant les deux campagnes et dans les deux sites (**Fig.24 A, B**).
- ✓ Le groupe 2 : est composé des individus des 3 espèces *Galium tricornutum* (GALTR_BF) et *Veronica hederifolia* (VERHE_BF) à Beni-Fouda, et *Veronica hederifolia* (VERHE_R) à Rmada, Ce groupe se caractérise par de fortes valeurs pour la variable de fréquence, dont les valeurs sont respectivement de 17,33% ; 16% et 15,38% durant la seconde campagne au cours de la rotation (**Fig.24 A, B**).
- ✓ Le groupe 3 : est composé des individus d'une seule espèce, *Polygonum aviculare*, au champ de Rmada (POLAV_R), Cette espèce a enregistré de fortes valeurs pour les 3 variables densité, abondance et fréquence durant les deux campagnes et au printemps, quelque soit la culture pratiquée (**Fig.24 A, B**).

Une comparaison de nombre d'espèces entre les deux champs durant les deux campagnes a confirmé la richesse quantitative et qualitative du champ de Beni-Fouda par rapport au champ de Rmada (**Fig.25)**.

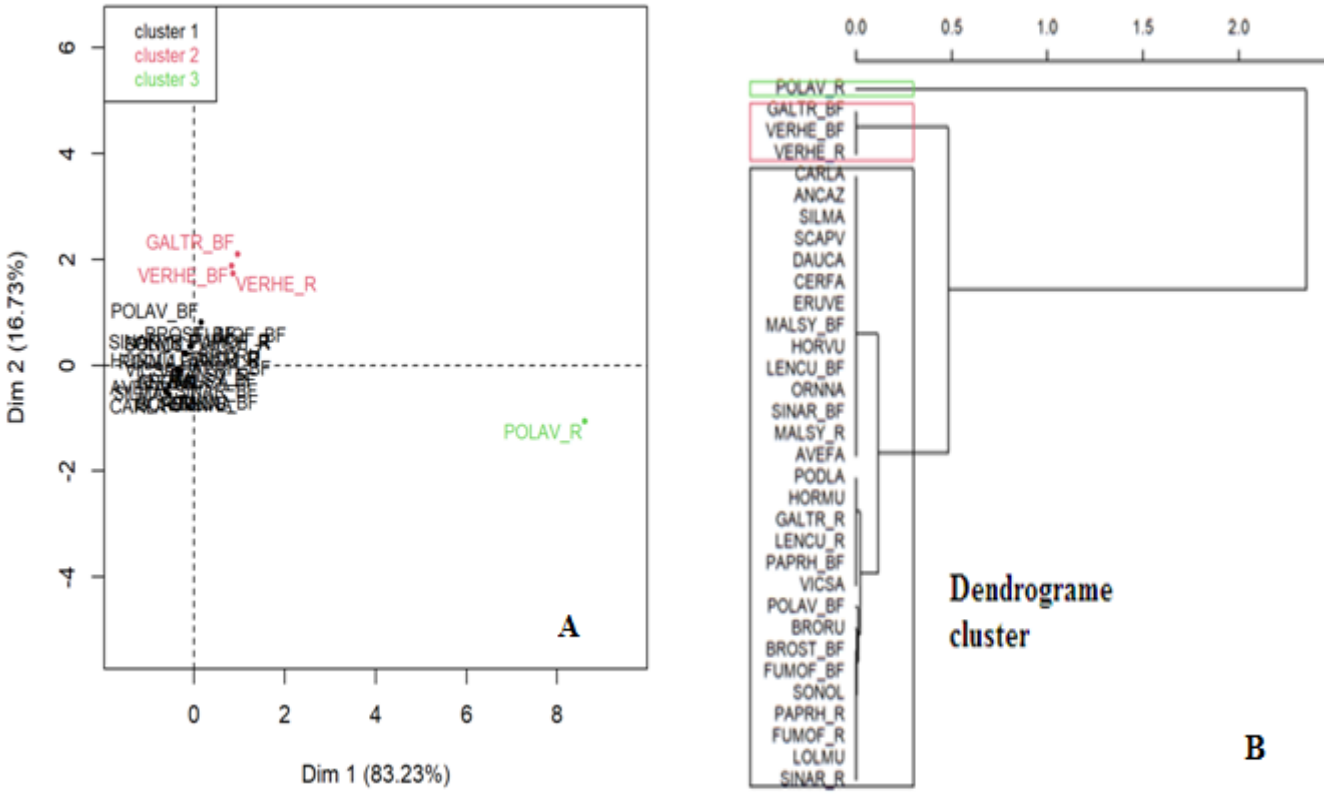


Figure 24 : (A) Projection du nombres d'individus d'espèces recensées sur les plans factoriels 1et 2 (ACP) selon les périodes et les sites étudiés sur la base des variables d'abondance, de densité et de fréquence **(B)**Arbre hiérarchique ascendante (AHA) des espèces d'adventices dans les deux sites pendant les deux campagnes

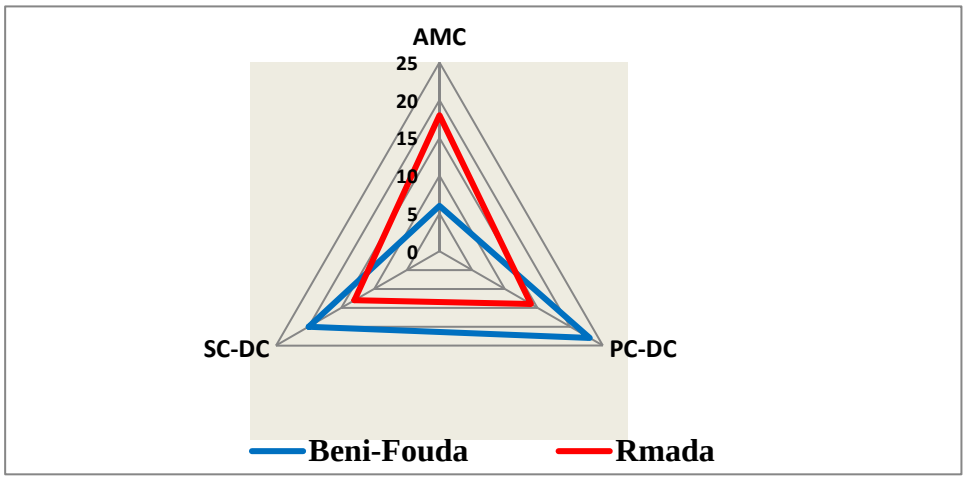


Figure 25 : Comparaison de nombre d'espèces entre les deux champs pendant les deux campagnes **(AMC : avant la mise en culture, SC : seconde campagne, PC : première campagne, DC : durant la culture)**

De même, des différences sont remarquées entre les deux sites durant les rotations céréales/céréales et céréales/légumineuses. En ce qui concerne le nombre d'espèces et le nombre des individus indiquant des infestations faibles en nombre d'individus et moyennes en nombre d'espèces dans le champ de Beni-Fouda, et inversement des infestations fortes en nombre de plants et faible en nombre d'espèces dans le champ de Rmada **(Fig.26 A et B)**.

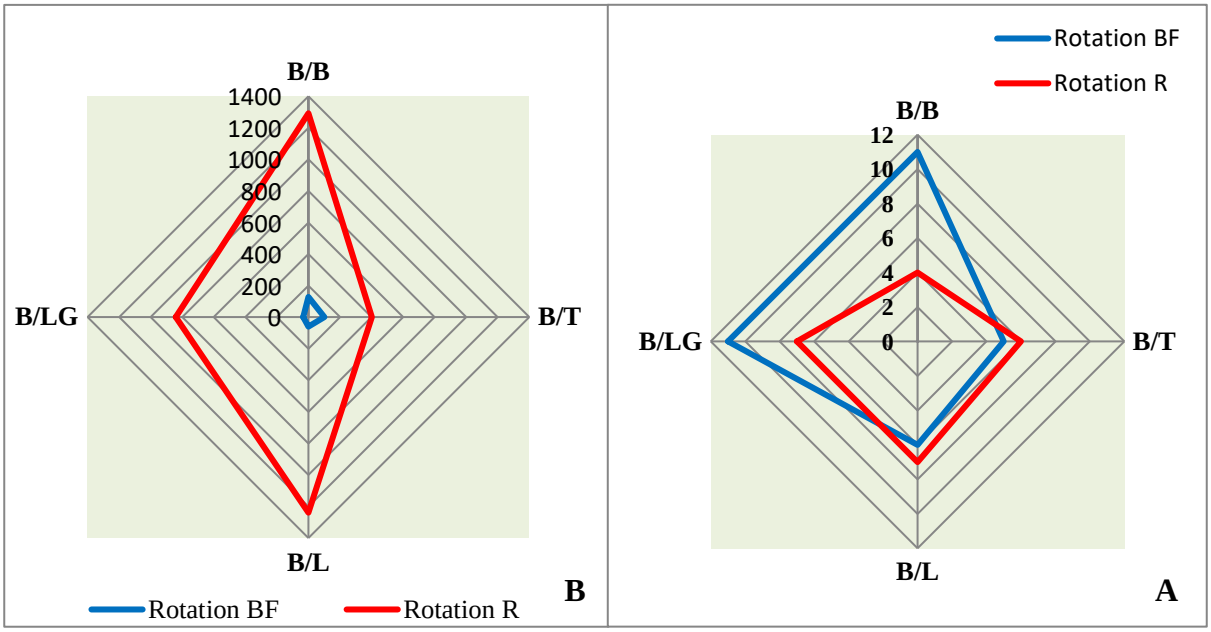


Figure 26 : Comparaison des données de rotation entre les deux champs durant les deux campagnes, **A** : en nombre d'espèces, **B :** en nombre de plants, (B/B : blé/blé, B/L: blé/lentille, B/T : blé/triticale, B/LG : blé/ légumineuse R: site Rmada, BF : site Beni-Fouda).

D'après les résultats obtenus l'effet prévisible des rotations sur la régulation de la flore adventice est plus décelable dans le champ de Beni-Fouda. Durant la rotation, la totalité des plants infestant le champ de Beni-Fouda sont non significatifs et les rotations céréales/légumineuses ont enregistré les valeurs les plus faibles en nombre de plants et d'autres moyennes à faibles en nombre d'espèces (**Fig.26 A, B)**.

Pair ailleurs, dans le site de Rmada, une situation est différente, marquée par une infestation importante, exprimée par le nombre de plants enregistrés durant les différentes rotations. Les taux les plus faibles sont enregistrés pour les deux rotations blé/triticale (B/T), puis B/LG : blé/ légumineuse (pois). En revanche, l'ensemble des rotations présentent une faible richesse en nombre d'espèces (**Fig.26 A, B**).

D'une part, certaines adventices, très ubiquistes et peu sensibles aux perturbations, seront présentes dans tous les compartiments de l'agro-système **(Bellanger, 2011)**. Elles ont une grande

distribution et peuvent servir d'indicatrices des conditions écologiques régionales **(Kazi Tani et *al.*, 2010)**. D'autre part, la simplification des systèmes de culture et l'augmentation des intrants agrochimiques ont conduit à la domination d'un nombre restreint d'espèces de mauvaises herbes compétitives, hautement adaptées et largement répandues (**Storkey & Pneve, 2018**). Des espèces appartenant aux Poacées, Asteracées, Papavéracées et Polygonacées, sont très répandues dans les deux sites d'étude, et sont favorisées par les perturbations induites par les activités humaines ainsi que par les conditions d'habitat (fumures azotées, accumulation de déchets organiques, pâturage, etc,) **(Kazi Tani et *al.*, 2010)**. À titre d'exemple, *S. oleraceus* est fréquente à Beni-Fouda, elle est signalée par **Thomas et *al.*, (2017)**, comme une espèce associée aux systèmes de labour réduit et semis direct.

Une caractérisation qualitative de la flore adventice du champ de blé dur de Beni-Fouda au cours de la première campagne montre que la majorité des espèces sont affiliées à cette culture comme l'indique **Kazi Tani et *al.*, (2010).** Cette attirance est due aux caractéristiques biologiques de ces espèces qui se propagent principalement dans les champs où le travail du sol est réduit au minimum, en particulier dans les céréales d'hiver (**Kolářová et *al.*, 2014).** Or les cultures de blé sont infestées à la fois par les dicotylédones et les graminées, mais ce sont ces dernières qui posent le plus de problèmes (**Gyawali, 2022**).

L'abondance importante des graminées annuelles, comme *Bromus sterilis* et *Avena sterilis*, observée à Beni-Fouda peut être due à leur cycle de vie similaire à celui de la culture, en particulier des espèces ayant une période de germination similaire (**Kohout, 1988)**. Au Maroc, ces deux espèces figurent parmi une trentaine d'adventices qui posent de sérieux problèmes dans les cultures de céréales (**Chafik et *al.*, 2012)**. L'étude de **Vasquez et *al.*, (2008)** a noté que les graminées annuelles envahissantes peuvent se reproduire plus efficacement que les espèces natives dans les sols dont le niveau d'azote est élevé. Une lutte sélective inefficace contre les graminées adventices dans la culture du blé par rapport à la lutte contre les dicotylédones pourrait expliquer le nombre élevé de graminées et de mauvaises herbes dans la culture du blé (**Benaragama et *al.*, 2019**). De plus, la culture de blé étudiée a été précédée d'une culture moins compétitive, ce qui a pu augmenter l'abondance de ces espèces de mauvaises herbes, comme le mentionnent **Benaragama et *al.*, (2019**). En effet, les effets distincts des différentes communautés adventices en fonction de leurs stratégies fonctionnelles suggèrent que la compétition à des stades précoces du blé entraîne un stress pour la culture et donc une augmentation de l'allocation des ressources aux graines **(Moinard, 2013)**.

Durant la rotation en seconde campagne, des baisses réduites du nombre des espèces d'adventices et de l'abondance de *B. sterilis* sont enregistrées. L'effet du contrôle exercé par la culture de céréales au cours de la saison précédente peut avoir limité l'émergence des mauvaises herbes observée en deuxième année de rotation (**Alarcón et *al.*, 2018**). En réalité, les céréales sont plus compétitives et peuvent agir comme un filtre biologique plus puissant au sein de la communauté d'adventices que les légumineuses (**Lutman et *al.*, 1994 ; Blackshaw et *al.*, 2002**), Du point de vue fonctionnel, les légumineuses et les céréales sont complètement différentes et interagissent différemment sur la communauté d'adventices (**Hyvönenen & Salonen, 2002**), Les légumineuses pourraient favoriser l'augmentation de la production de graines d'espèces de mauvaises herbes moins abondantes, ce qui contribuerait à reconstituer la banque de graines du sol, Comme lors les périodes de jachère, la présence de légumineuses en rotation pourrait jouer un rôle important dans la simplification des communautés d'adventices (**Poggio, 2005 ; Castro et *al.*, 2016**),

Donc, entre l'effet des céréales et des légumineuses, la composition exacte des adventices dans la rotation est variée selon les cultures. Elle peut être plus importante dans les cas où une réduction partielle de l'utilisation d'herbicides est souhaitée que dans les systèmes de production à forte utilisation d'intrants (**Torsten-Andersson & Milberg, 1998**).

Dans la parcelle de Rmada, l'abondance des espèces de crucifères est nettement visible avant la mise en culture, avec les deux espèces *Eruca vesicaria sativa* et *sinapis arvensis.* Les cultures sont envahies par une dicotylédone *P. aviculare,* à cause d'un nombre des plants très important. Quoique, pour la culture du blé dur ou celles des rotations, l'abondance de cette espèce est très élevée. Plusieurs études ont affirmé que le semis direct, en particulier, permet de réduire les populations de *P. aviculare* par rapport aux champs labourés de manière conventionnelle (**Dorado et *al.*, 1999**). Néanmoins, dans le champ de Rmada, les résultats sont opposés, ni le semis direct ni les rotations n'ont été efficaces.

L'abondance de *P. aviculare* dans le champ est liée à la formation ou à l'épuisement d'une banque de semences persistante dans le sol, qui est fortement affectée par le système de travail du sol **Verdú & Mas (2004**) et **Nichols et *al.*, (2015**) ont déduit qu'en tenant compte de la lutte contre les adventices, la mise en œuvre de rotations longues (quatre ans et plus) est la plus convenable. Donc, la décision de travailler le sol est un enjeu important pour la gestion des banques de semences de *P. aviculare* **(Royo-Esnal et *al.*, 2015)**.

1.3.9. **Indices de biodiversité de la flore adventice**

Les indices de biodiversité calculés montrent nettement de grandes différences intersites, La richesse spécifique (*S*) est plus importante dans le champ de Beni-Fouda que dans celui de Rmada durant les deux campagnes (**Tab.23 ; Fig.27A**), Cependant, la richesse en nombre des individus est plus élevée dans le champ de Rmada, comme le montrent les valeurs de la dominance (D) qui sont très faibles durant les deux campagnes pour le site de Beni-Fouda, ce qui indique qu'une abondance remarquable de *B. rubens* n'entraîne pas de dominance élevée, comme le suggèrent les valeurs de (D) se situant entre 0,21 et 0,27(**Tab. 23 ; Fig.27B**), Or, à Rmada, la dominance de *P. aviculare* durant la période printanière est très significative, quelle que soit les pratiques culturales, et la valeur de (D) tend vers la valeur maximale de 1, avec des valeurs variant entre 0,83 et 0,93, Par contre, au cours de la période automnale, aucune espèce n'est dominante et la valeur de (D) s'approche de 0 avec 0,20.

Tableau 24 : Valeurs des indices de diversité des deux sites pendant les deux campagnes 2015/2016 et 2016/2017

Indices	Site de Beni-Fouda			Site de Rmada		
	Première campagne Culture du blé dur		Seconde campagne Rotations	Première campagne Culture du blé dur		Secondecampagne Rotations
	BC	DC	DC	BC	DC	DC
S	6	24	20	18	14	13
Effectif (individus)	67	390	331	1762	6054	3760
Dominance -D	0,27	0,21	0,21	0,20	0,83	0,93
Shannon_*H'* (bits)	1,50	2,13	1,97	0,92	0,44	0,19
Margalef	1,18	3,68	3,27	2,27	1,49	1,45
Equitabilité (*E*)	0,84	0,68	0,66	0,66	0,16	0,07
Similaritè(Jaccard)		0,33	0,32		0,33	0,32

BC- Avant la mise en culture, DC- Durant la culture

Les valeurs de l'indice de Shannon représentent des mesures de la structure des communautés de la flore adventice dans les deux champs sous l'influence de pratiques culturales différentes lors les deux campagnes. La période automnale (BC) de la première campagne d'étude se caractérise par une richesse spécifique (*S*) et un indice de Shannon (*H'*) faibles au champ de Beni-Fouda à très faibles à celle de Rmada avec 1,5 bits 0,92 bits respectivement. En outre, les valeurs de la période printanière sur les deux campagnes ont exprimé une diversité en plantes adventices moyenne à faible pour le site de Beni-Fouda avec un *H'* variant entre 1, 97 à 2,13bits, et toujours très faible pour le site de Rmada **(Tab.23)**, Ces constatations sont confirmées par les valeurs de Margalef, dont les deux champs présentent des valeurs inférieures à 2, ce qui les classe dans les zones de faible biodiversité, Au-delà de 6, les valeurs sont considérées comme indicateurs de grande biodiversité, D'après ces valeurs, la diversité de la

zone d'étude est considérée comme faible à moyenne pour les deux sites, Les altérations de la diversité des mauvaises herbes de la communauté restent moins claire.

Les résultats de l'indice d'équitabilité ou indice d'équirépartition (*E*) indiquent que les espèces d'adventices présentent une distribution moyennement semblable dans le site de Beni-Fouda, car les valeurs varient entre 0,66 à 0,84. Par contre, à Rmada, un déséquilibre est reconnu durant la période printanière, où une seule espèce domine tout le peuplement de la flore adventice, et les valeurs de *E* tendent vers le 0 avec des valeurs qui varient entre 0,07 et 0,16 (**Tab.23).**

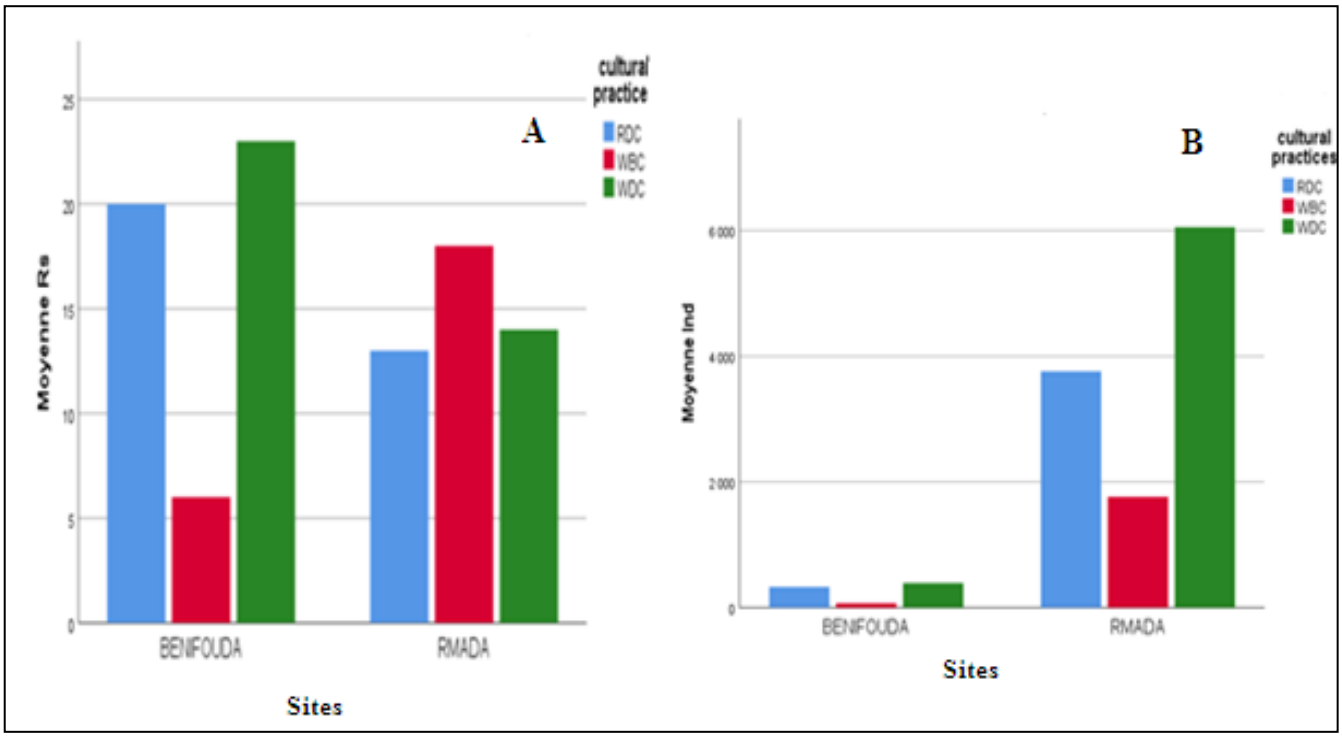


Figure 27 : la richesse en espèces(**A**) et des individus(**B**) dans les deux sites au cours des deux campagnes, **(RDC :** durant les cultures de rotation, **WBC** : Avant la mise en culture de blé, **WDC**: durant la culture de blé)

L'analyse des valeurs de l'indice de Similarité **(*J*)**, qui compare la ressemblance des relevées des deux sites, témoigne d'une ressemblance entre les champs des deux sites prospectés, car les valeurs de cet indice sont inférieures à 0,5 et varient entre 0,33 et 0,32, quelle que soit la pratique culturale appliquée (semis direct ; rotation) et la période d'échantillonnage réalisé.

