الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Yahia Fares de Médéa
Faculté des Sciences

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة يحي فارس بالمدية
كلية العلوم

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme :

Master en sciences agronomiques.

Spécialité : Phytopathologie.

Thème :

Étude de l'effet des maladies cryptogamiques sur quelques variétés de blé dur *(Triticum durum Desf)* dans la région semi-aride de Beni Slimane (wilaya de Médéa).

Mémoire de fin d'étude réalisé par : **DEHBAOUI Nasser Eddine**

Soutenu le : 12/09/2018.

Devant le Jury :

PRESIDENT:	Mr CHAOUCH A.	MCB Université Yahia Fares de Médéa.
ENCADREUR:	Mr LICIR M.	MAB Université Yahia Fares de Médéa.
EXAMINATRICE$_1$:	Mme SAADI.	MAA Université Yahia Fares de Médéa.
EXAMINATRICE$_2$:	Mme AFKIR K.	MAA Université Yahia Fares de Médéa.

Année universitaire 2017/2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma grande famille à qui je dois tout mon bonheur et ma réussite.

Ma petite famille qui est la source de ma fierté.

Mes Ami(e)s qui sont la source de ma confiance.

Naktal qui est la source de mes blagues.

Mes enseignants qui sont la source de mon savoir.

Tous ceux qui m'ont aidé à élaborer ce projet de fin d'étude.

Remerciements

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir la lumière sans l'assistance et la collaboration de nombreuses personnes.

C'est avec un grand plaisir que je tiens donc à remercier :
Tout d'abord, ma profonde gratitude envers le dieu tout-puissant « Allah » qui a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires à l'achèvement de ce travail.

Je voudrai exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements à monsieur le directeur de thèse M. LICIR, qui a tout d'abord accepté la conduite et la direction de ma thèse, les membres de jury d'avoir nous honoré d'examiner ce travail, comme je tiens à remercier toute personne qui m'a si formidablement encadré, soutenu et éclairé pendant cette année.

Je remercie très chaleureusement toute l'équipe de l''ITGC et surtout le directeur de la FDPS Mr Ali Abdelkader qui n'ont pas hésité à participer dans ce travail par le matériel essentiel, ainsi le support technique et mon chère ami Khelladi F. qui m'a soutenu dans l'utilisation du LYX.

Enfin, mes remerciements s'adressent à ceux qui ont participé de près ou de loin à réaliser ce modeste travail, et même s'ils ne se retrouvent pas dans cette petite liste, ils sont dans mes pensées.

Résumé :

Le présent travail implique l'étude de cinq différentes variétés et l'objectif est d'évaluer l'effet des maladies cryptogamiques au niveau de la zone céréalière de Beni Slimane, sur le développement de la plante cultivée, le rendement grain et ses composantes d'une part et d'autre part, évaluer le comportement de ces variétés face aux maladies cryptogamiques présentent dans la région, par l'utilisation d'un intrant chimique composé de trois matières actives comparés à un témoin sans traitement fongique.

L'expérimentation a été réalisée à la station expérimentale de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) Beni Slimane.

Les résultats obtenus révèlent l'identification de trois maladies cryptogamiques plus dominantes, il s'agit de l'oïdium avec une infection sévère des feuilles basales, modérer à faible au niveau de la partie médiane du plant, la rouille jaune avec absence totale des symptômes et la tâche auréolée avec une grave blessure de la plante, indiquent aussi que le traitement appliqué améliore certains paramètres étudiés qui sont significativement élevés en présence de traitement qu'en son absence.

Là où les variétés Saoura et Siméto ont montré des résultats satisfaisants et le reste des variétés sont avérées les plus sensible.

Mots clés: blé dur, maladies cryptogamiques, rendement, comportement.

Abstract:

The present work involves the study of five different varieties and the objective on the one hand is to evaluate the effect of fungal diseases in Beni Slimane's cereal zone, on the development of the cultivated plant, the grain yield and it's components, and on the other hand, to evaluate the behavior of these varieties against the available fungal diseases in the region, by the use of a chemical input composed of three active ingredients compared to a controlled check without fungal treatment.

The experiment was carried out at Beni Slimane's Experimental Station of the Technical Institute of Field Crops (TIFC).

The obtained results reveal the identification of three most dominant fungus diseases; which are the Powdery Mildew with a severe infection of the basal leaves, moderate to low level to the middle part of the plant, yellow rust with complete absence of symptoms and Tan Spot with a severe injury in the entire experimental field, also it indicate that applying treatment improves grain production. The grain yield and its components are significantly higher in the presence of treatment than in its absence.

Where the two varieties Saoura and Siméto have shown an excellent results and the rest of the varieties have proven to be the most sensitive.

Key words: durum wheat, Cryptogamic diseases, yield, behavior.

مُلَخَـــــــــــص:

يشمل العمل الآتى دراسة خمسة أصناف مختلفة من الحبوب، الغرض من الدراسة هو تقييم تأثير الأمراض الفطرية في منطقة مخصصة لزراعة المحاصيل الكبري ببني سليمان، على نمو النباتات المدروسة و كذلك المردود الحبي ومكوناته من جهة ومن ناحية أخرى تقييم سلوك هذه الأصناف ضد الأمراض الفطرية الموجودة في المنطقة، و هذا باستخدام منتوج كيميائي يحوي ثلاثة مواد فعالة مقارنة بشاهد دون معالجة كيميائية.

أجريت التجربة في المحطة التجريبية للمعهد التقني للزراعات الواسعة (م ت ز و) ببني سليمان.

النتائج المتحصل عليها تكشف عن تحديد ثلاثة من أكثر الأمراض الفطرية السائدة وهم البياض الدقيقي مع وجود عدوى شديدة في الاوراق القاعدية، معتدلة إلى منخفضة المستوى في الجزء الأوسط من النبات، الصدأ الأصفر مع غياب تام للأعراض و التبقع الهيلمينتسبوري مع إصابة شديدة في الحقل التجريبي بأكمله، كما تشير أيضا إلى أن تطبيق العلاج يحسن إنتاج الحبوب. إذ إن إنتاجية الحبوب ومكوناتها أعلى بشكل ملحوظ في وجود العلاج مقارنة بغيابه.

حيث أظهرت الأصناف "ساورة" و"سيميتو" نتائج مرضية وقد أثبتت بقية الأصناف أنها الأكثر حساسية.

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب، الامراض الفطرية، المردود، السلوك.

Table des matières

Table des matières i

Liste des Tableaux iv

Liste des figures vi

Abréviations x

Introduction Générale 1

1 Revue bibliographique 3

1.1 La culture de blé dur . . . 3

1.1.1 Importance et situation de la culture du blé dur (Triticum durum Desf.) 3

1.1.2 Classification botanique et origine . . . 8

1.1.3 Caractéristiques morphologiques et physiologiques . . . 11

1.1.4 Le cycle biologique de la culture du blé . . . 12

1.1.5 Les exigences de la culture du blé dur . . . 16

1.1.6 Les facteurs limitant la production du blé dur en Algerie : . . . 18

1.2 Les maladies cryptogamiques . . . 22

1.2.1 Le triangle de la maladie . . . 22

1.2.2 Étapes de développement des maladies . . . 22

1.2.3 Les maladies fongiques des blés les plus répondu en Algérie . . . 22

2 Matériels et méthodes 46

2.1 Objectif de l'essai . . . 46

2.2 Présentation de la région d'expérimentation . . . 47

2.2.1 Situation des terres agricoles . . . 47

2.2.2 Caractéristiques climatiques de la station d'étude . . . 48

2.2.3 Caractéristiques géographique de la station d'étude . . . 53

2.3 Préparation de l'essai . . . 56

2.3.1 Le matériels végétales . . . 56
2.3.2 Le dispositif expérimental . . . 57
2.4 La conduite de l'essai . . . 58
2.4.1 Le précédent cultural et le travail du sol . . . 58
2.4.2 La fertilisation . . . 61
2.4.3 Le semis . . . 61
2.4.4 Entretien de culture : . . . 63
2.4.5 La récolte . . . 68
2.5 Méthode d'étude . . . 70
2.5.1 Les paramètres étudiés . . . 70
2.5.2 Méthode d'évaluation de la sévérité des maladies . . . 73
2.5.3 Analyse statistique des données . . . 76

3 Résultats et discussion 78
3.1 Faits saillants . . . 78
3.2 Les maladies cryptogamiques . . . 80
3.2.1 Évaluation de l'intensité des maladies foliaires sur l'essai . . . 81
3.2.2 Quelques exemples des maladies rencontrées avec leur degré d'infestation selon l'échelle de Saari et Prescott (Figure 2.27) et celui de Mehta (Figures 2.34 et 2.35) . . . 83
3.3 Les paramètres étudiés . . . 89
3.3.1 Le nombre de jours à la levée . . . 89
3.3.2 Le nombre de jours à l'épiason . . . 91
3.3.3 Le nombre de jours à la maturité physiologique . . . 93
3.3.4 La hauteur des plantes (cm) . . . 95
3.3.5 Le nombre d'épi par mètre carré . . . 97
3.3.6 Nombre de grain par épi . . . 99
3.3.7 Le poids de mille grains (PMG) . . . 101
3.3.8 Le rendement théorique . . . 103
3.3.9 Le rendement réel . . . 105
3.3.10 Récapitulation des paramètres étudiées . . . 107

Conclusion et perspectives 108

A Fiches descriptives des variétés étudiées 121

B Test de levene 127

C Test de l'effet entre les groupes 129

D Répartition des groupements homogènes **132**

E Les données climatiques enregistrées durant la période 2006/2018 **135**

Liste des tableaux

1.1 Le blé dur obéit à la classification suivante. 9

2.1 Situation des terres agricoles dans la région d'expérimentation. 47
2.2 Les données climatiques enregistrées durant la compagne agricole 2017/2018. . . 49
2.3 Les données climatiques enregistrées durant la compagne agricole 2017/2018 (suite). 49
2.4 Les températures moyennes et les précipitations mensuelles enregistrées durant la période 2006/2018 du Janvier au Juin. 50
2.5 Les températures moyennes et les précipitations mensuelles enregistrées durant la période 2006/2018 du Juillet au Décembre. 51
2.6 Les différentes moyennes des données climatiques enregistrées durant la période (2006/2018). 51
2.7 Résultats de la faculté germinative obtenues. 57
2.8 Le nombre de grain final a semé par chaque micro parcelle élémentaire. 61

3.1 Évaluation de l'intensité des maladies foliaires selon l'échelle de Saari et Prescott. 82
3.2 Statistiques descriptives du nombre de jours à l'épiason. 91
3.3 Statistiques descriptives du nombre de jours à la maturité physiologique. 93
3.4 Statistiques descriptives de La hauteur des plantes (cm). 95
3.5 Statistiques descriptives du nombre d'épi par mètre carré. 97
3.6 Statistiques descriptives du nombre de grain par épi. 99
3.7 Statistiques descriptives du PMG. 101
3.8 Statistiques descriptives du rendement théorique. 103
3.9 Statistiques descriptives du rendement réel. 105
3.10 Tableau comparatif de l'essentiel des paramètres étudiés. 107

B.1 Variable Dependant : Épiaison (jours). 127
B.2 Variable Dependant : Maturité physiologique (jours). 127
B.3 Variable Dependant : Hauteur (cm). 127
B.4 Variable Dependant : Nombre d'épi/m^2. 127

B.5 Variable Dependant : Nombre de grains/épi. 127
B.6 Variable Dependant : Poids de mille grains (g). 128
B.7 Variable Dependant : Rendement théorique. 128
B.8 Variable Dependant : Épiaison (jours) 128

C.1 Variable Dependant : Épiaison (jours). 129
C.2 Variable Dependant : Maturité physiologique (jours). 129
C.3 Variable Dependant : Hauteur (cm). 130
C.4 Variable Dependant : Nombre d'épi/m^2. 130
C.5 Variable Dependant : Nombre de grains/épi. 130
C.6 Variable Dependant : Poids de mille grains (g). 130
C.7 Variable Dependant : Rendement théorique. 131
C.8 Variable Dependant : Rendement réel. 131

D.1 Variable Dependant : Épiaison (jours). 132
D.2 Variable Dependant : Maturité physiologique (jours). 132
D.3 Variable Dependant : Hauteur (cm). 133
D.4 Variable Dependant : Nombre d'épi /m^2. 133
D.5 Variable Dependant : Nombre de grains/épi. 133
D.6 Variable Dependant : Poids de mille grains (g). 134
D.7 Variable Dependant : Rendement théorique. 134
D.8 Variable Dependant : Rendement réel. 134

E.1 Les températures moyennes enregistrées durant la période 2006/2018 du Janvier au Juin. 135
E.2 Les températures moyennes enregistrées durant la période 2006/2018 du Juillet au Décembre. 136
E.3 Les précipitations enregistrées durant la période 2006/2018 du Janvier au Juin. . 136
E.4 Les précipitations enregistrées durant la période 2006/2018 du Juillet au Décembre. 137

Table des figures

1.1 Evolution de la superficie de blé récolté dans le monde. 4
1.2 Evolution de la production de blé dans le monde. 4
1.3 Evolution du rendement des blés dans le monde. 5
1.4 Évolution de la superficie de blé récolté en Algérie. 6
1.5 Évolution de la production des blés en Algérie. 7
1.6 Évolution de rendement de la culture de blé en Algérie. 8
1.7 Phylogénie de blé 10
1.8 Caryotypes de trois espèces de blé 10
1.9 Les différents stades de développement du blé 13
1.10 Manchons noirs à la base de la tige en fin de cycle 23
1.11 Foyers blancs sur blé 23
1.12 Infections des plantules de blé (le champignon est à l'intérieur des racines) . . . 24
1.13 Cycle de maladie de Gaeumannomyces graminis dans les céréales 25
1.14 Taches à la base de tige allongées, brunes en périphérie 26
1.15 Cycle biologique de la maladie de piétin–vers 27
1.16 Infection au niveau du collet associé à des pourritures racinaires. 28
1.17 Partie d'épi blanchit et desséchée 28
1.18 Le cycle des Fusarium 29
1.19 Glumes évasées d'un épi de blé infecté par la carie commune. 30
1.20 Grain de blé sain et infecté de la carie 30
1.21 Cycle de maladie de la carie dans les céréales. 31
1.22 Épis des blés infectés par un charbon nu, L'oreille sur la droite indique tout ce qui reste après que le charbon nu a soufflé. 32
1.23 Cycle de maladie du charbon nu dans les céréales. 33
1.24 Symptômes précoces de l'infection par la tache jaune 34
1.25 Cycle de maladie de la tache jaune du blé 35
1.26 Feutrage blanc envahissant la surface de la feuille de blé 36
1.27 Cycle de maladie de l'oïdium sur les céréales 37

1.28 Taches brunes rectangulaires ou ovales . . . 38
1.29 Cycle de la maladie de la septoriose du blé . . . 39
1.30 Rouille des feuilles . . . 40
1.31 Cycle de la maladie de la rouille des feuilles sur les céréales . . . 41
1.32 Rouille striée sur feuille de blé . . . 42
1.33 Cycle de la maladie de la rouille jaune sur les céréales . . . 43
1.34 Rouille de la tige . . . 44
1.35 Cycle de la maladie de la rouille de tige sur les céréales . . . 45

2.1 Les différentes étapes du plan expérimental utilisé. . . . 47
2.2 Station météorologique. . . . 48
2.3 Projection de la zone d'étude dans le climagramme d'Emberger. . . . 52
2.4 Diagramme ombrothermique de Beni Slimane (Médéa). . . . 53
2.5 Modelé numérique de terrain de la FDPS Beni Slimane . . . 54
2.6 Classes des pentes de la FDPS Beni Slimane. . . . 54
2.7 Carte des sols de la FDPS Beni Slimane . . . 55
2.8 Profil pédologique numéro 02 du site d'expérimentation au niveau de la FDPS Beni Slimane . . . 55
2.9 Réalisation du test pour les varietés : Saoura, Shen'S et Vitron. . . . 56
2.10 Test après deux semaines pour les même varietés : Saoura, Shen'S et Vitron. . . . 56
2.11 La répartition des traitements sur le dispositif expérimental adopté (split plot). . . 58
2.12 Labour avec une charrue à soc. . . . 59
2.13 Le passage croisé à l'aide d'un cover-crop. . . . 59
2.14 Le passage de la herse. . . . 60
2.15 Traçage des lignes à l'aide du canadien. . . . 60
2.16 Épandage d'engrais de fond par épandeur. . . . 61
2.17 Semis en ligne manuellement. . . . 62
2.18 Couverture de la semence manuellement. . . . 62
2.19 Structure deux dimensions de Tribenuron-methyl. . . . 63
2.20 Semence traitée et laissée sous soleil. . . . 64
2.21 La variété Saoura traitée. . . . 64
2.22 Temoin de la variété Saoura. . . . 64
2.23 Structure deux dimensions Spiroxamine. . . . 65
2.24 Structure deux dimensions du Tubeconazole. . . . 65
2.25 Structure deux dimensions de Triadimenol . . . 66
2.26 Traitement fongique à l'aide d'un pulvérisateur à dos. . . . 67
2.27 Fauchage de la paille des micro-parcelles manuellement. . . . 68
2.28 Attachement de chaque micro-parcelles séparément avec son étiquette. . . . 68

2.29 Fin de la récolte. 69
2.30 Battage de chaque unité séparément par la batteuse expérimentale. 69
2.31 Échelle d'évaluation de la maladie pour les rouilles selon l'échelle modifiée de Cobb. 73
2.32 Échelle d'évaluation de l'intensité des maladies foliaires chez le blé et l'orge. . . . 74
2.33 Échelle d'évaluation de la maladie pour la fusariose de l'épi (FHB). 75
2.34 Échelle d'évaluation des maladies pour les helminthosporioses. 75
2.35 Échelle d'évaluation des maladies pour l'oïdium. 76

3.1 Criocère sur la varieté Saoura. 78
3.2 Puceron et coccinelle sur la varieté Simeto. 79
3.3 Début de jaunissement des feuilles basales 79
3.4 Présence de la tache auréolée dans la parcelle entière. 80
3.5 Présence de la rouille striée sur feuille de blé tendre. 81
3.6 Faible degré d'infection sur le troisième étage foliaire de la variété Siméto par la tache auréolée, les feuilles basales sont modérément infectées (3*). 83
3.7 Infection sévère par la tache auréolée au niveau des trois étages foliaires de la variété Siméto, au-delà seules quelques lésions dispersées sont observées (6*). . . 84
3.8 Infection sévère par la tache auréolée sur le dernier tiers de la variété Targui, la feuille étendard est également infectée (8*) (69.5%** de la partie agrandie). . . . 84
3.9 Présence de lésions dispersées de la tache auréolée au niveau du second étage foliaire de la variété Saoura (2*). 85
3.10 Infection sévère sur les feuilles situées sur la partie basale et médiane du plant, l'infection s'étend jusqu'à la feuille se trouvant juste en dessous de la feuille étendard sans présence de traces d'infection sur la feuille étendard de la variété Saoura (7). 85
3.11 Début d'infection par la tache auréolée sur Vitron, par présence de quelques lésions isolées sur un faible nombre de feuille (1*). 86
3.12 Début d'infection par la tache auréolée (19.4%**) et présence de coccinelle sur la variété Siméto. 86
3.13 Infection sévère des feuilles basales par l'oïdium, elle est modérer à faible au fur à mesure que l'on se rapproche de la partie médiane de la variete Chen'S (5*) (3**). 87
3.14 Faible degré d'infection sur le troisième étage foliaire de lavariete saoura par l'oidium (3*) (1**). 87
3.15 Infection sévère par l'oïdium sur la variété Vitron, image après dessèchement de la feuille (4**). 88

3.16 Faible degré d'infection sur le troisième étage foliaire par l'oïdium (3*) coexistant avec une infection sévère de la tache auréolée sur les feuilles situées sur la partie basale et médiane de la variété Vitron (5*) (**). 88
3.17 Infection sévère par la tache auréolée sur la variété Targui (9*) avec présence des points noirâtres sur les feuilles desséchées correspondant à l'oïdium (5*). 89
3.18 Fin de la phase de la levée. 90
3.19 Début de la phase du tallage. 90
3.20 Fin de la phase de tallage. 90
3.21 Représentation graphique du nombre de jours à l'épiason. 92
3.22 Représentation graphique du nombre de jours à la maturité physiologique. 94
3.23 Représentation graphique de La hauteur des plantes (cm). 96
3.24 Représentation graphique du nombre d'épi par mètre carré. 98
3.25 Représentation graphique du nombre de grain par épi. 100
3.26 Représentation graphique du PMG. 102
3.27 Représentation graphique du rendement théorique. 104
3.28 Représentation graphique du rendement réel. 106

Abréviations

CNCC	: Centre National de Contrôle et de Certification de Semences et Plants.
ddl	: Degré de liberté.
F	: la valeur de la variance dite F-statistique.
FAO	: Food and Agricultural organization.
FDPS	: ferme de démonstration et de production de semence.
FG	: la faculté germinative.
FHB	: fusarium head blight.
g	: gramme.
G1	: génération de pré base numéro un.
H	: La hauteur.
HC%	: humidité relative en pourcentage.
HSD	: Honestly Significant Difference.
ITGC	: Institut Technique des Grandes Cultures.
Kg	: kilogramme.
M	: Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C.
m	: Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.
MP	: la micro-parcelle élémentaire.
N	: le nombre.
P	: Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
PG	: Pourcentage de germination.
Plant/m^2	: Plant par mètre carré.
PMG	: Poids de mille grains.
PPT	: précipitation mensuelle.
P-value	: la valeur de probabilité.

Q : le quotient pluviométrique d'Emberger.

Qx/ha : quintaux par hectare.

Rdt : Rendement.

Sig : Signification.

T : micro parcelle traitée.

T0 : micro parcelle non traitée.

T.Max : température maximale.

T.Min : température minimale.

Tmoy : Température moyenne.

TMM : Température moyenne mensuelle.

Introduction Générale

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole et sont considérées comme une principale source de nutrition humaine et animale [Slama *et al.*, 2005]. En Algérie, la céréaliculture demeure le pivot de l'agriculture, c'est une filière stratégique et représente un poids considérable dans l'économie agricole. Dans les régions semi-arides à vocation céréalière telle la zone de Beni Slimane la céréaliculture est pratique dans un système basé sur la conduite pluviale et un système biennal (jachère/céréales).

Le blé dur (Triticum durum Desf.) constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Produire plus de céréales est devenue une question préoccupante pour l'Algérie, dont les besoins d'une population en pleine croissance, sont estimées à plus 111 million de quintaux vers l'an 2020 [Hervieu *et al.*, 2006]

Le blé dur, comme tout organisme vivant, est influencée durant toute sa vie par les conditions environnementales du milieu. En lui assurant soit un environnement favorable à la croissance et au développement, soit la soumettre à des facteurs de stress de type abiotiques ou biotiques qui vont affecter la croissance et le rendement et peuvent être à l'origine de leur mort. Les stress de type biotiques sont dus à l'interaction de la plante avec d'autres agents agresseurs ou organismes comme les insectes, les champignons, les nématodes, les bactéries, les virus et les viroïdes.

Cette espèce est susceptible d'être attaqués par des microorganismes cryptogamiques au niveau des racines, des tiges, des feuilles et des épis. Elles peuvent occasionner des pertes substantielles aussi bien en rendement jusqu'à 30% [Eyal *et al.*, 1987], qu'en qualité des grains par la présence de mycotoxines [Duvivier *et al.*, 2014]. Selon Eyal et al (1987) le développement de ces maladies est favorisé par les méthodes culturales pratiquées telles que, la monoculture intensive, les débris et les restes des cultures, ainsi que les variétés sensibles. C'est pour cette raison que le problème posé dans la dernière décennie est la présence des variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) caractérisées par une forte productivité mais aussi par un mauvais comportement vis-à-vis les maladies surtout fongiques.

C'est dans ce contexte, que le présent travail vise à étudier d'une part la présence et l'évolution des maladies cryptogamiques dans la région semi-aride de Béni Slimane, sur cinq parmi

les variétés de blé dur les plus cultivées dans la région et en Algérie et d'autre part à évaluer leur effet sur la croissance de cette espèce, ainsi le rendement grain et ses composantes.

Chapitre 1

Revue bibliographique :

1.1 La culture de blé dur :

1.1.1 Importance et situation de la culture du blé dur (Triticum durum Desf.) :

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale. Le blé est à la base de la nourriture de l'homme depuis la naissance de l'agriculture [Slama *et al.*, 2005].

Dans le monde :

Le blé dur cultivé sur 10% des superficies réservées aux céréales (blé dur, blé tendre, riz et maïs) [Karrou, 2000]. Quoique le blé tendre (Triticum aestivum L.), le maïs (Zea mays L) et le riz (Oryza sativa L.) soient les céréales les plus produites à travers le monde, il n'en demeure pas moins que le blé dur (Triticum durum Desf.) qui occupe une place importante dans certaines régions du monde, notamment les zones semi-arides dont le climat est de type méditerranéen [Pena & Pfeiffer, 2005]. Comme (Algérie, Maroc, Espagne, France, Italie, Grèce, Syrie) et autre pays du globe comme le Kazakhstan, l'Ethiopie, l'Argentine, le Chili, la Russie, le Mexique et le Canada [Ammar *et al.*, 2008]. La superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur est estime à 8 millions d'hectares, pour une production annuelle moyenne de 37.9 millions de tonnes, (une moyennes de la période 2006-2010) [Obonyo, 2011].

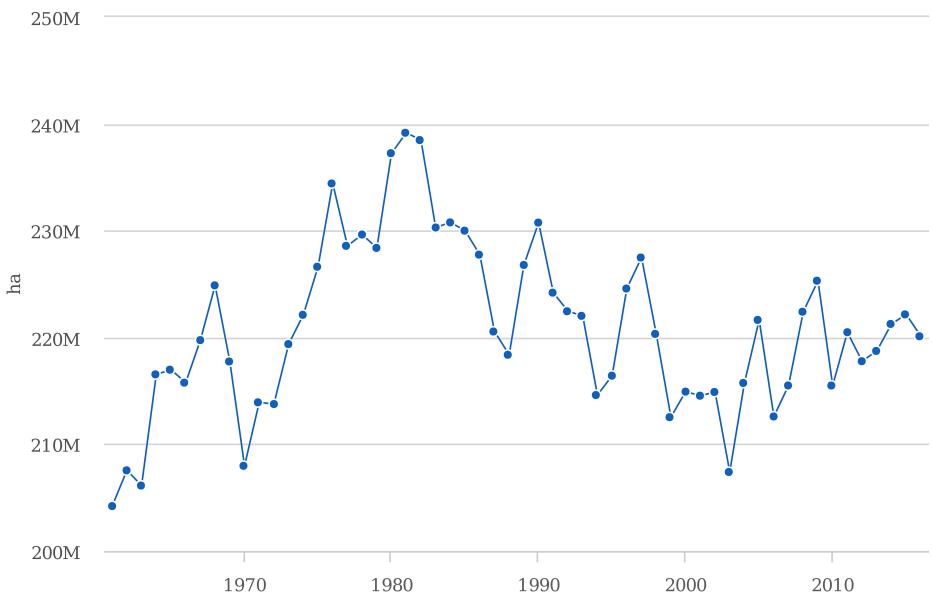


FIGURE 1.1 – Evolution de la superficie de blé récolté dans le monde[Faostat, 2018].

La superficie de blé récolté dans le monde a témoigné une progression dès les années 1960 qui a atteint un pic de 239 million d'hectare en 1981, suivi d'une régression qui touche une moyenne de 219.9 million d'hectare dans les dix derniers années (2007-2016).

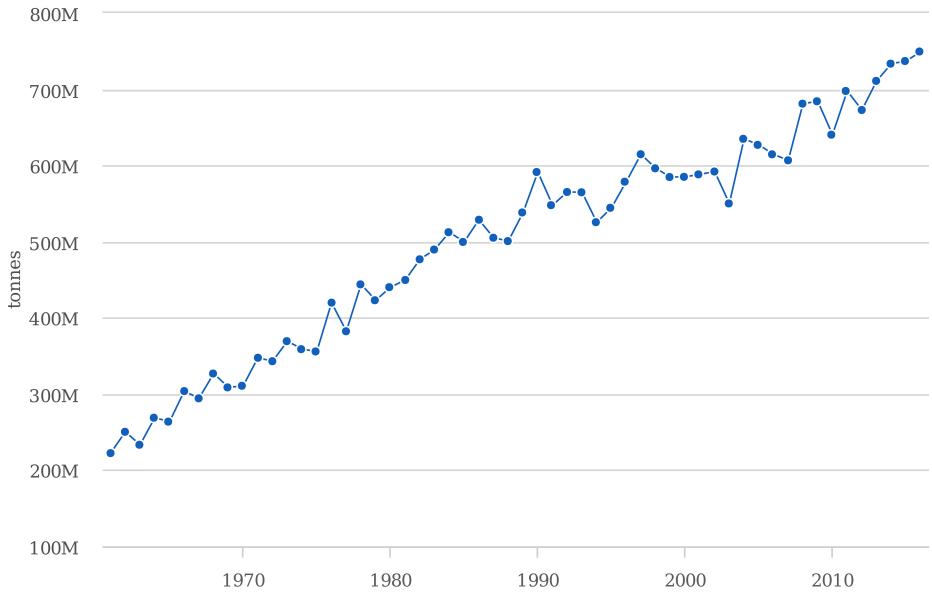


FIGURE 1.2 – Evolution de la production de blé dans le monde [Faostat, 2018].

Contrairement aux superficies de différentes espèces de blé récoltés, la production mondiale

en grain de cette culture est en progression depuis les années 1960s avec un pic en 2017 et qui va poursuivre cette évolution dans les années qui suivent selon les prévisions effectuées.

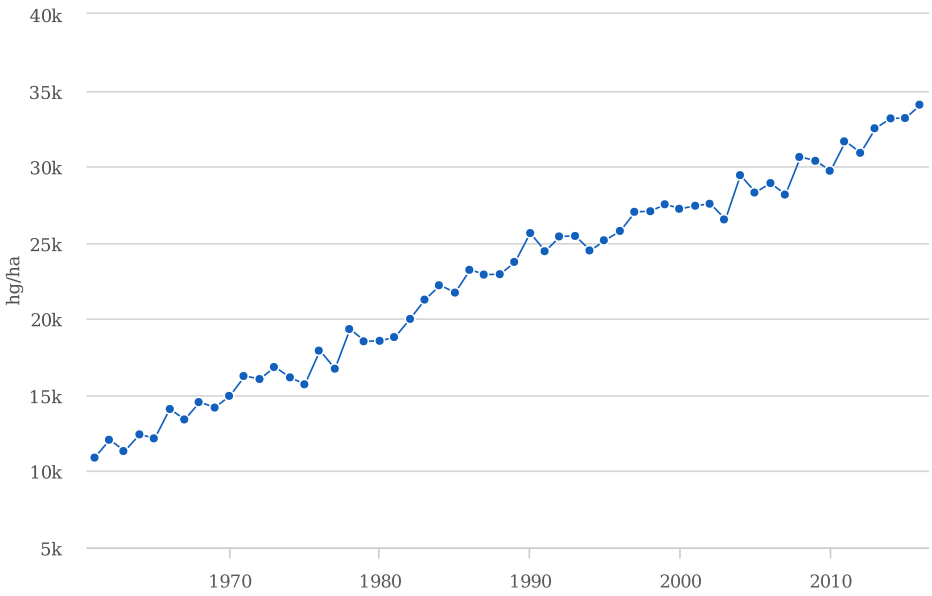


FIGURE 1.3 – Evolution du rendement des blés dans le monde [Faostat, 2018].

Le rendement moyen mondiale des blés récoltés est proportionnellement lié à la production mondiale, qui ne cesse pas de progresser depuis les années 1960s avec un pic en 2017 et qui va poursuivre cette évolution dans les années qui suivent selon les prévisions effectues, à cause de l'intensification de la culture et l'application des différentes techniques appropriées.

En Algérie :

Sur les 238 millions d'hectares du territoire algérien, 7,46 millions d'hectares représentent la surface agricole utile (SAU) [Faostat, 2018]. Qui se répartissent en cultures pérennes (7% de la SAU) et en terres labourables (93% de la SAU), [Nedjoum, 2003] dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne. La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 50,42% des terres labourées [Kadi *et al.*, 2010]. Sur plus de 75% de la SAU, la pluviométrie reste une contrainte importante pour le développement des cultures [Nedjoum, 2003].

Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne elles constituent la consommation de base qui est estimée à environ 228 kg par habitant et par an pour les céréales [Djennadi *et al.*, 2010].

Elles occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie natio-

nale [Djermoun, 2009]. Les principales espèces utilisées pour la consommation humaine sont Triticum aestivum (blé tendre), qui est principalement utilisée pour les produits de boulangerie, et Triticum durum Desf (blé dur) utilisée pour la production des pâtes dans le bassin méditerranéen [Peña, 2002] et les principaux plats traditionnels, ou le blé dur est la céréale la plus consommée en Algérie [Rachedi, 2003].

La denrée alimentaire à base de blé dur fournit 60 % des calories dans la ration alimentaire journalière et 62% des apports protéiques journaliers [Smadhi *et al.*, 2009]. Le blé représentait 88% des céréales consommées [Padilla, 2000]. Ces raisons confèrent aux céréales le statut du culture stratégique en Algérie [Smadhi *et al.*, 2009].

Les superficies : La céréaliculture est pratiquée sur une vaste aire géographique, au relief relativement accidenté. Cette superficie est constituée de plaines, de plateaux et de chaînes de montagnes au climat très variable qui va du subhumide à l'aride supérieur, avec une présense plus importante dans la frange pluviométrique des 300-400 mm [Feliachi, 2000]. Donc nous pouvons confirmer que la culture de blé en Algérie est fortement tributaire des eaux de pluie [Chehat, 2006].

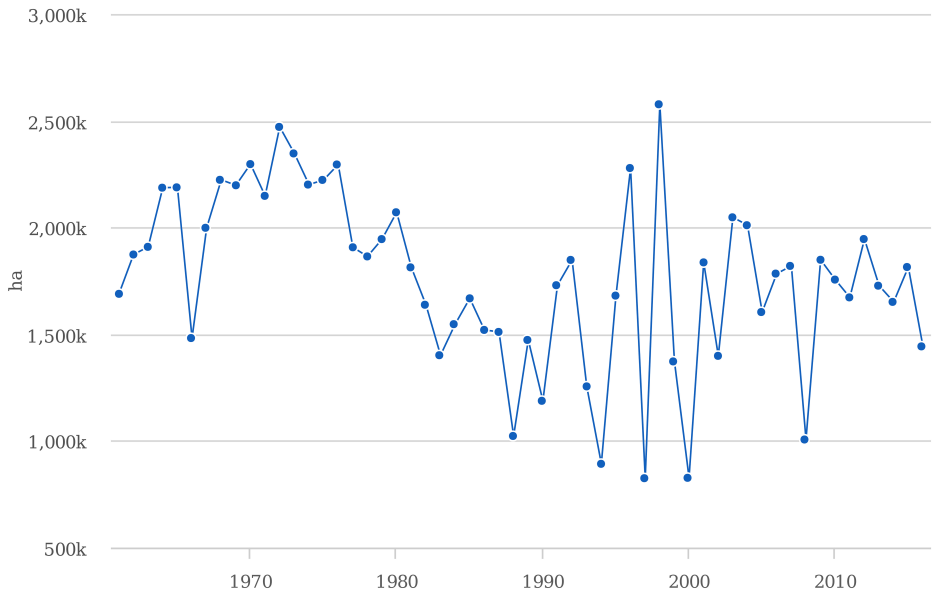


FIGURE 1.4 – Évolution de la superficie de blé récolté en Algérie [Faostat, 2018].

Les superficies de blé récolté en Algérie est très fluctuante, entre une marge inferieur de 1.48 Million d'hectare et une autre supérieure de 2.29 Million d'hectare. Avec une diminution dans les derniers dix ans d'une valeur de 1.68 Million d'hectare en 2006 à 1.44 Million d'hectare en 2016.

Les besoins et la production : La production céréalière est faible par rapport aux besoins du pays qui sont estimés à environ 8 millions de tonnes par an [OAIC, 2013], cette situation est due à plusieurs contraintes [Belaid, 1987].

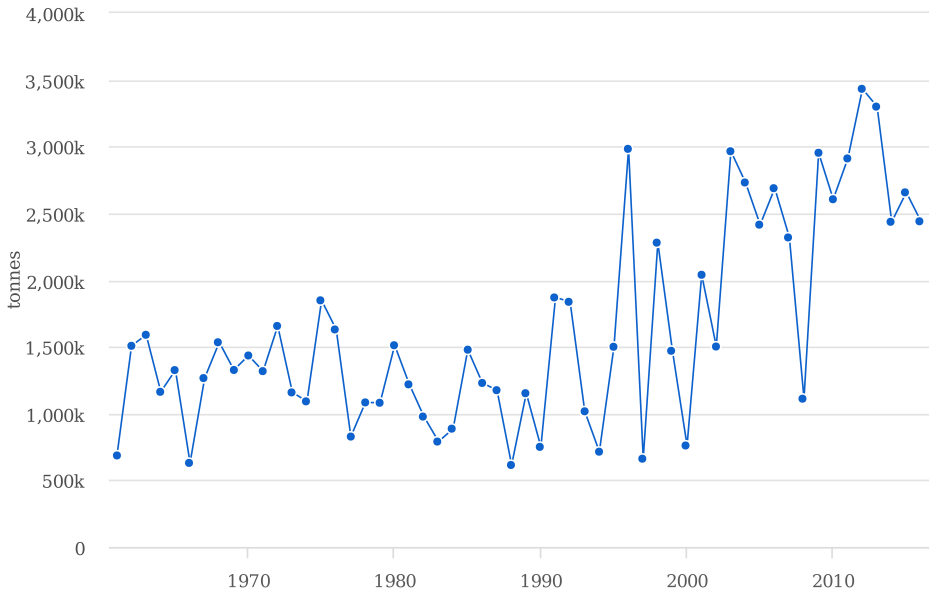


FIGURE 1.5 – Évolution de la production des blés en Algérie [Faostat, 2018].

La production moyenne des blés durant les derniers dix ans est de 2.61 Million de tonne de 2007 à 2016, qui engendre des déficits de 70 % relativement aux besoins du pays et se distingue par des variations interannuelles marquées [Faostat, 2018].

Elle est extrêmement fluctuante et caractérisée par l'extrême variabilité du volume des récoltes, car elle reste sous l'étroite dépendance des conditions climatiques mais cela démontre aussi de l'insuffisante maîtrise de cette culture [Djaouti, 2010].

Le rendement : Pour couvrir les besoins de la population, le pays a recours aux importations massives et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique [Chellali, 2007]. Le pays importe du blé de France, du Canada, d'Allemagne, des États-Unis d'Amérique, d'Espagne et du Mexique [Faostat, 2018].

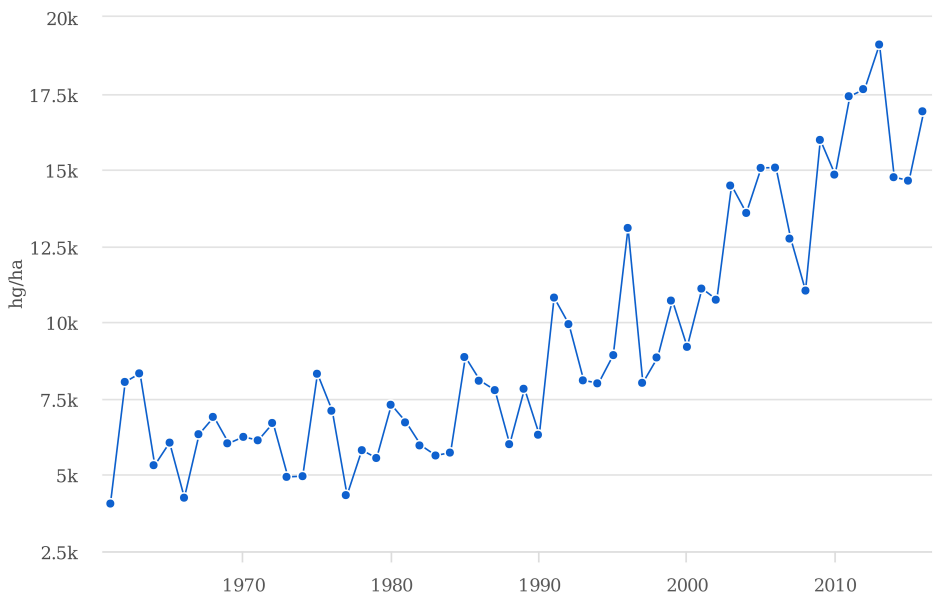


FIGURE 1.6 – Évolution de rendement de la culture de blé en Algérie [Faostat, 2018].

On trouve que ces rendements sont faible et surtout aléatoire avec une moyenne de 15.5 Qx/ha dans les deniers dix ans (2007-2016)

1.1.2 Classification botanique et origine :

Classification :

Le blé est une plante annuelle, autogame et monocotylédone qui appartient au genre Triticum. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments [Feillet, 2000]. Le genre Triticum appartient à la tribu des Triticées au sein de la famille des Poacées qui comprend plus de 10000 espèces différentes [Mac Key, 2005] et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones [Bolot *et al.*, 2009]. Plusieurs espèces de ploïdie différentes sont regroupées dans le genre Triticum qui est un exemple classique d'allopolyploïdie, dont les génomes homéologues dérivent de l'hybridation interspécifique appartenant à la même famille [Levy & Feldman, 2002].

Tableau 1.1 – Le blé dur obéit à la classification suivante [Prat, 1960, Crêté, 1965, Feillet, 2000]

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Commélinifloralés
Famille	Gramineae
Tribu	Triticeae
Sous tribu	Triticinae
Genre	Triticum
Espèce	Triticum durum Desf

Origine géographique :

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme depuis plus de 7000 à 10000 ans, dans la zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran [Croston & Williams, 1981]. A partir de cette zone d'origine (le moyen orient), l'espèce s'est différenciée dans trois centre secondaire : le bassin occidental, la méditerranée et le sud de l'ex URSS [Grignac, 1978]. Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes des variétés botaniques aux caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques particulières [Demarly & Chalbi, 1991]. L'Afrique du nord est considérée comme un centre secondaire de diversification de l'espèce, les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs [Ayed *et al.*, 2010].

Origine génétique :

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée, il est acquis que le génome A provient de Triticum Monococcum (génome Am Am) [Mckey, 1968] ou Triticum Urartu (génome AA), le génome B d'un Aegilops (bicornis, speltoides, longissima ou searsii) et le génome D d'Aegilops squarrosa (également dénommé T. tauschii) [Huang *et al.*, 2002]. Le croisement naturel T. monococcum ×Aegilops (porteur du génome B) a permet l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (T. turgidum ssp. dicoccoides) qui a ensuite progressivement évolué vers T. turgidum ssp. dicoccum puis vers T. durum (blé dur cultivé) [Feillet, 2000]. Le croisement entre l'espèce T. durum de constitution génomique AABB et l'Aegilops tauschii de constitution génomique DD, donna naissance à l'espèce T. aestivum de constitution génomique AABBDD (Figure 1.7) [Feldman & Sears, 1981, Shewry, 2009].

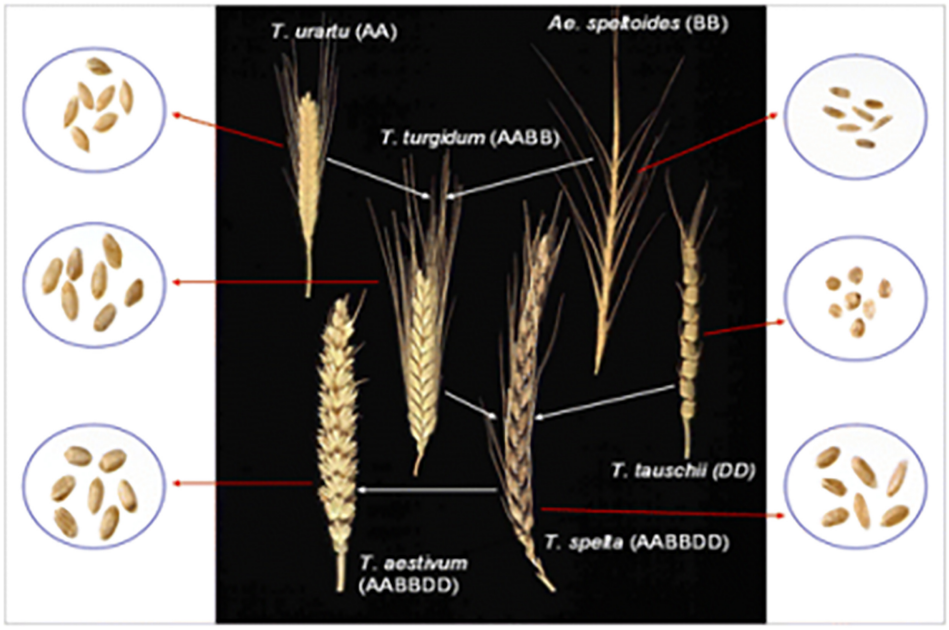


FIGURE 1.7 – Phylogénie de blé [Shewry, 2009].

Des études ultérieures de cytogénétique mirent en évidence que les différents blés formaient une série allopolyploïde avec X = 7 [Feldman, 1995]. Des observations cytologiques plus fines, réalisées afin de classer les chromosomes des 3 espèces ont conduit à établir les 3 caryotypes suivants (Figure 1.8) [Jean-Claude Hervé, 1999] :

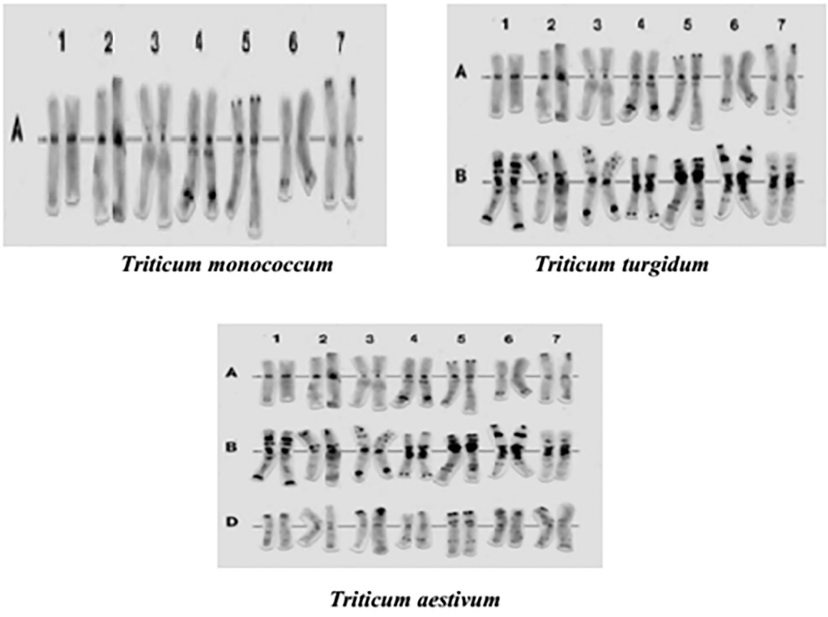


FIGURE 1.8 – Caryotypes de trois espèces de blé [Jean-Claude Hervé, 1999].

Le Blé dur (T. turgidum ssp. durum Desf.) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain [Mckey, 1968] est un allotétraploïde (2n = 4x = 28, AABB) [Huang *et al.*, 2002]. L'allopolyploïdie se caractérise par un appareillement bivalent et une transmission disomique, en effet, l'appareillement à la méiose se produit entre les chromosomes véritablement homologues et très rarement entre les homoéologues[Mac Key, 2005]. L'appareillement bivalent est déterminé principalement par un gène suppresseur majeur, Ph1, situé sur le chromosome 5BL [Kimber & Sears, 1987]. Les blés tétraploïdes forment deux groupes, le groupe de l'amidonnier (Triticum turgidum ssp. Dicoccoides, génome AABB, 2n = 28) et le groupe Timopheevi (2n = 28, AAGG), dont la culture est actuellement limitée à l'Arménie et la Transcaucasie [Bozzini, 1988].

1.1.3 Caractéristiques morphologiques et physiologiques :

L'appareil végétatif est constitué de deux parties, l'une aérienne et l'autre radiculaire.

Le système racinaire :

L'appareil radiculaire, chez le blé est formé de deux systèmes radiculaires successifs, un système séminal dont les racines fonctionnent de la germination au début tallage [Grignac, 1965], il est constitué d'une racine principale ne restant pas longtemps fonctionnelle [Belaid, 1987, Soltner, 2005]. Ce système est secondé par le système racinaire adventif de type fasciculé et assez développé, qui assure la nutrition de la plante pendant la période active [Grignac, 1965].

Le système aérien :

Le système aérien est formé de :

La tige et les feuilles : La tige ou chaume est constituée de quelques nœuds ou zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds et servent comme point d'attache des feuilles alternées [Jouve & Daoudi, 1984], à nervures parallèles [Belaid, 1987, Soltner, 2005], comportant chacune une portion supérieure et une portion inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine [Jouve & Daoudi, 1984]. Au point d'attache de la gaine de la feuille (limbe) se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) [Bozzini, 1988].

L'inflorescence : Les fleurs sont regroupées en inflorescence correspondant à l'épi dont l'unité morphologique de base est l'épillet [Gate, 1995]. les epillets sont portés en deux rangés situés de part et d'autre du rachis, ou axe de l'épi [Soltner, 2005]. L'épillet regroupe trois à quatre fleurs à l'intérieur de deux glumes, chaque fleur est dépourvue de pétales, entourée de deux glumelles, elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est

dite cléïstogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur [Bogard, 2011], et l'autofécondation a lieu à l'intérieur des glumelles, de ce fait (autogamie), la conservation de la pureté variétale sera parfaite d'une génération à l'autre [Soltner, 2005]. Les glumes et les glumelles sont éliminées au moment du battage pour libérer le grain [Bogard, 2011].

Le grain : Le grain est un caryopse ou fruit sec indéhiscent dont les parois sont soudées à celles de la graine [Belaid, 1987, Soltner, 2005]. Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé de 65% d'amidon, 15% de protéines, de 15% d'eau et de divers micro éléments comme le Fe, Zn, les acides gras et les vitamines [Bogard, 2011]..

le grain de blé comporte trois parties distinctes [Bozzini, 1988]. :

Le germe : Riche en lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux ; il représente environ 3% du grain.

Les enveloppes : Elles sont constituées par le péricarpe, le tégument séminal et l'assise protéique. Ils représentent 13 à 15% du poids du grain. Le péricarpe et le tégument séminal sont essentiellement composés de cellulose et de matières minérales. L'assise protéique est riche en lipides, protéines, matières minérales et vitamines.

L'amande : Qui donne la semoule caractéristique du blé, représente 82 à 85% du poids du grain. Elle est composée essentiellement d'amidon, de 10 à 12% de protéines et d'une faible proportion de matières minérales et de vitamines.

1.1.4 Le cycle biologique de la culture du blé :

Le blé possède un cycle biologique annuel réparti en périodes végétative et reproductrice [Soltner, 1982]. Et pour Morris la maturation constitue une troisième période [Morris, 2002].

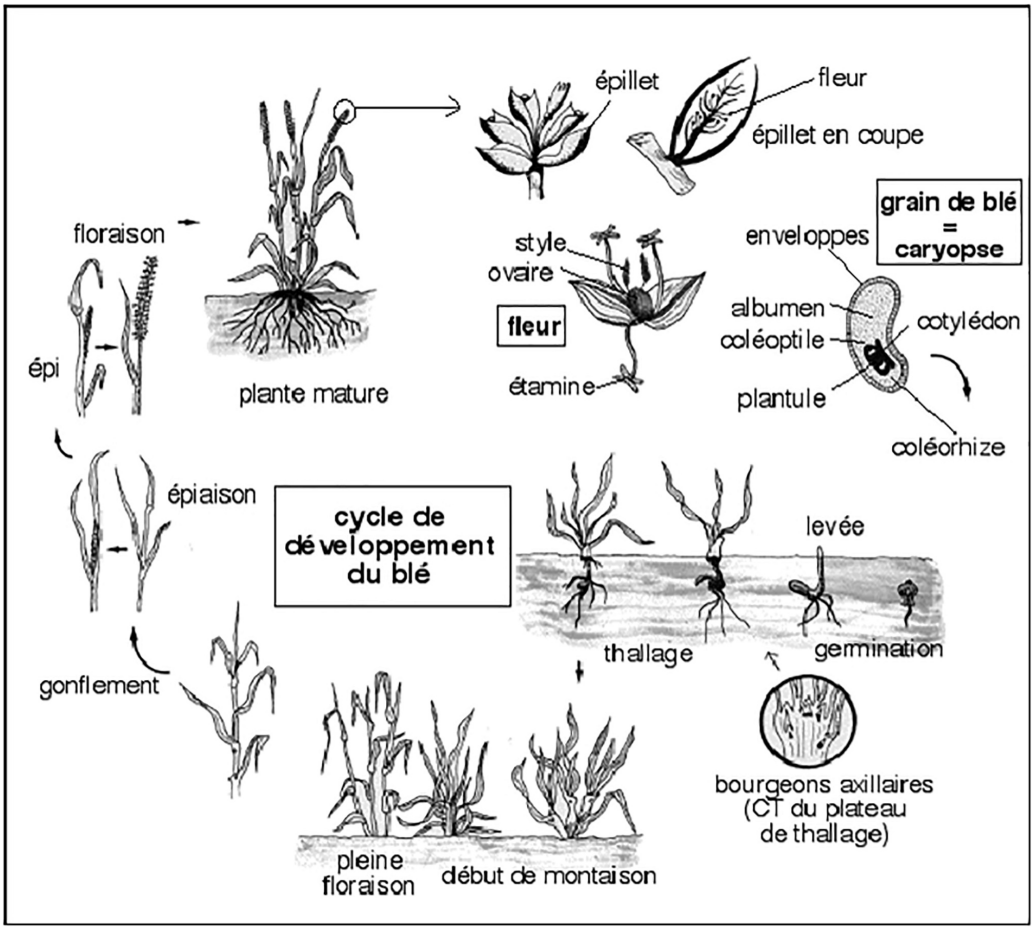


FIGURE 1.9 – Les différents stades de développement du blé [Sourour *et al.*, 2010].

La période végétative :

La première période végétative (ou des feuilles) débute de la germination à la fin du tallage. et au cours de cette période que la plante produit des feuilles et des racines [Bozzini, 1988].

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et se divise en deux phases :

Phase germination-levée : Le stade végétatif de la levée est noté lorsque 50 % des plantes émergent de terre [Sourour *et al.*, 2010]. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque le déchaussage [El Hafid *et al.*, 1998]. La germination du grain de blé commence quand il a absorbé environ 25% de son poids d'eau. La racine principale, couverte d'une légère enveloppe ou coléorhize, apparaît de même que le coléoptile recouvrant la gemmule, il perce la couche superficielle du sol, percé à son tour par la première feuille [Grandcourt & Prats, 1970].

La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol [Gate, 1995]. Durant

la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine, les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité [Éliard *et al.*, 1979]. Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant. En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses [Masle-Meynard, 1980]. De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination-levée [Evans & Rawson, 1970].