Plusieurs auteurs ont signalé que les valeurs les plus élevées de l'indice de diversité d'ont été observées dans de le système de semis direct que dans le système de labour conventionnel (**Mas & Verdú, 2003** ; **Dorado & Lopez-Fando, 2006)**. Dans le même contexte, ils ont

également confirmé que la richesse des espèces était plus élevée dans les champs non labourés à long terme que dans les champs labourés ou non labourés à court terme **(Mulugeta et *al*., 2001**). Par ailleurs, **Sans et *al*., (2011)** ont suggéré que le travail du sol n'avait pas d'impact significatif sur la diversité des espèces dans les cultures de blé, et que les faibles valeurs d'équitabilité étaient dues à la forte dominance de l'espèce envahissante *Stellaria media*. Ces auteurs ont également démontré une diminution de la diversité des adventices dans les parcelles de tournesol soumises à un travail réduit du sol. Ce qui est également le cas de champs inventoriés dans cette étude à Rmada, où les indices de Shannon-Wiener et Margalefs ont faibles à très faibles, ce qui laisse suggérer une faible diversité de la flore adventice. L'équitabilité a varié de 0,07 à 0,66, ce qui indique une faible répartition des espèces recensées, Ces résultats sont confirmés par les valeurs enregistrées de l'indice de dominance (D),

Dans le champ de Rmada, l'espèce *P. aviculare* est la seule à présenter un effectif de 3631 individus sur un total de 3774 individus, soit 96 % pour la rotation céréales/ céréales, soit 99 % pour celle de blé/blé et 90,7 % pour celle de blé/ triticale. Elle représente 98 % pour la rotation céréales/légumineuses. Ces rotations apparaissent donc inefficaces dans le contrôle de cette espèce.

A Beni-Fouda, les valeurs des indices de diversité sont relativement élevées, ce qui indique une meilleure diversité et répartition de la population d'adventices. Les faibles valeurs de la dominance ne peuvent dissimuler l'impact de l'espèce *B. rubens*. Au total, 331 individus de *B. rubens* ont été dénombrés dans les 4 rotations étudiées, celle des céréales/céréales (blé /blé) étant la plus infestée avec 128 individus, alors que pour les autres rotations, le nombre de plants est de 101 ; 60 et 33 individus pour les rotations suivantes : Blé/Triticale ; Blé/Lentille et Blé/Vesce, respectivement, Les rotations Blé/Légumineuses sont donc les moins infestées par cette plante adventice.

Chapitre 2 : Comportement de la culture du blé dur conduit en semi-direct

2.1. Introduction

En Algérie, la céréaliculture est un secteur agricole clé qui contribue considérablement à l'économie du pays. Il cultive un large éventail de céréales, notamment le blé, l'orge, le maïs, le sorgho et le triticale. Ces cultures sont principalement localisées dans les plaines intérieures de l'est et l'ouest et dans les zones d'altitude basse où les conditions climatiques sont favorables.

Cependant, le secteur céréalier est confronté à plusieurs défis, d'origine biotique et abiotique, parmi lesquelles les maladies, les adventices, la sécheresse, la salinisation des sols et la variabilité des précipitations. Les facteurs abiotiques peuvent avoir l'impact le plus immense sur les rendements (**Bouras, 2021**). Compte tenu des niveaux de production actuels et afin d'améliorer la productivité et la qualité des cultures céréalières, l'Algérie a mis en œuvre une série de nouvelles pratiques agricoles. Les précédents culturaux et Les modifications de la densité de semis revêtent une importance particulière pour les cultures de blé, car elles ont un effet direct sur le rendement en grains et ses composantes (**Ozturk et a*l*., 2006**). L'objectif principal de cette étude est de contribuer à clarifier les résultats de la recherche sur la controverse entourant l'utilité du semis direct en céréaliculture et le rôle que peuvent jouer les précédents culturaux, ainsi que l'ajustement de la densité de plantation afin d'améliorer la production.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Matériel de travail

2.2.1.1. Choix des variétés des cultures

Dans l'Est algérien, la pratique du semis direct est axée sur les grandes cultures (céréales, fourrages et légumes secs). La région de Sétif est en effet connue pour sa production céréalière, et les cultures choisies pour cette étude sont le blé dur, le triticale, le pois fourrager, ainsi que la vesce et la lentille en tant que cultures de rotation.

- **Les variétés du blé dur**

Deux génotypes de blé dur sont utilisés dans de cette étude.

- **La variété Bousselam** est une variété nouvelle crée par ICARDA, issue du croisement de Heider/Marli/Heider-Cro ICD-414-1BLCTR-4AP et acquise par l'institut technique des grandes cultures de Sétif en 2007. Ce génotype est de cycle phénologique mi-tardif à rendement de 38 qx/ha, la hauteur de la plante est de 90-100 cm et PMG est élevé. Elle résiste à la sècheresse et la verse (**Boufenar-Zaghouane & Zaghouane, 2006)**.
- **La variété Waha** est plus ancienne, elle a été créée et inscrite par ICARDA, puis introduite en Algérie en 1998. Elle est issue de PLC/Ruff//GTA "S/3/. Ce génotype est à paille courte est rendement élevé de 45 qx/ha, la hauteur de la plante est de 80- 90cm et PMG est moyen. Elle présente un cycle phénologique moyen. Elle est considérée comme une variété précoce (**Boufenar-Zaghouane & Zaghouane, 2006**).

➢ Les variétés de cultures de rotation

- **La variété IDLIB-3 de Lentille** : cette espèce est connue sous le nom scientifique *Lens culinaris*. Il s'agit d'une plante annuelle, autogame, au port dressé d'environ 50 cm, ces fleurs de couleur blanchâtre irisée de bleu. La petite gousse contient une à deux graines. La variété cultivée a des semences de couleur marron foncé, petites et bombées. Elle a été sélectionnée par ICARDA, en Syrie.
- **La variété Clercale de triticale :** cette espèce est une culture fourragère céréalière de la famille des Poaceae. Elle est issue du croisement du blé et du seigle, d'où son nom est composé des deux noms des genres. La première variété a été décrite en France en 1983. Cette culture a apprécié les agriculteurs en raison de sa capacité d'acclimatation aux conditions abiotiques de la wilaya de Sétif et de sa valeur fourragère. La variété utilisée, **Clercale**, inscrite au catalogue en 1998, se distingue par ses rendements élevés et par sa résistance aux maladies cryptogamiques (**INRA, 2023**).
- **La variété Sefrou de pois fourrager** est originaire du Proche-Orient. Elle est bien adaptée à l'étage pédoclimatique de la région d'étude et est cultivée pour la qualité de ses propriétés nutritives. Cette légumineuse est notamment riche en protéines et est utilisée comme aliment pour le bétail. Le pois fourragé, possède des nodosités racinaires qui permettent de fixer l'azote atmosphérique. Elle est très bénéfique dans la rotation biannuelle, car sa capacité de croissance et son port rampant lui permettent d'étouffer les mauvaises herbes (**Chaux & Foury, 1994**). Cette est variété la plus cultivée par les agriculteurs et recommandée par l'ITGC de Sétif.
- **La variété Serva de la vesce** : l'espèce *Vicia sativa* est une plante annuelle fourragère de la famille des légumineuses. Les agriculteurs l'adoptent largement en raison de sa capacité à fixer l'azote et de limiter la croissance des mauvaises herbes. Elle est également très appréciée

par les éleveurs en cause de ses qualités nutritives, notamment sa richesse en protéines (**Sebkhi, 2013**).

2.2.2. Méthode de travail

Dans le but d'évaluer le comportement de la culture du blé conduite en semis direct. La présente étude est divisée en deux parties. La première a été menée dans le champ de la ferme étatique de site de Rmada afin d'analyser l'effet de la dose de semis sur la production de blé et l'infestation par les mauvaises herbes. La deuxième partie a été consacrée à l'effet du précédent cultural sur la production de blé et l'infestation par les adventices dans le champ de la ferme privée de Beni-Fouda.

2.2.2.1. Caractérisation des champs expérimentaux

Une description détaillée des deux champs est réalisée dans le premier chapitre.

- Le champ d'étude a été sélectionné avec soin dans la ferme privée de l'agriculteur M. Boukhelif Rachid, située à Beni-Fouda. Cette exploitation, localisée dans la zone de Draouis, a opté pour la technique de semis direct depuis 2008. Dans le cadre des activités, le semoir sélectionné est de type « KHUN SDE2217/19 » pour répondre aux besoins en matière de semis. La culture principale est le blé dur, mais l'agriculteur cultive aussi des cultures fourragères et des légumes secs dans le cadre d'une rotation des cultures.
- Le champ de la ferme étatique à l'ITGC dans le site de Rmada. Ce champ est la propriété de l'Institut technique des grandes cultures « ITGC » de Sétif et est situé dans la zone de Rmada, commune de Mezloug. Depuis l'année 2008, cette station appliquele semis direct et utilise un semoir de type « John Shearer Pasture Renovation Drill australien ». Les étudiants et les chercheurs peuvent utiliser ces champs pour menerleurs expériencesleurs études ou cultiver plusieurs types decultures, commeles céréales, les fourrages et les légumes secs, selon le programme de l'institut.

2.2.2.2. Technique de semis et de fertilisation

Dans le champ de Rmada, le semis direct de la culture du blé est effectué à l'aide du semoir spécifiquecité ci-dessus, qui permet de distribuer de façon homogène l'engrais et les grains de céréales. L'espacement entre les lignes est de 16 cm et la profondeur de placement de la graine est de 3 cm. L'engrais de fond utilisé était le TSP (46 %), appliqué au moment du semis réalisé le 19 novembre 2015, à une dose de 1 Qx/ha. Avant le semis, un traitement de désherbage

contenant de l'herbicide à base de glyphosate (N-phosphonométhyl glycine) a été appliqué le 9 novembre 2015 à une dose de 3 l/ha. L'engrais de couverture, l'urée (46 % d'azote), a été appliqué deux fois, au début et au plein tallage, avec la même dose de 1 qx/ha. La première application a été réaliséele 7 février 2016 et la seconde le 23 mars de la même année. Un deuxième désherbage a été effectué le 28 mars 2016 avec Apyros, à une dose de 23 g/ha. Dans l'exploitation privée de Beni-Fouda, un champ de 20 ha a été semé le 7 novembre 2015. La densité de semis était de 350 grains par mètre carré et la variété choisie était Bousselam. Un engrais de base MAP 11N 52P a été appliqué avant le semis. Un traitement contre les mauvaises herbes à base de glyphosate (360 g/l) et d'Herbazate (360 g/l), à raison de 2 l/ha, a été appliqué le 5 novembre 2015. L'engrais de couverture à base d'urée 46 % a été appliqué en deux périodes, au stade début et plein tallage, avec la même dose de 1 Qx/ha. Le premier désherbage a eu lieu le 4 janvier 2016, puis un deuxième a été effectué le 15 mars 2016 avec un mélange des deux herbicides Apyros (26,5 g/ha) et Zoom (150 g/ha).

2.2.2.3. Dispositif expérimental

Au cours de la première campagne agricole (2015/2016), deux dispositifs expérimentaux ont été mis en place sur les deux champs étudiés. L'un sur l'exploitation de Beni-Fouda et l'autre sur l'exploitation de Rmada. Ils ont été prédestinés en tenant compte des pratiques et politiques de gestion spécifiques employées dans chaque champ, ainsi que des stratégies de rotation des cultures en vigueur.

1. Le champ de Beni Fouda

L'échantillonnage dans ce terrain est de type stratifié, le terrain est subdivisé en 6 parcelles, en tenant compte des aspects culturels précédents, et chaque parcelle est subdivisée en 3 sous-parcelles, pour un total de 18 sous- parcelles.

2. Le champ de Rmada

Le plan expérimental est de type split plot. Dans ce cas, le champ expérimenté est divisé en blocs complètement randomisés, avec 3 répétitions. Les parcelles élémentaires, d'une superficie de 250 m^2, mesurant 50 m de long et 5 m de large, avec un espacement de 5 m entre les blocs et de 2 m entre les traitements. La variabilité de la densité de semis des deux variétés **Waha et Bousselam** est étudiée. Cinq densités de semis sont retenues : D1 (150 g/m²), D2 (200 g/m²), D3 (250 g/m²), D4 (300 g/m²) et D5 (350 g/m²).

2.2.2.4. Les paramètres de rendement mesurés

Les variables relatives aux composantes du rendement ont été déterminées à partir de mesures effectuées au centre des deux champs étudiés, à l'aide d'un carré de 1 m², évitant les bordures. Tous les paramètres détaillés ci-dessous sont choisis et quantifiés en unité de mesure de base de 1 m² selon **Pask et *al*. (2012)**.

1. **Nombre de plants/m²** (NP/m²) : il est compté sur une surface de parcelle définie (1 m²), après le stade levé.
2. **Nombre d'épis / m²** (NS/m²) : il est dénombré sur une surface au stade maturité.
3. **Rendement de grains / m²** (GY/m²) : le poids est mesuré après le battage de tous les épis récoltés sur une surface de 1m², puis pesés et notés.
4. **Poids de 1000 grains en gramme (WTK g)** : un nombre de 1000 graines est sélectionné, compté, isolé et pesé.
5. **Nombre d'épis / plants** (NS/P) : il est calculé en divisant le nombre d'épis par le nombre de plants.
6. **Rendement paille / m² (YP/ m²)** : après le battage des épis récoltés sur une surface de 1m², la paille est pesée et notée.
7. **Indice de récoltes (HI)** : le calcul est effectué sur un échantillon de 30 épis complets (tiges + épis rempli de grains) par parcelle élémentaire. Les 30 épis sont récoltés au stade maturation, séchés dans une étuve pendant 48 heures à 65°C, puis pesés pour déterminer le poids total des 30 épis. Après le battage des 30 épis constituant l'échantillon, les graines sont pesées et l'indice de récolte (HI) est calculé en divisant le poids des grains (g) par le poids total (g).
8. **Biomasse m² (BY/m²)** : Une fois que la parcellede 1 m² est récoltée, la production est battue puis pesée, ce qui permet de calculer le Bm² à partir du rapport GYm²/HI.
9. **Nombre de pieds d'adventices (WN / m²)** : le total des plants des mauvaises herbes est dénombré dans le même carré choisie.

❖ **Les paramètres liés à l'épi :** Le dénombrement est effectué sur un échantillon de 30 épis par unité de surface de 1 m^2, choisie aléatoirement. Chaque épi est traité séparément afin d'extraire les données correspondantes de l'échantillon total.

1. **Hauteur de plants cm (HP) :** la hauteur de chaque épi des 30 épis échantillonnés a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban à partir de la coléoptile jusqu'au sommet de l'épi, sans tenir compte de la barbe.

2. **Nombre d'épillets/ épis (NS/S)** : le nombre d'épillets est compté sur chaque épi après la mesure de la hauteur.
3. **Nombre de grains/épis (GN/S)** : le calcul du nombre de grains se fait après le battage de chaque épi séparément.
4. **Poids de grains/épis (GW/S) :** les grains dénombrés sont pesés avec une balance de précision.

2.2.2.5. Analyses statistiques

Une analyse statistique détaillée de la variance (ANOVA) des mesures des paramètres de rendement est effectuée, suivie d'un examen des corrélations des variables testées et de leurs groupages par la méthode de composantes principales (ACP). Cette analyse est réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT version 0.16.

2.3. Résultats et discussion

2.3.1. Paramètres de rendement en fonction des précédents culturaux du champ de Beni-Fouda

L'analyse statistique des résultats a montré que l'effet du précédent cultural est significatif pour l'ensemble des paramètres de rendement à Beni-Fouda, à l'exception du nombre d'épillets par épi **(Tab.25)**. Les résultats ont indiqué que le précédent cultural légumineuse/céréale, à l'exception de la lentille, représenté par le pois fourragé et la vesce, a donné les valeurs les plus élevées pour 46 % de ces paramètres. Survient ensuite le précédent cultural céréale/céréale, représenté par le blé dur et l'orge. Les résultats du précédent cultural triticale sont les moins pris en compte. Une analyse en composante principale (ACP) a permis de regrouper et de mieux schématiser ces résultats en fonction de l'inertie de ces variables et de leurs interactions avec les différents précédents culturaux **(Tab. 26 et Fig. 28)**.

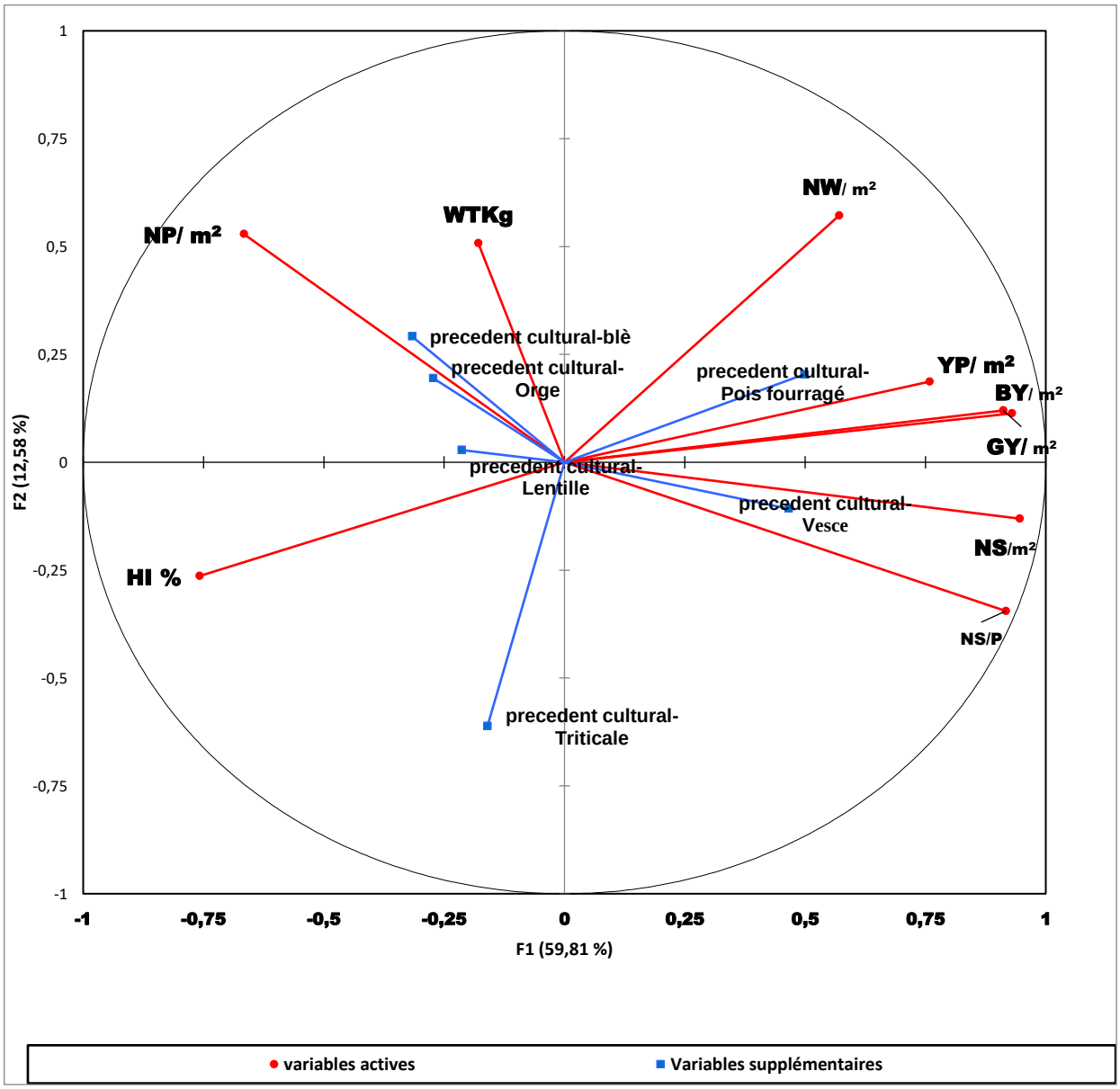
Tableau 25 : L'ANOVA des paramètres de rendement du champ à Beni-Fouda

Précédent cultural	NP/m²	WN/m²	NS/m²	GY/m²	WTKg	BY/m²	HP	NS/S	GN/S	GW/S	HI %	NS/P	YP/m²
Pois fourrager	167,000 b	40,000 a	574,667 b	649,023 a	38,053 c	2075,327 a	76,402 a	16,489 a	29,844 ab	1,140 b	0,344 d	3,542 b	525,600 a
Vesce	161,667 b	25,667 b	598,667 a	668,250 a	38,023 c	2125,880 a	63,934 b	15,733 a	29,333 ab	1,127 b	0,330 d	3,851 a	399,067 b
Blé dur	190,000 a	8,326 c	313,888 e	451,941 b	44,738 a	1121,497 b	64,202 b	17,146 a	29,022 ab	1,301 a	0,420 c	1,652 e	289,016 e
Orge	190,000 a	4,333 cd	360,000 d	442,430 b	44,407 a	1020,350 bc	68,039 b	16,289 a	28,156 ab	0,958 c	0,449 b	1,895 d	370,940 c
Triticale	153,333 c	1,667 d	412,000 c	456,933 b	39,430 b	867,057 c	57,318 b	16,967 a	27,478 b	1,118 b	0,555 a	2,929 c	357,867 c
Lentille	190,000 a	21,667 b	370,667 d	410,503 c	35,913 d	993,263 bc	59,844 b	16,878 a	30,311 a	1,095 b	0,417 c	1,951 d	329,867 d
Pr > F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,652	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000
Significatif	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Les trois premières composantes ont expliqué 83,75 % de la variation des paramètres soumis à l'analyse. Les pourcentages de la variation expliquée sont de 59,80 ; 12,584 et 11,359 %, respectivement pour les axes 1, 2 et 3 **(Tab. 26).** Les axes retenus se caractérisent par des valeurs propres supérieures à l'unité (5,383 ; 1,133 et 1,022, respectivement). Les cumuls des pourcentages de la variation expliquée sont de 59,80 ; 72,392 et 83,751% pour les 3 composantes retenues. Sur le premier axe PC1, les paramètres les plus représentés sont : le nombre d'épis/ m^2 (NS/m^2), le rendement de grains/m^2 (GYm^2), le rendement de biomasse/ m^2 (BY/m^2), le rendement de paille (YP) et le nombre d'épis /Plant (NS/P). Ils sont positivement corrélés avec la première composante (PC1). Tandis que le nombre de plants de blé/ m^2 (NP/ m^2) et l'indice de récolte (HI %) sont négativement corrélés avec l'axe PC1. Le nombre de plants de mauvaises herbes/ m^2 (NW/m^2) est positivement présenté sur l'axe PC2 et le pois de 1000 grains (WTKg) est le seul paramètre positivement bien figuré surl'axe PC3 (**Fig. 28 et Tab.25)**.