La phase de tallage : Le tallage est un mode de développement propre aux graminées [Grandcourt & Prats, 1971]. Le stade début tallage est repéré dès que la plante possède trois à quatre feuilles et une tige sur le maitre brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée [Gate, 1995]. Le tallage qui commence pendent cette phase est un simple processus de ramification [Soltner, 1982]. Par la suite de nouvelles racines sortent de la base du plateau de tallage : ce sont les racines secondaires, les racines primaires deviennent inactives [Grandcourt & Prats, 1971].

L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du maître brin, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis [Masle-Meynard, 1980]. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles [Austin & Jones, 1975]. La fin du tallage herbacé représente la fin de la période végétative et s'arrête dès l'évolution de l'apex, de la formation d'ébauches de feuilles à celle d'ébauches florales (futurs épillets) [Gate, 1995].

La période reproductrice :

Elle est caractérisée essentiellement par le passage de l'apex ou bourgeon terminal de la période végétative à une ébauche d'inflorescence (ébauche épi), La période reproductrice (ou des tiges) s'étend du redressement à la fécondation [Soltner, 1987].

Elle se caractérise par la formation et la croissance de l'épi et s'étend du stade épi-1cm, montaison au stade de la floraison [Grandcourt & Prats, 1970].

Phase montaison : La phase du tallage herbacée est suivie par le stade montaison qui débute dès que l'épi du maitre brin atteint une longueur de 1 cm, mesurée à partir de la base de la couronne ou plateau de tallage [Fisher *et al.*, 1999]. Elle se distingue par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales et comprend la formation et la croissance de l'épi [Grandcourt & Prats, 1970].

La montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé, tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface [Baldy, 1984]. La phase de montaison se termine une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle, ce qui correspond au stage gonflement [Bahlouli *et al.*, 2005].

Phase d'épiaison et de fécondation : Elle est marquée par la méiose pollinique, l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille [Gate, 1995]. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation [Soltner, 1982]. La vitesse de croissance de la plante est maximale, cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi [Soltner, 1982, Masle-Meynard, 1980].

L'épiaison se caractérise par l'émission de l'épi hors de la gaine de la feuille étendard. Les épis sortis de leur gaine, fleurissent, généralement, 4 à 8 jours après l'épiaison. Le nombrede grains par épi est fixé, à ce stade [Bozzini, 1988]. C'est au cours de cette période que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation. La floraison est caractérisée par l'apparition des étamines sur l'épi [Masle-Meynard, 1980]. Les températures élevées et la sécheresse au cours de l'épiaison et de la floraison peuvent réduire la viabilité du pollen et ainsi réduire le nombre de grain [Herbek & Lee, 2009].

La période de maturation :

Morris rappelle que La troisième période de formation et de maturation des grains est repérée de la fécondation à la maturation complète du grain. Elle est caractérisée par l'élongation du dernier entre-nœud qui élève l'épi au dessus de la dernière feuille.. Pendant la phase de formation et de maturation du grain, il n'y a plus de croissance des feuilles et des tiges. Le produit de l'activité photosynthétique est entièrement dirigé vers le grain qui grossit, met en place ses enveloppes et accumule des éléments carbonés et azotés. Les glucides proviennent de l'activité photosynthétique des feuilles encore vertes (les dernières sorties) et constituent l'amidon du grain. Les acides aminés proviennent de la migration des réserves azotées accumulées dans les parties végétatives (feuilles, tiges, épis) et constituent les protéines du grain [Morris, 2002].

Au cours de cette période marqué par une photosynthèse intense pour l'élaboration des substances de réserve et qui correspond à la formation de la dernière composante constitutive du rendement qui est le poids de 1000 grains, le grain passe par trois stades consécutifs : laiteux, pâteux et grain mûr. Entre les stades laiteux et pâteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable ; c'est le palier hydrique, phase critique du remplissage du grain, où un desséchement prématuré de la plante peut bloquer la migration des réserves et provoquer un "échaudage"

dugrain [Robert *et al.*, 1993]. Qui peut être provoquer par Les fortes températures au cours de cette période [Wardlaw, 2002].

le grain passe progressivement aux stades «rayable à l'ongle» (20 % d'humidité) puis, «cassant sous la dent» (15-16 % d'humidité) [Gate, 1995].

1.1.5 Les exigences de la culture du blé dur :

Le blé dur (Triticum durum Desf.) n'a pas les mêmes exigences que le blé tendre. Il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité. Les principaux facteurs influant la culture et le développement du blé sont la température, la lumière, l'eau et le sol [Soltner, 1987].

Les exigences pédologiques :

L'alimentation hydrique d'une plante ou d'un couvert végétal est gouvernée par les relations sol-plante fondées sur les caractéristiques du sol et des plantes. Le sol est le support de la végétation, son garde-manger et son réservoir en eau [Girard *et al.*, 2005].

Les sols qui conviennent mieux à la production du blé dur sont ceux qui sont bien aérés, bien drainés, profonds et comportent au moins 0.5 % de la matière organique, et à intervalle de pH de 5.5 à 7.5 ; le blé dur est sensible à la salinité, les sols légers et acides, ne sont pas recommandées pour le blé dur [Novak *et al.*, 2006]. Chez les céréales il existe un lien entre le rendement, la quantité en protéines des grains et la quantité d'azote dans le sol [Recous & Machet, 1999]. Parmi les exigences du blé dur en sol est l'azote assimilable nécessaire pour un bon rendement en grain [Whitmore, 2000].

Le blé dur peut être cultivé dans toutes les régions et exige une terre bien drainante mais pas trop sujette au stress hydrique surtout pendant la période de l'accumulation des réserves dans le grain [Clément *et al.*, 1981]. La mise en place de la culture de blé dur sur des terres qui se ressuyant males, favorise l'infestation par les maladies cryptogamiques telles que le piétin et les fusarioses [Girard *et al.*, 2005].

Soltner détermine trois caractéristiques pour une bonne terre à blés [Soltner, 2005] :

- une texture fine, limono-argileuse qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact et portant une bonne nutrition.

- une structure stable qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver.

- une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux rendements élevés.

Les exigences en eau :

L'eau est un facteur environnemental qui influence la quasi-totalité des réactions physiologiques des végétaux, constitue le véhicule des éléments nutritifs et assure les réactions métabo-

liques. C'est le principal constituants des végétaux, avec 60% à 80% de leur poids de matière fraîche [Catell, 2006].

L'eau est le principal facteur limitant la croissance et le remplissage des grains de céréales dans des conditions semi-arides [Fischer, 1981]. Et cela dès la germination [Giunta *et al.*, 1993]. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison [Masle-Meynard, 1981].

Les besoins en eau augmentent graduellement, ils sont faibles pendant l'installation de la plante, peuvent s'accroître jusqu'à atteindre un maximum en moyenne au mois de Mai et diminuent jusqu'au stade fin maturité d'où La sensibilité au stress hydrique est importante du stade deux nœuds au stade grain laiteux avec une phase cruciale au moment de l'épiaison et de la floraison [Smadhi *et al.*, 2009].

Les besoins en eau de la culture varient de 450 à 650 mm [Baldy, 1974]. Et dépendent des conditions climatiques, de la nature du sol et aussi des stades critiques au déficit hydrique [Boulal *et al.*, 2007].

Les exigences en température :

La température est l'élément du climat le plus important étant donnéque tous les processus métaboliques en dépendent et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère [Ramade, 2009]. Elle dépend de la nébulosité, la latitude, l'exposition et la présence d'une masse végétale en place (les végétaux amortissant les variations de température) [Faurie *et al.*, 2003].

Le blé à un zéro de végétation très bas, a un zéro degré centigrade, mais ses exigences globales en chaleur sont assez importantes [Prat, 1960]. Sa température optimale de croissance se situe entre 15 et 22 °C [Araus *et al.*, 2003].

Une température supérieure à 0°C est exigée pour la germination, le gel printanier affecte la formation de l'épi, la floraison ne peut débuter que si la température dépasse 14 °C et elle est optimale à 16.5 °C, la maturation est optimale autour de 20 °C [Bouzerzour, 1998].

Ces exigences sont variables selon les génotypes, les campagnes agricoles et les caractéristiques environnementales [Araus *et al.*, 2003].

Le blé dur (Triticum durum Desf.) se montre particulièrement résistant aux températures élevées au cours de la montaison, il s'en distingue par une grande sensibilité au froid. Des dégâts ont été observés sur les feuilles à partir de 8°C). Mais un stress thermique et des hautes températures au cours de la période de remplissage du grain, comme cela se produit souvent dans des conditions méditerranéennes, réduit le poids moyen des grains [Oweis *et al.*, 2000, Rajaram *et al.*, 2002].

Les exigences en éléments minéraux :

Le raisonnement de la fertilisation doit tenir compte des exigences de la plante et de la disponibilité de l'élément dans le sol, les besoins de la culture en éléments nutritifs varient selon les potentialités des cultures, l'historique du champ, la séquence des cultures, la date de semis, la saison, l'emplacement, et les conditions de la croissance [Timsina & Connor, 2001].

Les besoins en azote (N) : L'azote (N) est un élément nutritif majeur influençant le rendement grain et la concentration en protéines, il est obtenu par les plantes et de l'azote résiduel dans le sol, d'azote libéré par la décomposition de la matière organique et des engrais appliqués [Gauer *et al.*, 1992, Ehdaie & Waines, 2001].

Les carences en N provoquent un ralentissement, voire un arrêt de la croissance des plantes, au niveau du feuillage, le symptôme de la carence azotée est la chlorose [Urban & Urban, 2010]. Le rendement en matière sèche, dépend de la consommation d'eau et d'azote [Ercoli *et al.*, 2008].

Les besoins en phosphore (P) : Le phosphore (P) constitue une contrainte majeure à la croissance de la plante dans de nombreux sols [Hinsinger, 2001]. Le phosphore affecte le nombre de grain et le rendement du blé [Elliott *et al.*, 1997], sa déficience déprime le tallage, réduit le nombre et la superficie des feuilles par plante [Batten, 1992, Prystupa *et al.*, 2004].

Les besoins en potassium (K) : Le potassium (K) joue un rôle très important dans la santé des plantes, cet élément est repris à partir du sol par les racines sous la forme d'ions de potassium (K+). Une fonction probable du potassium est dans la synthèse de polypeptides dans les ribosomes, vue la concentration élevée en K + que necessite cet fonction synthétique [Wyn Jones & Pollard, 1983].

Le potassium est également repris par un taux maximal par rapport à d'autres nutriments essentiels par un nombre trés importantes de cultures vivrières. La synthèse de l'amidon ainsi que celle des protéines est également affectée par des carences en K [Fageria, 2012].

Les besoins en N, P, et K pour produire un quintal de grain par un hectare sont les suivants [Schvartz *et al.*, 2005] :

Azote (N) : 3.5 Kg.

Phosphore(P_2O5) : 1.8 Kg.

Potassium (K_2O) : 1.8 Kg.

Les exigences en lumière :

Le blé est une plante de jour long, une période de 12 à 14 heures qui varie en fonction l'espèce et la variété ; est nécessaire pour permettre le démarrage de la phase reproductrice. L'éclairement optimal garantit un bon tallage. Un abaissement de l'éclairement provoque une

diminution en glucides et un accroissement à la sensibilité à la verse [Schvartz *et al.*, 2005]. La lumière est la source d'énergie qui permet à la plante de décomposer le CO2 atmosphérique pour en assimiler le carbone et réaliser la photosynthèse des glucides. La lumière est donc un facteur climatique essentiel qui agit directement sur l'intensité de la photosynthèse [Soltner, 2005].

1.1.6 Les facteurs limitant la production du blé dur en Algerie :

Le rendement des cultures céréalières méditerranéennes en pluvial est bas et variable. Sous les conditions de production des principales zones céréalières algériennes, notamment celles des régions semi-arides, les performances de rendement de la culture de blé dur sont essentiellement limitées par l'action des stress aussi bien de nature biotiques qu'abiotiques [Lopez-Bellido *et al.*, 2000, Chennafi *et al.*, 2008, Tavakkoli & Oweis, 2004]. Parmi les stress abiotiques qui limitent le rendement de blé sont de nature climatique (gel, températures excessives et sécheresse) ou édaphique (acidité du sol entraînant une toxicité par l'aluminium ou le manganèse). De plus, les stress biotiques sont ceux causés par les organismes pathogènes. Les champignons sont les plus répandus et les plus dommageables pathogènes des cultures cultivées [Ezzahiri, 2001].

D'autres contraintes d'ordre climatique, technique, structurelle et socio-économique sont à l'origine des faibles rendements en Algérie [Amokrane, 2001] .

Facteur abiotique :

Effet de la lumière : La lumière peut devenir une source de stress par son intensité et son éclairement trop faible ou trop élevé, conduisant à des phénomènes de photosensibilisation dangereux pour la plante [Stroun *et al.*, 1959].

Effet climatiques : Les variations interannuelles de la production de blé sont dues principalement aux conditions climatiques qui varient chaque année et qui jouent un rôle dominant sur les fonctions de croissance et de développement [Gate, 1995].

La pluviométrie : En Algérie la pluviométrie est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes, la pluviométrie est globalement déficitaire, elle varie de 350 mm à 550 mm dans les zones les plus emblavées en céréales [Feliachi, 2000].

Le déficit hydrique affecte fortement la croissance et le développement de la culture, avec des effets négatives au cours des phases végétative et reproductive [Moayedi *et al.*, 2010]. Il représente le stress abiotique le plus sévère dans les conditions de productions des zones arides et semi- arides [Chennafi *et al.*, 2006].

Ce stress se traduit par une série de modification qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont

supérieurs aux quantités disponibles [Mefti *et al.*, 2001].

Ceci se répercute sur le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80 % [Chennafi *et al.*, 2006]. En effet, le déficit hydrique au stage montaison se traduit par la chute du nombre d'épis produits par chaque mètre carré, suite à la régression intense des talles et la baisse du nombre de grains par épi. Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de mille grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage [Bouthiba *et al.*, 2008].

La température : La baisse de la fertilité des épis est due aux dégâts de gel au cours des stades végétatifs allant de la montaison à l'épiaison, surtout chez les variétés précoces [Mazouz & Bouzerzour, 2006].

Les hautes températures sont parmi les facteurs importants intervenant dans la limitation des rendements [Bahlouli *et al.*, 2005]. Les temperatures supérieures à 30°C réduisent le poids final de grain et affectent aussi les organes floraux ainsi que le fonctionnement de l'appareil photosynthétique [Mazouz & Bouzerzour, 2006].

L'humidité : l'excès d'humidité a un effet néfaste sur la culture, en effet, il se manifeste par le jaunissement du blé, à partir de la fécondation, il retarde la maturation tout en rendant les tiges plus sensibles à la verse [Soltner, 2005].

Effet de contraintes techniques : La politique d'intensification nécessite un capital matériel pour mener correctement les différentes opérations de l'itinéraire technique, mais rares sont les exploitations agricoles qui possèdent un équipement agricole. La majorité des agriculteurs sont donc dans l'obligation de recourir à la location, avec parfois comme conséquence de l'impossibilité d'avoir le matériel nécessaire à temps. Par ailleurs, la majorité des agriculteurs ne maîtrisent pas suffisamment les techniques de production [Kheyar *et al.*, 2010].

Un faible taux d'utilisation des engrais, mauvais suivi des techniques culturales, utilisation des outils inadaptés et à un étalement des semis au-delà des délais techniques requise, rendant ainsi les céréales vulnérables à tout éventuel stress hydrique, notamment en fin de cycle [Omari *et al.*, 2012].

Effet de contraintes foncières et édaphique : Le statut de la terre d'une part, le morcellement et la dimension des exploitations, d'autre part, constituent des entraves aux tentatives d'amélioration de la production céréalière, 60 % des superficies se trouvant situées sur des terres peu productives et les efforts d'intensification et de mécanisation deviennent difficiles [Rachedi, 2003].

La salinité s'exprime en conductivité électrique (CE) en millimhos ou micromhos. Les Américains considèrent qu'un sol est salé lorsque la CE à 25 °C est supérieure à 4 millimhos. Le

blé tolère des valeurs de CE de 4.5 millimhos [Kaya *et al.*, 2003]. Le blé tendre semble plus tolérant au sel que le blé dur [Slama, 1986, Roudani, 1996]. La réponse à la salinité se manifeste généralement par un effet dépressif sur la croissance et le développement [Munns *et al.*, 1995].

Facteur biotique :

En absence de mesure de lutte, les pertes potentielles dues aux maladies, aux animaux ravageurs et aux plantes adventices sont estimées de 50 à 80% de la production potentielle [Faostat, 2018]. Les plantes adventices partagent le même espace que la culture, ils se servent des mêmes facteurs de lumières, éléments nutritifs et eau. Cette Concurrence entraîne une croissance rabougrie de la culture, et sont également nuisibles par l'hébergement d'animaux ravageurs et de maladies qui menacent la culture [Hoevers & Scheepens, 2007]. La compétition de la mauvaise herbe se traduit par une baisse du rendement potentiel des cultures. En Algérie, les pertes dues à la présence des mauvaises herbes dépassent 50% de la production finale [Domaradzki & Rola, 2003].

Les maladies influent sur la biomasse aérienne et sur le rendement en grain. L'affection concerne la semence ainsi que la qualité des productions. Les pertes en tonnage sont les plus immédiatement ressenties. En Algérie, la Septoriose réduit le rendement du blé tendre de 50%. Les champignons peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies [Ezzahiri, 2001].

1.2 Les maladies cryptogamiques :

1.2.1 Le triangle de la maladie :

Pour qu'une maladie d'une plante se développe, trois composantes sont nécessaires : la plante et le pathogène doivent se mettre en contact et interagir et les conditions de l'environnement doivent être favorables. Par ailleurs, chacune de ces trois composantes peut varier considérablement aboutissant à différents degrés de sévérité de la maladie. L'interaction plante hôte, pathogène et environnement est généralement considérée comme formant un triangle appelé «le triangle de la maladie» dont chaque côté représente l'une des trois composantes, si l'une des trois composantes est absente, il n'y a pas de maladie [Nasraoui, 2008].

1.2.2 Étapes de développement des maladies :

Une série d'événements plus ou moins distincts se réalisent et conduisent au développement de la maladie. Ces événements sont le contact, la pénétration, l'infection, la dissémination et la conservation du pathogène [Nasraoui, 2008].

1.2.3 Les maladies fongiques des blés les plus répandu en Algérie :

Le piétin-échaudage des céréales : Causé par le champignon Gaeumannomyces graminis, qui est surtout présent dans les sols cultivés en blé et orge, plus particulièrement sur les parcelles de monoculture [Ezzahiri, 2001].

Symptomatologie : Ce champignon entraîne [Gargouri *et al.*, 2001] :

- Un Tallage réduit.
- Tige et feuille jaune pâle.
- Épi blanc, stérile ou presque, de faible pouvoir germinatif.
- Coloration sombre des racines et à la base de la tige.
- Présence de foyers blancs dispersés dans la culture au champ (Figure 1.11).

Les racines peuvent être complètement détruites par le piétin échaudage qui remonte en bas de tige en formant un manchon noir (Figure 1.10).



FIGURE 1.10 – Manchons noirs à la base de la tige en fin de cycle [ARVALIS, 2018].



FIGURE 1.11 – Foyers blancs sur blé [ARVALIS, 2018].



FIGURE 1.12 – Infections des plantules de blé (le champignon est à l'intérieur des racines) [CROPPRO, 2014].

Cycle biologique : Le cycle biologique du champignon ne présente pas de phases aériennes, il se conserve sous forme de mycélium dans le sol sur les résidus de culture. Le mycélium pénètre dans le système racinaire et dans les vaisseaux des nouveaux semis. A l'automne, les spores sur les résidus contaminent les racines des céréales, et peuvent se propager au niveau des racines d'une plante à une autre, mais son pouvoir de dissémination est limité (quelques centimètre) [Nasraoui, 2008].

L'infection peut se propager au collet et aux gaines des feuilles intérieures, après une baisse d'activité en hiver, le champignon s'active au printemps avec le réchauffement des sols, les racines se nécrosent et noircissent et le champignon évolue vers la base des tiges qui se recouvrent d'un manchon noir, en été le champignon reprend un mode de vie saprophytique sur les racines nécrosées et la base des tiges desséchées, des points noirs contenant les ascospores s'y forment et permettent la dissémination de la maladie [Gargouri *et al.*, 2001].

Un temps humide et des températures entre 10 et 20 °C sont favorables à cette maladie, ce champignon est favorisé par les sols légers, aérés et humides, ou encore les semis précoces, leur nuisibilité est très variable. Les dégâts passent parfois inaperçus, en cas de forte attaque et de conditions séchantes, ils peuvent atteindre jusque 50 % de perte de rendement [Nasraoui, 2008].

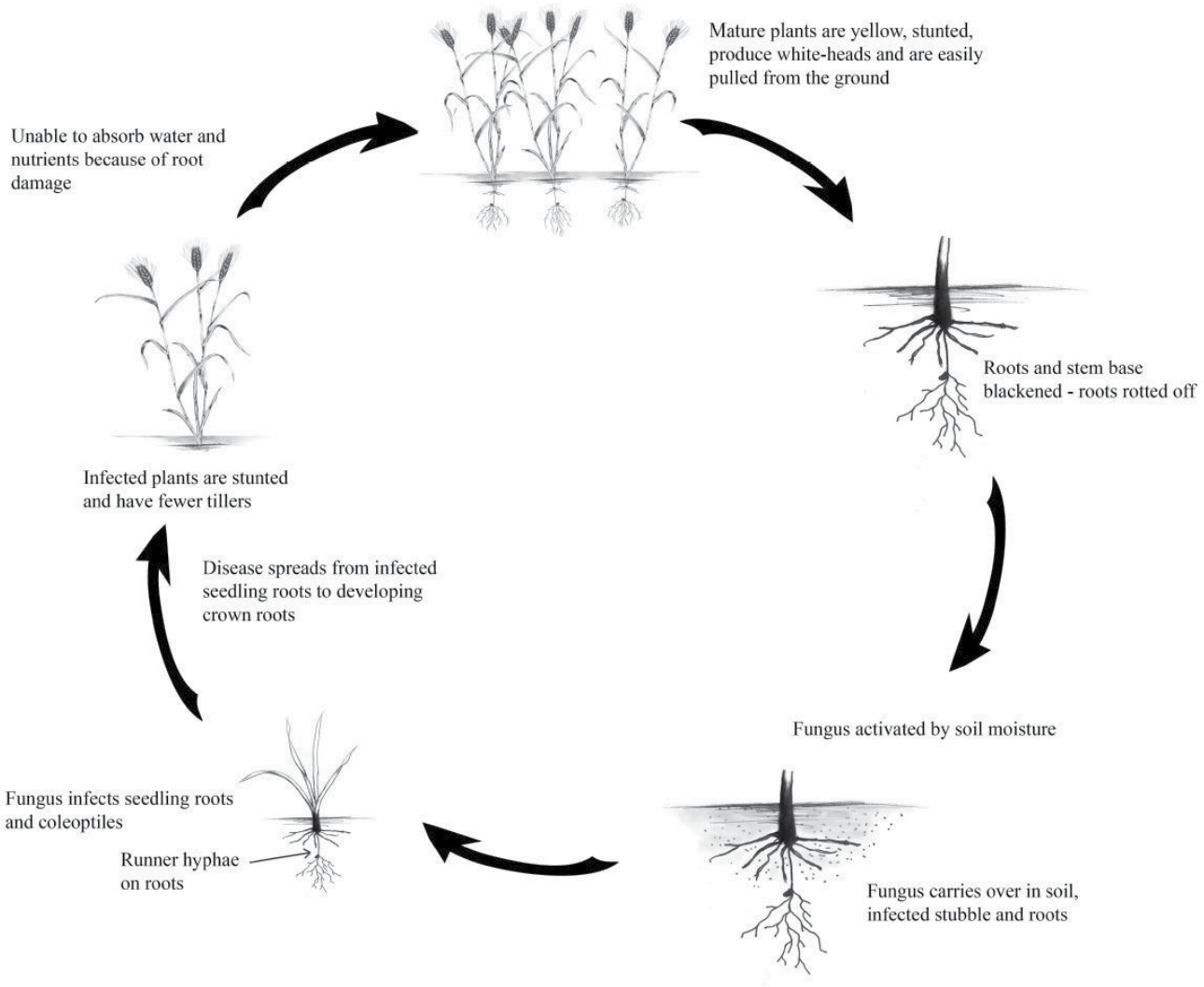


FIGURE 1.13 – Cycle de maladie de Gaeumannomyces graminis dans les céréales [CROPPRO, 2014].

Le piétin – vers : Causé par les champignons Oculimacula yallundae ou O. acuformis.

Symptomatologie : Les symptômes sont [Bouakaz & Oussaid, 2013]. :

- Brunissement de la gaine, à la base de la tige et apparition de taches allongées, brunes en périphérie.
- Taches noires, visibles sur la face interne de la gaine ou sur la deuxième gaine.
- Épis blancs disséminés au hasard dans la culture.
- Verse pouvant être provoquée par les lésions en fin de végétation.

Cette verse parasitaire est différenciée de la verse physiologique par son orientation quelconque et son apparition sous forme de foyers au niveau du champ. Par contre, la verse phy-

siologique est généralement homogène dans le champ et est orientée le plus souvent dans une seule direction correspondant à celle du vent responsable [Nasraoui, 2008].



FIGURE 1.14 – Taches à la base de tige allongées, brunes en périphérie [Bouakaz & Oussaid, 2013].

Cycle biologique : Le champignon hiverne sur le chaume, les repousses de céréales et les graminées adventices contaminés, sous forme de mycélium, attaque la céréale dès le stade levée (infection primaire) directement par le mycélium actif ou par les conidies qu'il produit sur ces chaumes. Les infections secondaires sont assurées par les conidies formées par le champignon sur la céréale en cours de végétation et disséminées par le vent et la pluie. La production des conidies est maximale lorsque la température est aux environs de 10 °C, un temps frais et humide est favorable à l'extension de la maladie, au-delà de 25 °C, l'infection ne semble plus se développer [Nasraoui, 2008].

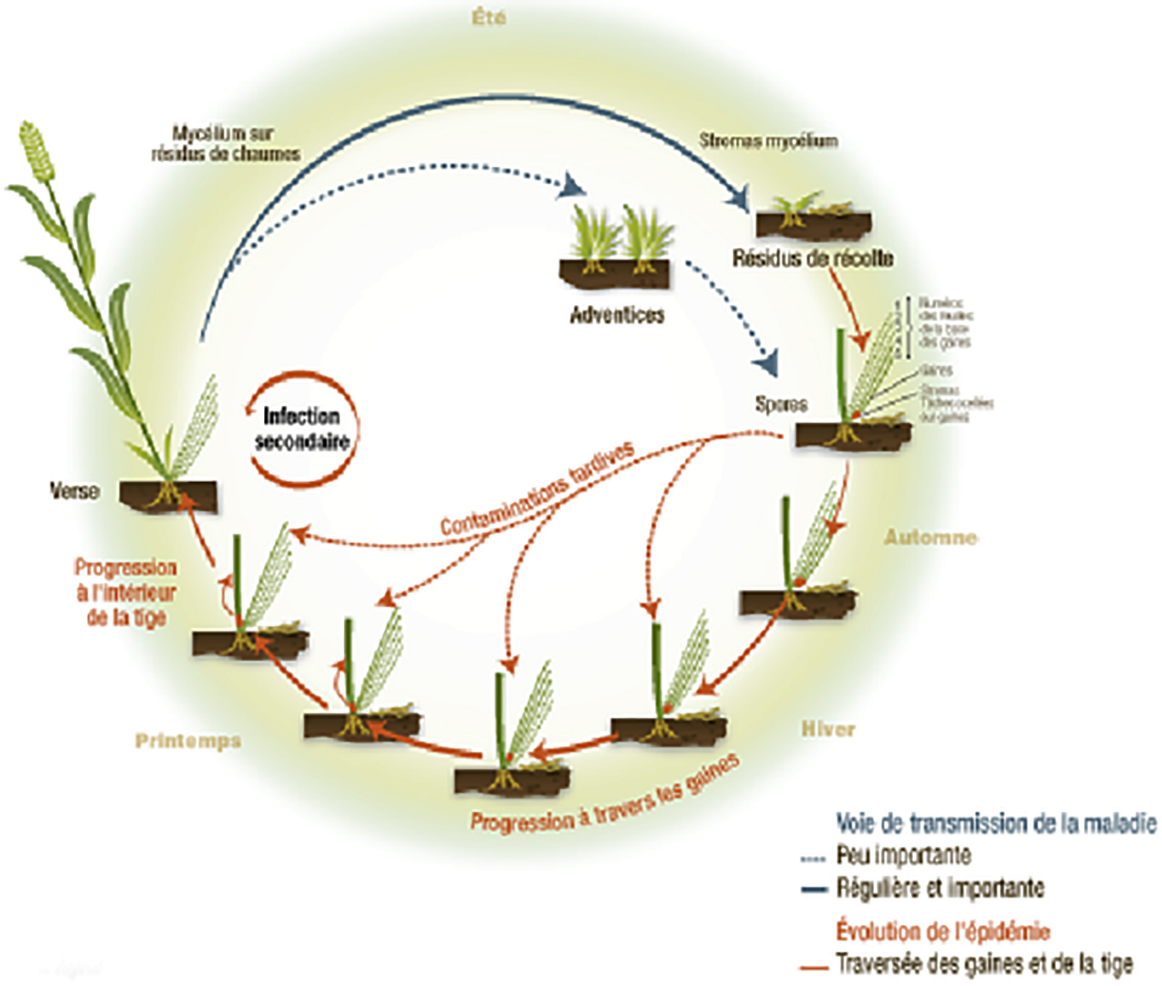


FIGURE 1.15 – Cycle biologique de la maladie de piétin–vers [CROPPRO, 2014].