L'analyse des données des précédents culturaux par ACP a permis de révéler la répartition de ces derniers enfonction de la structuration des variables mesurées (**Fig. 28**). Sur le PC1, les inerties les plus élevées en valeur sont détenues par un sous-groupe formé des précédents culturaux pois fourragé et la vesce. Ces derniers se caractérisent donc surtout par un groupe de variables bien représentées sur PC1 : NS/m^2, GY/m^2, BY/m^2, YP/m^2 et NS/P. Un sous-groupe renferme le blé dur et l'orge dont les coordonnées sont de signe négatif sur PC1. Ces précédents se caractérisent surtout par les variables bien représentées ; NP/ m^2 et WTKg. Alors que sur le PC3, figure le précédent culturel triticale avec la meilleure valeur d'IH%.

Finalement, la situation du précédent culturel lentille prés de centre signifie des valeurs réduites de la majorité des paramètres.



NP/m² : nombre de plant de blé/ m², HI% : indice de récoltes, NS/P : nombre d'épis par plant, Rendement de paille (YP), Rendement de graines/m² (GY/m²), rendement en Biomasse (BY/m²), Nombre de pieds d'adventices (NW/m²), Poids de 1000graines (WTKg), Hauteur des plants (HP)

Figure 28. Projection graphique des paramètres de rendement en fonction des précédents culturaux sur les plans axes CP 1* CP2.

Tableau 26: Coefficients de corrélation des variables analysées de différents paramètres de rendement et les précédents culturaux.

Composantes / Paramètres de rendement	PC1	PC2	PC3
Nombre de plants de blé/ m^2 (NP/ m^2)	**-0,666**	0,529	-0,409
Nombre de plants d'adventices (NW/ m^2)	0,571	**0,572**	-0,146
Nombre des épis/m^2(NS/m^2)	**0,946**	-0,131	-0,014
Rendement de grains / m^2 (GY/ m^2)	**0,912**	0,120	0,122
Pois de 1000 grains(WTKg)	-0,179	0,508	**0,813**
Rendement en biomasse/ m^2 (BY/ m^2)	**0,929**	0,113	-0,164
Rendement en paille(YP)	**0,759**	0,187	0,124
Indice de récolte (HI %)	**-0,758**	-0,264	0,301
Nombre des épis /Plant (NS/P)	**0,917**	-0,345	0,159
Précédent culturel-Blédur	-0,317	0,292	0,172
Précédent culturel-Lentille	-0,214	0,028	-0,488
Précédent culturel-Orge	-0,273	0,195	0,253
Précédent culturel-Pois fourrager	0,498	0,204	-0,169
Précédent culturel-Vesce	0,466	-0,108	-0,141
Précédent culturel-Triticale	-0,160	-0,611	0,374

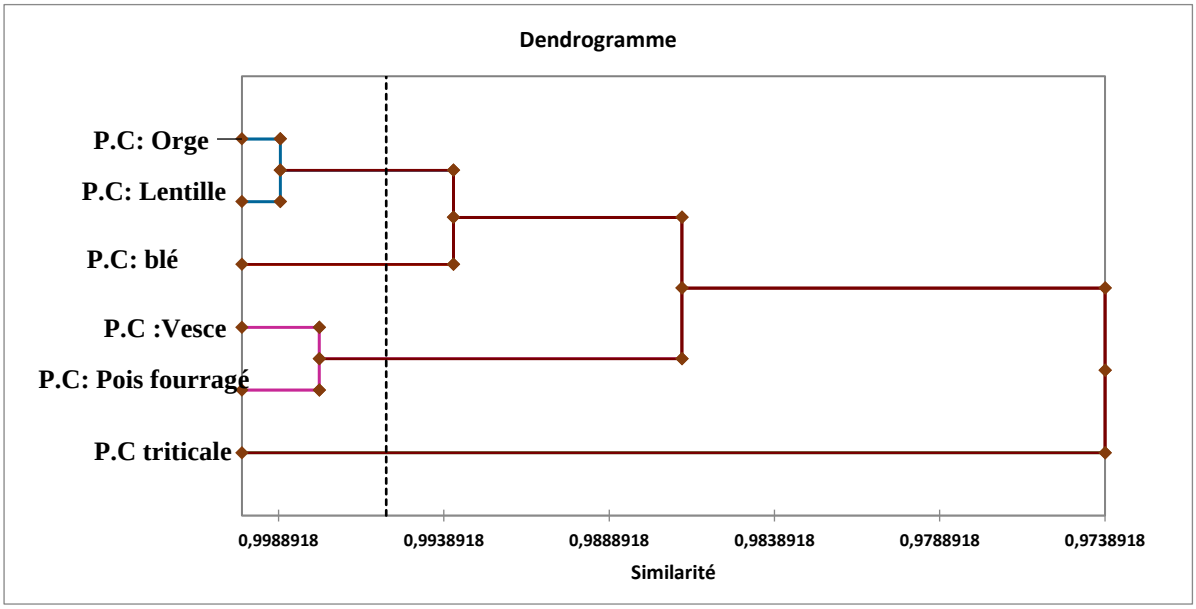


Figure 29 : classification ascendante hiérarchique (CAH) représentant le groupement des différents précédents culturaux en fonction des paramètres de rendement à Beni-Fouda. (**PC: précédent culturel**)

En synthétisant les informations issues des variables analysées, la carte de l'ACP montre l'effet favorable du précédent cultural légumineux. L'angle plutôt fermé (en partant de l'origine) que forment les variables BY/m², YP/m² et GY/m² indique que ces variables sont assez bien corrélées entre elles, notamment grâce au précédent cultural de pois fourragé. En revanche, les

points NS/P et NS/ m² indiquent quant à eux que ces variables sont assez bien corrélées entre elles à la faveur du précédent cultural la vesce. Les mêmes constatations s'appliquent au précédent cultural blé dur et orge pour les points NP/m^2 et WTKg.

Concernant ces précédents culturaux, les restes des variables sont plus ou moins importants, à l'exception de HI% dont les résultats étaient négativement corrélés avec l'ensemble des précédents culturaux à l'exception du précédent culturel triticale. En conclusion, la situation du précédent culturel lentille n'est pas représenté, le triticale semble être le précédent cultural le plus défavorable par rapport aux autres céréales.

Ces résultats sont également corroborés par plusieurs expérimentations et enquêtes qui ont montré qu'un blé de pois permet d'obtenir un rendement plus élevé de 6 à 10 qx/ha en moyenne dans le Bassin parisien (**Schneider et *al*., 2009**). Cependant, des études à long terme ont établi que la culture du blé dansle cadre d'une rotation des cultures garantit des rendements plus élevés et durables par rapport à des cultures répétées sans changement (**Shtereva et *al*., 1989**). Lorsqu'un blé succède à un blé, une réduction de la densité de peuplement et du nombre d'épis, ainsi qu'un retard dans l'épiaison, est observé en cas de succession avec une autre culture. (**Vyn et *al*., 1991)**. D'autres chercheurs ont minimisé l'effet des précédents culturaux, affirmant que le rendement des variétés de céréales dépend davantage de la norme de fertilisation que du type de culture précédente (**Ivanova et *al*., 2007**). Un troisième point de vue ignore l'impact du précédent culturel et associe la productivité des céréales aux conditions de culture spécifiques (**Delibaltova & Ivanova, 2006**). En outre, les conditions météorologiques ont eu, au cours des années, l'effet le plus marqué sur la croissance, le développement et le rendement du blé **(Kolev, 1998 ; Penchev & Popova, 2005)**. Tandis que **Leterme et *al*.** (**1994**) ont signalé l'absence d'une relation directe entre les rendements et les variables décrivant le système de culture et/ou le milieu.

2.3.1.1. Le nombre de plants/m²

L'analyse de la variance a révélé un effet significatif pour le nombre de plants/m² selon le précédent cultural, avec la formation de 3 groupes : le premier groupe (a) englobe le précédent blé dur, orge et lentille, le deuxième groupe (b) comprend le pois fourragé et la vesce, et le dernier groupe (c) est constitué du triticale. Malgré une capacité de germination élevée dépassant les 90 %, le taux de levée varie entre 54,28 % et 43,7 %, en fonction de la densité de semis initiale de 350 graines/m² (**Tab. 25**).

D'après **Aubry et *al*. (1994**), la réussite de la levée, en termes de taux et de dynamique, apparaît comme un élément à la fois très variable et fondamental pour le rendement lors de conditions climatiques variables. Toutefois, l'influence d'éventuelles différences de densités réelles de semis ou de pouvoir germinatif des semences utilisées ne peut être exclue. Cependant, le placement relatif des semences par rapport aux disjonctions structurales et hydriques dans le sol semble être déterminant **(Aubry et *al*., 1994**). Effectivement, l'étude de **Bruckler (1983)** a associé la forte sensibilité de l'imbibition des graines à l'état structural du lit de semences et à son humidité. Dans notre cas, les données de précipitation avant et après le semis indiquent des chutes de pluie durant le mois d'octobre, avec 50 mm et 21 mm juste après le semis effectué le 19 novembre 2015. Cependant, ces précipitations sont presque nulles durant le mois de décembre de la même année. L'état structural compacté de la couche arable, selon la description du profil, peut être défavorable à l'absorption de l'eau, pourrait avoir influencé le contact terre-graine, même si la profondeur de semis était faible et homogène. En effet, un autre facteur corrélé à ceux pris en compte pourrait être responsable de ces résultats, les températures minimales, qui peuvent influencer la date de levée assez tardives, comme le 17 décembre 2015. **Vyn et *al*. (1991**) ont conclu que les variations de rendement se sont essentiellement créées entre le semis et la fécondation, à l'image de la précipitation de l'année. Ces variations sont dues aux conditions de croissance dès le semis jusqu'à la floraison et non d'éventuels accidents survenus lors de la fécondation. En ce qui concerne le précédent cultural, les résultats obtenus expriment l'effet significatif de la variabilité de ces cultures, bien que la qualité du précédent cultural ne semble pas avoir d'effet spécifique, car les taux les plus élevés sont enregistrés dans les parcelles qui ont porté des précédents culturaux de céréales (blé dur et orge). Ces parcelles sont les moins infestées par la flore adventice, ce qui pourrait s'expliquer par une compétition accrue.

2.3.1.2. Le nombre d'épis par mètre carré (NS/m²)

L'analyse a indiqué un effet hautement significatif avec la distinction de 5 classes. Le précèdent vesce se trouve dans la première classe avec 598,67épis pour 161,67 plants, suivi par la deuxième classe du précèdent pois fourragé avec 574,67 épis pour 167 plants. Le triticale se classe dans la troisième classe 412 épis pour 153 plants, puis la lentille et l'orge. Enfin, le précédent blé dur se classe en dernière position **(Tab. 25)**.

L'étude d'**Aubry et *al*., (1994)** a révélé le rôle crucial joué par le nombre de pieds levés et son influence sur les degrés de développement du potentiel épi. Les mêmes auteurs ont considéré que la nutrition azotée était le facteur limitant majoritaire. **Meynard (1985)** a estimé qu'un nombre d'épis élevé témoigne d'une nutrition azotée précoce qui n'est pas limitante. Ainsi,

après une culture légumineuse, davantage d'azote peut être disponible pour la culture suivante qu'après une culture céréalière. Cela peut être dû à l'absence d'épuisement de l'azote du sol par rapport à une céréale cultivée sans apport suffisant d'azote ou à une immobilisation réduite de l'azote minéral du sol en raison du rapport C/N plus faible des résidus de légumineuses (**Chen et *al*., 2014 ; Ercoli et *al*., 2014**). Par ailleurs, les légumineuses fixent l'azote atmosphérique et facilitent la circulation du phosphore et du potassium dans le sol (**Stagnari, 2017**). Toutefois, ces conditions peuvent augmenter la compétition entre la culture de blé dur et les mauvaises herbes pour l'azote et l'eau, créant ainsi des conditions défavorables (**Aubry et *al*. 1994)**.

2.3.1.3. Le nombre d'épis par plants (NS/P)

La comparaison des moyennes de ce paramètre analysé est significative et confirme les résultats du paramètre précédent ; le nombre d'épis par mètre carré où la vesce était le précèdent cultural préférable avec une moyenne de 3,8 talles épis, suivi en deuxième classe (b) par le précèdent pois fourrager, avec une moyenne de 3,54 talles épis. Le triticale en troisième position(c) avec une moyenne de 2,9 talles épis, puis la lentille et l'orge, et en dernière classe le précèdent blé dur **(Tab. 25)**.

Le nombre d'épis par plante est un sous-composante des deux composantes principales qui déterminent le rendement potentiel du blé dur, avec le nombre et le poids des grains (**Slafer et *al*., 2022**). Ce paramètre est combiné au nombre de grains par épi et influence positivement et linéairement le nombre de grains par plante (**Romina et *al*., 201**7). L'étude de **Reynolds et *al*., (2002)** a signalé que les blés durs sont les plus sensibles aux conditions de pré-anthèse, car ils ont besoin d'un rayonnement plus élevé et d'une température plus fraîche pour augmenter le nombre de grains. Par contre, **Zhang et *al*. (2007)** ont suggéré de déterminer plus précisément l'effet de l'interaction entre les cultivars, la fertilité et la densité de plantation. D'après les résultats des précédents culturaux, la vesce et le pois fourragé étaient les meilleurs, même avec des populations réduites (nombre de plants/m^2). **Spink et *al*., (2000)** ont rapporté que la population réduite était compensée par l'augmentation du nombre de pousses par plante, du nombre de grains par épi et, dans une moindre mesure, par l'augmentation de la taille des grains.

2.3.1.4. Rendement de grains par mètre (GY/m^2)

L'analyse de variance de la production de grains de la variété (Bousselam) était significative pour la variable précédente cultural. Trois groupes ont été déterminés : le premier (a) comprend les précédents culturaux « vesce » avec un rendement de 668,25 g/m^2 (66 qx/ha) et

« pois fourragé » avec un rendement de 649,02 g/m^2 (soit 64,9 qx/ha). Le deuxième groupe (b) englobe les précédents triticale, blé dur et orge, et le dernier groupe (c) comprend le précédent « lentille » avec un rendement de 410,5 g/m^2 (41 qx/ha) (**Tab.25**). Le nombre de grains potentiels est fortement corrélé à la matière sèche produite lors de la floraison, laquelle est proche du poids de paille (**Leterme et *al*., 1994**). Les meilleurs résultats pour les paramètres (GY/m^2) et (BY/m^2) ont été obtenus à partir du précédent cultural légumineux, représenté par la vesce et le pois fourragé. Ces paramètres confirment leur corrélation positive. **Leterme et *al*. (1994**) ont lié un faible nombre de grains par mètre carré aux phénomènes perturbant la fertilité des épis et aux accidents climatiques survenant lors de la méiose, qui jouent un rôle déterminant dans la réalisation de ce potentiel. Les mêmes auteurs ont ajouté que durant les mêmes périodes, des facteurs semblables auront un impact sur la croissance végétative ainsi que sur l'élaboration des épis, mais ce sont les organes reproducteurs qui seront davantage affectés que leur taille. Autrement dit, **Aubry et *al*. (1994)** ont conclu que l'influence du nombre de pieds levés n'a pu être atténuée à aucun moment au cours de la phase d'élaboration de la composante « nombre de grains par m^2 ».

2.3.1.5. Poids de 1000 grains (WTKg)

L'analyse de la variance a montré un effet significatif, avec la formation de 4 groupes. Le premier englobele meilleur poids de 1000 grains de 45g et 44 g pour les deux précèdent culturaux, le blé dur et l'orge. Le deuxième groupe se compose de triticale, soit le WTK d'environ 39g. Le troisième groupe comprend les précédents pois fourragé et vesce, avec 38g. Le dernier précèdent est la lentille, avec 35g **(Tab. 25)**.

La totalité des résultats obtenus en fonction des précédents culturaux testés est inférieure à la moyenne de 55 g connue pour la variété Bousselam (**ITGC, 2015)**. **Leterme et *al*., (1994)**, ont justifié ces faibles valeurs par un défaut de remplissage des grains et un degré de satisfaction des besoins en eau insuffisant durant la seconde moitié de la période post-floraison. Une analyse des données climatiques de la campagne 2015/2016 indique que les 3 mois critiques de la croissance de la culture du blé dur durant l'année 2016 (Mars, Avril et Mai) ont été particulièrement pluvieux, surtout le mois de mai correspondant au remplissage des grains. Ce dernier a bénéficié de 58 mm de précipitations, mais celles-ci se sont produites en 3 jours consécutifs, les 5, 6 et 7 du début du mois de mai. Dans ce contexte, en Tunisie, **Ben-Hammouda & Marouani (1997**) ont noté qu'en plus de la quantité de pluie, la répartition dans le temps était un facteur essentiel pour déterminer les rendements, les pluies d'Octobre et de Mai jouant un rôle prépondérant dans la production de blé dur. De plus, l'invasion des parcelles de

précédents culturaux de vesce et de pois fourrager par les mauvaises herbes et la compétition pour l'eau peuvent également expliquer les résultats obtenus.

2.3.1.6. Rendement en paille (YP/m²)

L'analyse de la variance a démontré l'effet significatif des précédents culturaux sur le rendement en paille. La variété Bousselam est caractérisée pour sa hauteur semi-naine, qui peut atteindre 100 cm dans des conditions optimales, et pour sa production élevée de paille. Dans notre cas, le rendement en paille le plus élevé enregistré est de 525,6 g/m² (soit 52,5 qx/ha), ce qui correspond à environ 291 bottes de foin de 18 kg, dans la parcelle précédée par le pois. Vient ensuite la parcelle précédée par la vesce avec 399 g/m². Sur les parcelles précédées par des cultures d'orge, de triticale et de lentille, les productions de paille étaient respectivement de 370,9 g/m², 357,8 g/m²et 329,8 g/m². La production de paille la plus faible est celle du précédent cultural blé dur avec 289,016 g/m².

La production de paille est une caractéristique variétale. L'étude de **Rabti (2021**) a marqué que les variétés récentes produisent moins de paille, à l'exception de la variété Bousselam qui entre en compétition avec les variétés anciennes, avec une production moyenne de paille de 32,48 qx/ha. La comparaison des valeurs de la paille produite par cette variété dans l'étude en cours montre des moyennes importantes, qui varient de 289,016 g/m² à 525,6 g/m². L'impact des légumineuses (pois fourrager et vesce) comme culture précédente sur le rendement en paille du blé d'hiver dévoilé dans notre recherche a également été confirmé par des études d'autres auteurs. Comme l'ont constaté **Sieling & Christen (2015) ; Gaweda & Haliniarz (2021**), la culture précédente de légumineuses (pois) a l'effet positif sur le rendement en paille. En revanche, **Ali et *al*., (2019)** ont obtenu un poids de paille de blé inférieur de 9,6 % dans le système de conduite en semis direct (NT) qu'au système conventionnel(CT). **Gaweda & Haliniarz (2021**) ont lié le rendement en paille faible dans le système de semis direct(NT) à la hauteur plus courte des plantes. Ainsi, **Morris et *al*., (2010) ; Soane et *al*. (2012) ; Arvidsson et *al*., (2013)** ont suggéré que la réduction du rendement en paille dans le système NT par rapport au système conventionnel peut être due à la compacité plus élevées du sol, ce qui peut se traduire par une moindre émergence de plantes, un taux de croissance plus lent et une production de biomasse aérienne réduite. Dans la présente étude, l'effet positif des légumineuses en tant que précédents culturaux peut être réel, car les parcelles qui ont enregistré le plus faible nombre de plants/m^2 ont produit le plus de paille.

En outre, **Castellini et *al*., (2019)** ; **Chandrasekhara et *al*., (2018)** ont estimé que l'effet positif du NT sur le rendement des cultures, y compris le blé d'hiver, ne peut généralement être observé qu'après une utilisation prolongée de ce système de travail du sol. Selon ces mêmes auteurs, une détérioration des propriétés du sol, y compris une diminution de la porosité, peut durer jusqu'à environ 4 à 5 ans après la transition du système CT au NT. Par la suite, les propriétés du sol s'améliorent progressivement, la structure du sol se stabilise et une amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol dans des conditions de non-travail du sol se traduit par une meilleure disponibilité de l'eau et de l'air dans le sol et une croissance végétative importante (**Wozniak & Gos,2014**).

2.3.1.7. Indice de récoltes (HI%)

L'analyse de la variance de l'indice de récolte indique un effet significatifdes précédents culturaux. Dans ce cas, la rotation céréale/céréale s'est révélée plus favorable que celle légumineuse/céréale. Le calcul de l'indice de récolte a donné les valeurs suivantes pour le triticale, l'orge et le blé dur : 55,5%; 44,9% et 42 % respectivement **(Tab.25)**.

L'indice de récolte (Harvest index) est une mesure de l'efficience de la productivité. Il correspond au rapport entre le rendement en grains et la matière sèche totale des épis (**Porker et *al*., 2020**). Dans son étude, **Rabti (2021)** a mis en évidence l'existence d'effets significatifs des interactions des variables « génotype », « site » et « année » de la culture de blé dur sur ce paramètre. Ainsi, il a noté que la moyenne de l'indice de récolte des variétés récentes utilisées en Algérie, est de 32,64 %, alors que celle des variétés anciennes est de 23,85 %.

Cependant, une étude menée par **Hay (1995)** a noté que les valeurs des variétés modernes des cultures céréalières les plus intensivement cultivées se situent entre 40 et 60 %. Cette augmentation de l'indice de récolte de blé est principalement le résultat de l'introduction de gènes nains permettant de réduire la longueur de la paille, d'éradiquer la verse et d'augmenté le potentiel de rendement en grains en réponse à l'utilisation d'engrais azotés (**Dai et *al*., 2016**). En outre, les précipitations et les génotypes des cultivars sont identifiés comme les principaux contributeurs à la variation détectée au sein des classes de blé **(Rabti, 2021)**. D'autres ont suggéré que la variabilité de l'indice de récolte peut être la conséquence de l'augmentation de la densité de la population céréalière associée à un poids de grain individuel stable. En effet, les résultats obtenus de HI dans cette étude confirment que la variété Bousselam est nouvelle, néanmoins l'effet du précédent cultural sur HI est modéré. **Fellahi et *al*., (2024)** ont constaté que (HI) et (SN) avaient le plus grand impact sur le rendement en grains.

2.3.1.8. Rendement en biomasse (BY/m²)

L'analyse de variance des moyennes des précédents culturaux aboutit à la conclusion que la production de biomasse la plus élevée est observée dans les parcelles ayant adopté les précédents culturaux blé/vesce et blé/pois fourrager, suivies par les parcelles du blé/blé, puis du blé/orge et du blé/triticale, dans une classe moyenne entre b et c. La biomasse produite est la plus réduite dans la parcelle ayant eu le précédent blé/lentille **(Tab.25**).

La biomasse est une caractéristique de la variété du blé dur dans des conditions bien déterminées. Les différences d'altitude, de température et de cumuls de pluviométrie enregistrées entre les sites expliquent en partie les variations de la biomasse entre les variétés **(Rabti, 2021)**, notamment en raison des effets d'une mauvaise répartition des précipitations durant le cycle de culture (**Gandíaet *al*., 2021)**, ainsi que la sécheresse sur le schéma d'accumulation de biomasse ont été les plus importantes (**Villegas et *al*., 2001**). **Maeoka et *al*. (2020**) ont souligné que la biomasse aérienne a eu l'effet le plus important, expliquant plus de 83% de la variation du rendement en grains. Ils ont recommandé que l'amélioration du rendement des variétés de blé actuelles passe par la réduction de la hauteur des plantes, sans changement significatif de la biomasse.

2.3.1.9. Infestation par mauvaises herbes (WN/m²)

Les résultats obtenus indiquent que les parcelles des précédents de pois fourrager, de vesce et de lentille étaient les plus infestées, suivies de celles de du blé dur, d'orge et de triticale. Il se peut que la spécificité des herbicides appliqués sur les monocotylédones en soit la cause **(Tab.25)**.

L'infestation de la parcelle de blé par les mauvaises herbes est en premier lieu liée à son historique, à la date de semis de la culture, plutôt qu'à la culture elle-même, ainsi qu'à l'intensité du désherbage (**Dubois, 2007**). Elles peuvent entrer en compétition avec la culture, en fonction de ses caractéristiques, notamment la variété (**Korres & Froud-Williams, 2002**), la densité de semis, la différence entre la date de semis de la culture et la période d'émergence de la majorité des adventices (**Martin & Field, 1988**), ou encore la taille de l'inter-rang (**Stahlman & Miller, 1990**). Une rotation diversifiée avec plus de 4 cultures permet de réduire la pression des adventices de plus de 50 %, tandis que la maîtrise des adventices est d'autant plus délicate avec des techniques de travail du sol sans labour (**Dubois, 2007**).

Cependant, une analyse qualitative des adventices a montré une dominance d'abondance des plants de brome, ce qui témoigne de la présence d'une banque de graines de cette espèce dans ce champ, favorisée par le l'état du sol en SD. Le brome fait partie des espèces mimétiques de la culture du blé dur, qui ne sont pas contrôlées par l'herbicide appliqué, même dans les zones où la pulvérisation a bien eu lieu (**Moinard, 2013**). Cependant, cet auteur a déclaré que, l'effet herbicide n'étant pas significatif sur le rendement, il est préconisé de cibler les espèces mimétiques pour l'utilisation d'herbicides. Ainsi, le même auteur pense que les adventices préoccupants au moment de la floraison, ciblée par des herbicides de post-levée, ne sont pas celles qui influencent négativement le rendement du blé.

2.3.1.10. Paramètres du traitement de l'épi

2.3.1.10.1. Hauteur de plants (HP cm)

La mesure de la longueur des 30 épis échantillonnés, sans inclure la barbe, et la comparaison des moyennes nous ont permis de constater que la culture du blé dans les parcelles précédemment occupées par le pois fourrager présentait un développement élevé et distingué, avec une moyenne de 76,4 cm, suivie par les autres parcelles dont la taille variait entre 63cm et 57cm. La parcelle du précédent du triticale était la seule à présenter un développement minime.

D'après **Slafer et *al.* (2005)**, il existe une hauteur minimale en dessous de laquelle la limitation du rendement est évidente. La réduction des hauteurs des plants de céréales en naines et semi-naines est favorisée par le déploiement de gènes majeurs tels que les gènes Rht. Des améliorations importantes du rendement du blé ont été obtenues ces dernières années **(Fisher, 2011).** Toutefois, le cycle et la taille des plantes ne doivent pas être trop courts ou trop petits, car ces caractéristiques compromettent les rendements dans des conditions stressantes ou optimales (**Mansouri, 2018**). En outre, dans les zones arides et semi-arides, une hauteur de plante plus importante a un effet positif sur le rendement, c'est pourquoi il est préférable que les génotypes locaux conservent leur hauteur (**Royo et *al.*, 2014**). La variété Bousselam, testée dans cette étude, a exprimé des hauteurs semi-naines à naine, bien qu'elle puisse atteindre plus 100 cm d'hauteur. Ces hauteurs recensées présentent une forte expression génotypique (**Mansouri, 2018**). **Gaweda & Haliniarz (2021**) ont démontré l'effet positif d'une culture légumineuse précédente (soja) sur la hauteur des plantes. Ce qui corrobore avec les résultats obtenus avec le pois fourrager.

2.3.1.10.2. Nombre d'épillets / épi (NS/S)

Le nombre d'épillets a été compté sur chaque épi, et le résultat est non significatif, car il n'y a pas de grande différence entre le nombre d'épillets par épi, avec une moyenne similaire pour toutes les parcelles et les épis sélectionnés, avec une moyenne de 16 épillets par épi.

2.3.1.10.3. Nombre de grain/épis (GN/S)

Le comptage de grains est réalisé pour chaque épi après le battage, puis les moyennes sont comparées et une analyse de la variance est effectuée. Elle est significative avec la présence des deux groupes. La moyenne la plus élevée est enregistrée dans la parcelle de la précédente culture de lentille, avec 30,31g. les données du deuxième groupe proviennent des autres précédents culturaux, avec des valeurs variantes entre 27,47g pour le blé/triticale et 29,84g pour le blé/pois fourrager.

2.3.1.10.4. Poids de grain/épis (GW/S)

La comparaison des moyennes par ANOVA est significative où le remplissage des grains était plus important dans la parcelle du précédent cultural blé dur, et les grains avec un poids réduit sont enregistrés dans la parcelle de la précédente culture « orge ». Les autres parcelles sont dans le même groupe avec une moyenne de 0,04g/ grain.

D'après **Frantová et *al*. (2022**), les paramètres de l'épi représentent une expression génotypique en fonction des conditions de culture. Ils influentégalement sur le rendement en grains. La taille des épis influe directement sur le nombre d'épillets et de grains. En outre, le déficit hydrique et son moment d'apparition sont des facteurs importants. Au début de l'élongation de la tige, un stress hydrique affecte le nombre total d'épillets de l'épi (**Litvin et *al*., 2016**). Cependant, si la disponibilité en eau est limitée au cours de la floraison, le nombre de grains par épillet et le nombre total de grains par épi sont affectés (**Sangtarash et *al*., 2010**). De même, la formation des grains pourrait être touchée par la diminution de la capacité à transporter les assimilats vers les grains (**Sarto et *al*., 2017**).

2.3.1.11. Conclusion :

Le précédent cultural peut donc être un levier important pour augmenter le rendement du blé dur. Les effets positifs des légumineuses, comme le pois fourrager et la vesce sur le rendement sont mis en relief grâce aux corrélations intéressantes entre les paramètres de rendement, comme le nombre d'épis/m^2, le nombre d'épis/plant, le rendement de grains, le

rendement en paille/m^2 et le rendement en biomasse/ m^2. Cependant, les interactions entre les différentes variables, telles que l'infestation par les mauvaises herbes, les conditions pédoclimatiques, l'expression du génotype de blé dur, la gestion de la fertilisation et la lutte contre les mauvaises herbes, ainsi que l'effet du pâturage, dissimulent ces effets avantageux. Des réponses fiables ne pourront être apportées qu'à long terme.

2.3.2. Paramètres de rendement à Rmada en fonction des doses de semis des variétés Bousselam et Waha.

Une analyse de la variance des paramètres du rendement en fonction des cinq doses de semis testées des deux variétés Bousselam et Waha, a montré des effets significatifs inter-variétaux pour tous les paramètres **(Tab.27).** La variété Bousselam est plus avantageuse que la variété Waha en se classant en premier et en troisième rangs avec les doses de semis moyennes D3 et D2 respectivement et la D1 est la dose de semis la plus défavorable classé en dernier rang. Tandis que chez la variété Waha, la plus faible dose de semis D1 est la mieux exprimée en se classant en second rang après le D3 de Bousselam, puis les D3, D4, D5 en quatrième, cinquième et sixième rangs respectivement, alors que la D2 est la plus défavorable **(Tab. 27).**

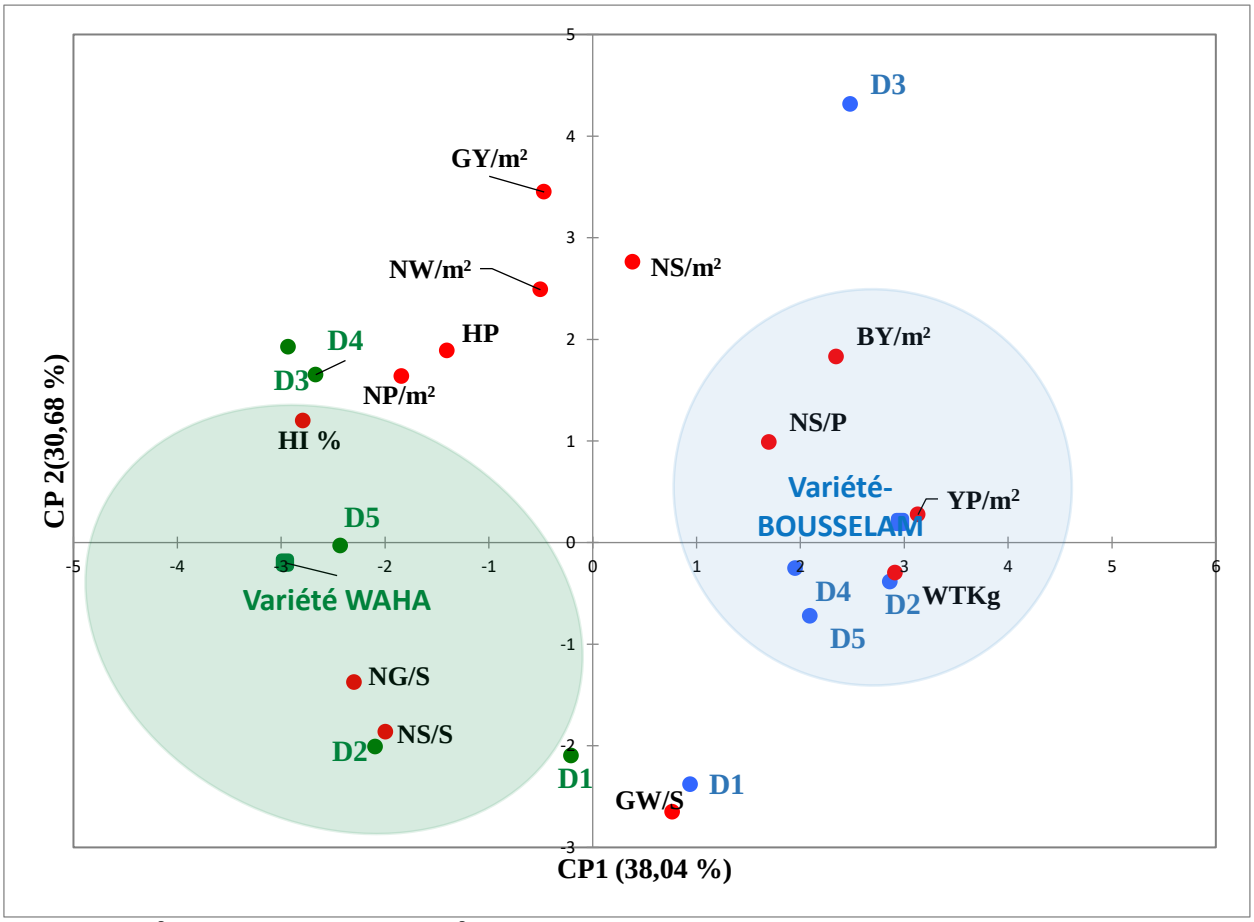
Tableau 27 : L'ANOVA des Paramètre de rendement de la ferme étatique de Rmada

Variétés+Dose de semis /Paramètres	NP/m^2	WN/m^2	NS/ m^2	GY/ m^2	WTKg	BY/ m^2	HI %	NS/P Y P	HP cm	NS/S	NG/S	GW/S
Bousselam *D3	109,3f	585,0 a	510,667 a	625,138 a	39,478 b	1034,071 a	60,248 d	4,676 a	408,933 ab	52,639 abc	15,689 c	31,844 d	1,260 b
Waha *D1	88,667 h	271,333 c	388,000 c	570,826 bc	33,444 d	927,893 b	61,371 d	4,376 b	357,067 e	50,291 c	18,889 a	43,956 a	1,662 a
Bousselam *D2	99,000 g	98,333 e	386,667 c	599,383 ab	42,667 a	1014,450 a	59,061 e	4,175 b	415,067 a	51,452 abc	17,000 b	36,222 c	1,520 ab
Waha *D3	141,667 b	358,667 b	462,667 b	582,449 b	33,734 d	881,782 bc	66,261 a	3,313 de	299,333 g	53,922 a	17,256 b	38,144 bc	1,295 b
Waha *D4	150,667 a	166,333 d	465,333 b	591,299 b	31,910 e	913,966 bc	64,575 b	3,227 de	322,667 f	53,687 ab	17,389 b	39,800 b	1,281 b
Waha *D5	124,333 d	308,333 c	414,667 c	546,006 cd	32,538 e	868,939 c	62,698 c	3,328 de	322,933 f	53,610 ab	17,878 b	40,922 b	1,350 b
Bousselam *D5	129,333 c	109,333 e	386,667 c	533,170 d	42,359 a	928,904 b	56,377 g	3,073 e	395,667 bc	50,721 abc	15,944 c	32,100 d	1,369 b
Bousselam *D4	116,667 e	163,000 d	400,000 c	532,991 d	42,561 a	916,991 bc	58,197 ef	3,457 cd	384,000 cd	51,264 abc	15,922 c	31,300 d	1,342 b
Waha *D2	118,667 e	265,000 c	365,333 d	517,543 d	35,337 c	826,743 d	63,181 c	3,052 e	309,200 fg	50,413 bc	17,911 b	40,678 b	1,387 b
Bousselam *D1	96,000 g	56,000 e	350,333 d	516,150 d	39,716 b	887,083 bc	57,555 f	3,652 c	370,933 de	53,170 abc	17,356 b	36,889 c	1,524 ab
Pr > F	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,001**
Significatif	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**

Les résultats d'une analyse en composantes principales (ACP), ont montré que la variété Bousselam a exprimé positivement la majorité des paramètres de rendement selon les différentes densités de semis. En revanche, l'effet de la variété Waha sur ces paramètres était plus ou moins important. Les trois premiers axes de l'analyse en composantes principales (ACP) ont expliqué 89.14% de la variation disponibles dans les paramètres soumis à l'analyse. Le pourcentage de la variation expliquée par axe est de 38,039%, 30,681 et 20,419%, respectivement pour les axes 1, 2 et 3. Les axes retenus se caractérisent par des valeurs propres supérieures à l'unité (4,945, 3,989 et 2,654, respectivement). Les cumules des pourcentages de la variation expliquée sont de 38,039, 68,720 et 89,139% pour les trois axes retenus. Les paramètres représentés sur le PC1 sont à la faveur de la variété Bousselam indépendamment de la densité de semis ; le poids de 1000 grains (WTKg), le rendement de biomasse/m^2 (BY/ m^2), le rendement en paille (YP), poids de grains par épi (GW/S), le nombre des épis /m^2 (NS/ $m^{2)}$ et nombre des épis/plant (NS/P). Alors que les restes des paramètres représentés sur l'axe PC2 et PC3, le nombre de plant du blé / m^2(NP/m^2), le rendement en grains m^2(GY/m²), le nombre de plants d'adventice m^2(WN/ m^2), indice de récolte (HI%), nombre de grains/épi (NG/S), nombre des épillets/épi (NS/S), étaient mieux exprimé chez la variété Waha (**Fig. 30 et Tab. 28).**

Sur le PC1, les inerties les plus élevées en valeur sont d'un sous-groupe formé des cinq différentes densités de semis de la variété Bousselam. Les densités D2, D4 et D5 se caractérisent principalement par un groupe de variables bien représentées sur PC1: le poids de 1000 grains (WTKg), rendement en paille (PY/m^2), NS/P, rendement en biomasse/m² (BY/m²), rendement en grains / m² (GY/m²) et nombre de plants d'adventice/m² (NW /m²). Sur le même axe la densité D3 se caractérise par le meilleur nombre d'épi/m² (NS/m²) et la D1 par poids de grains /épi (GW/S) (**Fig. 30 et Tab. 28).**

Sur le PC2, la variété Waha est représenté par un sous-groupe renfermant les densités D3 et D4 distingué par les meilleurs paramètres: indice de récolte (HI%), le nombre de plants du blé /m² (NP/m²), l'hauteur de plant en cm (HP), ces derniers sont plus ou moins important pour D5. La D2 est mieux représentée par les caractères nombre de grains/épi (NG/S) et nombre des épillets/épi (NS/S), ces dernières sont moins représentées pour la D1 (**Fig. 30 et Tab. 28).**



NP/m² : nombre de plant de blé / m², HI% : indice de récoltes, NS/P : nombre d'épis/ plant, Rendement de paille/ m²(YP/m²) Rendement de graines/m² (GY/m²), Biomasse rendement / m² : (BY/m²), Nombre de plants de mauvaise herbes (NW/m²), nombre des épillets /épi(NS/S), Poids de 1000graines (WTKg), HP : hauteur des plants, nombre de plants / m² (NP/ m²), NS/ m² : nombre d'épis/ m², GW/S : poids de grains / épi.

Figure 30. Projection graphique des paramètres de rendement en fonction des doses de semis des deux variétés sur les plans axes CP 1* CP2.

En synthétisant les informations issues des variables analysées, les effets de la variabilité de la dose de semis par variété parassent moins évidents. Les variables « poids de la biomasse par mètre carré (BY/m²) », « rendement de paille par mètre carré (PY/m²) » et « nombre des épis par plant (NS/P) » indique que ce sont assez bien corrélées à la faveur de la variété Bousselam pour les densités D5, D4 et D2. Alors que les variables « nombre de plant par mètre carré (NP/m²) » et « la hauteur des plants (HP) », sont assez bien corrélées à la faveur du la variété Waha pour les densités D4, D3 et D5. La même constatation s'applique à la densité D3 de la variété Bousselam. Pour le reste des densités de semis la D2 et D1 de Waha, ce sont corrélées positivement avec « le nombre de grain par épi (NG/S) et des épillets par épi (NS/S) ».

Tableau 28 : Coefficients de corrélation des variables analysées (paramètres de rendement / doses de semis des deux variétés) avec les principales composantes retenues de l'analyse en ACP

Composantes	PC1	PC2	PC3
Nombre des plants du blé / m^2 (NP/ m^2)	-0,577	0,461	**-0,591**
Nombre des plants d'adventice / m^2 (W/ m^2)	-0,158	**0,701**	0,365
Nombre des épis/m^2 (NS/m^2)	0,121	**0,778**	0,516
Rendement en grains/m^2 (GY/m^2)	-0,147	**0,972**	0,118
Poids de 1000 grains (WTKg)	**0,914**	-0,084	-0,339
Rendement en biomasse/ m^2 (BY/m^2)	**0,736**	0,515	0,354
Indice de récolte (HI %)	**-0,875**	0,337	0,226
Nombre des épis/plant (NS/P)	0,533	0,277	**0,783**
Rendement Paille(YP)	**0,983**	0,077	0,069
Hauteur de plants en cm (HPcm)	-0,440	**0,531**	-0,113
Nombre des épillets/épi (NS/S)	**-0,625**	-0,525	0,570
Nombre de grain/épi (NG/S)	**-0,720**	-0,388	0,553
Poids de grains /épi (GW/S)	0,241	**-0,747**	0,582
Variété-Bousselam	0,929	0,056	-0,278
Variété-Waha	-0,929	-0,056	0,278

Avec deux nœuds et deux grands groupes renfermant sept sous groupes, l'arbre hierchique a montré que la D4 de waha a formé seulement un sous-groupe car c'est la seule qui a eu le nombre du plant /m^2 le plus élevé. De même pour Bousselam D3 qui s'est individualisée par trois paramètres ; nombre des épis par unité de surface (NS/ m^2), nombre des épis par plant (NS/P), rendement en grain par unité de surface (GY/m^2) et nombre de plants des mauvaise herbes NWp/ m^2. Les composants des autres sous groupes s'associent dans un ou plus des paramètres testés (**Fig. 31**)

Avec les niveaux de production actuels, la recherche des moyens pour augmenter la production est décisive. L'ajustement de la densité de plantation est l'un des moyens les plus efficaces **(Zheng et *al.*, 2017).** Une densité de semis déraisonnable ne peut non seulement augmenter le rendement, mais elle affecte aussi gravement la résistance de la tige du blé après l'anthèse **(Hu at a*l.*, 2024).** Une optimisation de la densité de plantation du blé à un niveau approprié permet de mieux équilibrer la relation entre les tiges robustes et les rendements élevés **(Feng et *al.*, 2024).**

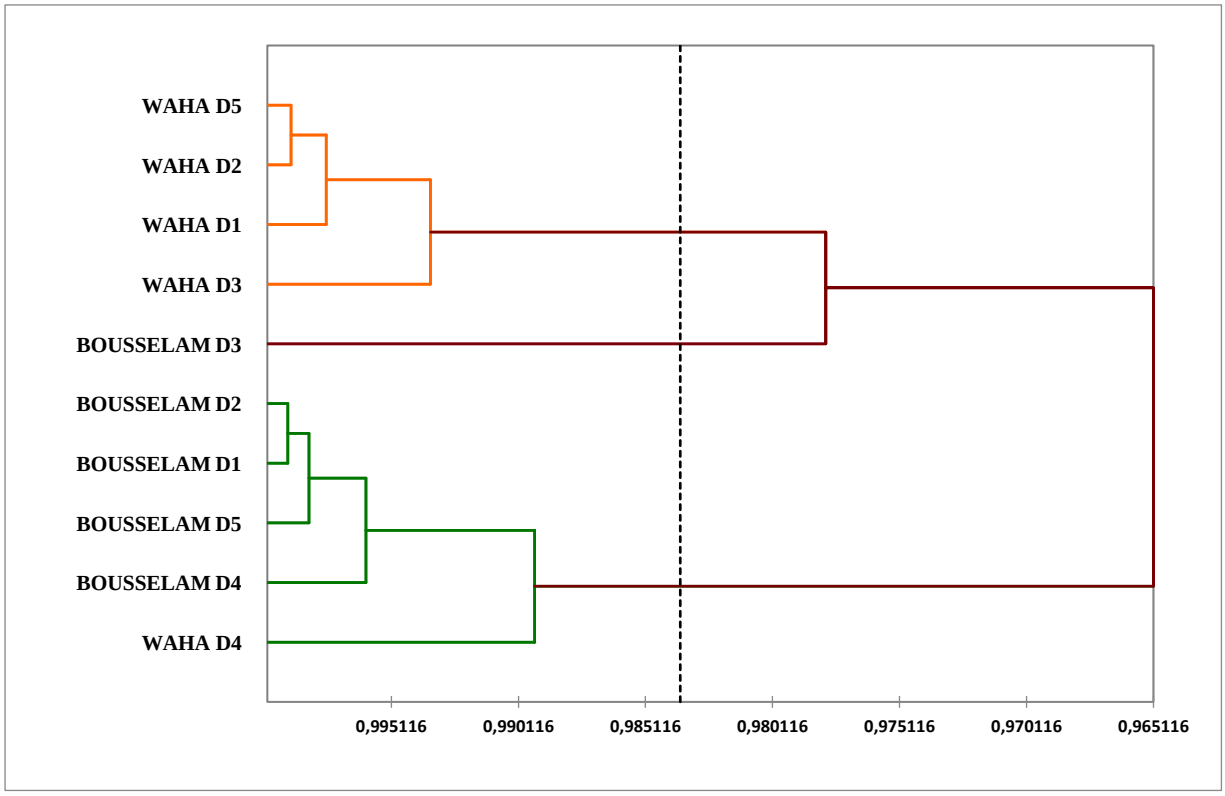


Figure 31 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) représentant le groupement de différentes doses de semis des deux variétés Waha et Bousselam en fonction des paramètres de rendements à Rmada

Dans cette étude, le lien entre la densité de semis et les paramètres de rendement est incertaine. La densité D1 la plus faible de la variété Waha était la préférable, mais la densité D2 était la plus néfaste. Chez la variété Bousselam, les résultats sont plus rationnels.