La fusariose des céréales : Causé par les champignons Fusarium spp.

Symptomatologie : Observée sur blé et orge, cette maladie peut être à l'origine d'une fonte de semis où les plantules se nécrosent et meurent juste après la germination des semences ou à la levée. Elle peut aussi entraîner des attaques de type piétin caractérisées par des infections au niveau du collet et de la base des tiges associée à des pourritures racinaires (figure 1.16). Selon les espèces de Fusarium et des conditions de l'attaque, les racines, le collet et la base des tiges peuvent brunir et parfois pourrir et former à l'intérieur et au niveau du premier entre-nœud un duvet blanchâtre, blanc grisâtre ou blanc rosâtre formé par le mycélium et les sporodochies. Également, l'infection peut concerner ou non une partie ou la totalité de l'épi qui blanchit et se dessèche prématurément en formant des grains échaudés (figure 1.17). Le champignon infecte

alors les grains et peut y produire des poisons appelés mycotoxines capables de causer des problèmes graves au niveau de la santé humaine et animale et lorsque l'attaque est précoce, les épis formés sont stériles [Nasraoui, 2008].



FIGURE 1.16 – Infection au niveau du collet associé à des pourritures racinaires [Syngenta, 2015].



FIGURE 1.17 – Partie d'épi blanchi et desséchée [Syngenta, 2015].

Cycle biologique : Il existe 2 sources d'inoculum :

- Les semences infectées par le mycélium.

- Les résidus de récolte à la surface du sol sur les quels le mycélium peut tenir deux ans sous forme des spores ou de mycélium.

Le mycélium conservé dans la semence est capable de se propager sur les débris végétaux, les spores sont ensuite libérées et transportées par la pluie et le vent. Les fusarioses bénéficient d'une longue période d'infection mais le stade le plus sensible est la floraison [Bahous *et al.*, 2008].

Toutefois, le champignon ne peut attaquer les épis de blé que s'il pleut et que la température est assez élevée. Les gouttes de pluie permettent la dispersion des spores du pathogène,

notamment à partir du sol et les transportent jusqu'au niveau de l'épi. L'humidité relative élevée permet la germination des spores et leur entrée dans la fleur. Tandis que La sévérité et le développement de l'infection sont largement influencés par la sensibilité de la variété de blé utilisé[Mascher *et al.*, 2005]. Les conditions optimales pour le développement des fusarioses dépendent des espèces de Fusarium, mais souvent les humidités faibles et les températures autour de 20 °C sont des conditions favorables pour ces maladies[Nasraoui, 2008].

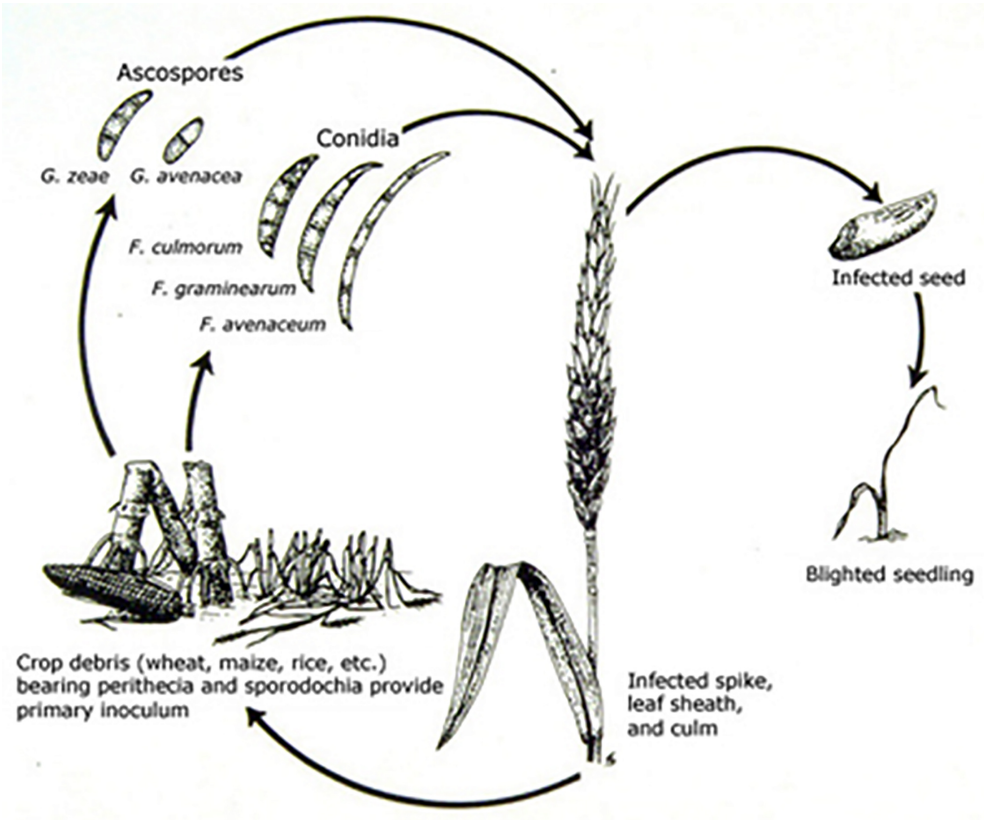


FIGURE 1.18 – Le cycle des Fusarium [Seppi, 2015].

La carie (commune) du blé : Causé par les champignons : Tilletia laevis et Tilletia tritici.

Symptomatologie : Observée sur blé (surtout le blé tendre), cette maladie est difficile à déceler avant fin épiaison avec des tiges d'une couleur vert intense, à la maturité, l'épi carié du blé dur semble moins développé avec un aspect pâle surtout au niveau de la barbe. Ces grains, faciles à écraser, sont globuleux et remplis d'une poussière noire formée des téleutospores du champignon dégageant une odeur de poisson pourri [Nasraoui, 2008]. Cette poussière altère l'aspect et la saveur de la farine qui devient immangeable. Le vent peut transporter les spores sur plusieurs centaines de mètres [Belaid, 1986].



FIGURE 1.19 – Glumes évasées d'un épi de blé infecté par la carie commune [CROPPRO, 2014].



FIGURE 1.20 – Grain de blé sain et infecté de la carie [CROPPRO, 2014]

Cycle biologique : L'agent responsable de la carie se conserve sous forme de téleutospores sur la semence et dans le sol. L'infection des jeunes plantes du blé se fait à des températures de 5 à15 °C. Le mycélium du champignon colonise le tissu méristématique et progresse vers l'épi, au fur et à mesure que la plante se développe [Ezzahiri, 2001]. L'infection avec la carie devient plus importante, mais si les conditions du milieu sont favorables à la plante du blé (eau disponible, température supérieure du sol à 20 °C, fumure équilibrée,...), les semences germent

et les plantules se développent plus vite que le champignon de façon à ce qu'une grande partie de la culture échappe à l'infection, étant donné que le champignon ne peut plus attaquer la plantule lorsqu'elle arrive au stade 1-2 feuille [Nasraoui, 2008].

Au moment de la moisson et du battage, les grains cassés libèrent les téleutospores sous forme d'une poussière noire qui pollue les grains sains et le sol ce qui permet au champignon de se transmettre aux cultures de blé de l'année suivante [Nasraoui, 2008].

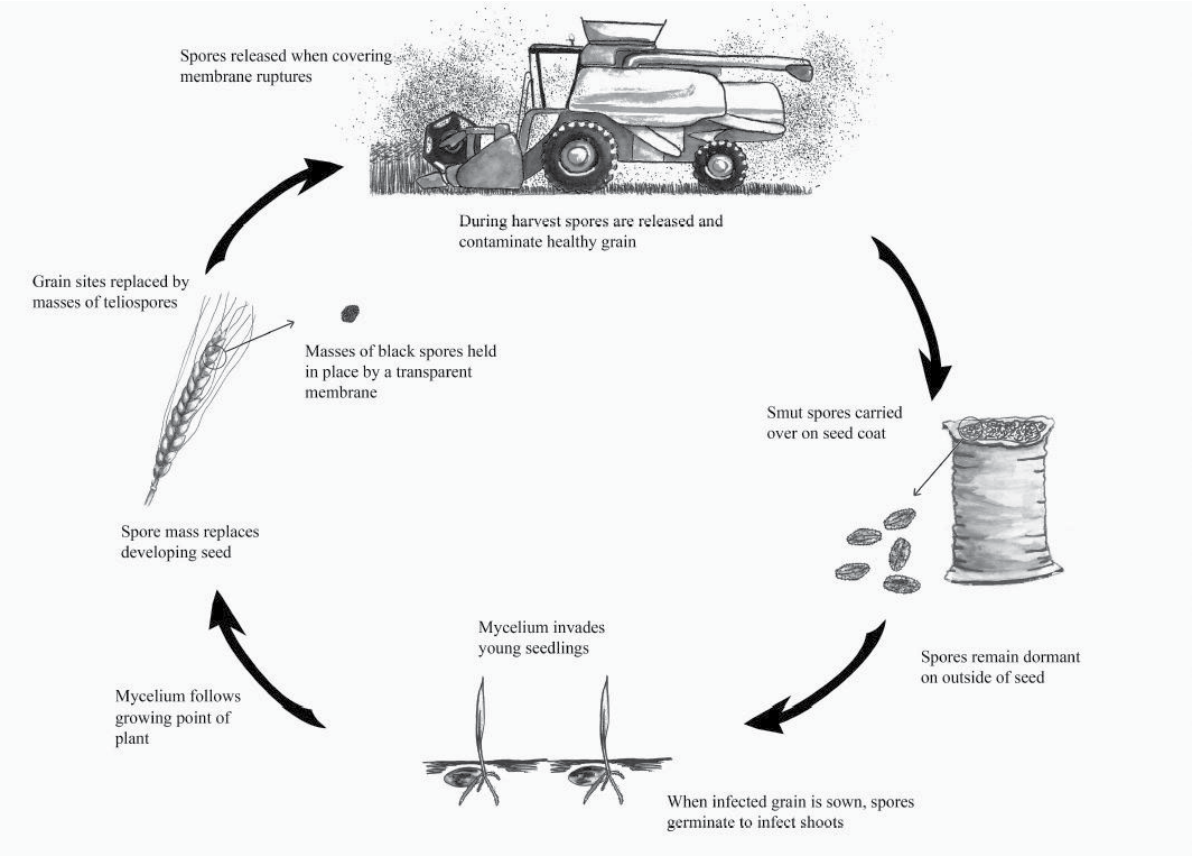


FIGURE 1.21 – Cycle de maladie de la carie dans les céréales [CROPPRO, 2014].

Le charbon nu des céréales : Causée par le champignon : Ustilago segetum var. tritici.

Symptomatologie : Observée sur blé, orge et avoine, cette maladie envahit totalement l'épi de la céréale. Les épillets sont alors détruits et transformés en une masse poudreuse noirâtre constituée par les téleutospores du champignon. Lorsque le vent souffle et emporte les masses sporifères, il ne reste généralement de l'épi que le rachis [Nasraoui, 2008].



FIGURE 1.22 – Épis des blés infectés par un charbon nu, L'oreille sur la droite indique tout ce qui reste après que le charbon nu a soufflé [CROPPRO, 2014].

Cycle biologique : L'origine de l'infection du blé par le charbon se trouve dans la semence. En effet, le champignon responsable du charbon nu se conserve dans l'embryon du grain sous forme de mycélium dormant. Certains agriculteurs exposent les graines au soleil afin de détruire le mycélium [Belaid, 1986]. Au moment de la germination de la semence, le mycélium est activé. L'agent pathogène infecte la jeune plantule du blé et poursuit son développement au niveau de l'apex. Au moment de l'épiaison, tout le tissu de l'épi, sauf le rachis, est transformé en une masse sporifère [Ezzahiri, 2001]. Une humidité élevée et des températures de 15 à 20 °C sont favorables à cette maladie qui est exclusivement transmise par les semences [Nasraoui, 2008].

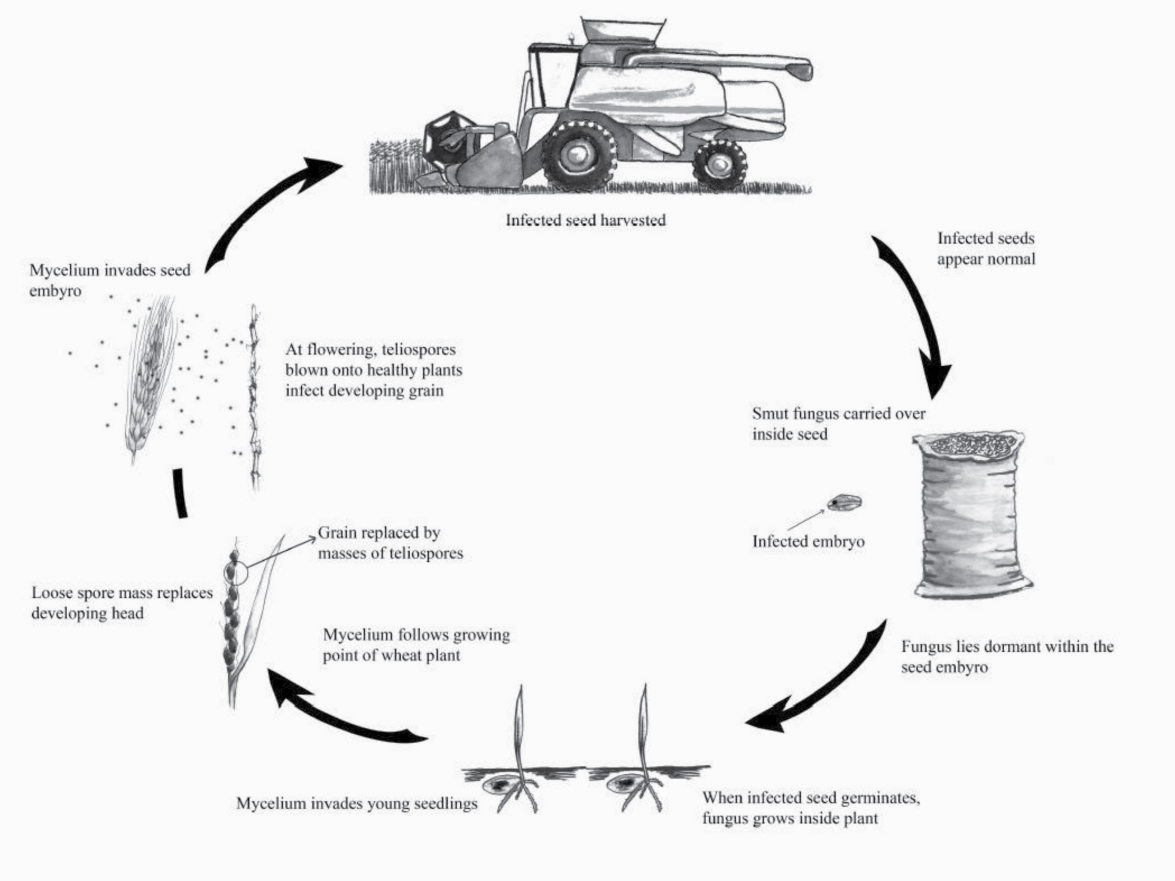


FIGURE 1.23 – Cycle de maladie du charbon nu dans les céréales [CROPPRO, 2014].

La maladie de taches auréolées : La tache helminthosporienne est une grave maladie foliaire du blé causée par le champignon Pyrenophora tritici-repentis.

Elle est désignée par l'appellation anglo-saxonne 'Tan Spot', la maladie de la tache bronzée ou maladie de la tache jaune [Sayoud *et al.*, 1999].

Symptomatologie : Observée sur blé, cette maladie se caractérise par l'apparition sur les feuilles de petites taches allongées qui sont d'abord brun jaunâtre puis de plus en plus bronzées en s'entourant d'une marge jaune clair. Ces taches évoluent ensuite en lésions qui deviennent coalescentes. Alors les feuilles se nécrosent progressivement du haut vers le bas et meurent [Nasraoui, 2008].



FIGURE 1.24 – Symptômes précoces de l'infection par la tache jaune [CROPPRO, 2014].

Cycle biologique : L'agent pathogène se conserve sous forme de spores et de mycélium sur les résidus du blé infecté à la surface du sol. Sur les chaumes, les périthèces la structure de reproduction sexuée et le mycélium constituent la principale source d'inoculum primaire. En présence d'humidité, les périthèces libèrent les ascospores et le mycélium produit des conidies. Les deux types de spores sont disséminés pour initier l'infection primaire sur les plantules de blé en début de saison. Au cours de la saison, l'infection secondaire est assurée par les conidies qui sont facilement disséminées par le vent el pluie. Les températures optimales pour l'infection se situent entre 18 et 28 °C [Douici-Khalfi & Aouali, 2009].

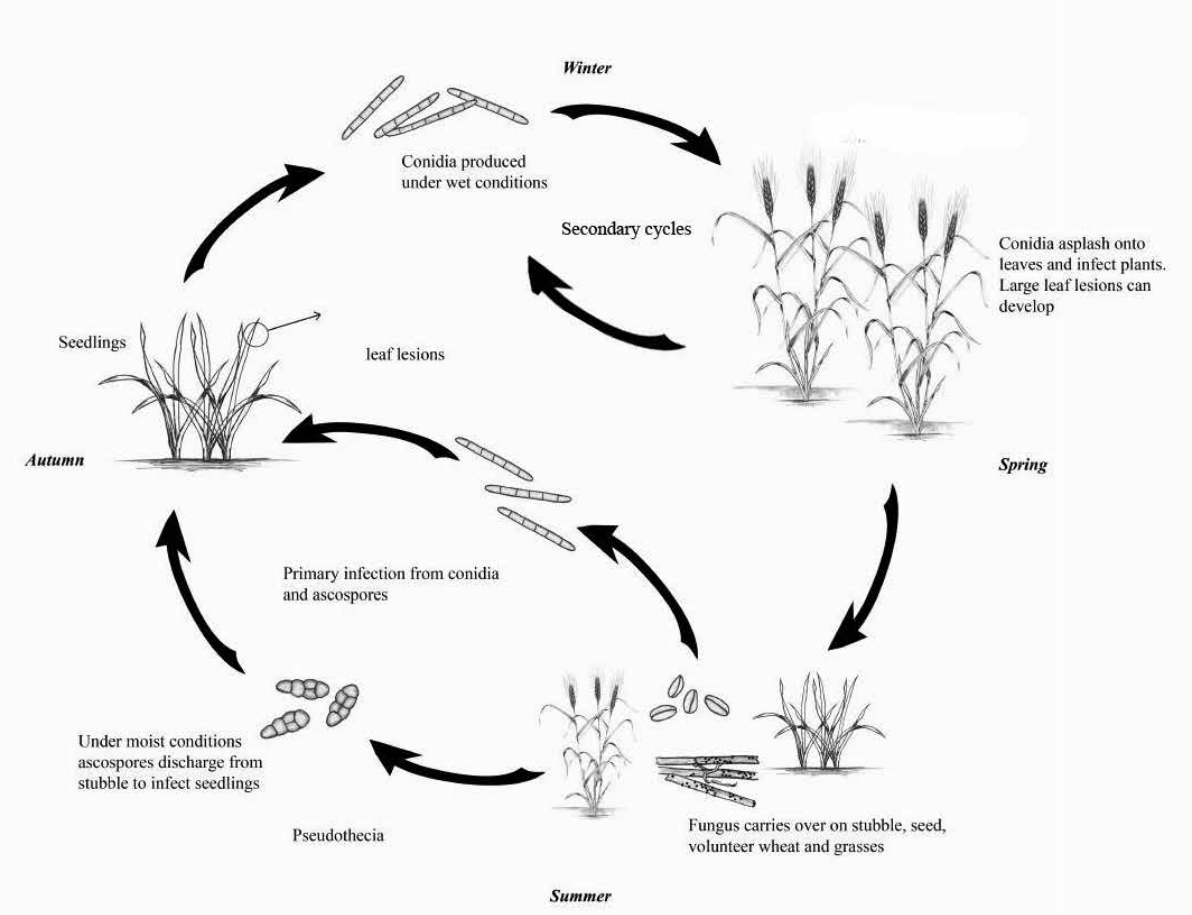


FIGURE 1.25 – Cycle de maladie de la tache jaune du blé [CROPPRO, 2014].

L'oïdium des céréales : Toutes les céréales peuvent être attaquées par l'oïdium, cette maladies est causé par l'agent pathogene Blumeria graminis.

Symptomatologie : Observée sur blé, orge et avoine, cette maladie commence à apparaître en hiver, sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs. En cas d'attaque sévère les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles et les glumes des épis [Douici-Khalfi & Aouali, 2009].



FIGURE 1.26 – Feutrage blanc envahissant la surface de la feuille de blé [Bouakaz & Oussaid, 2013].

Cycle biologique : L'infection primaire est assurée par les ascospores et les fragments mycéliens du champignon qui se trouvent uniquement sur les chaumes infectés car les semences ne transmettent pas la maladie. Les infections secondaires sont provoquées par les conidies libérées par le champignon à partir des plantes infectées pendant la végétation. C'est une maladie qui se développe beaucoup lorsque l'humidité est moyenne et non en présence d'eau à l'état liquide car les conidies ne germent pas dedans. C'est ainsi que les hivers et printemps très pluvieux sont défavorables à cette maladie. Les températures favorables sont comprises entre 15 et 20 °C et ceci explique l'apparition de cette maladie tôt en hiver. Par temps sec, les conidies sont facilement emportées par le vent qui est le meilleur vecteur d'extension de l'oïdium [Nasraoui, 2008].

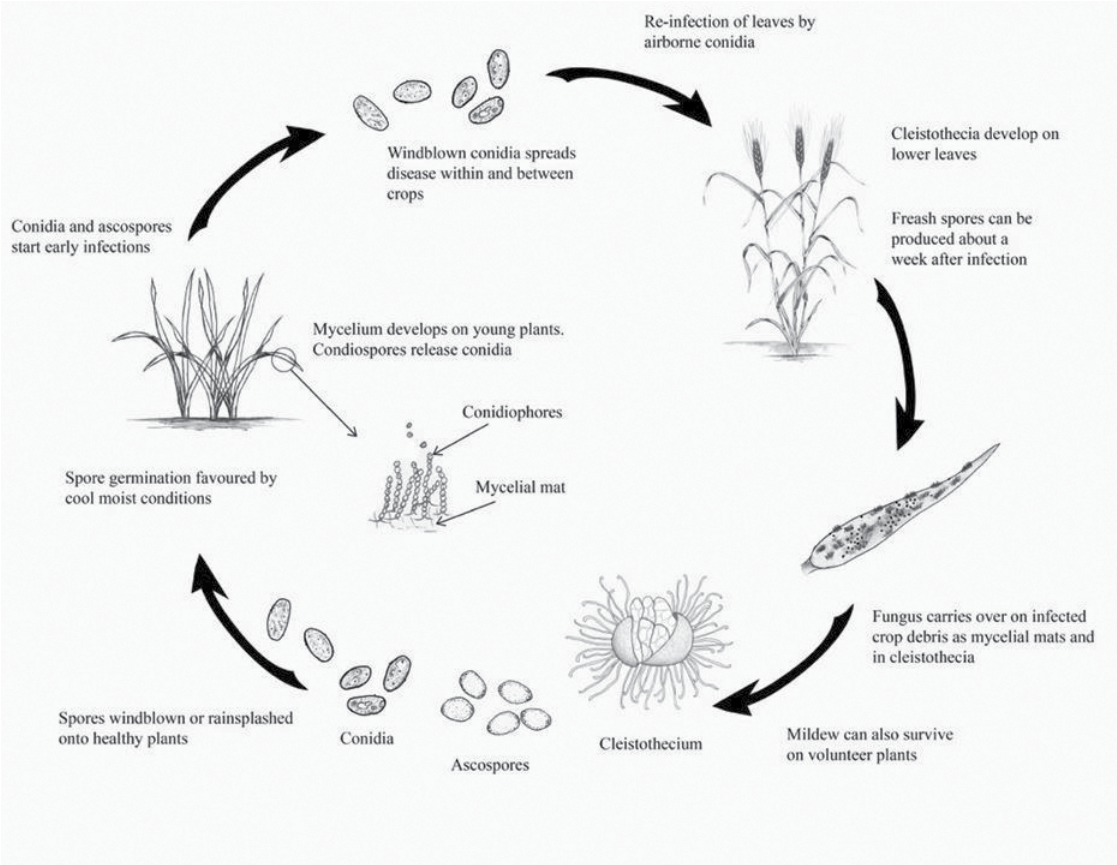


FIGURE 1.27 – Cycle de maladie de l'oïdium sur les céréales [CROPPRO, 2014].

La septoriose : Le pathogène responsable de la septoriose des feuilles, connue sous le nom de la tache septorienne est Septoria tritici. Les attaques sont surtout observées dans les zones humides [Douici-Khalfi & Aouali, 2009]. Les pertes de rendement peuvent aller jusqu'à 40 % [Ezzahiri, 2001].

Symptomatologie : Observée non seulement sur blé mais aussi sur avoine, cette maladie attaque principalement la partie foliaire. Elle provoque sur les feuilles du blé (surtout le blé dur) des taches brunes, d'abord assez irrégulières plus ou moins allongées souvent limitées latéralement par les nervures foliaires et entourées par une bordure chlorotique mince. Puis, elles commencent à se dessécher et devenir de plus en plus clair blanchâtre en commençant par le centre. Ensuite, ces taches ne tardent pas à s'étendre pour couvrir de grandes étendues foliaires, voire même la totalité des feuilles si les conditions météorologiques sont favorables. Une multitude de petits points brun foncé à noirs se forment alors au niveau des taches et correspondent aux pycnides de l'anamorphe. En conditions favorables, l'attaque atteint également les gaines avec l'apparition de taches comparables à celles des feuilles et peut atteindre les épis avec un

brunissement des extrémités des glumes ; les grains deviennent tachetés [Nasraoui, 2008].