2.3.2.1. Le nombre de plants /m²

L'analyse menée pour déterminer le taux de levée et le nombre de plantes par mètre carré des différentes densités de semis a donné des résultats significatifs pour les deux variétés. Les données de la variété Waha ont révélé que la dose D4 a présenté un taux d'émergence de 50 % de levée par rapport à la densité de semis et un nombre de plants/m² (NP/m²) qui est de 151p/m², suivie de la D3 avec un taux d'émergence de 56,66 % et un NP/m² de 141 p/m². Par contre, la dose D5 a montré un taux de levée faible avec 36,9 % et un NP/m² de124 p/m². La dose D1 a donné un NP/m² le plus faible avec 88,6 p/m² et un taux de levée de 59 % qui est similaire à celui enregistré pour la D2 (**Fig.32**).

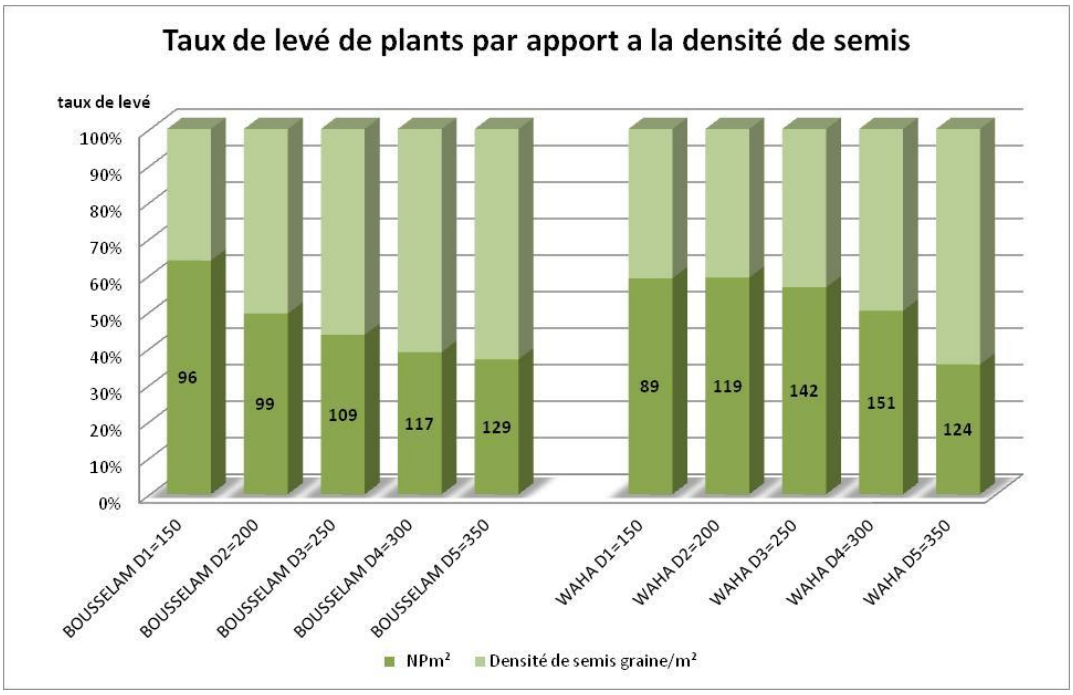


Figure 32 : Taux de levé de plantes des deux variétés testés en fonction des différentes doses de semis

Par ailleurs, la comparaison des moyennes de NP/m² de la variété Bousselam permet de répartir les doses en quatre classes : la première comprend la dose D5 avec un taux de levée de 36 % et NP/m² de 129.3p/m², deuxième renferme la densité D4 avec un taux de 38,8 % et NP/m² de 116p/m², la dose D3 avec un taux de 43,7 et 109 p/m² puis vient dans le troisième classe la D2 qui a un taux de levée plus important de 49,5 %, mais le NP/m² est plus faible (99 P/m²). La D1 représente le taux le plus élevé avec 64 %, se positionne dans le dernier groupe, puisque le NP/m² reste le plus faible avec 96 P/m².

La comparaison des deux variétés pour ce paramètre montre que la variété Waha est plus performante que Bousselam. La D4 et la D3 de Waha se classent en première position avec un nombre de plants de 150,6 p/m² et 141,6 p/m², respectivement, avant la D5 de Bousselam avec un NP/m² de 129,3 p/m², puis la D5 de Waha avec un NP/m² de 124,3 p/m². La D4 de Bousselam et la D2 de Waha produisent des NP/m² entre 116 et 118. Le taux de levée des plants de Waha était le plus élevé pour la plupart des densités de semis, indemne pour la D1 où le NP/m² de Waha était le plus faible par rapport à Bousselam.

Malgré un test de germination de 95 %, le faible pourcentage de levée enregistré pour les deux variétés est probablement dû à un déficit en précipitations après le semis de la culture. Un total de 21 mm de précipitations a été enregistré durant la troisième décade du mois de novembre

2015, suivi d'une période de sécheresse durant le mois de décembre (0 mm), puis d'une faible pluviométrie enregistrée durant le mois de janvier 2016, répartie durant les trois décades comme suit (2 mm, 12 mm et 4 mm). L'influence négative d'une période prolongée de sécheresse sur le taux de levée est motionnée par (**Aubry et *al.*, 1994** et **Bruckler, 1983**). Ainsi, il est possible que les adventices soient responsables de la réduction observée du taux de levée, étant donné que l'espèce la plus répandue avant la mise en culture était Raphanus *raphanistrum*, qui est connu pour être un agent allélopathique ayant peut-être la capacité d'inhiber la germination (**Dali et *al.*, 2023).**

2.3.2.2. Le nombre d'épis par mètre carré (NS/m²)

L'analyse de la variance des résultats de NS/m² a révélé un effet significatif pour les deux variétés, le NS/m² de la variété Waha étant en corrélation positive avec le NP/m². D4 et D3 représentent le plus grand nombre d'épis, avec 465,3 épis et 462,6 épis respectivement, tandis que la D5 a présenté une valeur NS/m² de 414,6 épis et la D2 a montré le plus faible nombre de NS/m² avec 365,3 épis, par rapport à la D1 qui a présenté un nombre d'épis de 388.

Les résultats de nombre des épis/ m² (NS/m²) pour la variété Bousselam ont montré une divergence avec les résultats de nombre de plants/m² (NP/m²). La D3 a montré le plus grand nombre d'épis avec 510,6 épis /m² tandis que les trois densités de semis D4, D5 et D2 se classent en deuxième position avec des valeurs semblables de NS/m² d'environ 400 épis /m² et 386,6 épis /m² respectivement. Or, la D1 a donné le plus faible nombre de NS/m² avec 350,3 épis /m².

La comparaison des moyennes des deux variétés révèle que la densité de semis qui a donné le plus grand nombre d'épis est la D3 de Bousselam avec 510,6 épis/m², suivie de D4 et D3 de la variété Waha qui ont produit plus d'épis que la grande densité D5. Cette dernière est dans le même groupe que les D4 et D2 de Bousselam, et la D1 de Waha. De même pour la D2 de Waha avec la D1 de Bousselam.

Il a été démontré qu'une augmentation de la densité de semis se traduit généralement par une augmentation du nombre d'épis par mètre carré (**Baloch et *al.*, 2010**). Comme, Il est estimé que la densité optimale d'épis par mètre carré se situe entre 400 et 500 épis, ce qui permet à la culture d'exprimer pleinement son potentiel de rendement et d'éviter la concurrence entre les plantes pour les ressources (**Wood et *al.*, 2003**). Le même auteur explique qu'une augmentation de la densité des plantes conduit inévitablement à une compétition accrue, en particulier entre les plantes aux premiers stades de développement. Ce phénomène peut être attribué au taux élevé de

perte de talles épis en réponse à l'augmentation de la densité de semis. Dans notre étude, il est déduit que le nombre d'épis observées pour des densités de semis de 250, 300 et 350 g/m² ont permis de respecter l'intervalle optimale du nombre épis/m² chez les deux variétés.

2.3.2.3. Le nombre d'épis par plants (NS/P)

La variance de ce paramètre est significative pour l'ensemble des doses testées chez les deux variétés. Les résultats ont indiqué que la D3 de Bousselam avec une moyenne de 4,7 talles épis, a le nombre le plus élevé soit 510.6 épis/109.3 plants, suivie par D1 de Waha et D2 de Bousselam avec une moyenne de +/- 4 talles épis /plant, alors que D1 de Bousselam se classe avant les autres densités par la moyenne de 3.65 talle épis, la D4 avec 3.46 talle épis de Bousselam est dans le groupe intermédiaire entre D1 de la même variété et la densité D3. Les D4 et D5 de la variété Waha ont plus ou moins 3 talle épis/plant et le NS/p. les plus faible sont de la densité D5 de Bousselam et D2 de Waha. A travers cette étude, les densités de semis faible ont permis une réponse plus élevés des deux variétés par rapports au nombre de talles épis par plant.

Le nombre d'épis par plante est étroitement lié à la capacité de tallage et aux conditions environnementales au moment de la formation des talles (**Frantová et *al.*, 2022**). **Baloch et *al.*, (2010),** ont indiqué que les cultures à faible densité se caractérisent par un plus grand nombre de talles secondaires qui produisent des graines plus petites avec de masse et de qualité moindres. Ces résultats se corroborent avec ceux trouvés par cette étude pour les deux variétés.

2.3.2.4. Rendement de grain par mètre carré (GY/m²)

L'analyse de la variance a permet d'identifier trois grands groupes. Le premier groupe (a) comprend la D3 de Bousselam, avec une production moyenne de 625,14g/m², soit 62qx/ha. Le deuxième groupe (b) comprend les D4 et D3 de la variété Waha, avec une production qui varie entre 591-582 g/m², soit 59-58 qx/ha ainsi que la D1 de Waha avec un rendement de 570.8 g/m², soit 57qx/ha et la D5 du même génotype avec 546 g/m². Ce groupe est alterné par la D2 de Bousselam avec une production de 599.38g/m². Le dernier groupe comprend les densités de semis D5, D4, D1 de Bousselam et D2 de Waha, qui ont donné les résultats les plus faibles. En conséquence, les densités de semis de la variété Waha, qui ont produit les rendements les plus élevés sont D4 et D3, alors que pour la variété Bousselam, D3 reste la plus favorisée avec le rendement le plus élevés pour les deux variétés.

D'après **Baloch et *al.*, (2010)** et **Holman et *al.*, (2021)**, la densité de semis exerce une influence substantielle sur le rendement. En outre, **Spaner et *al.*, (2000)** ont noté une corrélation

positive entre le rendement et le nombre d'épis par mètre carré, en fonction des variations de la densité de semis. Leurs conclusions estiment qu'une augmentation de la densité de semis entraîne une hausse du rendement de 10 à 25 %. Cependant, la même étude a également observé qu'une augmentation de la densité de semis pouvait parfois conduire à une baisse significative du nombre de grains par épi, mais le poids moyen des grains restait relativement stable. Selon leurs observations, pour optimiser le rendement, il faudrait obtenir une densité de 400 à 500 épis par mètre carré.

Les résultats obtenus par l'étude encours confirment avec celles rapportés dans des recherches antérieures. Pour la variété Bousselam, la D3 a été identifiée la plus productive, malgré le fait que les parcelles étaient les plus infestées. La D2 a montré une augmentation de 8% de la production de graines par rapport à la D5, malgré un nombre d'épi/m² (NS/m²) similaires, et la D4 a montré un nombre d'épi/m² (NS/m²) élevé. La perte de rendement observée dans les parcelles des D5 et D4 pourrait être attribuée à l'infestation par les adventices, en particulier par *P. oviculare.* Cette espèce est connue pour ses propriétés allélopathiques (**Kloot, 1982).**

2.3.2.5. Poids de 1000 graines (WTK g)

La variété Bousselam a présenté les meilleures valeurs du poids de 1000 graines (WTKg) pour les cinq densités de semis différentes occupant les deux premiers groupes, le premier comprenant D2, D4 et D5 avec un WTKg supérieur à 42 g, et le second comprenant D1 et D3 avec un WTKg de 39,7g et 39,45 g, ce qui est inférieur au poids initial des graines utilisées, qui est d'environ 42,56 g. Le WTKg optimal de la variété Bousselam a été déterminé comme étant de 55 g (**ITGC, 2015**), ce qui est significativement plus élevé que le poids initial des graines d'environ 42,56 g. Pour la variété Waha, les données des différentes doses de semis se distribuent sur les 3 dernier groupe, le premier WTKg est de 35.33 de la densité D2 et le deuxième groupe unis la D3 et D1 avec WTKg de 33g, puis le dernier groupe englobe la D4 et la D5 avec un WTKgde l'ordre de 32g. Ce qui indique que le WTKg trouvé est plus élevé par rapport au WTKg de la semence qui est 32.56g, mais il est inferieur au poids de 1000 graine optimale qui est de 44g **(ITGC, 2015).**

Cet écart indique un remplissage sous-optimal des graines des deux variétés, en particulier dans la gamme WTKg. Par conséquent, ce remplissage insuffisant des graines dans cette région est généralement lié à l'insuffisance des précipitations durant la seconde moitié de la

période post-floraison (**Leterme et al., 1994**), soit durant le mois de mai au cours duquel il a plu 1 mm durant la deuxième décade et 21 mm durant la dernière décade, mais suivi par une sècheresse durant le mois de juin, coïncidant avec ce stade critique.

2.3.2.6. Rendements en paille (g/m²)

Des effets significatifs des différentes doses de semis chez les deux variétés pour le rendement en paille. La variété Waha est connue par des chaumes courts contrairement à la variété Bousselam qui a des chaumes élevés. Dans notre cas le rendement en paille le plus élevé enregistré est de la D2 de la variété Bousselam avec 415.067 g/m², soit 41,5 qx/ha et 230 bottes de foin de 18 kg, suivie par la D3 de la même variété avec 408.9 g/m². Pour les restes des densités D5, D4 et D1, la production en foin était de 395.6 g/m², 384.0 g/m², et 370,9 g/m² respectivement. Chez la variété Waha, la production en paille la plus élevée est enregistré dans les parcelles semis avec la densité la plus faible D1 avec 357,06g/m² puis les D4 et D5 avec une production en paille de 322g/m². La D3 a donné la production la plus faible en chaume avec 299,3g/m².

La production de paille est une caractéristique variétale. **Morris et *al*., (2010) et Soane et *al*. (2012) ; Arvidsson et *al*., (2013) et** Gaweda **& Haliniarz (2021**), ont lié le rendement en paille faible dans le système de semis direct à la plus faible densité de plantes par unité de surface. Dans notre cas, une corrélation négative pour ces deux paramètres et chez les deux variétés est enregistrée. La variété Bousselam a dépassé la variété Waha en termes de production de paille. Ces résultats sont à l'opposé de ceux trouvés par **Rabti (2021).** Ce dernier a en effet noté une corrélation positive entre le rendement en paille et la hauteur des plants, et la production de paille est fortement impactée par la hauteur de la végétation.

2.3.2.7. Indice de récolte (HI%)

La comparaison des moyennes l'indice de récolte (HI%) des 5 densités de semis des deux variétés de blé dur, a permis de déduire que la D3 de la variété Waha a donné le meilleur indice de récolte soit 66.2% suivie par la D4 avec 64.5% et la D5 avec 62.6%). Ensuite viennent les autres groupes qui englobent D1 de Waha et D3 de Bousselam avec 60% et 61% respectivement. Chez la variété Bousselam qui est en corrélation négative avec ce paramètre, les valeurs de l'indice de récolte sont ; 59% de la D2, 58% de la D4, 57% de la D1 et la plus faible valeur est celle de la D5.

La variété Waha se distingue par la production de chaume court, une caractéristique qui contraste avec la production élevée de chaume de la variété Bousselam. L'indice de récolte, qui est déterminé par le rapport entre la production de grains et la production totale de matière sèche. En conclusion l'indice est de la variété Waha est plus important que celui de la variété Bousselam. Ce qui signifie que la variété ancienne Waha a produit moins de paille et plus de grains. Des résultats similaires sont rapportés dans la littérature pour les deux variétés **Rabti (2021)** qui a conclut que les variétés dont la production de la paille est élevée présentent aussi un faible indice.

2.3.2.8. Rendement en Biomasse (BY/m²)

La comparaison des moyennes par l'analyse de variance la biomasse BY/m² qui est estimé en se basant sur les deux paramètres présentés antérieurement (GY/m²) et HI%, permet de constater que la production de biomasse la plus élève est produite dans les parcelles de D3 et D2 de la variété Bousselam suivie par D5 de la même variété puis la D1 de la variété Waha ensuite les densités D4 des deux variétés et la D3 de Waha et D1 de Bousselam. Le rendement de la biomasse le plus faible était produit par D5 et D2 de la variété Waha. La biomasse affecte peu le rendement et ses composantes chez les variétés locales, par contre elle empreinte fortement ces caractères chez les variétés récentes comme la variété Bousselam (**Rabti, 2021).**

2.3.2.9. Infestation par mauvaise herbes (W/m²)

Dans le cadre d'un système de gestion intégrée des adventices. Une augmentation de la densité de semis de la culture améliore le contrôle des adventices (**Barton et *al*., 1992 et O'Donovan et *al*., 2000).** L'influence de la densité de semis sur le nombre des plants des mauvaises herbes par unité de surface se traduit par le nombre d'adventice (WN/ m²) contre le nombre de plants NP de blé dur par mètre carré, ou la densité la plus infesté des cinq densités de semis et des deux variétés, est la D3 de Bousselam avec une moyenne de 585 plants d'adventice pour 109.3 plants de blé. Alors que pour la variété Waha, la densité D4 est la plus infesté avec une moyenne de 358.7 plants d'adventice(Wp) contre 141.7 plant de blé (Bp) par mètre carré, suivie par les trois densités de Waha D5, D1 et D2 avec un nombre de 308.3Wp/124.3Bp, 271.3Wp/88.7Bp et 265Wp/118.7Bp respectivement, ensuite la densité là moins infestée est la D4 avec 166.3Wp contre 150.7 Bp. Les plants des adventices sont celles de l'espèce renouée des oiseaux (*P. aviculare*), leur nombre est plus important que celui des plants de la culture de blé

dur. Des résultats similaires pour la variété Bousselam, la D4 est dans le même groupe de D4 de Waha avec une moyenne de 163 de W contre 116.7 de plant de blé dur, suivie par D5, D2 et D1 avec un nombre d'adventice (Wp) de 109.3Wp/129.3Bp, 98.3Wp/99Bp et 56Wp/96Bp respectivement. La comparaison des deux variétés nous montre que les parcelles de la variété Waha étaient les plus infestées que celles de la variété Bousselam.

L'intensité du contrôle des adventices a également été identifiée comme un facteur crucial qui influe directement la production (**Grichar et *al*., 2003**). Plusieurs techniques de gestion agricole favorisent l'amélioration de la capacité d'une culture à concurrencer les mauvaises herbes. Parmi ces techniques, la réduction de l'espacement entre les rangs (**Grichar et *al*., 2003**), l'augmentation de la densité de semis (**Haile & Girma, 2010**) et les caractéristiques historiques de la parcelle (**Dubois, 2007**).

2.3.2.10. Hauteur de plants (HP cm)

La comparaison des hauteurs moyennes des 30 épis a révélé que l'expression des deux variétés est moyenne à basse. Pour la variété Bousselam connue par une longueur des épis qui peut atteindre les 100 cm, ses meilleures hauteurs sont celles des plantes des densités D1 et D3. Les densités de semis D3, D4 et D5 de la variété Waha naine ont donné les plants les plus hauts des hauteurs de presque 54 cm. La hauteur de la végétation est l'une des caractères les plus influencés par l'effet année (**Mohammadi et *al*., 2018**). Dans la présente étude et chez la variété Bousselam, la corrélation négative entre les hauteurs des plants et les densités de semis peut être expliqué par le transport de la matière sèche vers le remplissage des grains après l'anthèse, ce qui a favorisé la poursuite du remplissage des grains (**Feng et *al*., 2024)**.