FIGURE 1.28 – Taches brunes rectangulaires ou ovales [ARVALIS, 2018]

Cycle biologique : Pour la tache septorienne, les chaumes du précédant cultural constituent la source principale de l'inoculum. Les pycnides du champignon peuvent survivre sur les chaumes du blé jusqu'à 6 mois et induire les premières infections sur les jeunes plantules de blé précisément sur les premières feuilles en contact du sol [Ezzahiri, 2001].

En cours de végétation, l'infection est favorisée par une humidité élevée et une température optimale entre 20 et 25 °C. Les infections secondaires sont assurées par les conidies libérées à partir des pycnides formées sur les plantes infectées. Ces conidies exsudées à la surface des feuilles sont disséminées vers le haut et latéralement par les pluies. leur dispersion est donc tributaire du nombre de précipitations reçues pendant la végétation de la céréale. Les semences ne semblent pas intervenir dans la transmission de la maladie [Nasraoui, 2008].

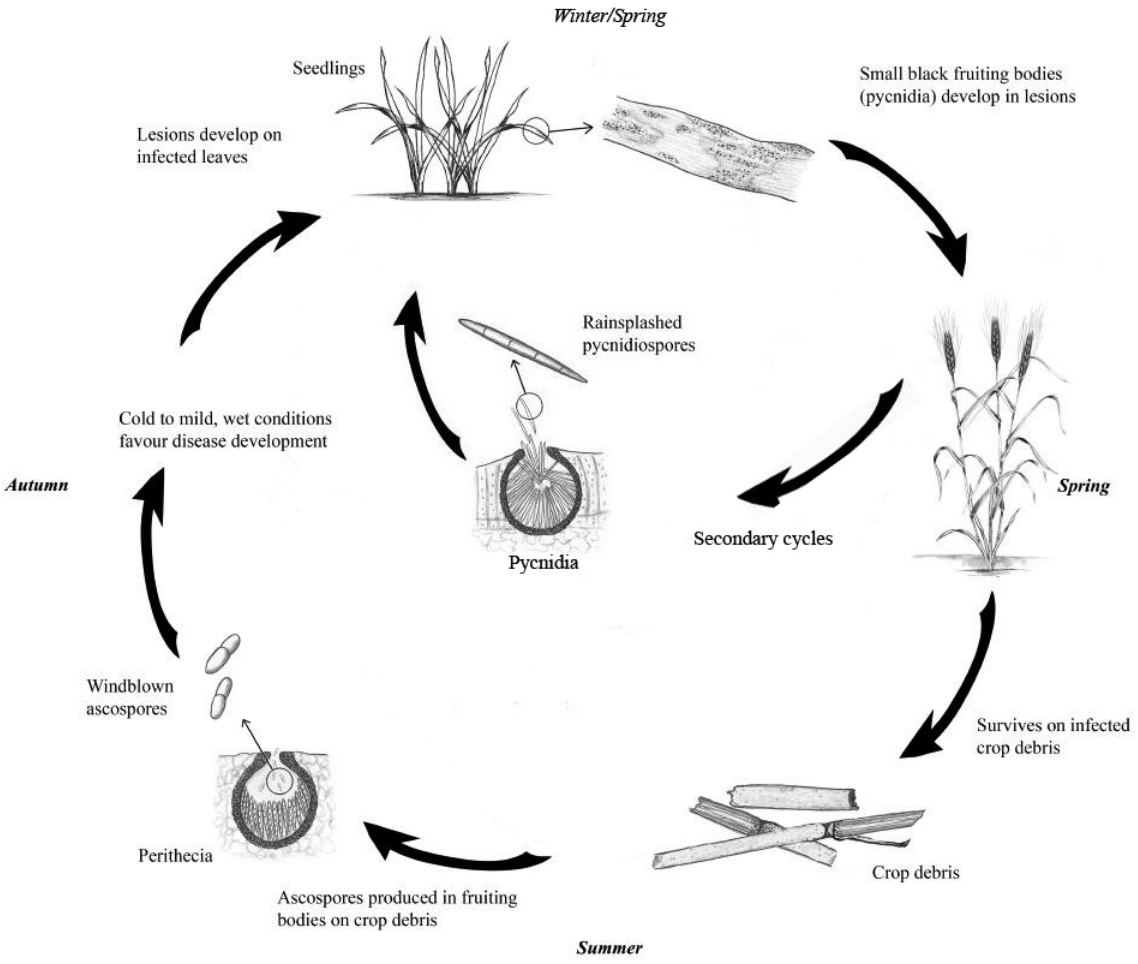


FIGURE 1.29 – Cycle de la maladie de la septoriose du blé [CROPPRO, 2014].

Les rouilles de blé : La rouille jaune, la rouille des feuilles et la rouille noire sont trois maladies foliaires importantes du blé. Lorsque les conditions sont favorables et que les variétés sensibles sont cultivées, des pertes importantes de rendement peuvent être encourues et même une perte totale de récolte. Ces trois maladies ont des cycles de vie similaires. Les trois rouilles sont dispersées par le vent et peuvent s'étendre sur de grandes distances ($> 1\,000$ km) par le vent. Par conséquent, un contrôle inadéquat de la rouille sur une ferme peut avoir des répercussions sur le développement de la rouille dans les fermes avoisinantes [CROPPRO, 2014].

Rouille brune (ou des feuilles) du blé : Causée par le champignon : Puccinia recondita.

Symptomatologie : Les symptômes causés par ce champignon se caractérisent par petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (urédospores), apparaissent sur la face supérieure des feuilles et parfois sur la face inférieure des feuilles. En fin de saison, ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores) [Douici-Khalfi & Aouali, 2009].



FIGURE 1.30 – Rouille des feuilles [CROPPRO, 2014].

Cycle biologique : La rouille a besoin d'une plante hôte pour survivre et se multiplier. Sa phase sexuée se déroule sur des hôtes secondaires, alors que la phase asexuée se déroule sur le blé. Les spores sexuées germent puis le champignon pénètre dans la plante en quelques heures et sont capable d'effectuer un cycle complet en 7 à 10 jours, conduisant à la formation de pustules brunes et la libération de spores (urédospores). Les cycles s'enchaînent tant que les conditions favorables sont réunies. Les spores produites sont dispersées et contaminent l'ensemble de la parcelle. C'est lorsque les conditions deviennent défavorables à ces cycles (fin de printemps, été), que des spores qui contamineront les adventices (hôtes secondaires) sont produites (téleutospores). Le champignon démarre une nouvelle phase sexuée. Le champignon se conserve par les urédospores et dans une moindre mesure par les téleutospores sur les repousses

de céréales et certaines graminées adventices [Bahous *et al.*, 2008]. Les humidités élevées et les températures comprises entre 15 et 25 °C sont favorables à la maladie qui n'est pas transmise par les semences [Nasraoui, 2008].

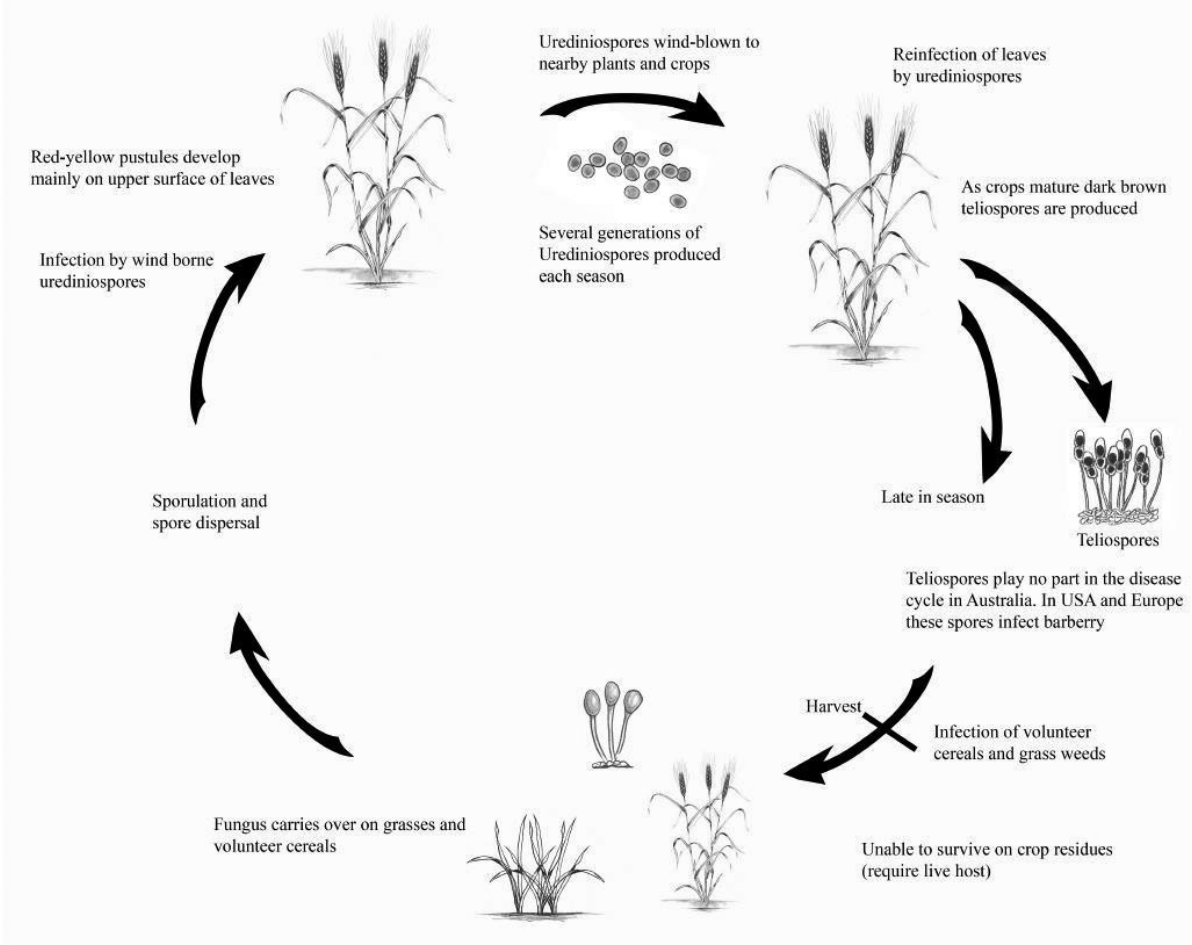


FIGURE 1.31 – Cycle de la maladie de la rouille des feuilles sur les céréales [CROPPRO, 2014].

Rouille jaune (ou striée) du blé : Causée par le champignon : Puccinia striiformis

Symptomatologie : Les symptômes de Puccinia striiformis se traduisent par de nombreuses et très petites pustules sporifères de forme globuleuse et de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce. Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles sur les épis et les grains [Douici-Khalfi & Aouali, 2009].

Ces pustules sont les urédies du champignon qui libèrent les urédospores après éclatement de l'épiderme. Au fur et à mesure que le blé mûrit, jaunit et se dessèche, des pustules noires généralement non déhiscentes apparaissent. Ce sont les télies productrices des téleutospores [Nasraoui, 2008].



FIGURE 1.32 – Rouille striée sur feuille de blé [CROPPRO, 2014].

Cycle biologique : Ce champignon est Parasite obligatoire comme les autres rouilles (besoin de matière végétale vivante pour survivre). Suivant la date de semis (cultures d'automne ou de printemps), la céréale est contaminée en automne, hiver, ou printemps. En automne, les premières contaminations sont dues aux urédospores provenant des repousses infectées (apparition de pustules jaunes). Le champignon passe l'hiver sous forme de mycélium en dormance ou de lésions sporulées actives (urédospores) sur les repousses de céréales, graminées adventices ou les cultures à semis automnal précoce. Au printemps, le champignon commence à se développer et produit des lésions sporulées actives. Dans les bonnes conditions, les spores germent et peuvent être disséminées. Plusieurs cycles peuvent s'enchainer durant la saison. Le cycle complet (de l'infection à la production de spores) peut être achevé en 7 jours dans les meilleures conditions [Bahous *et al.*, 2008].

Des humidités élevées et des températures entre 5 et 15 °C sont favorables à l'infection qui n'est pas transmise par les semences [Nasraoui, 2008].

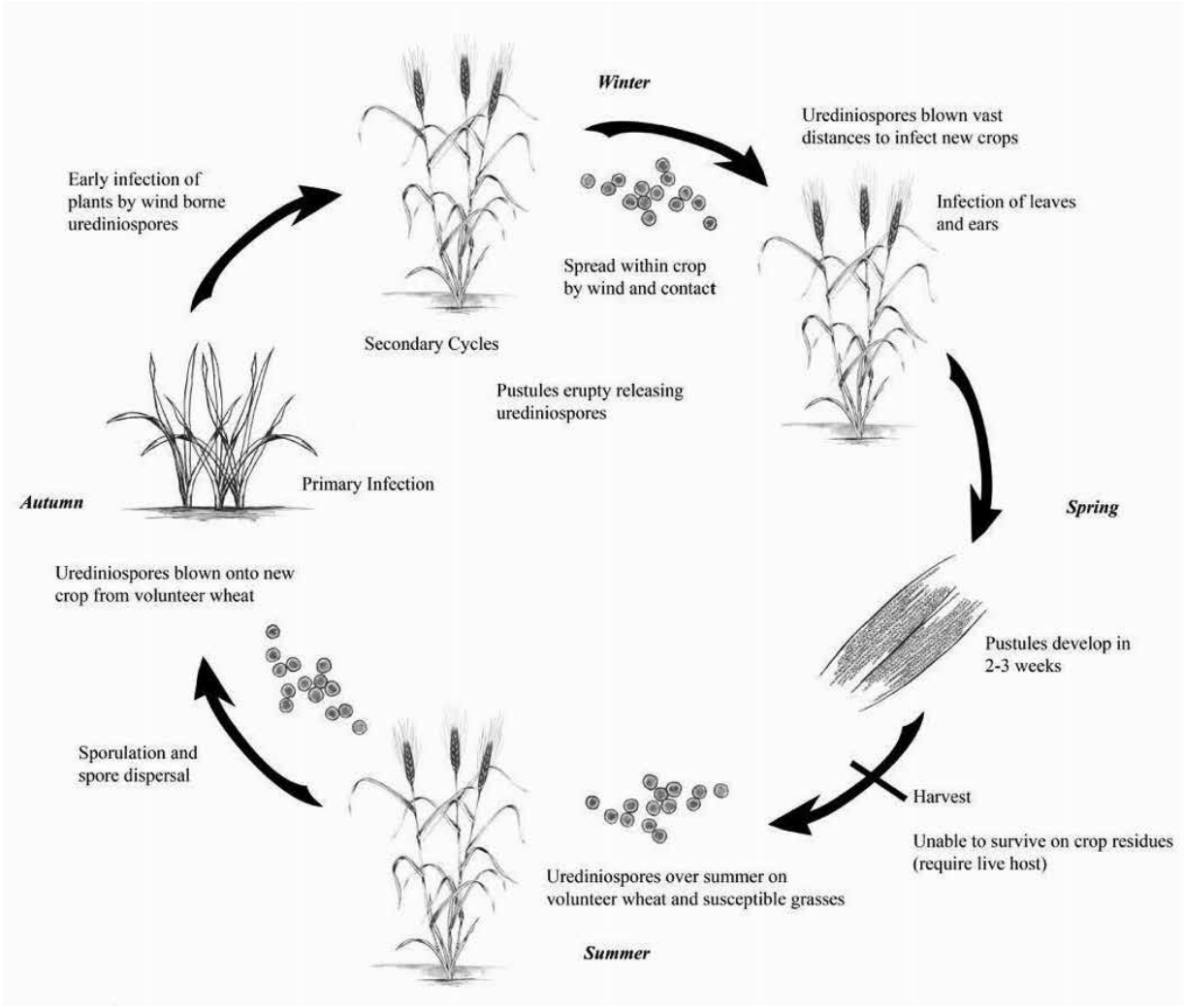


FIGURE 1.33 – Cycle de la maladie de la rouille jaune sur les céréales [CROPPRO, 2014].

Rouille noire (ou des tiges) du blé : Causée par le champignon : Puccinia graminis.

Symptomatologie : Les symptômes de Puccinia graminis f.sp. tritici se manifestent par des pustules plus longues que celles de la rouille brune, elles sont de couleur rouge-brique à marron foncé. Elles se développent sur les feuilles, les tiges et les épis [Ezzahiri, 2001]. la rouille noire est favorisée par l'eau et la chaleur. La variété Mahons est trés sensibles à la rouille noire, de même que Hedba3 et Bidi 17. Les blés à courte paille tels que Strampelli Inia, Siete-Cerros et Saba sont résistants à cette maladie [Belaid, 1986]. L'hôte alternatif de ce champignon est Berberis vulgaris (l'épine-vinette) [Douici-Khalfi & Aouali, 2009].



FIGURE 1.34 – Rouille de la tige [CROPPRO, 2014].

Cycle biologique : Il est bien connu que la rouille noire infecte le blé comme hôte principal et Berberis ou Mahonia comme hôte secondaire qui transmet la maladie au blé par l'intermédiaire des écidispores. Cependant, il reste possible que l'infection primaire dans les régions à hiver doux soit aussi assurée par le champignon conservé dans des chaumes infectés du blé par l'intermédiaire des urédospores de l'année précédente ou celles produites par le mycélium actif [Nasraoui, 2008].

Les urédospores sont très sensibles aux rayons UV, ce qui réduit leur viabilité en temps clair. En temps couvert, la dissémination est très efficace [Douici-Khalfi & Aouali, 2009]. Les infections secondaires sont dues aux urédospores disséminées par le vent à partir de la céréale en cours de végétation. Au début de l'été, le champignon produit des pustules noires qui correspondent à des télies productrices des téliospores en lui permettent de se conserver. La rouille noire est considérée comme une rouille tardive qui apparaît généralement à la fin d'un printemps pluvieux (humidité élevée et températures entre 25 et 30 °C) et n'est pas transmise par les semences. Les variétés précoces à haut rendement, de cycle végétatif court (jusqu'à fin-Mai début-Juin) ne donne plus suffisamment de temps au développement de la rouille noire qui est ainsi devenue une maladie plutôt rare [Nasraoui, 2008].

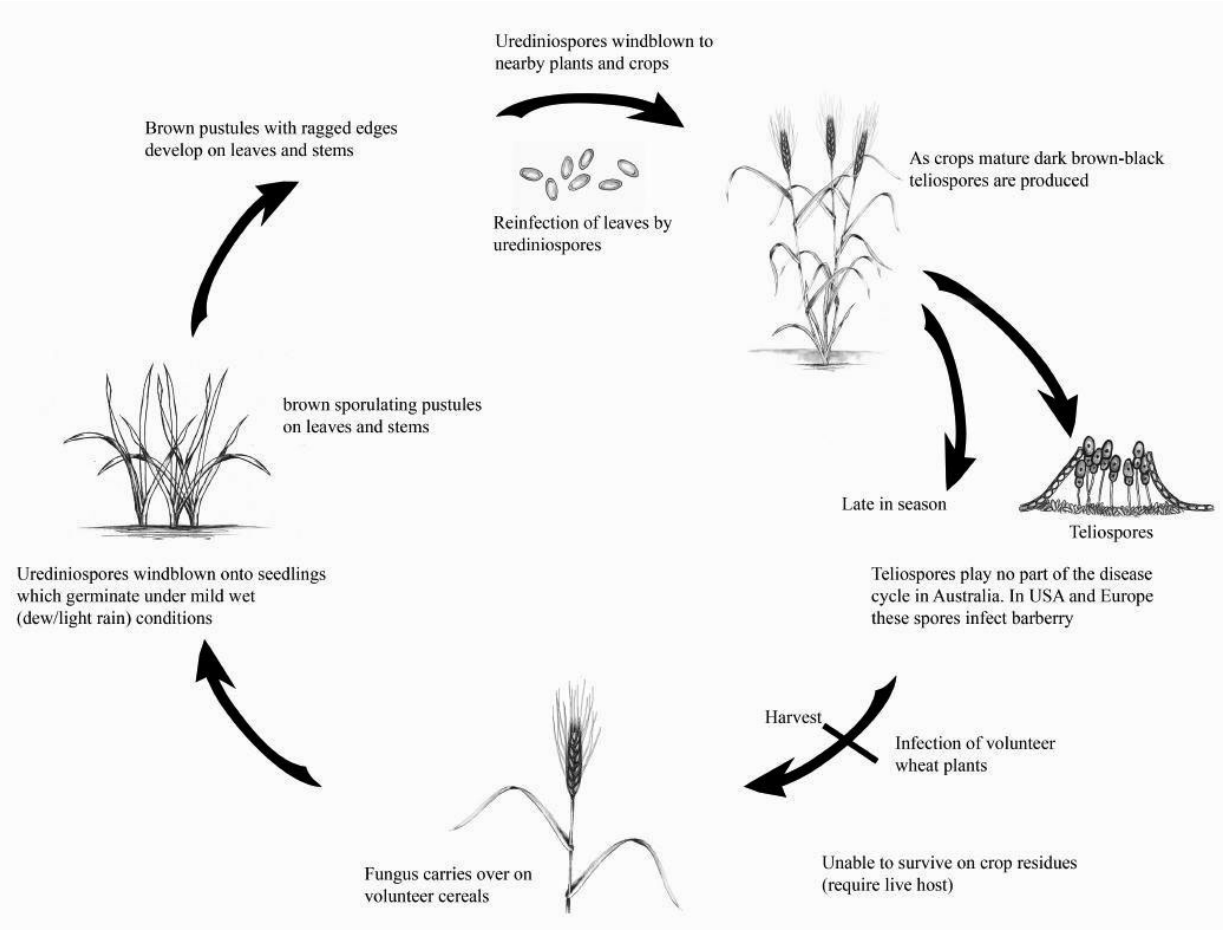


FIGURE 1.35 – Cycle de la maladie de la rouille de tige sur les céréales [CROPPRO, 2014].

Chapitre 2

Matériels et méthodes :

2.1 Objectif de l'essai :

Les problèmes que rencontrent les agricultures et les institutions dans la région d'étude et les connaissances que l'on peut avoir sur le sujet concourent à la définition de l'objectif de notre recherche, Où dans la dernière décennie on a constaté la présence et l'apparition de différentes maladies cryptogamiques dans notre région d'étude à vocation céréalière. Celui-ci se traduit par une hypothèse de l'effet des maladies cryptogamiques sur la croissance de blé dur à tester dans une expérience qui aboutit à une conclusion pouvant déboucher d'une part une proposition d'action sur le terrain et d'autre part sur un enrichissement des connaissances, par exemple la résistance des variétés aux différentes maladies fongiques.

Dans cette expérience on tient à étudier cinq variétés de l'espèce blé dur (Simeto, Saoura, Chen'S, Targui et Vitron) qui sont les variétés les plus utilisées par les agriculteurs Algériens et cela sous les conditions semi-aride de Béni Slimane en suivant l'itinéraire technique préconisé par les agents de vulgarisation agricole.

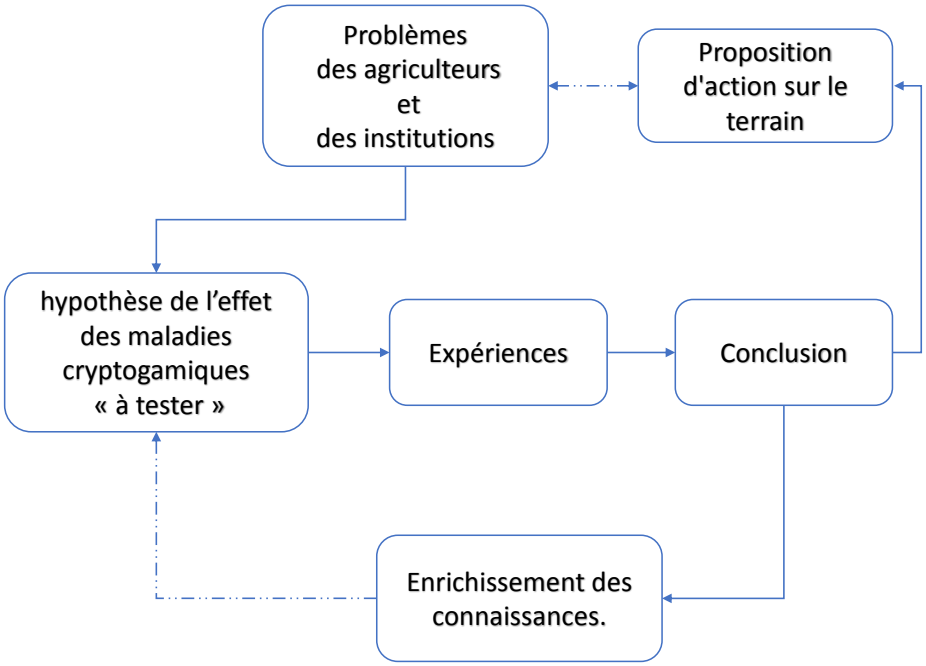


FIGURE 2.1 – Les différentes étapes du plan expérimental utilisé.

2.2 Présentation de la région d'expérimentation :

2.2.1 Situation des terres agricoles :

Tableau 2.1 – Situation des terres agricoles dans la région d'expérimentation [SOPAT, 2018].

	Wilaya de Médéa	Daïra de Beni Slimane
Surface totale (ha)	877595	24400
Surface agricole totale (ha)	733541	20607
Surface agricole utile (ha)	338359	17767
Grande cultures (ha)	159028.73	13800
Arboriculture (ha)	33835.9	820
maraichage (ha)	10150.77	/
jachère (ha)	135343.6	3147

L'essai a été réalisé au niveau de la station expérimental de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Beni Slimane qui possède une superficie de 50 ha, consacré annuellement à la production de semences de prés base et aux travaux d'expérimentations (techniques agricoles et amélioration variétale).

2.2.2 Caractéristiques climatiques de la station d'étude :

Les données climatiques :

Les données climatiques ont été mesurées à l'aide de la station météorologique de la FDPS de Beni Slimane (Figure 2.3). Cette station sophistiquée et assez développée envoie les données enregistrées au site http ://www.fieldclimate.com plus particulièrement au compte de la FDPS à un accès seulement aux utilisateurs.



FIGURE 2.2 – Station météorologique.

Tableau 2.2 – Les données climatiques enregistrées durant la compagne agricole 2017/2018.

Mois	Température de l'air [°C]			HC humidité relative [%]
	Moyenne	Min	Max	
Septembre	21.64	14.67	30.62	53.41
Octobre	16.39	9.33	25.23	60.05
Novembre	10.57	5.35	17.49	62.92
Decembre	7.23	3.45	12.05	87.16
Jnavier	4.56	1.12	8.01	71.01
Fevrier	6.52	1.80	12.13	75.96
Mars	10.59	6.34	15.60	75.55
Avril	13.89	7.71	20.35	70.96
Mai	15.62	9.55	22.86	61.49
Juin	21.25	12.94	30.47	58.35
Moyenne	13.25	7.50	20.14	67.69

Tableau 2.3 – Les données climatiques enregistrées durant la compagne agricole 2017/2018 (suite).

Mois	Précipitation 2017/2018 [mm]	Nombre de jour de geléé	Nombre de jour de sirocco
Septembre	18.60	/	/
Octobre	20.00	/	/
Novembre	47.60	02	/
Decembre	70.6	08	/
Jnavier	31.6	05	/
Fevrier	38.80	/	/
Mars	104	02	/
Avril	73.80	/	/
Mai	63.20	/	02
Juin	22.80	/	04
Total	491.00	17	6

La variabilité climatique, notamment pluviométrique, en Algerie en général et dans la région de Beni Slimane en particulier, n'est plus à démontrer. Cependant, des variables afférentes aux pluies telles que les fréquences de jours de pluies et les durées des saisons pluvieuses, ont été généralement très fluctuante d'une année à une autre surtout pour cette année exceptionnellement pluvieuse qui atteint un total pluviométrique de 491 mm (arrêté au juin 2018).

Cependant ces précipitations enregistrées ont arrivé progressivement dès l'installation de la culture, ce qui coïncide avec les besoin des blés en eau et en éléments nutritifs, qui devient de plus en plus gourmant avec son croissance, surtout dans les phases critiques relative au pallier

hydrique, là où les mois de Mars et Avril ont enregistré une précipitation très importante de 104 et 73.8 mm respectivement, contrairement aux années précédentes qui ont enregistré des dégâts dans la phase critique de remplissage des grains.

Les jours de sirocco et ceux de gelée sont passés presque inaperçus sur le développement de blé dur.

Cette saison est caractérisée par une humidité élevée et des températures moyennes qui oscillent dans l'intervalle approprié aux développements de la majorité des champignons qui touchent la culture de blé dur.

L'étage bioclimatique de la station d'étude :

Le diagramme bioclimatique (Climagramme) d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée [Stewart *et al.*, 1968]. Il est déterminé à partir de la formule élaborée par Stewart pour les zones méditerranéennes.

$$Q2 = 3.43\,(P/M - m)$$

Où :

Q : le quotient pluviométrique d'Emberger.

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm.

M : Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C.

m : Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

Les données climatiques enregistrées durant la période 2006/2018 par la station météorologique de la FDPS sont présentées dans les tableaux au dessous.

Tableau 2.4 – Les températures moyennes et les précipitations mensuelles enregistrées durant la période 2006/2018 du Janvier au Juin.

Les mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Tmoy (°C)	3.52	8.72	12.20	15.57	19.31	24.29
PTT (mm)	49.69	55.33	67.19	42.83	49.48	18.34

Tableau 2.5 – Les températures moyennes et les précipitations mensuelles enregistrées durant la période 2006/2018 du Juillet au Décembre.

Les mois	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Tmoy (°C)	28.29	27.62	23.81	19.29	13.63	9.60
PTT (mm)	5.52	8.1	40.50	26.52	49.75	48.17

D'après les tableaux au-dessus on tire les informations suivantes :

Tableau 2.6 – Les différentes moyennes des données climatiques enregistrées durant la période (2006/2018).

La période	Pluviométrie annuelle moyenne	Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C.	Moyenne minimale du mois le plus froid en °C.
2006-2018	461.45	28.29	3.52

Après application de la formule du quotient pluviométrique d'Eemberger :

$$Q2 = 3.43\,(461.45/\,(28.29 - 3.52))$$

$$Q2 = 43.86$$

Le quotient pluviométrique d'Emberger Q2 = 43.86, et la température moyenne minimale du mois le plus froid, m = 3.52 °C. Après la projection de ces données dans le diagramme climatique, la zone d'étude de la FDPS (680 m) se trouve soumise à l'étage bioclimatique de végétation Semi-Aride à hiver tempéré (Figure 2.5).

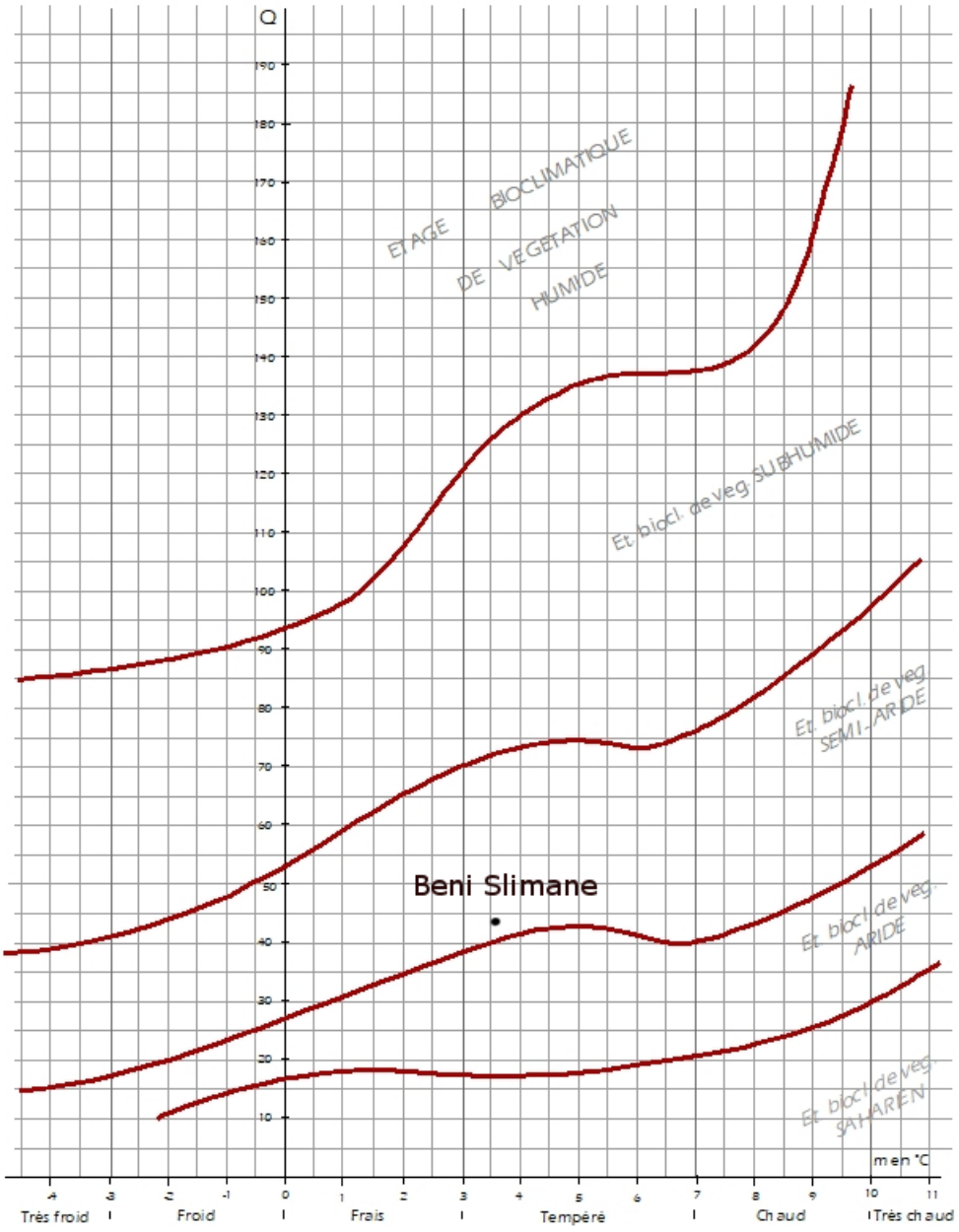


FIGURE 2.3 – Projection de la zone d'étude dans le climagramme d'Emberger.

Les même données climatiques collectées durant la période 2006/2018 nous a permet de tracer le diagramme ombrothermique suivant :

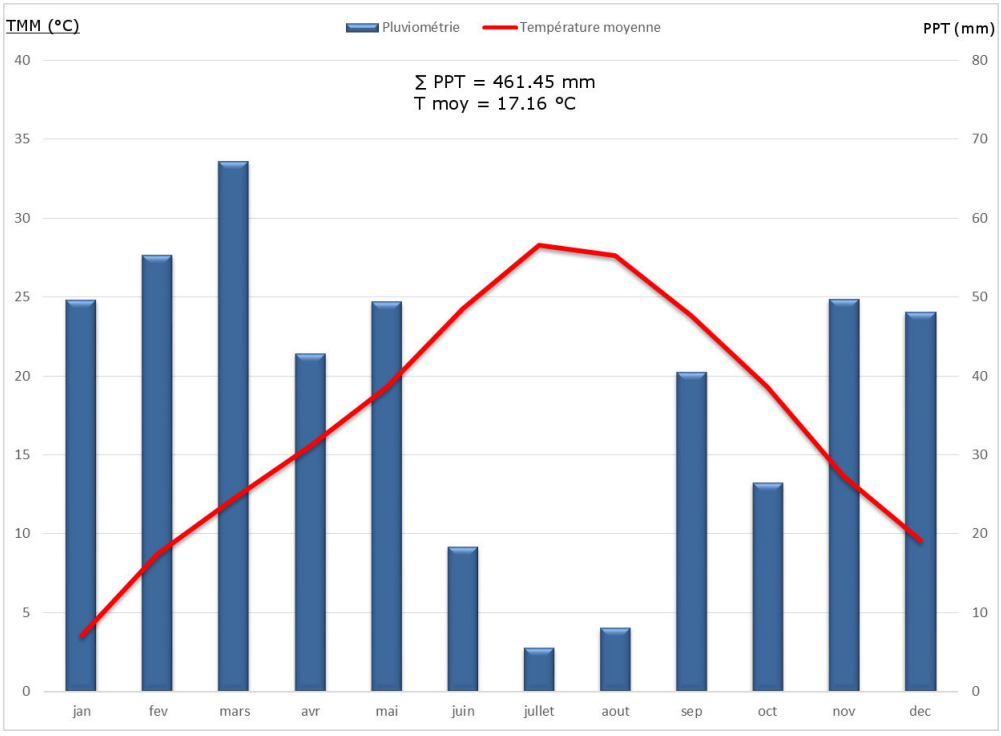


FIGURE 2.4 – Diagramme ombrothermique de Beni Slimane (Médéa).

En observant ce diagramme ombrothermique, nous remarquons que l'amplitude thermique est assez importante de 28 °C. Nous voyons aussi que pendant l'été ce milieu connait une période de sécheresse allant du juin jusqu'au août. Les températures sont assez élevées, surtout en mois de juillet et les précipitations sont faibles (PPT < TMM). Les précipitations sont plus importantes en automne, mais la pluviométrie de ce climat est également un peu plus irrégulière.

2.2.3 Caractéristiques géographique de la station d'étude :

Situation géographique :

La ferme de démonstration et de production de semence est située dans la partie nord-est de la wilaya de Médéa, au niveau de la commune de Beni Slimane, à côté de la route nationale n° 18 atteignant un point culminant de 710 m, avec une latitude de 36°20 Nord et d'une longitude 3°20 Est [Dekkiche S, 2011].

Géomorphologie :

Le site a été installé dans le point à une altitude de 680 m (figure 2.4) ou le matériau original des sols est de nature lithologique tendre (marne calcaire) donnant des formes de reliefs mamelonnées avec une pente entre 0-3% (figure 2.5)

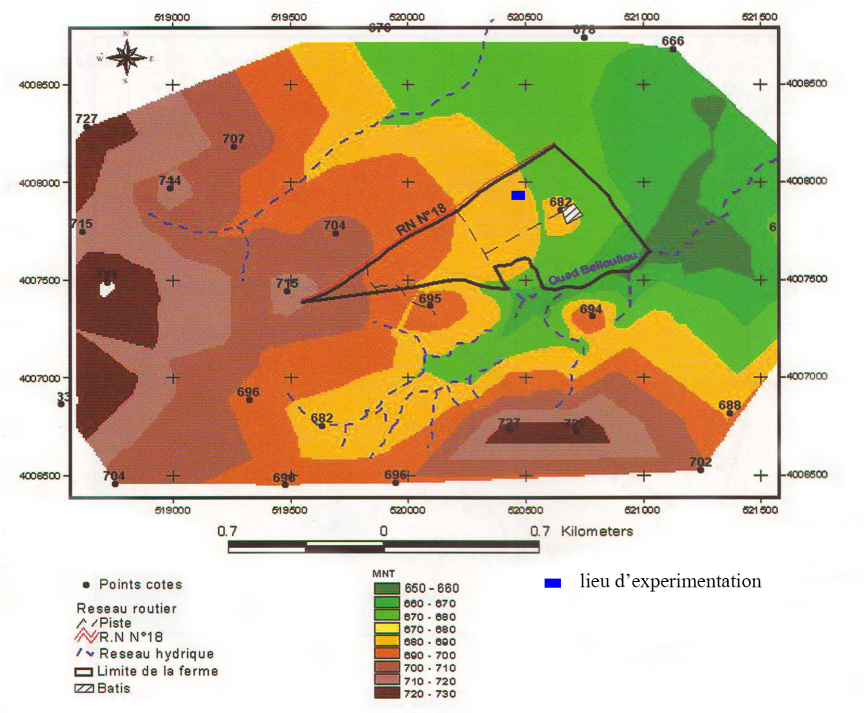


FIGURE 2.5 – Modelé numérique de terrain de la FDPS Beni Slimane [Dekkiche S, 2011].

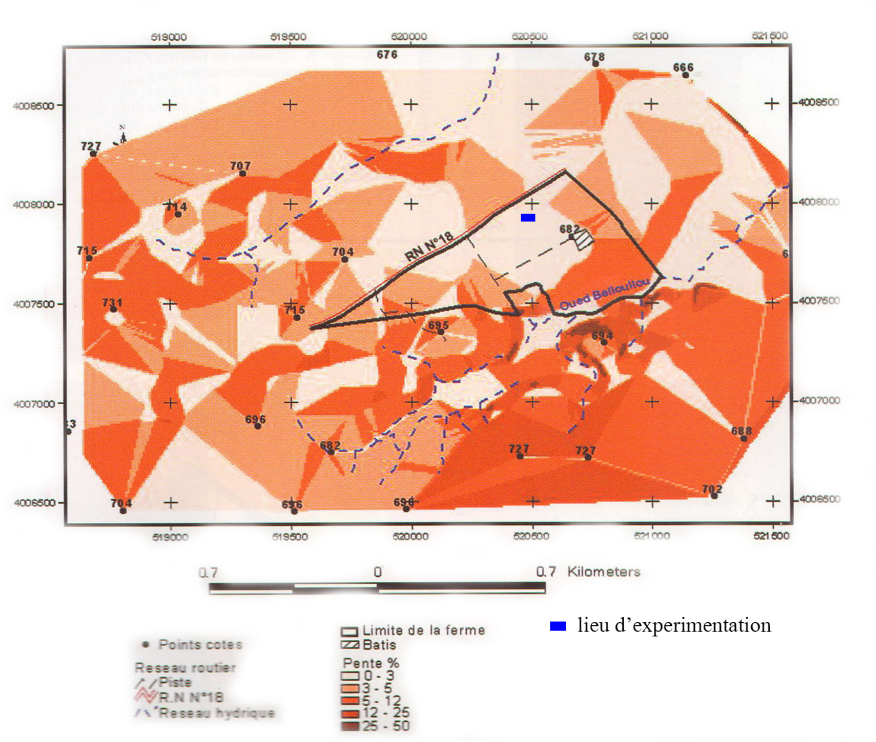


FIGURE 2.6 – Classes des pentes de la FDPS Beni Slimane [Dekkiche S, 2011].

Caractérisation du sol :

Sont d'une couleur rougeâtre spécifique des sols rouge méditerranéens et ne sont pas calcaire, toutefois, la croute calcaire est toujours présente, le site se situe dans la partie centrale de la ferme, possède des sols profonds bien structures de texture argileuse très fine et caillouteux [Dekkiche S, 2011].

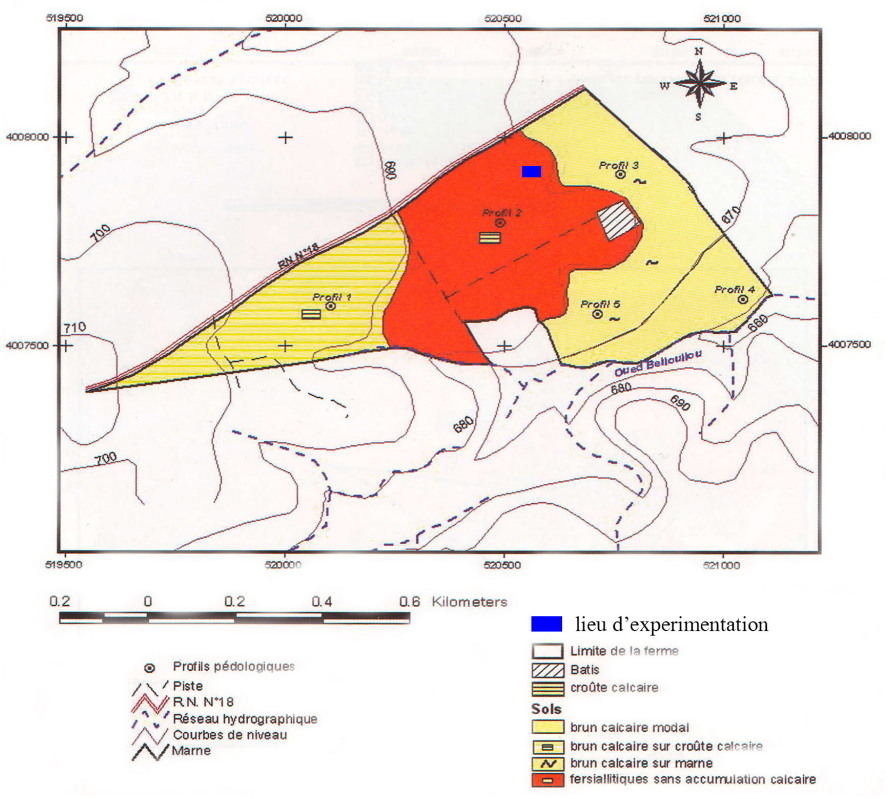


FIGURE 2.7 – Carte des sols de la FDPS Beni Slimane [Dekkiche S, 2011].

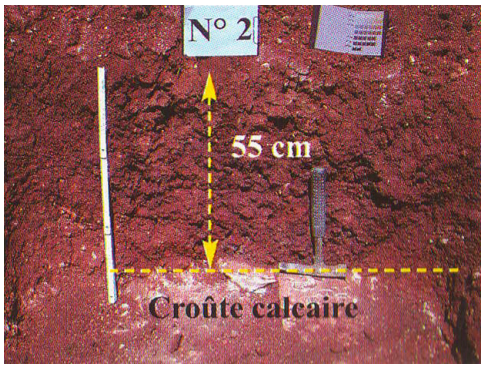


FIGURE 2.8 – Profil pédologique numéro 02 du site d'expérimentation au niveau de la FDPS Beni Slimane [Dekkiche S, 2011].

2.3 Préparation de l'essai :

2.3.1 Le matériels végétales :

On a utilisé cinq variétés de blé dur (Triticum durum Desf) qui sont : Simeto, Saoura, Chen's, Targui et Vitron qui possèdent un type de développement hivernale. Où la variété Targui a été choisie grâce à sa résistance vis-à-vis les maladies les plus répondues dans la région d'étude.

Elles nous ont été fournies par l'ITGC à partir de la semence de multiplication catégorie près base (G1) soumise à un contrôle sévère et sont issues de la récolte de la campagne précédentes (2016-2017).

La faculté germinative (FG, %) : Un essai de faculté germinative a été réalisé à l'aide de cent (100) graine de chaque variété, pour calculer la valeur en pourcentage on compte le nombre de graine germée.



FIGURE 2.9 – Réalisation du test pour les varietés : Saoura, Shen'S et Vitron.

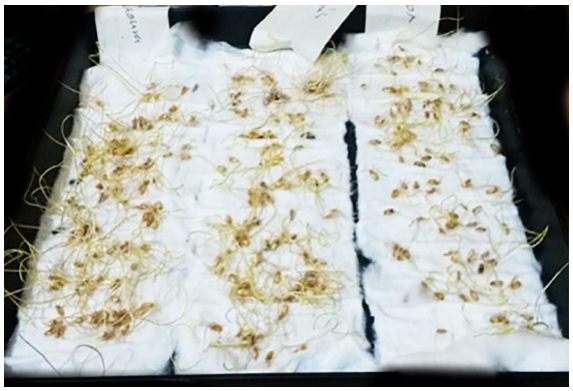


FIGURE 2.10 – Test après deux semaines pour les même varietés : Saoura, Shen'S et Vitron.

Tableau 2.7 – Résultats de la faculté germinative obtenues.

Les variétés	Faculté germinative en %
Simeto	98
Saoura	97
Chen's	96
Vitron	96
Targui	97

2.3.2 Le dispositif expérimental :

Nous avons deux facteur étudies, un gradient d'hétérogénéité et une contrainte expérimentale de terrain afin de ne pas prendre de place et risquant de rassembler des parcelles très hétérogènes. Et pour cela le dispositif expérimental adopté dans cet essai est le split plot avec trois répétitions, Chaque bloc est devise en autant de deux sous bloc, chaque sous bloc comporte cinq parcelles élémentaires dans lesquelles les traitements sont affectés au hasard.

Le traitement : On a deux séries d'éléments de même nature conditionnant le phénomène étudié, la première série concerne le facteur variétal relatif au comportement agronomique de la culture et possède cinq modalités.

La deuxième séries représente un deuxième facteur contrôlé de traitement fongique à deux niveau T0 et T (T0 : sans traitement et T : avec Traitement).

Cela nous permet d'avoir dix (10) traitements relatifs à toute combinaison de niveaux et de modalités des deux facteurs étudiés dans chaque bloc élémentaire.

L'unité expérimentale : Le nombre totale de parcelles élémentaires est : 30 unités sur laquelle est faite chaque mesure, les blocs et les parcelles élémentaires furent espacés d'un mètre linéaire.

Un problème important est celui des effets de bordure : dans notre d'essais au champ, il y a un risque d'interférences entre les micro-parcelles voisines. Ceci peut affecter sérieusement la comparaison entre les traitements, pour surmonter ce problème on a récolté et réaliser les mesures que sur la partie centrale de la micro-parcelle expérimentale et pas sur les bordures. La superficie de la parcelle élémentaire est de 1.5 m^2 représentée par six lignes d'un mètre linéaire espacé de vingt cinq centimètre, seulement les quatre lignes médianes sont tenues en compte dans les mesures effectuées, qui équivalent à une superficie d'un mètre carré.

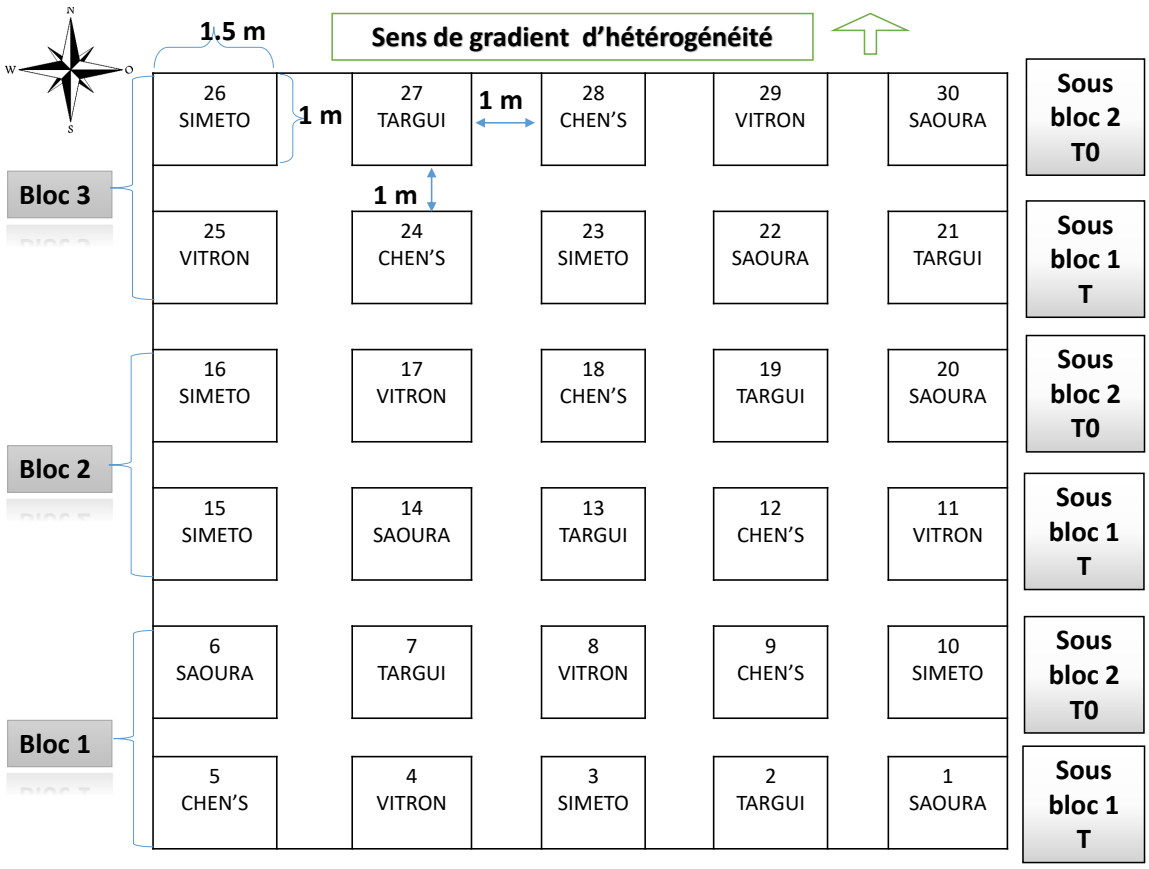


FIGURE 2.11 – La répartition des traitements sur le dispositif expérimental adopté (split plot).

2.4 La conduite de l'essai :

Les essais menés en Algérie au niveau de L'ITGC ont permis de constater que le rendement augmente avec la bonne conduite de la culture, autrement dit le respect de l'itinéraire technique. Où on a suivi dasn la conduite de l'essai les recommandations techniques et seule les deux facteurs étudiés ont été mis en jeu.

2.4.1 Le précédent cultural et le travail du sol :

L'essai a été installé sur une jachère travaillée et le travail du sol se résume comme suit :

Un labour profond avec une charrue à soc, à une profondeur de 30cm dans des bonnes conditions du sol en mars 2017.



FIGURE 2.12 – labour avec une charrue à soc.

Les opérations des façons superficielles ont été effectuées avant le semis comme suit :

- Le passage croisé à l'aide d'un cover-crop réalisé à la fin octobre après les premières pluies pour éliminer les mottes.



FIGURE 2.13 – Le passage croisé à l'aide d'un cover-crop.

- La préparation de lit de semence avec Le passage d'une herse qui assure l'émiettement du sol et permet aussi un certain nivellement du sol.



FIGURE 2.14 – Le passage de la herse.

- Traçage des lignes à l'aide de cultivateur juste avant le semis (début décembre). Pour faciliter la mise en place de la culture vue que le semis est faite manuellement.



FIGURE 2.15 – Traçage des lignes à l'aide du canadien.

2.4.2 La fertilisation :

La fumure du fond qui est un engrais phosphaté de 46 %, épandu à raison de 1 ql/ha, effectuée juste avant l'application de cover-crop (fin octobre) pour qu'il soit incorporé dans le sol, afin que les plantes puissent l'assimiler.



FIGURE 2.16 – Épandage d'engrais de fond par épandeur.

Le semis est suivi d'un apport d'azote sous forme d'urée à 46%, avec une dose d'un (1) ql/ha, au stade 3-4 feuilles, réaliser le 05/02/2018, (une semaine après le désherbage chimique).

2.4.3 Le semis :

La dose de semis a été faite de manière population $/m^2$. Et La dose préconise pour les blés dur est de 350-400 grain $/m^2$, on a choisi 350 car l'essai s'est déroulé sur des conditions pluviales.

- La taille de micro parcelle est de 1.5 m^2.
- Soit 525 grains /MP

-En tenant compte de la faculté germinative, le nombre de grain pour les varietés etudiées sera comme suit :

Tableau 2.8 – Le nombre de grain final a semé par chaque micro parcelle élémentaire.

Les variétés	Nbr/MP
Simeto	536
Saoura	541
Chen's	536
Vitron	536
Targui	541

La date optimale de semis des céréales d'hiver se situe entre le début novembre au mi-décembre.

On a Semis en ligne manuellement le 07/12/2017 puis on a couvert la semence avec le râteau immédiatement, suivie d'un passage du rouleau lisse (le 10 décembre 2017) pour assurer un bon contact des grains avec le sol en diminuant l'air et maintenant l'humidité dans ce dernier.



FIGURE 2.17 – Semis en ligne manuellement.



FIGURE 2.18 – Couverture de la semence manuellement.