2.3.2.11. Nombre d'épillet/ épis (NS/S)

Les résultats de l'analyse de la variance du nombre des épillets par épis, a révélé un résultat peu significatif ou il y a une différence réduite entre le nombre des épillets, la moyenne du nombre des épillets /épi (NS/S) est très contigu pour la majorité des traitements. La moyenne des épillets varie entre15.9 et 18.8 épillets/épis. La moyenne la plus élevée des épillets est enregistrée chez la variété Waha dans les parcelles semis avec la densité D1, suivie par les restes des densités de D2 à D5. Des résultats similaires sont observés chez la variété Bousselam ou le nombre plus élevé en épillets est noté pour les densités D1 et D2 par rapport aux densités D3, D4 et D5. La comparaison du nombre des épillets/épis (NS/S) des deux variétés a révèle que la variété Waha a donné le NS/S le plus important pour toutes les densités de semis testées. Des

résultats semblables sont consigné par **Feng et *al*., (2024)** qui réaffirmé l'augmentation du nombre d'épillets stériles par plante sous la condition d'une densité de plantation élevée.

2.3.2.12. Nombre de grain/épis (GN/S)

La comparaison des moyennes des deux variétés fait ressortir que NG/S est plus important chez la variété Waha par apport la variété Bousselam et les densités de semis faibles ont stimulé la fertilité des épis qui se traduit par le nombre important des grains par épis. La moyenne la plus élevé enregistré chez Waha avec la plus faible densité D1 de 150graine/m² et un NG/S de 43.9g/s, suivie par les densités D4, D5 et D2 avec une moyenne entre 40 g/s et 41 g/s. La plus faible NG/S enregistré est chez la D3. De même pour la variété Bousselam dont les plants des densités les plus faible ont des épis contenant plus de graines, la moyenne de GN/S des deux densité D1 et la D2 autour de 36graine/épi est plus important que celle des densités D3, D4 et D5.ces résultats sont déjà évoqué par l'étude de **Feng et *al*., (2024)** qui a suggéré que la densité de plantation élevée exerce une régulation de la totalité du nombre de graines et par conséquence le rendement du blé.

2.3.2.13. Poids de grains/épis : (GW/S)

Pour ce paramètre, les résultats obtenus sont peu significatifs ou le plus important remplissage des grains était des densités faibles D1 de la variété Waha avec (1.66g/graine) puis des densités D1 et D2 de la variété Bousselam (1.52g/grain). Les grains des restes densités des deux variétés ont des poids plus ou moins faible. Malgré que la variété Waha a présenté un nombre meilleur de graine par épis que la variété Bousselam, le poids moyen de grain est plus important chez Bousselam avec 0.04g/grain que chez la variété Waha avec 0.03 g/grain. D'après **Rabti (2021),** le poids des épis meilleur chez les variétés récentes est remplacé par l'hauteur des plants chez les variétés anciennes comme Waha. Ces constatations sont confirmées par cette étude mais la différence c'est que la variété Waha a gardée à D1 sensiblement le meilleur poids d'épi plus que les épis de la D3 de la récente variété Bousselam.

Le poids des grains est la dernière composante du rendement à être formée (**Darroch & Baker, 1990**). Le remplissage des grains joue un rôle crucial dans la détermination du poids des grains, qui est une composante importante du rendement du blé **(Feng et *al*., 2024)**. Il dépend largement de la vitesse et de la durée du processus de remplissage des grains. Il est influencé par plusieurs facteurs dont les plus importants sont ; la variété de la culture **(Shi et *al*., 2017)**, la densité des plantes (**Paponov et *al*., 2005**), la fertilisation et la disponibilité de l'eau (**Yan et *al*.,**

2019). D'une part, **Feng et *al*., (2018)** ont signalé que les densités de semis élevées peuvent entraver le remplissage des grains et, par conséquent, réduire leur poids. D'autre part, **Holman et *al*., (2021)** ont noté que les densités de semis n'affectent pas le poids des grains par épi.

En conclusion, Les résultats de la présente étude indiquent qu' en présence d'un taux élevé de mauvaises herbes, l'expression de la D3 de la variété Bousselam à travers un rendement élevé associée positivement à un nombre d'épis par m^2, aux nombres d'épis par plant, au poids de 1000 grains et des rendements de biomasse et en paille importants, signifie que ce génotype a pu garder à cette dose et sous des conditions relativement défavorables, l'activité photosynthétique et à augmenter son taux de remplissage grâce à l'utilisation des assimilats stockés dans la tige. De même le comportement de la variété Waha était meilleur à la dose la plus réduite D1 et toujours en présence de la flore adventice. Son expression à travers un rendement assez supérieur est lié positivement au nombre des grains par m^2, au nombre des grains par épi, au nombre des épillets par épi, à l'indice de récolte, au nombre de plants de blé par m^2 et à la hauteur des plants de blé. Ce qui signifie l'adaptation de la variété Waha aux conditions sec. La pression des doses de semis élevées sur les taux d'infestations des mauvaises herbes est presque infirmée.

Conclusion générale et perspectives

Les mauvaises herbes font partie des principaux facteurs biotiques affectant la production de blé. Au total, 40 espèces de plantes ont été identifiées dans les deux champs étudiés durant les campagnes 2015-2016 et 2016-2017. Les dicotylédones sont les plus dominantes L'ensemble des espèces identifiées appartient aux familles des Astéracées, des Poacées, des Papavéracées, et des Brassicacées. Les thérophytes sont les plus dominantes parmi les types biologiques trouvés. Une affinité méditerranéenne des espèces collectées suivi par les taxas d'origines Européenne et Eurasienne.

Avant la mise en culture de la première compagne 2015-2016, une faible diversité de 6 espèces d'adventices est enregistrée dans le champ de Beni-Fouda par contre à Rmada, la diversité des adventices automnale compte 18 espèces. Durant la mise en culture du blé dur dans le champ de Beni-Fouda, le nombre des espèces s'est élevé à 24 espèces mais l'abondance et la constance de l'espèces de graminées *Bromus sterilis* est nettement envisagée. A Rmada, la monoculture du blé dur a enregistré une richesse plus basse de 14 espèces adventices, dominée qualitativement par les spécimens des Brassicaceae puis des Asteraceae. Mais l'espèce *Polygonum aviculare* des Polygonaceae est la plus abondante et fréquente.

Les rotations des cultures (céréales/céréales et céréales/légumineuses) appliquées en deuxième compagne 2016-2017 dans les deux champs évalués présente selon les résultats obtenus des effets réduits sur la diversité qualitative.

Pour la qualité de l'effort d'échantillonnage des deux sites, il était insuffisant à Beni-Fouda car les courbes de raréfaction et d'explorations estiment un nombre des espèces manquées qui touche les trentaines pour les deux types de cultures durant la période d'étude et des effectifs doubles de plants. Alors qu'à Rmada, la qualité de l'effort d'échantillonnage était suffisante et les courbes de raréfaction des deux types de cultures sont également proche d'atteindre le palier.

La diversité des adventices en fonction des stades phénologiques du blé des deux sites montre une constance nette de l'espèce *Malva sylvestr*is sur le site de Beni-Fouda, depuis l'avant-semis jusqu'au stade d'épiaison, alors que les deux espèces de bromes sont plus abondantes dès le semis. Le stade de montaison est le plus diversifié en termes d'espèces d'adventices. Cependant, les données de la richesse des adventices en fonction des stades phénologiques du blé à Rmada ont révélé une constance nette et une abondance marquée de l'espèce *Polyganum oviculare*, suivie de *Fumaria officinalis* depuis le semis jusqu'au stade

d'épiaison. Les deux espèces *Sonchus oleraceus* et *Veronica hederifolia* arrivent en deuxième position dès le semis. Le stade de plein tallage est le plus diversifié en termes de nombre d'espèces d'adventices. Les valeurs de l'indice de Shannon soutenues par les valeurs de Margalef des deux champs sont considérées comme rattachées aux zones de faible biodiversité. Alors que, les valeurs l'indice d'équitabilité (E) indiquent que les espèces d'adventices présentent une distribution moyennement équilibré à Beni-Fouda tandis qu'à Rmada, un déséquilibre est reconnu durant la période printanière où l'espèce *Polyganum oviculare* domine tout le peuplement de la flore adventice et les valeurs E tendent vers le 0. L'indice de Similarité (J) témoigne d'une ressemblance entre les deux champs prospectés.

Les effets positifs du précédent cultural de type céréales /légumineuses sur le rendement sont mis en relief grâce aux corrélations intéressantes entre paramètres de rendement, comme la hauteur des plantes, le nombre d'épis/m^2, le nombre d'épis/plant, le rendement de grain, le rendement de paille/m^2 et le rendement de la biomasse/ m^2. Cependant, les interactions des différentes variables comme l'infestation par les mauvaises herbes, les conditions pédoclimatiques et l'effet du pâturage, dissimulent ces effets avantageux. L'impact des doses de semis différentes des deux variétés testées sur les taux d'infestations des mauvaises herbes est presque infirmé. Toute fois et malgré la présence des mauvaise herbes, l'expression de la D3 de la variété Bousselam et la D1 de la variété Waha à travers les paramètres rendement était très positive.

Des réponses fiables ne pourront être apportées qu'à long terme. Des études très approfondie durant une longue période permettent de fixer parmi les génotypes, le plus idéal qui sera apte à maintenir, sous conditions défavorables, l'activité photosynthétique et à augmenter son taux de remplissage grâce à l'utilisation des assimilât stockés dans la tige.de plus il est suggéré de réaliser :

- Des études complémentaires pour évaluer la pertinence de l'intégration ou du rejet de caractéristiques spécifiques du blé, telles que la capacité de tallage, les propriétés racinaires ou la capacité allélopathique des génotypes.
- Un semis d'une adventice considérée comme compétitive et problématique est préférable plutôt que de conduire l'évaluation en étudiant la réponse des génotypes de céréales à paille vis-à-vis de la flore spontanée de la parcelle.

- Une évaluation d’un large éventail de génotypes dans divers environnements sur plusieurs années, permettra d'accroître le nombre de répétitions et d'assurer la robustesse des résultats obtenus.

Dans un contexte de changement global et face à l'augmentation des objectifs de sélection, la sélection est confrontée à un défi majeur. Il est proposé de sélectionner des génotypes pour un environnement donné afin de répondre à des objectifs précis, combinant à la fois une amélioration plus ou moins importante de la compétitivité et du rendement.

Références bibliographiques

Abecassis J., Allaoua, A., Ben Becher L., Elloumi M., Gharbi S. et al. 2017. Blé dur : de l'organisation des filières à la structuration d'un réseau méditerranéen. IPEMED Palimpsestes. 18p. hal-02788748.

Adra F. 2017. *Etude des effets d'une élévation de température sur la croissance et le développement du pêcher. Conséquences sur la qualité des fruits*. Thèse de doctorat. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, 177p.

Aibar J. 2006. La lute contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : principaux problèmes. In Actes des troisièmes rencontres méditerranéennes du Semis Direct. *Options méditerranéennes, série A,* (69) :19-26.

Aidoud A., Nedjraoui D., Djebaili S., Poissonet J. 1983. *Evaluation des ressources pastorales dans les Hautes-Plaines steppiques du Sud-Oranais : Productivité et Valeur pastorales des par- cours.* Mémoire de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord. Nouvelle. Série. 13, 33-46.

Ait Mechedal M., Ouamer-A.K. & Daoud Y. 2017. Evaluation du statut potassique des sols salés du Bas-Cheliff. *Nature & Technologie*, 16, 08 -13.

Alarcón R., Hernández-Plaza E., Navarrete L., Sánchez M., Escudero A., Hernanz J., Sánchez A. 2018. Effects of no-tillage and non-inversion tillage on weed community diversity and crop yield over nine years in a Mediterranean cereal-legume cropland. *Soil Tillage Research*, 179, 54-62.

Ali S.A., Tedone L., Verdini L., Cazzato E., De Mastro G.2019. Wheat response to no-tillage and nitrogen fertilization in a long-term faba bean-based rotation. *Agronomy*, 9, 50. doi:10.3390/agronomy9020050.

Alvarez R. & Steinbach H. S. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crop yield in the Argentine Pampas. *Soil & Tillage Research*, 104:1-16.

Asset B., Catteau E., DardillacA., Toussaint B. 2020. Listes des plantes messicoles des Hauts-de-France, Version 2 du 14/12/2022, pour la Direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement des Hauts-de-France, Conservatoire botanique national de Bailleul, Bailleul, 17 p.

Aubert G., 2003. *Biodiversité et processus écologique à l'interface sol-végétation dans les hêtraies sur limon de haute Normandie.* Thèse de doctorat, Université de Rouen, France, 59 p.

Aubry C., Latiri Souki K., Thierry Doré., Griner C. 1994. Diagnostic des facteurs limitants du rendement du blé dur en parcelles d'agriculteurs dans une petite région semi-aride en Tunisie. *Agronomie*, 14 (4), 213-227. hal-02710664

Avelin Ch., 2022. Marché du blé dur - France, Union européenne, Monde / Campagne 2021-2022. Éd. AgriMer, France, 58p.

Baize D., 2000. Guide des analyses courantes en pédologie, deuxième Ed. INRA, Paris. 171p

Ball D.A., 1992. Weed seed bank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed science*, 40, 654-659.

Baloch M., Shah I., Nadim M., Khan I. & Abdul Aziz K. 2010. Effect of seeding density and planting time on growth and yield attributes of wheat. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 20: 239–240.

Bàrberi P., 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*, 42:177-193.

Barbero M., Bonin G., Loisel R. & Quézel P., 1989. *Sclerophyllus Quercus* forests of the Mediterranean area: Ecological and ethological significance. *Bielefelder Okol Beiter* 4, 1-23.

Barbero M., Loisiel R. & Quézel P., 1990. Les apports de la phyto-écologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêts méditerranéennes* 2, 194-215.

Barton DL., Thill DC. & Shafii B. 1992. Integrated wild oat (*Avena fatua*) management affects spring barley (*Hordeum vulgare*) yield & economics. *Weed Technology*, 6:129–135.

Bedrani S., 1993. Le secteur agricole et ses perspectives à l'horizon 2000 : Algérie. Commission des Communautés Européennes/CIHEAM, Bruxelles.78p**.**

Bekkis S., Benmehaia M.A. &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 Mediterranean*, 21(1), 133-147.

Bellanger S. 2011. *Etude de la biologie d'une messicole en régression : le bleuet (Centaurea cyanus L.).* Thèse en Biologie végétale. Université de Bourgogne, France ,256 p. Français. ffNNT : 2011DIJOS087ff. fftel-00741148.

Bellinder R.R., Dillard H.R., Shah D.A., 2004. Weed seedbank community responses to crop rotation schemes. *Crop Protection Journal*, 23, 95-101. https://doi.org/10.1016/S0261- 2194(03)00174-1.

Benabid K., 2020. Blé en Algérie : la production et les insuffisances. .https://jiljadid.org/

Benarab H., 2007.*Contribution à l'étude des mauvaises herbes des vergers de la région nord de Sétif.* Mémoire Magister, Sétif. 73 p.

Benaragama D., Leeson J.L., Shirtliffe S.J., 2019. Understanding the long-term weed community dynamics in organic and conventional crop rotations using the principal response curve method. *Weed science*, 67, 195-204. doi:10.1017/wsc.2018.64

Bencharif A., Chaulet C., Chehat F., Kaci M. &Sahli Z., 1994. Le blé, la semoule et le pain: la filière algérienne des blés depuis 1962, enjeux et perspectives. ENIAL Alger/Université de Blida/CIHEAM-IAM, Montpellier.

Ben-Hammouda M & Marouani A.1997. Influence de la pluviométrie annuelle, saisonnière et mensuelle sur la production du blé. *Medit*, 4, 34-36p.

Bessaoud O. 2018. L'Algérie et le marché des céréales. Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France (vol. 104, n. 2. Conférence invitée à la séance hebdomadaire de l'Académie d'Agriculture de France du 23 mai 2018 animée par J.L. Rastoin : "Géostratégie alimentaire en Méditerranée : l'enjeu céréalier" .1-26 p.

Bessaoud O., Pellissier JP., Rolland JP., Khechimi W. 2019. Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. CIHEAM-IAMM., 82 p. ffhal-02137632f

Blackshaw R.E., O'Donovan J.T., Harker K.N., Li X. 2002. Beyond herbicides: new approaches to managing weeds. Proceedings of the International Conference on Environmentally Sustainable Agriculture for Dry Areas .305–312.

Bonjean A.P., Angus W.J. & Ginkel M.V., 2016. The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding. Ed Tec & Doc, Paris, France. Vol 3.1672p

Bouaricha N. (2024). Les importations des céréales de l'Algérien. ElWatan Economie site. https://elwatan-dz.com/. Consulté le 12 /12/2024.

Boudiar R., 2013. Etude comparative des effets de travail du sol conventionnel et le semis direct sur l'évolution du sol en région semi-aride. Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas – Sétif 1, 94 p.

Boufenar-Zaghouane F. et Zaghouane O.2006. Guide des principales variétés de céréales à pailles en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). Ed. I.T.G.C. Alger, 1ére édition, 154p.

Bouniols A., Puech J., Mondies M., 1982. Influence d'un déficit hydrique appliqué durant la fructification sur la production du soja. Bull. *Gr. Fr. Humid. Neutron*,11 :39-56.

Bouras E H. 2021. Besoin en eau et rendements des céréales en Méditerranée du Sud : observation, prévision saisonnière et impact du changement climatique. Hydrologie.

Université Paul Sabatier - Toulouse III; Université Cadi Ayyad (Marrakech, Maroc),. Français. ffNNT : 2021TOU30150ff. fftel-03616186f

Bouzerzour H., Abbas K., Benmahammed A., 2003. Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et pastorales. Recueil Des Communications. Ateliers N°3 « Biodiversité Importante Pour L'agriculture » MATEGEF/PNUD. Projet ALG/97/G31.80p

Bouzerzour H., Mahnane S., Makhlouf M. 2006. Une association pour une agriculture de conservation sur les hautes plaines orientales semi-arides d'algérie. *Options méditerranéennes*. Série a. Numéro 69 : 107-111.

Bouzid A, Boudedja K, Cheriet F, Bouchetara M, Mellal A. 2020. Facteurs influençant l'adoption de l'innovation en agriculture en Algérie. Cas de deux cultures stratégiques : le blé dur et la pomme de terre. Cahier Agriculture. 29: 15.

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

Bretin L., 2015. Les systèmes de cultures favorables à l'expression de la régulation biologique. 135p. hal-01458653.

Brose U., & Martinez, ND. 2004. Estimating the richness of species with variable mobility. *Oikos*, 105, 292-300.

Bruckler L., 1983. Rôle des propriétés physiques du lit de semences sur l'imbibition et la germination : (II) Contrôle expérimental d'un modèle d'imbibition des semences et possibilités d'applications. Agronomie, 1983, 3 (3), pp.223-232. ffhal-00884504f

Cardina, J., E. Regnier, and K. Harrison. 1991. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Science* 39:186–194p.

Carel Y., 2017. Le blé dur français, a des places à prendre. *Perspectives Agricoles*, 446, 40-43.

Castellini, M., Fornaro, F., Garofalo, P., Giglio, L., Rinaldi, M., Ventrella, D., Vitti, C., Vonella, A.V. 2019. Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat. *Water. 11*(3), 484. https://doi.org/10.3390/w11030484

Castro H., Barrico L., Rodríguez-Echeverría S., Freitas H., 2016. Trends in plant and soil microbial diversity associated with Mediterranean extensive cereal-fallow rotation agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 217, 33-40.

Chabane M. & Boussard J.M., 2012. La production céréalière en Algérie : Des réalités d'aujourd'hui aux perspectives stratégiques de demain. 21 p. hal-02804678.

Chabane, 2014. *Elaboration d'un système d'information sur l'agriculture de conservation dans la wilaya de Sétif.* Mémoire Magister. Université Ferhat Abbes, Sétif.72 p.

Chafik Z., Berrichi A. &Taleb A., 2012. Etude des mauvaises herbes des céréales dans la plaine de la Moulouya (Maroc). *Revue Marocaine de Protection des Plantes*,3: 1-12.

Chandrasekhar, P., Kreiselmeier, J., Schwen, A., Weninger, T., Julich, S., Feger, K.-H., Schwärzel, K. 2018. Why we should include soil structural dynamics of agricultural soils in hydrological models. *Water, 10*(12), 1862. https://doi.org/10.3390/w10121862

Chaux C & Foury C. 1994. Production légumineuse, tome 3, légumineuse potagères, légumes fruits. Edition Tec et Doc. Paris, France 477p.

Chehat F., 2007. Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9 avril 2007.

Chehat F., Djenane A., Jouve A.M., 1993. Etude sur les stratégies d'entreprises dans la filière céréales en Algérie : les stratégies de mise en marché des céréales par les agriculteurs dans la région de Sétif. ENIAL Alger/CIHEAM-IAM, Montpellier.25p.

Chen B., Liu, E., Tian, Q., Yan, C., & Zhang, Y. 2014. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 429-442p.

Chennafi H. 2010. Réponse des variétés contrastées de blé dur *(Triticum durum* Desf.) à la date d'implantation sous semis direct en milieu semi-aride. Actes des quatrièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Revue INRAA N. Spécial: 31-38.

Chennafi H., 2012. Amélioration de la Productivité du Blé en Environnement déficitaire en eau. *Revue Agriculture*, N°3. 24-27p.

Chicouène D. 2004. Le rôle du bocage dans la réduction de la dissémination entre parcelles des mauvaises herbes des cultures. Ingénieries eau-agriculture-territoires, 38, 47 – 59p. ffhal-00472973

Chouter A., Louahdi N., Bendada H., Benniou R. 2018. Effets de la rotation culturale combinée au semis direct sur la dynamique de la flore adventice en zone semi-aride-cas de la région de Sétif. https://hdl.handle.net/20.500.11766/11422

CIC (Conseil international des céréales).2023. **Rapport marché des céréales.** https://www.igc.int/fr/gmr.

Clarke J.M., Norvell F.R. Clarke & Buckley T.W., 2002. « Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. ». *Canadian. Journal of Plant Scence /Revue Canadienne de Phytotechnie*, 82:27-33.

Clerget Y., 2011. « La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme ». *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard*.16p.

Collectif, 2013. Guide de reconnaissance des messicoles. Département de l'Eure. Evreux. 68 pages.

Colwell R K., & Coddington J A., 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 345 (1311), 101-118.

Cordeau, S. 2022. Conservation Agriculture and Agroecological Weed Management. *Agronomy*, 12, 867. https://doi.org/10.3390/agronomy12040867

Dai, J., Bean, B., Brown, B., Bruening, W., Edwards, J., Flowers, M., Karow, R., Lee, C., Morgan, G., Ottman, M., Ransom, J. and Wiersma, J. 2016. Harvest index and straw yield of five classes of wheat. *Biomass and Bioenergy*, 85: 223-227.

Dali A., Touiri M., Abbad M et Snoussi SA. 2023. Evaluation de l'effet allélopathique du radis sauvage (*Raphanus raphanistrum*) sur la germination du blé dur (*Triticum durum*) en condition contrôlée. *Revue Agrobiologia*, 13(1): 3508-3513.