2.4.4 Entretien de culture :

Le désherbage chimique :

Réaliser en fin janvier à l'aide d'un produit systémique anti dicotylédone qui possède la matière active "Tribenuron-methyl", de formule moléculaire $C_{15}H_{17}N_5O_6S$ et un poids moléculaire de 395.39 g/mol [NCBI, 2005], choisi suite à une visite d'inspection au site d'expérimentation ou nous avons constaté la présence des plantes adventices de type dicotylédones seulement. Il est rapidement absorbé par les feuilles principalement mais aussi par les racines, il inhibe la synthèse de l'Acétolactate, causant indirectement l'arrêt de la division cellulaire. Sur les adventices sensibles, une décoloration et une nécrose apparaissent ensuite, suivie de leur mort dans les semaines suivantes. Ces herbicides sont parmi les produits les plus utilisés depuis leur introduction sur le marché au début des années 1980 [Webster & Masson, 2001].

Cette opération a été déroulée dans les meilleures conditions à une température ambiante de 14 °C à une vitesse moyenne de vent de 0.8 m/s à dix heure (10 :00) du matin (soit une vitesse de 2.88 km/h), le 31 janvier 2018.



FIGURE 2.19 – Structure deux dimensions de Tribenuron-methyl [NCBI, 2005].

Dose préconisé par le le fabricant est de neuf (09) gramme de Tribenuron-methyl par hectare, où le volume de bouillie est de 350-400 Litre / hectare.

Le traitement fongique :

Le traitement concerne seulement les micros parcelles a traité avec la dose préconisé par le fabricant. Où nous avons effectués deux traitements, un pour les semences et le deuxième en végétation.

Pour le traitement de semence : Il a été réalisé à l'aide d'un produit à base de Tebuconazole (Figure 2.24) contre la carie et charbon nu et couvert. Le processus se fait par un enrobage

de la semence dans une solution eau plus produit, puis laisser sécher pendant une heure exposé dans l'air en une journée ensoleillé.



FIGURE 2.20 – Semence traitée et laissée sous soleil.

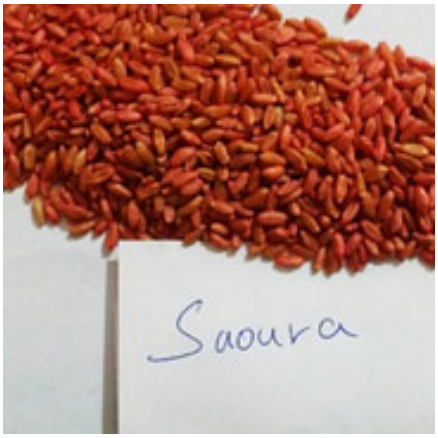


FIGURE 2.21 – La variété Saoura traitée.

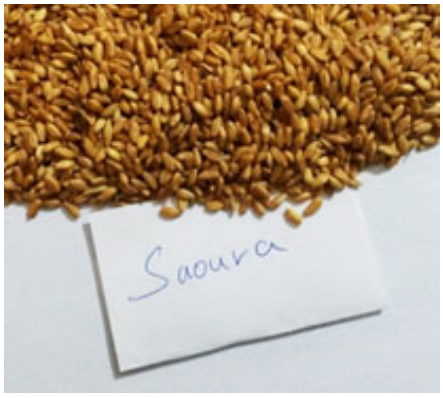


FIGURE 2.22 – Temoin de la variété Saoura.

Pour le traitement en végétation : Il est réalisé à deux reprises, en mars et avril d'une façon préventif seulement pour les micro-parcelles concernées. Où nous avons utilisé un fongicide systémique associant l'effet complémentaire de trois matières actives : Spiroxamine, Tebuconazole et Triadimenol, qui lui confère une efficacité remarquable sur les principales maladies des céréales, à une dose de :

200 g/l Spiroxamine de la famille chimique Spirocetalamines.

133.6 g/l Tebuconazole de la famille chimique Triazole.

34.4 g/l Triadimenol de la famille chimique Triazole.

— Spiroxamine de formule moléculaire C18H35NO2 et un poids moléculaire de 297.483 g/mol) [NCBI, 2005].

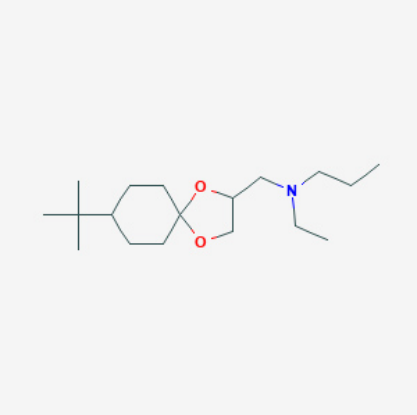


FIGURE 2.23 – Structure deux dimensions de Spiroxamine [NCBI, 2005].

— Tubeconazole de formule moléculaire C16H22ClN3O et un poids moléculaire de 295.767 g/mol) [NCBI, 2005].

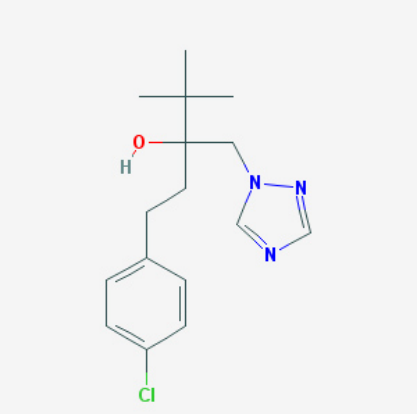


FIGURE 2.24 – Structure deux dimensions du Tubeconazole [NCBI, 2005].

— Triadimenol de formule moléculaire C14H18ClN3O2 et un poids moléculaire de 295.767 g/mol) [NCBI, 2005].

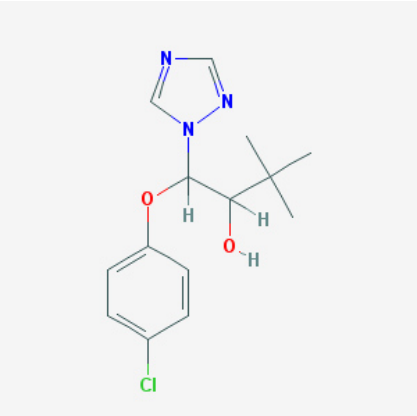


FIGURE 2.25 – Structure deux dimensions de Triadimenol [NCBI, 2005].

Usage : Maladies des feuilles et des épis des céréales.

La dose priconisée est de 0.8 à 1 L/Ha

Son mode d'action est l'inhibition de la biosynthèse des stérols (IBS) sur différents sites du champignon pathogène.

Dosage : Dans le tout nous avons 15 micro-parcelles à traitées d'une superficie de $22.5m^2(1.5*15 = 22.5)$

Pour un volume de bouillie de 400 L/ha, il faut ajouter 0.8-1 L de produit chimique

Donc :

$$400\,L \rightarrow 10000\,m^2$$

$$Y\,L \leftarrow 22.5\,m^2$$

$$Y\,L = \frac{22.5\,m^2 * 400l}{10000\,m^2}$$

$$Y\,L = 0.9\,L$$

Soit un volume de traitement de 0.9 L pour traiter $22.5m^2$

On a choisi 1L/ha

Donc :

$$1\,L \rightarrow 10000\,m^2$$

$$X\,L \leftarrow 22.5\,m^2$$

$$X\,ml = \frac{22.5\,m^2}{10000} * 1000$$

$$X\,ml = 2.25\,ml$$

Soit : 2.25 ml de produit à diluer dans un volume de 0.9 L d'eau pour traiter 22.5 m^2
Date de la premiere application : 08 mars 2018.
Date de la deuxième application : 09 avril 2018.



FIGURE 2.26 – Traitement fongique à l'aide d'un pulvérisateur à dos.

2.4.5 La récolte :

L'opération de la récolte a été réalisée manuellement avec fauchage à l'aide d'une faucille puis battage par la batteuse à épi.



FIGURE 2.27 – Fauchage de la paille des micro-parcelles manuellement.



FIGURE 2.28 – Attachement de chaque micro-parcelles séparément avec son étiquette.



FIGURE 2.29 – Fin de la récolte.



FIGURE 2.30 – Battage de chaque unité séparément par la batteuse expérimentale.

2.5 Méthode d'étude :

Les différentes observations qui se traduisent par des mesures (ou variables) de caractères quantitatifs ou qualitatifs associés à chaque unité expérimentale, ont été prises sur un mètre carré de chaque micro parcelle élémentaire en éliminant les deux lignes de l'extrémité de la micro parcelle afin d'éviter l'effet de bordure.

2.5.1 Les paramètres étudiés :

Le nombre de jours à la levée :

ce stade est atteint lorsque 50 % des plantes émergent de terre pour chaque parcelle élémentaire à partir du premier pluie ou irrigation.

Le nombre de jours à l'épiason :

Le comptage a été effectué lorsque 50% d'épillet visible sur 50% des plantes (la moitie de l'epi sort du limbe aprés son gonflement) pour chaque parcelle élémentaire à partir du premier pluie ou irrigation.

Le nombre de jours à la maturité physiologique :

Le comptage a été effectué lorsque 50 % des épis arrivent à la maturité physiologique (aura lieu à la fin du palier hydrique, quand il n'y a plus de migration des réserves vers le grain) pour chaque parcelle élémentaire à partir de la premier pluie ou irrigation.

La hauteur de la plante (cm) :

Elle est effectuée sur dix (10) plant choisi au hasard, calculée en centimètre après la floraison, là où il n'y aura plus de croissance en longueur.

Le nombre d'épi par mètre carré :

Le dénombrement a été effectué à raison d'un comptage par un mètre carré de chaque parcelle élémentaire après la floraison.

Le nombre de grain par épi :

Nous avons procédé au comptage des grains à partir de dix (10) épis afin d'avoir une moyenne tout en minimisant l'erreur relatif aux manipulateur.

Le poids de mille grains (PMG) :

Prélever au hasard une quantité de grains de chaque variété, sélectionner des grains entiers, compter mille graines manuellement, puis peser la masse de mille grain.

Le rendement théorique :

C'est le rendement de la variété dans les conditions de l'année, il ne prend pas compte des pertes pouvons avoir lieu de la maturité à la récolte. Il est déterminé par la formule suivante :

$$RDTh\, g/m^2 = \Big[(Nbr\ d'épi/m^2) * (Nbr\ de\ grains/épi)\Big] * \left[\left(\frac{PMG}{1000}\, g\right)\right]$$

$$RDTh\, kg/m^2 = \Big[(Nbr\ de\ grains/m^2)\Big] * \left[\left(\frac{PMG}{1000}\right) * \left(\frac{1}{1000}\, kg\right)\right]$$

$$RDTh\, kg/ha = \left\{\Big[(Nbr\ de\ grains/m^2)\Big] * \left[\left(\frac{PMG}{1000}\right) * \left(\frac{1}{1000}\, kg\right)\right]\right\} * \left(\frac{1}{\frac{1}{10000}\, ha}\right)$$

$$RDTh\, kg/ha = \Big[(Nbr\ de\ grains/m^2)\Big] * \left(\frac{PMG}{1000}\right) * \left(\frac{10000}{1000}\, kg/ha\right)$$

$$RDTh\, Qx/ha = \Big[(Nbr\ de\ grains/m^2)\Big] * \left(\frac{PMG}{1000}\right) * (10\, kg/ha)$$

$$RDTh\, Qx/ha = \Big[(Nbr\ de\ grains/m^2)\Big] * \left(\frac{PMG}{1000}\right) * \left(\frac{10}{100}\, Qx/ha\right)$$

$$RDTh\, Qx/ha = \Big[(Nbr\ de\ grains/m^2)\Big] * \left(\frac{PMG}{1000}\right) * \left(\frac{1}{10}\, Qx/ha\right)$$

$$RDTh\, Qx/ha = \Big[(Nbr\ de\ grains/m^2)\Big] * (PMG) * \left(\frac{1}{10000}\ (Qx/ha)\right)$$

Sachant que : $1\, kg = 1000\, g$, $1\, ha = 10000\, m^2$et $PMG\, g = 1000\, grains\ g$

Le rendement réel :

Après la récolte, les grains récupérer sont nettoyés et triés, puis peser pour avoir la quantité récolter en gramme par micro parcelle élémentaire, cette quantité est convertir en (qx/ha).

soit :

$$X_i\, g/1m^2 = X_i \left(\frac{1}{1000} Kg\right) * \left(\frac{1}{\frac{1}{10000} ha}\right)$$

$$X_i\, g/1m^2 = X_i \left(\frac{1}{1000} * \frac{1}{100} Qx\right) * \left(\frac{10000}{ha}\right)$$

$$X_i\, g/1m^2 = X_i \left(\frac{10000}{100000}\right) \left(\frac{Qx}{ha}\right)$$

$$X_i\, g/1m^2 = \left(\frac{X_i}{10}\right) Qx/ha$$

2.5.2 Méthode d'évaluation de la sévérité des maladies :

L'évaluation de la gravité de la maladie est nécessaire, en particulier pour les expériences épidémiologiques ainsi que pour mesurer le niveau de résistance. Plusieurs échelles sont proposées pour différentes maladies mais aucune n'est adaptée à toutes les maladies [Mehta, 2014].

Méthodes d'evaluation des rouilles :

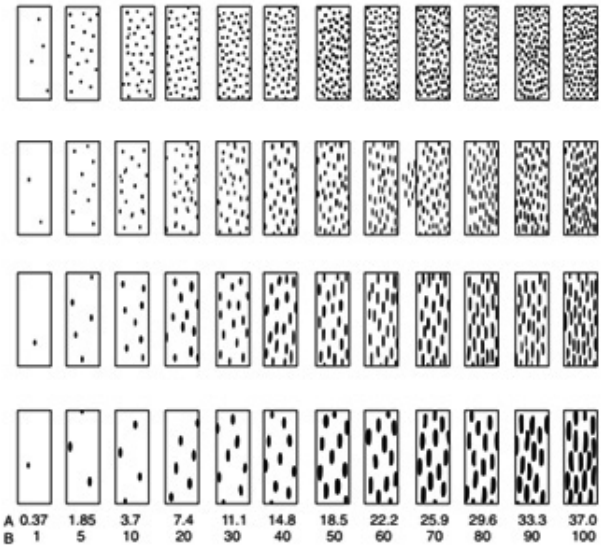


FIGURE 2.31 – Échelle d'évaluation de la maladie pour les rouilles selon l'échelle modifiée de Cobb [Peterson *et al.*, 1948].
(A) pourcentage réel occupé par les urédinia de la rouille.
(B) les sévérités de rouille de l'échelle de Cobb modifiée.

Selon Peterson et al (1948) la réponse se réfère au type d'infection et elle est classée selon l'échelle suivante :

O Immune : Vous ne voyez pas de cloques.

R Résistant : Il y a de très petites cloques entourées d'un halo mort ou pâle.

MR modérément résistant : Il y a de petites cloques entourés d'un halo mort ou pâle.

MS Sensibilité modérée (modérément sensible) : Cloques de taille moyenne entourée d'un halo pâle ou non-entouré.

S susceptible : Les boutons sont relativement gros et parfois connecté les uns aux autres et non entouré de halos pâles.

Méthodes d'evaluation des maladies des taches foliaires :

La gravité de l'infection est estimée en pourcentage de la surface de la plante affectée comme dans les maladies de la rouille ou en utilisant une échelle numérique conçue par Saari et Prescott.

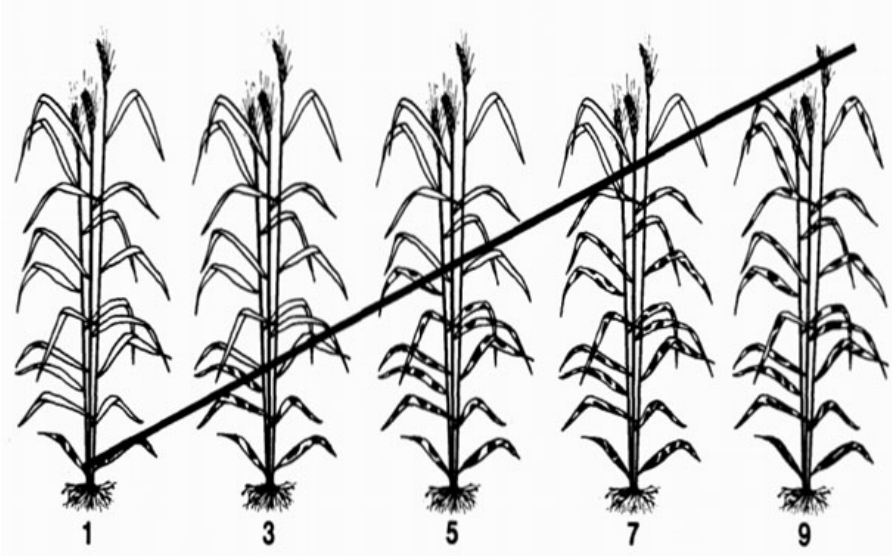


FIGURE 2.32 – Échelle d'évaluation de l'intensité des maladies foliaires chez le blé et l'orge [Saari & Prescott, 1975].

Clés descriptives de niveau de sévérité de l'infection selon Saari et Prescott :

- (0) Immune : Ne pas voir les symptômes. (Pas d'infection)
- (1) Résistant : Il y a de petites taches dispersées et isolées sur un faible nombre de feuille.
- (3) Modérément résistant : Quelques patchs sur les trois feuilles basales de la plante.
- (5) Modérément sensible : infection sévère des feuilles basales, elle est modérer à faible au fur à mesure que l'on se rapproche de la partie médiane du plant, au-delà duquel il y'a absence d'infection.
- (7) Sensible : Blessure grave dans la moitié inférieure et faible au sommet de la plante.
- (9) Très sensible : Blessure grave à l'ensemble de la plante (tous les feuilles et l'épi est également infecté) [Saari & Prescott, 1975].

Méthodes d'evaluation des autres maladies : En raison de la nature de l'infection systémique impliquant tout ou partie de la plante comme la fusariose, l'oïdium la septoriose et l'helminthosporiose, la gravité de l'infection est estimée en pourcentage des plantes ou des organes infectés. Alors que pour les maladies qui se caractérise par l'inclusivité telles que la pourriture racinaires, la gravité de l'infection est calculée en pourcentage des plantes infectées [Stubbs *et al.*, 1986].

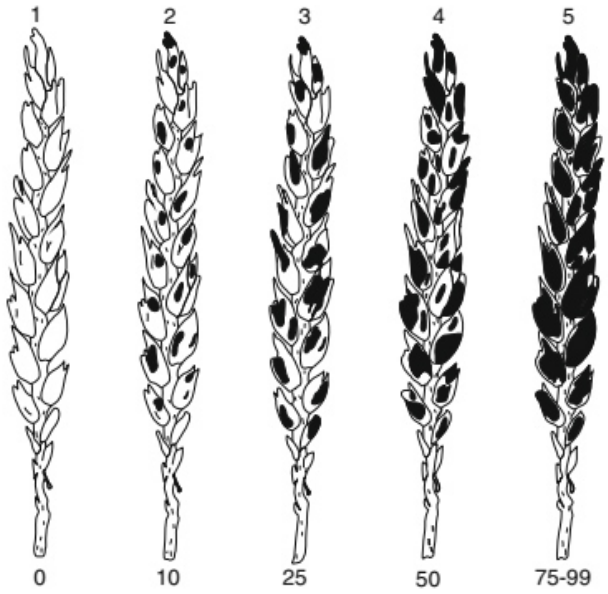


FIGURE 2.33 – Échelle d'évaluation de la maladie pour la fusariose de l'épi (FHB) [James, 1971].

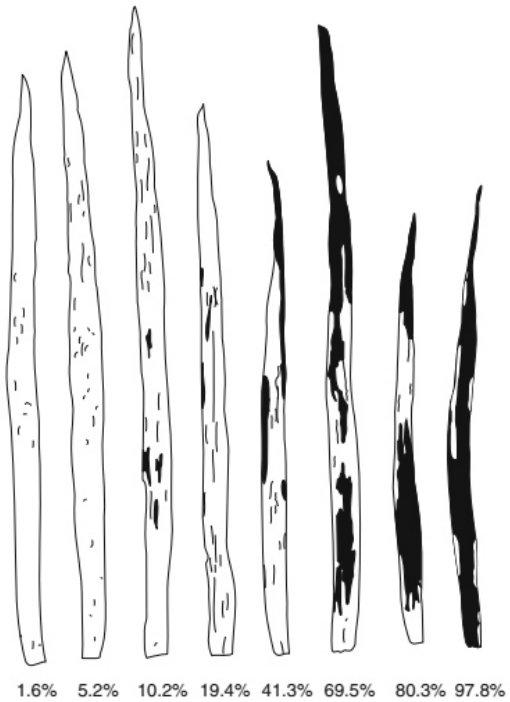


FIGURE 2.34 – Échelle d'évaluation des maladies pour les helminthosporioses [Mehta, 2014].

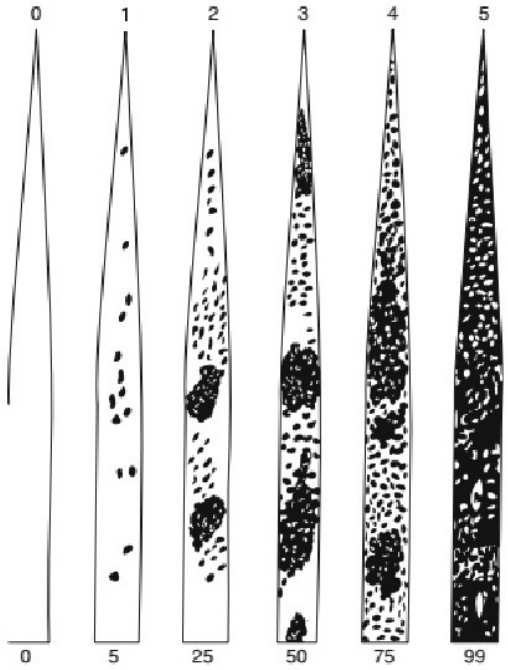


FIGURE 2.35 – Échelle d'évaluation des maladies pour l'oïdium [Mehta, 2014].

2.5.3 Analyse statistique des données :

Les données collectées pour les différents paramètres mesurés ont été traitées à l'aide du logiciel statistique IBM SPSS Statistics Version 20, approprié au dispositif utilisé.

L'approche statistique utilisée, est une analyse de la variance à deux facteurs (Two Way ANOVA).

La comparaison des échantillons traités entre eux (facteur variétale), avec les témoins non traités (facteur traitement fongique) et les relations entre les différentes paires de variables indépendants (interaction variété traitement), sont rendues possible grâce au test de comparaison des moyennes (Post Hoc Test), avec détermination des groupements homogènes par le test de Tukey HSD (Tukey's Honestly Significant Difference) et ceci en cas de signification.

Rappel selon Sokal et al (1969) :

L'hypothèse nulle :

Plus précisément, effectuer un test consiste à rejeter ou non une certaine hypothèse, appelée hypothèse nulle, elle s'exprime ainsi : la différence des moyennes entre les groupes dans la population est nulle. En langage plus courant cela signifie qu'il n y a pas de différence entre les groupes, qu'ils sont identiques. Le but du test est de vérifier s'il est vraisemblable de rejeter cette hypothèse nulle, c'est-à-dire d'affirmer qu'il existe une différence entre les groupes.

Le seuil de signification - rejet de l'hypothèse nulle :

Le test repose sur la règle de décision suivante :

— Si cette probabilité (appelée p) est inférieure à une valeur fixée, appelée seuil de signification, et souvent choisie (arbitrairement) à 5%, on rejette l'hypothèse nulle, considérée trop invraisemblable. On parle alors de différence significative à 5%, ce qui signifie qu'on a 5% de chances de se tromper. On considère donc, avec un risque d'erreur fixé, qu'il y a une différence dans la population entre les groupes comparés pour la variable étudiée.

— Si p est supérieur au seuil de signification fixé, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, et on dit qu'il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les groupes comparés.

Donc l'hypothèse nulle (H0) est l'égalité dans toutes les moyennes de population, tandis que l'hypothèse alternative (H1) sera la différence d'au moins une moyenne.

L'analyse bi-factorielle de la variance :

Est une extension de l'analyse uni-factorielle de la variance. Il y a deux variables indépendantes (d'où le nom anglais two-way). Two-Way ANOVA examine l'effet des deux facteurs sur la variable dépendante continue (les différentes paramètres). Il étudie également l'interrelation entre les variables indépendantes influençant les valeurs de la variable dépendante.

Les exigences qui doivent être remplies pour exécuter une analyse bi-factorielle :

— Les échantillons doivent être indépendants.

— Deux ou plus de deux groupes catégoriques indépendants dans chaque facteur.

— Les variances des populations doivent être égales.

— Les groupes doivent avoir la même taille d'échantillon.

Tous ces exigences sont respectées dans notre population étudiées et nous reste la vérification de l'homogénéité de la variance dans la population pour chaque paramètre (variable étudié) par le test de Levene. Alors l'hypothèse nulle (H0) doit être accepter, c.-à-d. qu'il existe une égalité dans toutes les moyennes de population.

Il y a trois séries d'hypothèses avec l'ANOVA à deux facteurs : Les hypothèses nulles pour chacun des ensembles sont données ci-dessous.

1. Les moyennes de population du premier facteur sont égales. C'est comme l'ANOVA à un facteur pour le facteur de ligne.
2. Les moyennes de population du deuxième facteur sont égales. C'est comme l'ANOVA à un facteur pour le facteur de colonne.
3. Il n'y a pas d'interaction entre les deux facteurs [Sokal *et al.*, 1969].

Chapitre 3

Résultats et discussion :

3.1 Faits saillants :

Nous avons constaté la présence de :

— Criocère sur les entrées n° 06, 29 et 30, qui passe presque inaperçu, permettant un développement très régulier des céréales infestées.



FIGURE 3.1 – Criocère sur la varieté Saoura.

— Puceron sur l'entrée n° 26 sous le seuil de nuisibilité, (qui est défini à partir du début épiaison : 1 épi sur 2 infesté par au moins un puceron [ARVALIS, 2018]) accompagnée de son ennemi naturelle dite coccinelle aphidiphage (à 7 point), ainsi les pertes sont considère comme négligeable.



FIGURE 3.2 – Puceron et coccinelle sur la varieté Simeto.

— Coloration jaune à la base des feuilles, c'est tout un fait normale chez les céréales, une fois la plante grandisse et ne sera plus besoin des premières feuilles émergées du sol, ces derniers deviennent jaune suite a leur flétrissement.



FIGURE 3.3 – Début de jaunissement des feuilles basales

3.2 Les maladies cryptogamiques :

L'étude symptomatologique nous a permet de révéler la présence de deux agents phytopathogène de type fongique qui sont : La tache auréolée et l'oïdium avec une différence dans l'expression dans chaque variété.

La tache auréolée a pu apparaitre même dans les parcelles traitées, ou on a deux hypothèses à fournir que le produit utilisé est moins performant contre cette maladie ou la dose préconisée par le fabricant et sous le seuil d'efficacité propre au produit contre cet agent pathogène, contrairement à l'oïdium qui est présent que sur les parcelles non traitées.



FIGURE 3.4 – Présence de la tache auréolée dans la parcelle entière.

Comme nous avons constaté la présence de rouille jaune (ou striée) sur le blé tendre en voisinage, donc les trois composants du developpement de la maladies sont reuenis (triangle de la maladie), où on peut confirmer que la maladie est plus observée chez le blé tendre et les variétés étudies sont résistantes face à la rouille striée.



FIGURE 3.5 – Présence de la rouille striée sur feuille de blé tendre.

3.2.1 Évaluation de l'intensité des maladies foliaires sur l'essai :

On a utilisé l'échelle d'évaluation de l'intensité des maladies foliaires adopté par Saari et Prescott (Figure 2.27), car il regroupe l'intensité de la maladie sur la feuille (sa superficie infestée) d'une part et d'autre part l'intensité de la maladie sur la plante entière.