Dangol D. R., 2013. Weeds of wheat in Nepal: A literature review. *Journal of Natural History Museum*, 27 :132-178.

Daroui A. 2018. *L'influence des pratiques culturales sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols dans deux régions d'Algérie « cas de Annaba et Sétif ».* Thèse Doctorat. Université Badji Mokhtar – Annaba.149p.

De Moraes MT., Debiasi H., Carlesso R., Luz F. 2016. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. *Soil and Tillage Research*, 155. 351-362. doi:10.1016/j.still.2015.07.015

Delaunois A., 2006. Guide simplifié pour la description des sols, Chambre d'Agriculture Tarn, Albi. Disponible sur net : http://www.agritarn.com /documents _pdf_docs /Agronomie /guide sol.37p.

Delibaltova, V & Ivanova R. 2006. Production potentiel of common wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) grown in the region of South-East Bulgaria. *Field Crop Studies*, V. 3, No 1, 121-125p.

Delpech R., 1980. Informations apportées par les mauvaises herbes pour l'élaboration d'un diagnostic phytoécologique stationnel. – Pp. 251-261 in : 6ème Colloque International Ecologie et Biologie des mauvaises herbes, Montpellier.

Djenane, A.M. 1992. Quelques résultats du programme de la vulgarisation de l'intensification céréalière dans la région des Hautes Plaines Sétifiennes. Séminaire maghrébin *La vulgarisation agricole au Maghreb: théorie et pratique*, avril 1992. Alger.

Djenba S. 2022. *Influence des paramètres : géologique, géomorphologique et hydrogéologique sur le comportement mécanique des sols de la wilaya de Sétif*. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Kheider, Biskra, 222p.

Djermoun A.K. 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature* et *Technologie*, 01: 45 – 53.

Dorado J., Del Monte J.P. & López-Fando C., 1999. Weed seedbank response to crop 1 rotation and tillage in semiarid agro-ecosystems. *Weed Science*, 47:67-73.

DSISP (Direction des Systèmes d'Information, des Statistiques et de la Prospective).2021. Statistique agricole, Superficies et Production. Série B, Année 2019. Ed. Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information, Alger, 87p.

Dubois G. 2007. Rotation des cultures « Le pois s'affirme comme un atout pour l'environnement ». *Perspectives Agricoles*. 330, 16–17p.

Dupre M. E., Seipel T., Bourgault M., Boss D. L., Menalled F. D. 2022. Predicted climate conditions and cover crop composition modify weed communities in semiarid agro-ecosystems. *Weed research*, 62 (1), 38-48.

Ercoli, L., Masoni, A., Pampana, S., Mariotti, M., & Arduini, I. 2014. The response of durum wheat to the preceding crop in a mediterranean environment. *The Scientific World Journal*, 1-8p.

FAO.2020. Agriculture de conservation à Haiti (Amérique latine et les Caraïbes).

Fellahi, Z.E.A., Boubellouta, T., Hannachi, A., Belguet, H., Louahdi, N., Benmahammed, A., Utkina, A.O., Rebouh, N.Y.2024. Exploitation of the Genetic Variability of Diverse Metric Traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum* Desf.) Cultivars for Local Adaptation to Semi-Arid Regions of Algeria. Plants. 13(7), 934. https://doi.org/ 10.3390/plants13070934

Feng S.,Shi C.,Wang P.,Chang S., Liu C., Shen C., Li S., Hu T., Ru Z. 2024. Optimizing Wheat Planting Density by Adjusting Population Structure and Stabilizing Stem Strength to Achieve High and Stable Yields. *Agronomy*, 14, 1853. https://doi.org/10.3390/agronomy14081853

Fenni M., 1991. Contribution à l'étude des groupements méssicoles des hautes plaines sétifiennes. Mémoire Magister, Sétif, 185 p.

Fenni M., 2003. Étude des mauvaises herbes des céréales d'hiver des hautes plaines constantinoises. Ecologie, dynamique, phénologie et biologie des bromes. Thèse doctorat d'état, Université de Sétif, 165 p.

Fertout-Mouri N., 2018. «Étude phytoécologique de la flore adventice des agrosystèmes céréaliers de la région de Tessala (Algérie nord-occidentale)», *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* [En ligne], 87 : 70 - 99 URL : https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=8051.

Fisher R. A. **2011.** Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop and Pasture Science*. 62, no. 2, 95–114, https://doi.org/10.1071/cp10344, 2-s2.0-79951928314.

Floret C., Galan M.J., Le Floc'h E., Orshan G. & Romane F., 1990. Dynamics of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) Coppices after Clearcutting in Southern France: Flora and Life Cycles Changes.*Vegetatio*11: 99-100, 97 - 105

Forcella F., Benech Arnold R., Sánchez R., Ghersa C.M., 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, 67: 123-139.

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.

Frantová, N., Rábek, M.; Elzner, P., Stˇreda, T., Jovanovi´c, I., Holková, L., Martinek, P., Smutná, P., Prášil, I.T. 2022. Different Drought Tolerance Strategy of Wheat Varieties in Spike Architecture. *Agronomy*, *12*(10). https://doi.org/10.3390/

Fried G., Kazakou E., & Gaba S. 2012. Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response traits to management practices. *Agriculture Ecosystem & Environment*, 158, 147-155.

Fried G., Norton L.R., Reboud X., 2008. Environmental and management factors determiningweed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 128: 68-76.

Froud-Williams R.J., 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In *Weed Management in Agro-ecosystems: Ecological Approaches*, eds. Altieri, M.A. &Liebman, M., 213-236, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Gaba S., Chauvela B., Dessainta F., BretagnollebV. & PetitS. 2010. Agriculture, Ecosystems and Environment Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 138,318-323.

Gandía M L, Del Monte J P, Tenorio J L, Inés Santín-Montanyá M. 2021. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems. *Science Report*. 11(1): 22138. Doi: 10.1038/s41598-021-00934.

Garane A., Koussao S., Traore M., Sawadogo M. &Péquénio X. P. 2017. Influence de l'itinéraire technique sur les propriétés physiques et hydriques du sol sous culture du blé tendre (*Triticumaestivum* L.) dans une rotation de « longue durée » dans la zone « non-chernozem » de la Fédération de Russie. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2): 886-900.

Gardener M., 2014. Community Ecology. Analytical Methods Using R and Excel. Ed. Pelagic Publishing, UK. 556 pp.

Gautier S., Desmoulins F., Swiderski C. et Le Bris C., 2018. Étude du lien entre présence de messicoles et pratiques agricoles en Indre-et-Loire. Conservatoire botanique national du Bassin parisien / Muséum national d'Histoire naturelle, Association Hommes et Territoires, 38 p.

Gaweda D. & Haliniarz M. 2021. Grain Yield and Quality of WinterWheat Depending on Previous Crop and Tillage System. *Agriculture.* 11, 133. https://doi.org/10.3390/agriculture11020133

Gharzouli R. & Djellouli Y., 2005. Diversité floristique des formations forestières et pré-forestières des massifs méridionaux de la chaîne des Babors (Djebel Takoucht, Adrar ou Mellal, Tababort et Babor) Algérie. *Journal de botanique*, 29 : 69-75p. doi : https://doi.org/10.3406/jobot.2005.1993.

Ghezlaoui B E., BenAbadji N., Ben Mansour D. & Merzouk A. 2011. Analyse des peuplements végétaux halophytes dans le Chott-El-Gharbi (Oranie-Algérie). *Acta Botanica Malacitana*, 36: 113-124.

Grichar WJ., Besler BA. & Brewer KB. 2003. Purple nutsedge control and potato (Solanum tuberosum) tolerance to sulfentrazone and halosulfuron. *Weed Technology*, 17:485- 49

Grime J. P., 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plantsand its relevance to ecological and evolutionary theory. *American National Insurance*, 111:1169-1194.doi: 10.1086/283244.

Guillerm J. L. & Maillet J. 1982. Western Mediterranean countries of Europe. –Pp. 227-243 in: Holzner, W. &Numata, M. (eds.) Biology and ecology of weeds. – The Hague.

Guinochet M., 1973. La phytosociologie. Collection d'écologie I. Masson éd., Paris, 227 p.

Gyawali A., Bhandari R., BudhathokiP. &Bhattrai S., 2022. Review on effect of weeds in wheat (*triticumaestivum*l.) and their management practices.*Food and Agri EconomicsReview*, 2(2), 34-40.

Haile D & Girma F .2010. Integrated Effect of Seeding Rate, Herbicide Dosage and Application Timing on Durum Wheat (*TriticumTurgidum* L. Var Durum) Yield, Yield Components and Wild Oat (*Avena fatua* L.) Control in South Eastern Ethiopia; *Momona Ethiopian Journal of Science*, 2 (2):12-26.

Hamadache A., Abdellaoui Z. &Aknine M., 2002. Facteurs agro techniques d'amélioration de la productivité du blé dur en Algérie. Cas de la zone sub-humide. *Recherche Agronomique*, 10 :5-18.

Hannachi A & Fenni M. 2013. Etude floristique et écologique des mauvaises herbes des cultures de la région de Batna (Algérie). *Agriculture*,4(1),24-36.

Hannachi A. 2010. *Étude des mauvaises herbes des cultures de la région de Batna : Systématique, Biologie et écologie*. Mémoire Magister. Université Ferhat Abbes, Sétif, 85 p.

Hannachi A., Fellahi Z. 2010. Effets des résidus et du travail du sol sur le comportement du blé dur (Triticum durum Desf) en milieu semi-aride. Mémoire d'Ingénieur. Université Ferhat Abbes, Sétif. 50p.

Hay, R. K. M., 1995. Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology. *Annals of Applied Biology*, 126: 197-216.

Henni M., 2005. *Étude de quelques graines des mauvaises herbes et la répartition des importantes espèces dans les hautes plaines sétifiennes*. Mémoire Magister, Sétif.143 p.

Hernández Plaza E., Navarrete LM., González-Andújar J.L. 2015. Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 207(1) 101-108.

Hernández-Plaza E., Kozak M., Navarrete L., González-Andújar J.L., 2011. Tillage system did not affect weed diversity in a 23-year experiment in Mediterranean dryland. *Agriculture, Ecosystems& Environment*, 140: 102 -105.

Holman JD., Haag LA., Schlegel AJ. & Assefa Y. 2021. Yield components of dry land winter wheat genotypes and response to seeding rate. *Agronomy Journal* 113(2), 1776–1791 DOI:10.1002/agj2.20607 https://www.fao.org/teca/en/technologies/8964

Hu YB., Qin F.,Wu Z.,Wang XQ., Ren X L., Jia Z K.,Wang Z L., Chen X G., Cai T.2024. Heterogeneous population distribution enhances resistance to wheat lodging by optimizing the light environment. *Journal of Integrate Agriculture*, 23, 2211–2226.

Hyvönenen T., Salonen J., 2002. Weed species diversity and community composition incropping practices at two intensity levels—a six-year experiment. *Plant Ecology*. 154:73-81.

INRA (Institut national de recherche en Agronomie)**, 2023.** Fiche technique sur la conduite technique du le triticale au Maroc. **INRA**.1-8 p.

ITGC (Institut technique des grandes cultures).**1976.** Les mauvaises herbes des céréales d'hiver en Algérie. ITGC, 150 p.

ITGC (Institut technique des grandes cultures).**2015.** Méthode d'Évaluation du Rendement en Grain des Céréales au Stade Laiteux-Pâteux. ITGC. 12p.

Ivanova, A., Nankova M. & Tsenov N., 2007. Effect of previous crop, mineral fertilization and environment on the characters of some wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agriculture Science*, 13: 55-62p.

Jabran K, 2017. Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control (in Plant Science) 1st Ed Springer.

Jauzein P., 2001. Biodiversité des champs cultivés : l'enrichissement floristique. Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21, 22 p.

Jouve A., M., Kheffache Y., Belghazi S.1995. La filière des céréales dans les pays du Maghreb : constante des enjeux, évolution des politiques. In : Allaya M. (ed.). Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Montpellier : CIHEAM, 1995. p. 169-192 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 14).

Karkour L. & Fenni A., 2016. Effet des pratiques culturales sur la dynamique des flores adventices des terres cultivées dans la zone semi-aride (Algérie). *Revue Agriculture. Numéro spécial*, 1 : 52 -61.

Karkour, L. 2012, La dynamique des mauvaises herbes sous l'effet des pratiques culturales dans la zone des plaines intérieures. Mémoire de magister, Université Sétif 1.66p

Kazi T. C., LE Bourgeois T. & Munoz F. 2010.Contribution a l'étude des communautés d'adventices des cultures du secteur phytogéographique oranais (nord-ouest Algerien) : aspects botanique, agronomique et phytoécologique. "AFPP - 21e Conférence du COLUMA - Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon : France, 2010".

KaziTani C.H., Pierre Grard & Le Bourgeois T. 2021. Identification et connaissance des principales adventices d'Algérie méditerranéenne. *Al Yasmina*, 2 (3), 184 p. http://www.alyasmina.org/**.**

Khaliq, A., Shakeel, M., Matloob, A., Hussain, S., Tanveer, A., Murtaza, G., 2013. Influence of Tillage and Weed Control Practices on Growth and Yield of Wheat. Philippine Journal of Crop Science, *38*(*3*), 54–62

Khlestkina E.K. & Salina E.A., 2001. « Genome-specific markers of tetraploid wheats and their putative diploid progenitor species ». *Plant Breeding*, 120: 227-232.

Kloot P. M. & Boyce, K. G. 1982. Allelopathic effects of wireweed (*Polygonum aviculare*). *Australian Weeds*, 1(3), 11-4.

Kohout V. 1988. Diagnostika plevelů. Institut vychovy a vzdělavaniMZVž ČSR, Praha, 168 p.

Kolářová M, Tyšer L & Soukup J., 2014.Weed vegetation of arable land in the Czech Republic: environmental a management factors determining weed species composition. *Biologia*, 69(4), 443-448. DOI: 10.2478/s11756-014-0331-6.

Kolev K. 1998. Additively of introduced common, winter wheat varieties under the conditions of Central South Bulgaria. *Plant Science*, 7, 501-504p.

Korres N.E, Froud-Williams R.J. 2002. Effects of winter wheat cultivars and seed rate on the biological characteristics of naturally occurring weed flora. *Weed Research.* 42,417-428p.

Kribaa M. 1992. Contribution à *l'étude* de *l'irrigation* d'appoint et de la fertilisation azotée d'un blé dur (Waha) en zones semi-arides. Thèse Magistère, INA, Alger.173p

Lahmar R.1993. Intensification céréalière dans les hautes plaines sétifiennes : quelques résultats. Cahiers Options Méditerranéennes CIHEAM; n. 2(1) pages 93- 97.

Latrèche F. 2011. *Le rendement et l'efficience d'utilisation de l'eau de la culture de blé dur (Triticum durum Desf.) sous les effets du précédent cultural et de l'outil de labour du sol en environnement semi-aride*. Mémoire Magister. Université Ferhat Abbes, Sétif, 83p.

Laumont P., 1948. Culture et production des céréales en Algérie. *Bulletin Economique et Juridique*, 106 : p.269

Lazarev G. ,1989. Le potentiel céréalier des pays du Maghreb et l'ajustement à la demande. Communication au séminaire Les Politiques Céréalières du Maghreb et de l'Egypte, INRA/CIHEAM-IAM Montpellier, mai 1989. Le Bourgeois, Th., 1993 – Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière du Nord-Cameroun (Afrique). Amplitude d'habitat et degré d'infestation. Phénologie. *Thèse U.S.T.L.*, Montpellier, 249 p.

Le Bourgeois Th. 1993. *Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière du Nord-Cameroun (Afrique). Amplitude d'habitat et degré d'infestation. Phénologie*. Thèse U.S.T.L., Montpellier, 249 p.

Leterme Ph, Manichon H, Roger-Estrade J, Buisson O.1994. Analyse intégrée des rendements du blé tendre et de leurs causes de variation dans un réseau de parcelles d'agriculteurs du Thymerais. *Agronomie* ,14 (6), pp.341-361. hal-00885642

Liniger H.P., Mekdaschi Studer R., Hauert C. &Gurtner M., 2011. La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne. TERRAFRICA, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (**WOCAT**) et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO**).252p.

Litvin, A.G., van Iersel, M.W., Malladi, A. 2016. Drought Stress Reduces Stem Elongation and Alters Gibberellin-related Gene Expression during Vegetative Growth of Tomato. *Journal* of the *American Society for Horticultural Science* .141, 591–597p.

López-Fando C. & Pardo M.T., 2009. Changes in soil chemical characteristics with different 645 tillage practices in a semi-arid environment. *Soil and Tillage Research*, 104, 278-284.

Loubezda R., 2005. *Étude de la germination et la répartition de du Bromussp des céréales dans les hautes plaines sétifiennes.* Mémoire Magister, Sétif.103 p.

Loué A. 1982. Le potassium et les céréales. Dossier KO^2, SCPA, N°22,p1-22 .https://www.agrimaroc.ma/la-culture-du-ble-dur-besoins-et-contraintes/ .

Lutman J.W., Dixon L., Risiott R., 1994. The response of four spring-sown combinable arable crops to weed competition. *Weed Research*, 34,137-146.

Machane Y. 2008. Efficacité des herbicides les plus utilisés dans la culture du blé dur, de la région de Sétif. Mémoire Magister. Université Ferhat Abbes, Sétif.106p.

MADR (Ministère d'agriculture et de développement rural**) (2017).** Base de données. Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Informations www.minagri.dz

Maeoka, R.E., Sadras, V.O., Ciampitti, I.A., Diaz, D.R., Fritz, A.K., Lollato, R.P.2020. Changes in the phenotype of winter wheat varieties released between 1920 and 2016 in response to in-furrow fertilizer: Biomass allocation, yield, and grain protein concentration. *Frontiers in Plant Science* 10, 1786.

Magurran A.E. & Henderson P., 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions. *Nature*, 422,714-716.

Mansouri A, Oudjehih B, Benbelkacem A, Fellahi Z and Bouzerzour H. 2018. Variation and relationships among agronomic traits in durum wheat [*Triticum turgidum* (L.) Thell.ssp. *turgidum* conv. *durum (*Desf.) MacKey] under South Mediterranean growth conditions: Stepwise and path analyses. International Journal of Agronomy, 11 https://doi.org/10.1155/2018/8191749

Marcon E.2024.Mesure de la biodiversité. (http://www.ctan.org/pkg/memoir)310pp HAL : https://halagr.

Martin, M.P.L.D., & Field R.J. 1988. Influence of time of emergence of wild oats on competition with wheat. *Weed Research*. 28: 111-116p.

Mas M. T. &Verdú A. M., 2003. Tillage system effects on weed communities in a 4-year crop rotation under Mediterranean dry land conditions. *Soil and Tillage Research*, 74, 15-24. doi: 10.1016/S0167-1987(03)00079-5.

Masson Ph.1982. Les contraintes à l'augmentation de la production céréalière en secteur privé en Algérie. In: Économie rurale. N°147-148. 82-85; doi : https://doi.org/10.3406/ecoru.1982.2844.

Mathieu C & Pieltain F .2003. Analyse chimique des sols. Eds. Tec et Doc - Lavoisier .388p.

McVay K.A., Budde J.A., Fabrizzi K., Mikha M.M., Rice C.W., Schlegel A.J., Peterson D.E., Sweeney D.W. & Thompson C., 2006. Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil Science Society of America Journal*, 70,434-438.

Médail F. & Quézel P. 2003. Conséquences écologiques possibles des changements c1imatiques sur la flore et la végétation du bassin méditerranéen. - Bocconea 16(1): 397-422.

Mekhlouf A, Bouzerzour H, Dehbi F., Hnnachi A. 2001. Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (Triticum *durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In : Proceeding séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides. Oum El Bouaghi 2001 ; 23 : 75-80.

Mekhlouf A., Bouzerzour H., Ammar Benmahammed A., Hadj Sahraoui A. et Harkati N., 2006. Adaptation des variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) au climat semi-aride. Dans : Sécheresse, 17, pp. 507-513.

Melakhssou Z., 2020. *Etude de l'effet des mauvaises herbes sur les caractéristiques morphologiques, agronomiques, et leurs pouvoirs allélopathiques sur blé dur* (*Triticumdurum*Desf**.).** Thèse Doctorat. Université de Biskra, 158p.

Mennan H. &Işik D., 2004. The competitive ability of Avena spp. and AlopecurusmyosuroidesHuds. Influenced by different wheat (*Triticumaestivum L.*) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(4) : 245-251.

Meynard J.M. 1985. Les besoins azotés du blé d'hivers jusqu'au début de la montaison. *Agronomie*, 5(7) ,579-589p.

Miège É., 1950. Les principales espèces et variétés de Blé cultivées en Afrique du Nord. In: Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 30e année, bulletin n°327-328, 16-38; doi https://doi.org/10.3406/jatba.1950.6290 https://www.persee.fr/doc/jatba_0370-5412_1950_num_30_327_6290.

Mihi A., 2012. *La forêt de Zenadia (Haute Plaine Sétifienne) Diagnostic et perspective de protection.* Mémoire Magister, Sétif.142p.

Mir R.R., Zaman-Allah M., Sreenivasulu N., Trethowan R. &Varshney R.K., 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(4):625-645p.

Mohammadi R., Etminan A.R. and Shoshtari L. 2018. Agro-physiological characterization of durum wheat genotypes under drought conditions. *Experimental Agriculture*, 55(3): 484 - 499

Mohammedi Z., Bougdal D., Hechad S., Labad R., 2021. Effect of agricultural practices on weeds seed bank in Nord Algeria, *Algerian Journal of Environmental Science and Technology, 7* (4): 2151-2166.

Mohler C., 2004. Weed life history: indentifying vulnerabilities. In: Liebman, M., Mohler, C., Staver, C. (Eds.), Ecological Management of Agricultural Weeds.

Moinard B. 2013. Structuration fonctionnelle des communautés adventices et paramètres de croissance du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum*) : effet des pratiques agricoles. Mémoire de stage Université de Bourgogne (UB), France. 52 p. hal-02808650.

Moindrot C.1959. L'eau et les plantes sous climat tempéré. Norois 24 **,** 353-367p.

Morris, N.L., Miller, P.C.H., Orson, J.H., Froud-Williams, R.J. 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. S*oil Tillage Research*. 108, 1–15p.

Mrabet R., 2006. Soil quality and carbon sequestration: Impacts of no-tillage systems. Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69. 43-55p.

Mrabet R., 2010. Climate change and carbon sequestration in the Mediterranean basin: contribution of no tillage systems. Les actes des 4e Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Sétif Algérie 3, 4 et 5 mai 2010. N° spécial Revue Recherche Agronomique. 106-126.

Mulugeta D., Stoltenberg D. E., & Boerboom C. M., 2001. Weed species–area relationships as influenced by tillage. *Weed Science*, 49: 217-223. Doi: 10.1614/0043-1745(2001)049[0217:WSARAI]2.0.CO;2.

Murphy C.E. & Lemerle D., 2006. Continuous Cropping Systems and Weed Selection. *Euphyta*, 148:61-73.https://doi.org/10.1007/s10681-006-5941-9.

Murphy S. D., ClementsD. R., Belaoussoff S. KevanP. G. & SwantonC. J., 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seed banks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Science*, 54:69-77.

Nadjem K. 2012. *Contribution à l'étude des effets de semis direct sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement variétale de la culture de blé en région semis aride*. Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas, Sétif. 94p

Neve P., Vila-Aiub M. & Roux F., 2009. Evolutionary thinking in agricultural weed management. *New Phytologist*, 184: 783-793.

Nichols V., Verhulst N., Cox R., Govaerts B., 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: a review. *Field Crops Research*, 183: 56-68.

O'Donovan JT., Harker KN., Clayton GW & Hall LM. 2000. Wild oat (*Avena fatua*) interference in barley (*Hordeum vulgare*) is influenced by barley varieties and seeding rate. Weed Technology, 14:624–629.

ONFA (Office nationale de filière agricole (2017). Pré-Bilan de la campagne céréalière 2016/2017. N°2.

Ouanzar S. 2012. Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magister, Université F. Abbes Sétif 1,93p.

Ozturk A., Caglar O., Bulut S. 2006. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *Journal of Agronomy Crop Science*, 192: 10-16.

Palmer M.W, 1990. The Estimation of Species Richness by Extrapolation. *Ecology journal*, 71(3).1195-1198.

Paponov I A., Sambo P., Erley G S A M., Presterl T., Geiger H H., Engels C., 2005.Grain yield and kernel weight of two maize genotypes differing in nitrogen use efficiency at various levels of nitrogen and carbohydrate availability during flowering and grain filling. *Plant Soil*, 272: 111–123.

Pask AJD., Pietragalla J., Mullan DM. and Reynolds MP. (Eds.) 2012. Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. Mexico, D.F.: CIMMYT.140p

Penchev P. & Popova. Z. 2005. Comparative investigation on common winter wheat varieties developed at the Institute of Plant and Genetic Resources – Sadovo. Balkan Scientific Conference, Karnobat, 494-497p.

Poggio S.L., 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems & Environment Journal. 109: 48-58.

Porker K., Straight M and Hunt JR .2020. Evaluation of G × E × M Interactions to Increase Harvest Index and Yield of Early Sown Wheat. *Frontiers in Plant Science*. 11:994. doi: 10.3389/fpls.2020.00994.

Quezel P. & Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 1185 p.

Rabti A, 2021. *Changements des caractères morpho-physiologiques induits par la sélection artificielle du blé dur (Triticum durumDesf.) en Algérie*. Thèse Doctorat. Université Ferhat Abbas, Sétif 1, 183p.

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. (ed.), Irekti H.(ed.), Vadon B. (ed.). *4. Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct.* Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM /INRAA / ITGC / FERT, 2011. p.153-162 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96.

Ranieri R., 2015. Geography of the Durum Wheat Crop, *Pastaria international*, 6:24-36.

Rasmussen K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review. *Soil & Tillage Research*, 53:3-14.

Reynolds M.P., Trethowan R., Crossa J., Vargas M., Sayre K.D. 2002. Physiological factors associated with genotype by environment interaction in wheat. *Field Crops Research*. 75 : 139-160p.

Romina P. de San Celedonio, Abeledo L. Gabriela, Miralle Daniel J. .2018. Physiological traits associated with reductions in grain number in wheat and barley under waterlogging. Plant Soil, 429:469–481p https://doi.org/10.1007/s11104-018-3708-4

Rouabhi A., Dhehibi B., Laouer A.M., Houmoura M., Sebaoune F. 2016. Adoption Perspectives of Direct Seeding in the High Plains of Sétif - Algeria. Journal of Agriculture and Environnemental Sciences, 5 (1), pp. 53-64.

Royo C.**,** Nazco R.**, and** Villegas D.**2014.** The climate of the zone of origin of Mediterranean durum wheat (*Triticum durum* Desf.) landraces affects their agronomic performance. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 61, no.7, 1345–1358, https://doi.org/10.1007/s10722-014-0116-3, 2-s2.0-84939893794.

Royo-Esnal A., García A., Torra J., Forcella F.&Recasens J., 2015. Describing *Polygonum aviculare* emergence in different tillage systems. *Weed Research*, 55 , 387-395

Saber N. & Mrabet M., 2001. Influence du travail du sol et des rotations de cultures sur la qualité d'un sol argileux gonflant en milieu semi-aride marocain. *Étude et Gestion des Sols*, 9(1) : 43-53.

San Martína C., Long D.S., Gourliea J.A&Barrosoa J., 2019. Spring crops in three-year rotations reduce weed pressure in winter wheat. *Field Crops Research*, 233:12-20.

Sangtarash, M.H. 2010. Responses of different wheat genotypes to drought stress applied at different growth stages. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 13: 114-119p.

Sans F.X., Berner A., Armengot L. & Mäder R., 2011. Tillage affects on weed communitiesin an organic winter wheat-sunflower-spelt cropping sequence. *Weed Research*, 51:413-421.

Santín-Montanyá M. I., Martín-Lammerding D., Walter I., Zambrana E., &Tenorio J. L., 2013. Effects of tillage, crop systems and fertilization on weed abundance and diversity in 4-year dry land winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 48 : 43-49. doi: 10.1016/j.eja.2013.02.006.

Sarto, M.V.M., Sarto, J.R.W., Rampim, L., Bassegio, D., da Costa, P.F., Inagaki, A.M. 2017. Wheat phenology and yield under drought: Areview. *Australian Journal of Crop Science*. 11, 941–946p.

Schmid W., Dossekou M., Koch W. & Walter H., 1983. Aspects de modification et de nuisibilité de la flore adventice dans le système de production au Togo. C. *R. de laIfmeConf. Bis. SOAM*, Abidjan, Côte d'Ivoire: 19-33.

Schneider A., BallotR., Carrouée B., Berrodier M .2009. Rentabilité des protéagineux dans la rotation. Quelle valeur économique pour l'effet du précédent ? *Perspectives Agricoles*. N°360.1-6p.

Schütte G. 2003. "Herbicide Resistance: Promises and Prospects of Biodiversity for European Agriculture." *Agriculture and Humann Values*, 20 (3), 217-230.

Sebillotte M. 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In : Combe L, Picard D, eds. Les systèmes de culture. INRA éditions, 96-165.

Sebkhi, Z .2013. *Etude de la variabilité d'une population de vesce spontanée de la région de Blida*. Memoire de magister. Universite Saad Dahlab de Blida.133p.

Segda Z., Yameogo L. P., Bonzi M., Sedogo M. P. 2014. Le carbone et l'azote dans les différentes fractions granulométriques d'un sol brun eutrophe tropical sous irrigation de Bagré au Burkina Faso: effets de modes d'apports différents de matières organiques et minérales. *Journal of Applied Biosciences*, **78**, 6743–6752.

Seipel T., Ishaq S.L., Larson C., Menalled F.D. 2022. Weed Communities in Winter Wheat: Responses to Cropping Systems under Different Climatic Conditions. *Sustainability, 14, 6880*. https://doi.org/10.3390/su14116880

Shi Y., Gao, L., Wu Z., Zhang X., Wang M., Zhang C. et al. 2017. Étude d'association pangénomique de la tolérance au sel au stade de la germination des graines chez le riz. *BMC Plant Biology*, 17, 92 https://doi.org/10.1186/s12870-017-1044-0.

Shtereva L., Stoeva I., Nankova M. 1989. Productivity of wheat and grain quality at long-term cultivation in two-field maize-wheat crop and as monocrop. Jubilee scientific session, May, Yambol, 30-36p.

Sieling K. & Christen O. 2015. Crop rotation effects on yield of oilseed rape, wheat and barley and residual effects on the subsequent wheat. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61, 1531–1549p.

Slafer G.A.**,** Araus J. L.**,** Royo C.**, and** Del Moral L. F. G.**2005**. Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments, *Annals of Applied Biology*. 146, no. 1: 61–70. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04048.x, 2-s2.0-13544263385.

Slafer, G., and Rawson, H. M. 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. Australian Journal of Plant Physiology, 21, 393–42p. doi: 10.1071/PP9940393

Smith, R.G. & Mortensen, D.A. 2017. A disturbance-based framework for understanding weed community assembly in agroecosystems: Challenges and opportunities for agroecological weed management. In Agroecological Practices for Sustainable Agriculture: Principles, Applications, and Making the Transition; Wezel, A., Ed.; World Scientific Publishing Europe Ltd.: London, UK, 127–154.

Soane, B.D. Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J.2012. No-till in northern, western and south-westernEurope: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Tillage Research*. 118: 66–87p.

Soltner D., 1987. Les grandes productions végétales « Céréales-plante sarclées-prairies ».15ème Ed. Collecton sciences et techniques agricoles. 461p.

Spandl E., Durgan B.R. &Forcella F., 1999. Foxtail (*Setaria* spp.) seedling dynamics in spring wheat (*Triticumaestivum*) are influenced by seeding date and tillage regime. *Weed Research*, 47: 156-160p.

Spaner D., Todd A G. & McKenzie D B. 2000. The effect of seeding date, seeding rate and N fertilization on winter wheat yield and yield components in eastern Newfoundland. Canadian Journal of Plant Science, 80(4): 703–711. https://doi.org/10.4141/P99-165.

Spink, J.H., Semere, T., Sparkes, D.L., Whaley, J.M., Foulkes, M. J., Clark, R.W. and Scott, R.K. 2000. Effect of sowing date on the optimum plant density of winter wheat. *Annals of Applied Biology*,137: 179-188.

Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. 2017. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability, an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1): 1-13.

Stahlman, P.W. & Miller, S.D. 1990. Downy Brome (Bromus tectorum) Interference and Economic Thresholds in Winter Wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, 38: 221-228p.

Stoate C., Baldi A., Beja P., Boatman N.D., HerzonI., von Doorn A., de Snoo G.R., Rakosy L. & Ramwell C., 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – a review. *Journal of Environmental Management*, 91, 22-46p.

Storkey J. & Neve P., 2018. What good is weed diversity? Weed Research.1-5p https://doi.org/10.1111/wre.12310.

Swanton C J., Mahoney K J., Chandler K & **Gul R H .2008.** Integrated Weed Management: Knowledge-Based Weed Management Systems. *Weed Science*, 56(1):168-172p https://doi.org/10.1614/WS-07-126.1.

Theau J. P., Cruz P, Fallour D, Jouany C, Lecloux E, et al., 2010. Une méthode simplifiée de relevé botanique pour une caractérisation agronomique des prairies permanentes. Fourrages, 201, pp.19-25. hal-02665360

Thomas AG, Derksen DA, Blackshaw RE, Van Acker RC, Légère A, Watson PR, Turnbull GC. 2017. A multistudy approach to understanding weed population shifts in medium- to long-term tillage systems. *Weed Sciences*, 52:874–880

Torsten-Andersson N. & Milberg P., 1998 . Weed Flora and the Relative Importance of Site, Crop, Crop Rotation, and Nitrogen Source. *Weed Science*, 46 (1): 30-38.

USDA: United States Department of Agriculture, **2017.** Census of Agriculture report. USDA, National Agricultural Statistics Service.820pp.

Van Den Abeele M. 2022. Etude de la flore adventice potentielle et exprimée au sein des différents itinéraires agricoles des essais Ecofood system et Sol résidu dans un contexte agro-écologie. Mémoire Master. Université Gembloux Agro-Bio Tech. France 101 p http://hdl.handle.net/2268.2/15211.

Vasquez E., Sheley R., & Svejcar T., 2008. Creating invasion resistant soils via nitrogen management. *Invasive Plant Science and Management*, 1: 304-314. https://doi.org/10.1614/IPSM-07-059.1.

Verdú A M C & Mas T.M., 2004. Comparison of *Polygonum aviculare* L. seedling survival 16 under different tillage systems in Mediterranean dry land agroecosystems. Acta *Oecologica*, 25, 119-127.

Villegas, D., Aparicio, N. Blanco, R. and Royo, C. 2001. Biomass accumulation and main stem elongation of durum wheat grown under Mediterranean conditions. *Annals of Botany*, *88*(4), 617-627.

Vyn, T. J., Sutton, J. C. et Raimbault, B.A. 1991. Conséquences de I 'assolement et du travail du sol sur fa culture et le rendement du blé d'hiver. Canadian Journal of Plant Science. 7l: 669-676p.

Wang G.Z., Miyashita N.T. &Tsunewaki K., 1997. « Plasmon analyses of Triticum (wheat) and Aegilops: PCR-single-strand conformational polymorphism (PCR-SSCP) analyses of organellar DNA. » *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94: 14570-14577.

Wesemael B. & Brahy V. 2012. La matière organique dans les sols. Rapport sur l'état de l'environnement de Wallon, les indicateurs clés de l'environnement Wallon. Chapitre 11 : Les sols et l'environnement terrestre, SPW édition : 469-475.

Wood G A., Welsh J P., Godwin R J., Taylor J C., Earl R. & Knight S M. 2003. Real-time Measures of Canopy Size as a Basis for Spatially Varying Nitrogen Applications to Winter Wheat sown at Different Seed Rates. *Biosystems Engineering, Precision Agriculture -Managing Soil and Crop Variability for Cereals* 84(4), 513–531, https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00006-0.

Wozniak, A. & Gos, M. 2014. Yield and chemical quality of spring wheat and soil properties as affected by tillage system. Plant Soil Environment. 60, 141–145p.

Yan S., Wu Y., Fan J., Zhang F., Qiang S., Zheng J., Xiang Y., Guo J., Zou H.2019. Effects of water and fertilizer management on grain filling characteristics, grain weight and productivity of drip-fertigated winter wheat. *Agricultural Water Management*, 213, 983–995.

Zaghouane O., Abdellaoui Z., El mourid M., 2015. L'agriculture de conservation et perspectives de développement du semis direct dans les systèmes de production céréaliers, une nouvelle expérience en Algérie .207p

Zaghouane O., Abedellaoui Z., Houassine D., 2006. Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes? Options Méditerranéennes, Série A. No. 69. 183-187.

Zaller J. G., 2006. Sheep grazing vs. cutting: Regeneration and soil nutrient exploitation of the grassland weed Rumexobtusifolius. *BioControl*, 51(6), 837-850.https://doi.org/10.1007/s10526-005-5272-0

Zerner M. C. & Gill G. S. &Vandeleur R. K. 2008. Effect of height on the competitive ability of wheat with oats. *Agronomy Journal*, 100(6):1729-1734. https://doi.org/10.2134/agronj2008.0068

Zhang L., Takahashi T., Fujimoto K., Yamaguchi S & Matsuzawa T. 2007. Factors in the Reduction in Grain Number in Winter Wheat by Early Sowing in Yamaguchi. *Plant Production Science*, 10:2, 189-198p. DOI: 10.1626/pps.10.189. To link to this article: https://doi.org/10.1626/pps.10.189

Zheng M J., Chen J., Shi Y H., Li Y X., Yin Y P., Yang D Q., Luo Y L., Pang D W., Xu X., Li W Q. et al. 2017. Manipulation of lignin metabolism by plant densities and its relationship with lodging resistance in wheat. Science Report**,** 41805.

Sites

Weatherspark (2023). https://weatherspark.com/

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تحديد خصائص تنوع النباتات العشبية الضارة وديناميكياتها فيما يتعلق بزراعة القمح الصلب (Triticum durum). كما يهدف إلى تحليل سلوك هذه المحصول عند زراعته بالبذر المباشر، بناءً على المحاصيل السابقة وكثافة البذر المختلفة لكل من الصنفين «واحة» و«بوسلام». أُجريت التجربة خلال الموسمين الزراعيين 2016/2015 و2017/2016 في موقعين تجريبيين: أحدهما يقع في معهد تكنولوجيا الزراعة الكبرى ITGC في رمادة، والآخر في مزرعة بوخليف الخاصة في بني فودة. تم جرد أربعين نوعًا نباتيًا، تنتمي غالبيتها إلى عائلات des Astéracées, des Poacées, des Papavéracées et des Brassicacées. ولوحظ تنوع نوعي أكبر في حقل بني فودة. واعتُبرت عملية أخذ العينات التي أُجريت ميدانيًّا في حقل رمادة مرضية. في المقابل، يُعتبر غير كافٍ بالنسبة لحقل بني فودة. ويبدو أن لا الزراعة الأحادية ولا التناوب الزراعي قد أثروا بشكل إيجابي على إصابة الحقلين بالأعشاب الضارة. يكشف تحليل تنوع الأعشاب الضارة وفقاً للمراحل الفينولوجية للقمح في بني فودة أن مرحلة النمو هي التي تتميز بأكبر تنوع من حيث الأنواع. علاوة على ذلك، فإن نوع Malva sylvestris موجود بشكل مستمر منذ مرحلة ما قبل البذر وحتى مرحلة تكوين السنابل، في حين أن نوعي البروم يكونان أكثر وفرة منذ البذر. ومع ذلك، لوحظ في موقع رامادا زيادة ملحوظة في انتشار النوع Polyganum oviculare منذ البذر وحتى مرحلة تكوين السنابل. وتُعتبر قيم مؤشر شانون، التي تدعمها قيم مارغاليف في الحقلين، مرتبطة بالمناطق ذات التنوع البيولوجي المنخفض. تكشف نتائج تحليل قيم مؤشر التوازن (E) أن توزيع أنواع الأعشاب الضارة متوازن بشكل متوسط في بني فودة وغير متوازن في رامادا. ويشير مؤشر تشابه التنوع (J) إلى وجود تشابه بين الحقلين اللذين تم استكشافهما. يُتوقع أن يكون للزراعة السابقة للحبوب/البقوليات آثار إيجابية على غلة القمح الصلب بفضل الارتباطات الإيجابية بين هذه الزراعة السابقة والمعلمات الرئيسية للغلة، لكن تأثيرها على مكافحة الأعشاب الضارة غير واضح. ولا تؤثر التباينات في النسب الخمس للبذر في الصنفين «واحة» و«بوسلام» بشكل مباشر على انتشار الأعشاب الضارة.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، البذر المباشر، نباتات الأعشاب الضارة، المحصول السابق، معدلات البذر

Résumé

L'objectif de cette étude est de caractériser la diversité de la flore adventice et sa dynamique en relation avec la culture du blé dur (Triticum durum). Elle vise également à analyser le comportement de cette culture lorsqu'elle est cultivée en semis direct, en fonction des précédents culturaux et des différentes doses de semis des deux variétés Waha et Bousselam. L'expérience a été conduite durant les campagnes agricoles 2015/2016 et 2016/2017 dans deux sites expérimentaux : l'un situé à l'ITGC de Rmada et l'autre à la ferme privée de Boukhlif à Beni Fouda. Quarante espèces végétales ont été recensées, majoritairement appartenant aux familles des Astéracées, des Poacées, des Papavéracées et des Brassicacées. Une plus grande diversité spécifique a été observée au champ de Beni Fouda. L'effort d'échantillonnage mené sur le terrain au champ Rmada est jugé satisfaisant. En revanche, il est considéré comme insuffisant pour le champ de Beni Fouda. Il apparaît que ni la monoculture ni la rotation n'ont exercé d'influence positive sur l'infestation des deux champs par les mauvaises herbes. L'analyse de la diversité des adventices en fonction des stades phénologiques du blé à Beni-Fouda révèle que le stade de montaison présente la plus grande diversité en termes d'espèces. En outre, l'espèce Malva sylvestris est présente de manière constante depuis l'avant-semis jusqu'au stade d'épiaison, tandis que les deux espèces de bromes sont plus abondantes dès le semis. Cependant, dans le site de Ramada, il a été observé un accroissement significatif de la prévalence de l'espèce Polyganum oviculare depuis le semis jusqu'au stade d'épiaison. Les valeurs de l'indice de Shannon, qui sont soutenues par les valeurs de Margalef des deux champs, sont considérées comme rattachées aux zones de faible biodiversité. Les résultats de l'analyse des valeurs de l'indice d'équitabilité (E) révèlent que la distribution des espèces d'adventices est moyennement équilibrée à Beni-Fouda et déséquilibrée à Rmada. L'indice de Similarité **(J)** de la diversité témoigne d'une ressemblance entre les deux champs prospectés. Des effets positifs du précédent cultural céréales/légumineuses sur le rendement de blé dur sont contemplés grâce aux corrélations positives entre ce précédent et les principaux paramètres de rendement mais son impact sur le contrôle de la flore adventice est imprécis. Aucune pression directe n'est exercée par la variabilité des cinq doses de semis chez les deux variétés Waha et Bousselam sur l'infestation des mauvaises herbes.

Mots clés : *Triticum durum*, semis direct, la flore adventice, précédent cultural, doses de semis.

Abstract

This study aims to characterise the diversity of weed flora and its dynamics in relation to the cultivation of durum wheat (Triticum durum). The study also aims to analyse the behaviour of this crop when grown using direct drilling, taking into account crop history and different sowing rates for the two varieties, Waha and Bousselam. The experiment carried out during the 2015/2016 and 2016/2017 growing seasons at two experimental sites: one at the ITGC in Rmada and the other at the Boukhlif private farm in Beni Fouda. Forty different plant species recorded, the majority belonging to the Asteraceae, Poaceae, Papaveraceae and Brassicaceae families. There was greater species diversity observed at the Beni Fouda site. The sampling effort carried out in the field at the Rmada site considered satisfactory. However, it regarded as insufficient for the Beni Fouda site. It appears that neither monoculture nor crop rotation had a positive effect on weed infestation in the two fields. The analysis of weed diversity in relation to the phenological stages of wheat at Beni-Fouda reveals that the tillering stage showed the greatest diversity in terms of species. Furthermore, the species Malva sylvestris is consistently present from pre-emergence through to the heading stage, whilst the two species of brome grass are more abundant from the time of emergence. However, at the Ramada site, a significant increase in the prevalence of Polyganum oviculare observed from sowing through to the heading stage. The Shannon index values, which supported by the Margalef values for both fields, are considered to correspond to areas of low biodiversity. The results of the analysis of the evenness index (E) values reveal that the distribution of weed species is moderately balanced at Beni-Fouda and unbalanced at Rmada. The diversity similarity index (J) indicates a similarity between the two fields surveyed. Positive effects of the cereal/legume crop rotation on durum wheat yield suggested by the positive correlations between this rotation and the main yield parameters; however, its impact on weed control remains unclear. The variability in the five sowing rates for the two varieties, Waha and Bousselam, exerts no direct influence on weed infestation.

Key words: *Triticum durum*, direct seeding, weed flora, previous crop, seeding rates.