Tableau 3.1 – Évaluation de l'intensité des maladies foliaires selon l'échelle de Saari et Prescott.

Entrée	La tache auréolée	L'oïdium	la rouille jaune	Entrée	La tache auréolée	L'oïdium	la rouille jaune
1	3	0	0	16	6	3	0
2	7	0	0	17	5	5	0
3	5	0	0	18	7	5	0
4	7	1	0	19	7	5	0
5	7	0	0	20	3	3	0
6	3	3	0	21	7	0	0
7	9	5	0	22	3	1	0
8	5	3	0	23	6	1	0
9	5	5	0	24	9	0	0
10	3	3	0	25	7	0	0
11	7	0	0	26	5	3	0
12	9	1	0	27	7	5	0
13	7	0	0	28	5	5	0
14	3	0	0	29	7	5	0
15	5	0	0	30	3	3	0

D'après le tableau on a constaté que le comportement des cinq variétés face à :

La tache auréolée est :

- Modérément résistante pour la variété Saoura.
- Très sensible pour les variétés Targui, Chen'S et Viron.
- Modérément sensible pour la variété Siméto.

L'oïdium est :

- Modérément résistante pour les variétés Saoura et Siméto.
- Modérément sensible pour les variétés Targui, Chen'S et Viron.

La rouille jaune est :

- Les cinq variétés sont résistantes.

Et qui sont des informations non mentionnées au catalogue officiel des variétés homologuées en Algérie.

3.2.2 Quelques exemples des maladies rencontrées avec leur degré d'infestation selon l'échelle de Saari et Prescott (Figure 2.27) et celui de Mehta (Figures 2.34 et 2.35).



FIGURE 3.6 – Faible degré d'infection sur le troisième étage foliaire de la variété Siméto par la tache auréolée, les feuilles basales sont modérément infectées (3*).



FIGURE 3.7 – Infection sévère par la tache auréolée au niveau des trois étages foliaires de la variété Siméto, au-delà seules quelques lésions dispersées sont observées (6*).



FIGURE 3.8 – Infection sévère par la tache auréolée sur le dernier tiers de la variété Targui, la feuille étendard est également infectée (8*) (69.5%** de la partie agrandie).



FIGURE 3.9 – Présence de lésions dispersées de la tache auréolée au niveau du second étage foliaire de la variété Saoura (2*).



FIGURE 3.10 – Infection sévère sur les feuilles situées sur la partie basale et médiane du plant, l'infection s'étend jusqu'à la feuille se trouvant juste en dessous de la feuille étendard sans présence de traces d'infection sur la feuille étendard de la variété Saoura (7).



FIGURE 3.11 – Début d'infection par la tache auréolée sur Vitron, par présence de quelques lésions isolées sur un faible nombre de feuille (1*).



FIGURE 3.12 – Début d'infection par la tache auréolée (19.4%**) et présence de coccinelle sur la variété Siméto.



FIGURE 3.13 – Infection sévère des feuilles basales par l'oïdium, elle est modérer à faible au fur à mesure que l'on se rapproche de la partie médiane de la variete Chen'S (5*) (3**).



FIGURE 3.14 – Faible degré d'infection sur le troisième étage foliaire de lavariete saoura par l'oidium (3*) (1**).



FIGURE 3.15 – Infection sévère par l'oïdium sur la variété Vitron, image après dessèchement de la feuille (4**).



FIGURE 3.16 – Faible degré d'infection sur le troisième étage foliaire par l'oïdium (3*) coexistant avec une infection sévère de la tache auréolée sur les feuilles situées sur la partie basale et médiane de la variété Vitron (5*) (**).



FIGURE 3.17 – Infection sévère par la tache auréolée sur la variété Targui (9*) avec présence des points noirâtres sur les feuilles desséchées correspondant à l'oïdium (5*).

* : notation selon l'échelle d'évaluation de l'intensité des maladies foliaires adopté par Saari et Prescott

** : notation selon l'échelle d'évaluation des maladies pour les helminthosporioses et l'oïdium adopté par Mehta.

3.3 Les paramètres étudiés :

3.3.1 Le nombre de jours à la levée :

Le comptage des jours est débuté lorsque la culture installée reçoit la première quantité de pluie ou d'irrigation.

Notre essai a était semé le sept (7) décembre 2018 sous conduite pluviale, là où la première pluie a été reçu après 04 quatre jours (relative au onze (11) décembre 2018).

Nous avons eu une levée homogène de dix-sept (17) jours pour l'ensemble des variétés.



FIGURE 3.18 – Fin de la phase de la levée.



FIGURE 3.19 – Début de la phase du tallage.



FIGURE 3.20 – Fin de la phase de tallage.

La croissance de la culture durant cette période végétative est caractérisée par un développement régulier, dans les conditions optimaux des céréales d'hiver, avec absence totale des agents pathogènes tel que le piétin échaudage, le piétin vers et la fusariose qui touchent le collet.

3.3.2 Le nombre de jours à l'épiaison :

Résultats :

Les résultats relatifs au nombre de jours à l'épiason sont compris dans les tableaux : (3.2, B.1, C.1 et D.1) et illustrées par la figure 3.21.

Tableau 3.2 – Statistiques descriptives du nombre de jours à l'épiason.

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	129.67	0.57	3
	Targui	121.67	0.57	3
	Vitron	126.67	1.15	3
	Chen"S	123.33	1.15	3
	Simeto	121.33	1.15	3
	Total	124.53	3.39	15
T0	Saoura	131.67	1.52	3
	Targui	122.67	1.52	3
	Vitron	127.00	1.73	3
	Chen"S	122.00	1.00	3
	Simeto	121.00	1.00	3
	Total	124.87	4.27	15
Total	Saoura	130.67	1.50	6
	Targui	122.17	1.16	6
	Vitron	126.83	1.32	6
	Chen"S	122.67	1.21	6
	Simeto	121.17	0.983	6
	Total	124.70	3.79	30

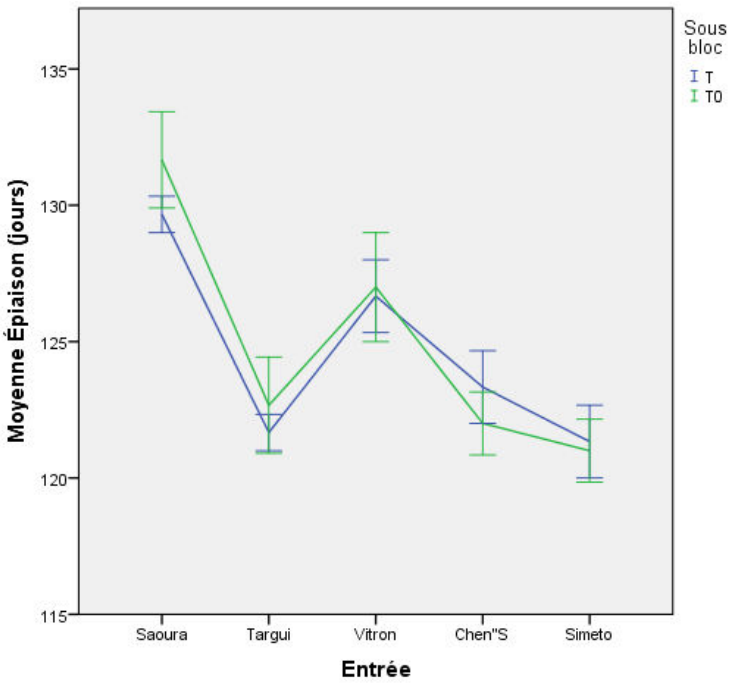


FIGURE 3.21 – Représentation graphique du nombre de jours à l'épiason.

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.448 > 0.05. p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance révèle une différence non significative (p = 0.455 >>> 0.05) pour l'effet du facteur traitement. Cependant l'analyse de la variance pour l'effet du facteur variété révèle une différence hautement significative (p = .000 <<< 0.05).

Le test de Tukey HSD révèle trois groupes homogènes vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées, où la variété qui a enregistré un nombre de jours le plus élevé, est la variété Saoura avec une moyenne de 130.67 jours, suive par la variété Vitron avec une moyenne de 126.83 jours à l'épiaison, et ceux qui ont donné les valeurs les plus faibles sont les variétés Siméto, Targui et Chen'S avec une moyenne de 121.17, 122.17 et 122.67 jours respectivement, et qui sont les variétés les plus précoce.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence non significative (p = 0.193 >> 0.05), le type de traitement n'interagit pas avec le type de variété.

3.3.3 Le nombre de jours à la maturité physiologique :

Résultats :

Les résultats relatifs au nombre de jours à la maturité physiologique sont compris dans les tableaux : (3.3, B.2, C.2 et D.2) et illustrées par la figure 3.22.

Tableau 3.3 – Statistiques descriptives du nombre de jours à la maturité physiologique.

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	201.67	1.15	3
	Targui	197.00	1.00	3
	Vitron	201.00	1.73	3
	Chen"S	197.33	0.57	3
	Simeto	186.33	1.15	3
	Total	196.67	5.77	15
T0	Saoura	202.33	1.52	3
	Targui	197.33	0.57	3
	Vitron	201.33	2.08	3
	Chen"S	197.33	1.15	3
	Simeto	186.67	2.08	3
	Total	197.00	5.90	15
Total	Saoura	202.00	1.26	6
	Targui	197.17	0.75	6
	Vitron	201.17	1.72	6
	Chen"S	197.33	0.81	6
	Simeto	186.50	1.51	6
	Total	196.83	5.74	30

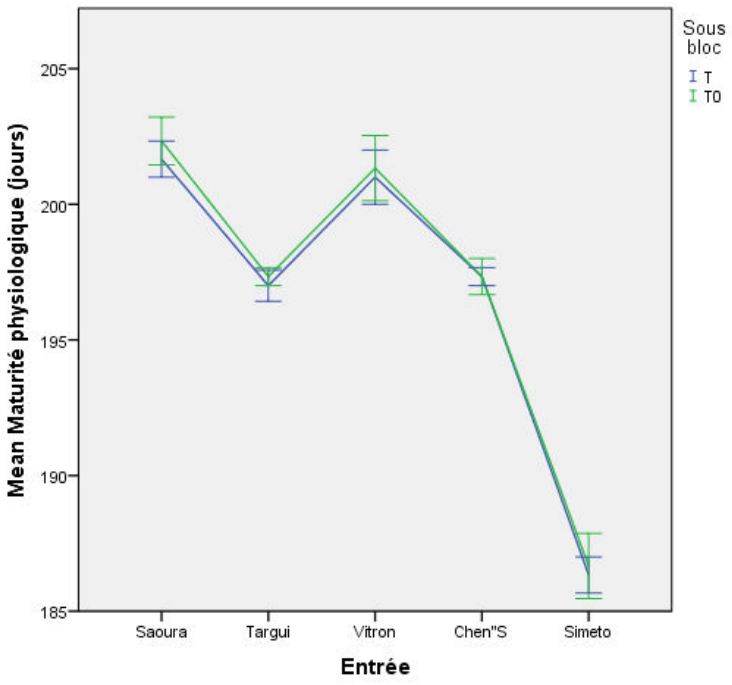


FIGURE 3.22 – Représentation graphique du nombre de jours à la maturité physiologique.

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.174 > 0.05, p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance pour l'effet du facteur traitement révèle une différence non significative (p = 0.522 >>> 0.05). Cependant l'analyse de la variance pour l'effet du facteur variété révèle une différence très hautement significative (avec p = 0.000 <<< 0.05). Et cela vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées.

Le test de Tukey HSD révèle trois groupes homogènes, où les variétés Saoura et Vitron ont enregistré un nombre de jours le plus élevé avec une moyenne de 202 et 201.17 respectivement, suivis par les variétés Chen'S et Targui avec une moyenne de 197.33 et 197.17 jours respectivement et celle qui a donné la valeur la plus faible est les variétés Siméto avec une moyenne de 186.5 jours en reflétant leur précocités.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence non significative (p = 0.993>>>> 0.05), l'hypothèse nulle est retenu ou il y une égalité dans toutes les moyennes de population, le type de traitement n'interagit pas avec le type de variété pour le paramètre nombre de jour à la maturité physiologique.

3.3.4 La hauteur des plantes (cm) :

Résultats :

Les résultats relatifs à la hauteur des plantes sont compris dans les tableaux : (3.4, B.3, C.3 et D.3) et illustrées par la figure 3.23.

Tableau 3.4 – Statistiques descriptives de La hauteur des plantes (cm).

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	86.00	4.00	3
	Targui	71.33	6.02	3
	Vitron	73.33	6.11	3
	Chen"S	69.66	2.08	3
	Simeto	72.33	0.57	3
	Total	74.53	7.08	15
T0	Saoura	91.66	5.50	3
	Targui	73.66	5.13	3
	Vitron	68.00	4.35	3
	Chen"S	72.66	2.08	3
	Simeto	72.66	2.51	3
	Total	75.73	9.19	15
Total	Saoura	88.83	5.30	6
	Targui	72.50	5.16	6
	Vitron	70.66	5.57	6
	Chen"S	71.16	2.48	6
	Simeto	72.50	1.64	6
	Total	75.13	8.08	30

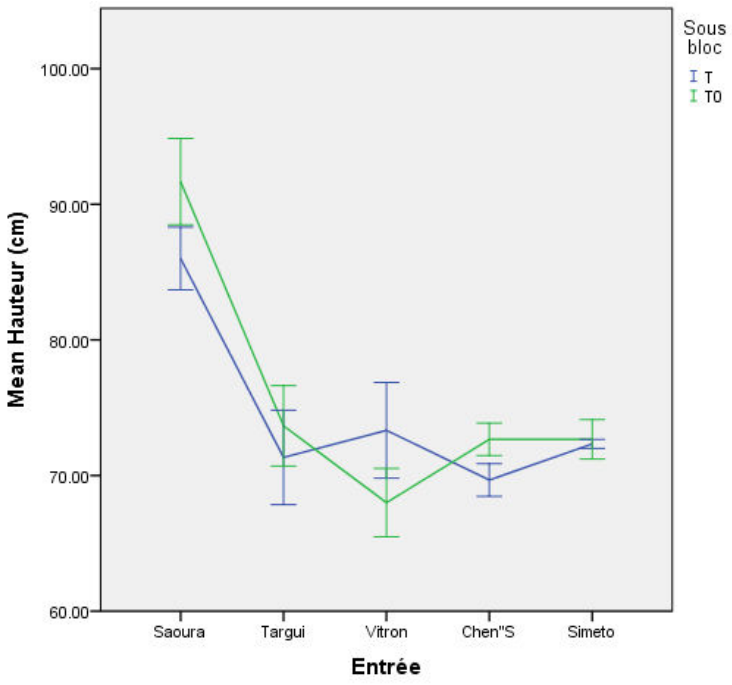


FIGURE 3.23 – Représentation graphique de La hauteur des plantes (cm).

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.178 > 0.05. p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance révèle une différence non significative (p = 0.448 >>> 0.05) pour l'effet du facteur traitement on ne rejette pas l'hypothèse nulle et les moyennes sont considéré égaux. Cependant l'analyse de la variance pour l'effet du facteur variété révèle une différence hautement significative (p = 0.000 <<< 0.05).

Le test de Tukey HSD révèle deux groupes homogènes, où la variété qui a enregistré un nombre de jours le plus élevé, est la variété Saoura avec une hauteur moyenne de 88.83 cm, suive par le reste des variétés avec une moyenne de 72.5, 72.5, 71.16 et 70.66 pour Siméto, Targui, Chen'S et Vitron respectivement. Et cela vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence non significative (p = 0.267 >> 0.05), alors il n y'a pas de différence entre les moyennes et le type de traitement n'interagit pas avec le type de variété.

3.3.5 Le nombre d'épi par mètre carré :

Résultats :

Les résultats relatifs au peuplement épi par mètre carré sont compris dans les tableaux : (3.5, B.4, C.4 et D.4) et illustrées par la figure 3.24.

Tableau 3.5 – Statistiques descriptives du nombre d'épi par mètre carré.

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	263.33	20.03	3
	Targui	257.33	21.50	3
	Vitron	297.67	9.07	3
	Chen"S	274.33	18.55	3
	Simeto	271.67	21.82	3
	Total	292.87	41.97	15
T0	Saoura	340.00	48.44	3
	Targui	237.00	13.11	3
	Vitron	284.33	25.77	3
	Chen"S	262.33	24.78	3
	Simeto	261.33	8.32	3
	Total	277.00	43.08	15
Total	Saoura	351.67	35.53	6
	Targui	247.17	19.43	6
	Vitron	291.00	18.76	6
	Chen"S	268.33	20.65	6
	Simeto	266.50	15.82	6
	Total	284.93	42.56	30

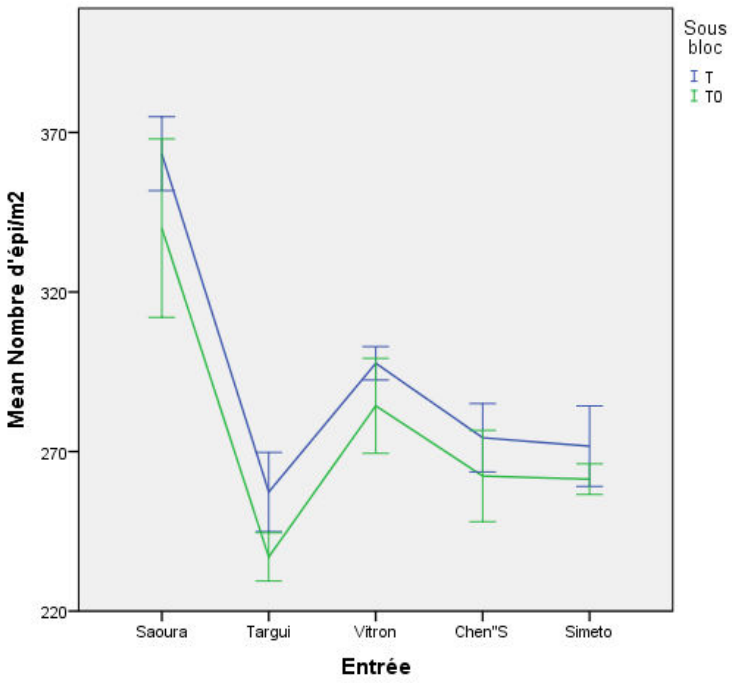


FIGURE 3.24 – Représentation graphique du nombre d'épi par mètre carré.

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.168 > 0.05. p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance révèle une différence non significative (p = 0.082 > 0.05) pour l'effet du facteur traitement. Cependant l'analyse de la variance pour l'effet du facteur variété révèle une différence hautement significative (p = 0.000 <<< 0.05). Et cela vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées.

Le test de Tukey HSD révèle trois groupes homogènes, où la variété qui a enregistré un nombre d'épi par mètre carré, le plus élevé, est la variété Saoura avec une moyenne de 351.67 'épi/m2, suive par le reste des variétés avec une moyenne de 291, 268.33, 266.5 et 247.17 pour Vitron, Chen'S, Siméto et Targui respectivement. Là où la différence significative est entre la variété Vitron et Targui.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence non significative (p = 0.986>>>> 0.05), l'hypothèse nulle est retenu ou il y une égalité dans toutes les moyennes de population, le type de traitement n'interagit pas avec le type de variété pour le paramètre nombre d'épi par mètre carré.

3.3.6 Nombre de grain par épi :

Résultats :

Les résultats relatifs au nombre de grain par épi sont compris dans les tableaux : (3.6, B.5, C.5 et D.5) et illustrées par la figure 3.25.

Tableau 3.6 – Statistiques descriptives du nombre de grain par épi.

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	39.43	1.11	3
	Targui	36.00	1.53	3
	Vitron	34.4	1.01	3
	Chen"S	41.63	2.32	3
	Simeto	42.86	1.65	3
	Total	38.86	3.60	15
T0	Saoura	41.53	4.39	3
	Targui	36.00	1.00	3
	Vitron	34.33	1.15	3
	Chen"S	41.46	3.35	3
	Simeto	42.86	3.66	3
	Total	39.24	4.36	15
Total	Saoura	40.48	3.09	6
	Targui	36.00	1.16	6
	Vitron	34.36	0.97	6
	Chen"S	41.55	2.58	6
	Simeto	42.86	2.54	6
	Total	39.05	3.93	30

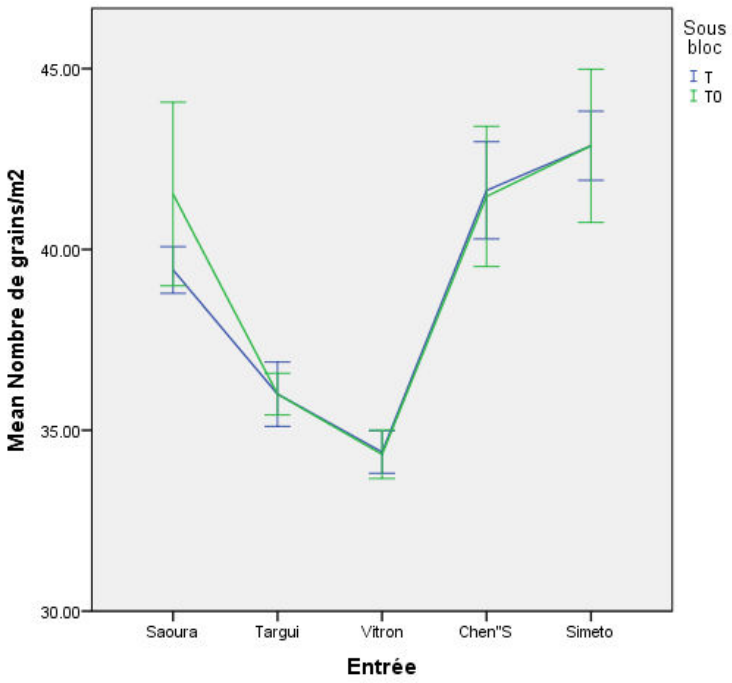


FIGURE 3.25 – Représentation graphique du nombre de grain par épi.

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.130 > 0.05. p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance révèle une différence non significative (p = 0.679 >>> 0.05) pour l'effet du facteur traitement. Cependant l'analyse de la variance pour l'effet du facteur variété révèle une différence hautement significative (p = 0.000 <<< 0.05).

Le test de Tukey HSD révèle deux groupes homogènes, où les variétés Siméto, Chen'S et Saoura enregistré un nombre de grains par épi, le plus élevé sans aucune différence significative entre eux (p = 0.458>>> 0.05), avec une moyenne de 42.86, 41.55 et 40.48 grain/épi respectivement, suive par le deuxième groupe qui inclus la variétés Targui et Vitron d'une moyenne de 36 et 34.36 grain/épi respectivement et une différence non significative de (p = 0.458>>> 0.05). Et cela vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence non significative (p = 0.914>>>> 0.05), alors il n y'a pas de différence entre les moyennes et le type de traitement n'interagit pas avec le type de variété.

3.3.7 Le poids de mille grains (PMG) :

Résultats :

Les résultats relatifs au poids de mille grains (PMG) sont compris dans les tableaux : (3.7, B.6, C.6 et D.6) et illustrées par la figure 3.26.

Tableau 3.7 – Statistiques descriptives du PMG.

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	36.85	0.96	3
	Targui	38.34	0.28	3
	Vitron	36.86	0.44	3
	Chen"S	38.51	0.34	3
	Simeto	43.37	0.44	3
	Total	38.79	2.52	15
T0	Saoura	34.96	0.30	3
	Targui	37.73	0.19	3
	Vitron	35.06	0.34	3
	Chen"S	37.30	0.57	3
	Simeto	40.28	0.62	3
	Total	37.06	2.06	15
Total	Saoura	35.90	1.22	6
	Targui	38.04	0.39	6
	Vitron	35.96	1.04	6
	Chen"S	37.90	0.78	6
	Simeto	41.83	1.76	6
	Total	37.92	2.43	30

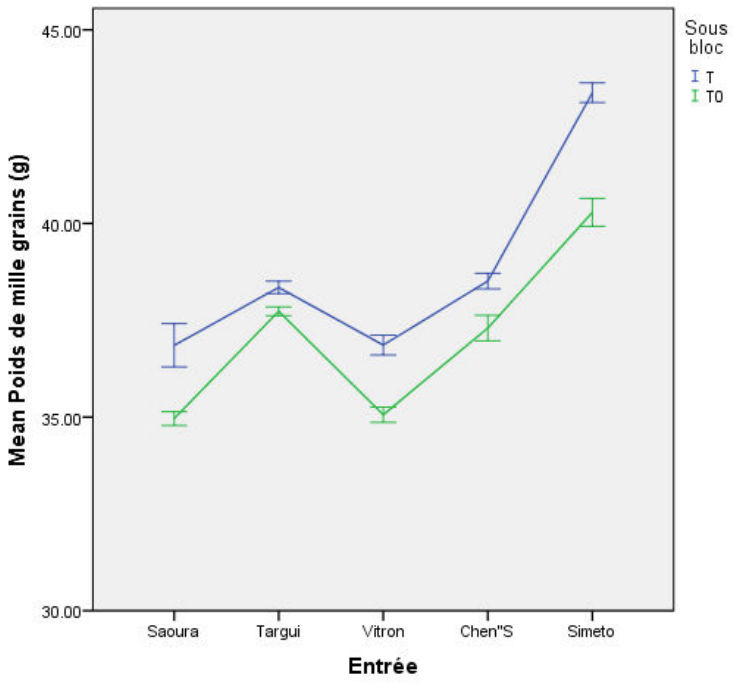


FIGURE 3.26 – Représentation graphique du PMG.

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.131 > 0.05. p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative pour l'effet des deux facteurs étudiés (avec p = 0.000 <<< 0.05 pour le facteur traitement et variété).

Le test de Tukey HSD pour le facteur variétale, révèle trois groupes homogènes, et cela vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées et l'effet de traitement utilisé sur le remplissage de grain., où la variété qui a enregistré un PMG le plus élevé, est la variété Siméto avec une moyenne de 41.83 g, suive par le deuxième groupe qui inclus les variétés Targui et Chen'S avec une valeur p de 0.990 et une moyenne de 38.04 et 37.90 g, respectivement, et un troisième groupe qui inclus les variétés Vitron et Saoura, avec une moyenne de 35.96 et 35.90 g respectivement, d'une vraisemblance de 100 %.

Malgré qu'il existe une différence très hautement significative pour le facteur traitement, le test de Tukey HSD pour ce facteur est inutile, vue qu'il possède seulement deux modalités, là où la moyenne de PMG pour le sous bloc traité et non traité est de 38.79 et 37.06 g respectivement.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence hautement significative (p = 0.005 <<0.05), l'hypothèse nulle est rejetée ou il n'y pas une égalité dans toutes

les moyennes de population, le type de traitement interagit positivement avec le type de variété pour le paramètre PMG, cela signifie que le gain de PMG distinguée est significativement diffèrent d'une variété à une autre malgré l'application du même traitement d'une dose aussi identique.

3.3.8 Le rendement théorique :

Résultats :

Les résultats relatifs au rendement théorique sont compris dans les tableaux : (3.8, B.7, C.7 et D.7) et illustrées par la figure 3.27.

Tableau 3.8 – Statistiques descriptives du rendement théorique.

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	52.78	3.26	3
	Targui	35.55	3.82	3
	Vitron	37.72	0.79	3
	Chen"S	44.02	4.46	3
	Simeto	50.48	4.08	3
	Total	44.11	7.63	15
T0	Saoura	48.90	3.30	3
	Targui	32.17	1.53	3
	Vitron	34.25	3.74	3
	Chen"S	40.61	5.44	3
	Simeto	45.10	3.73	3
	Total	40.21	7.27	15
Total	Saoura	50.84	3.62	6
	Targui	33.86	3.19	6
	Vitron	35.99	3.07	6
	Chen"S	42.32	4.83	6
	Simeto	47.79	4.57	6
	Total	42.16	7.58	30

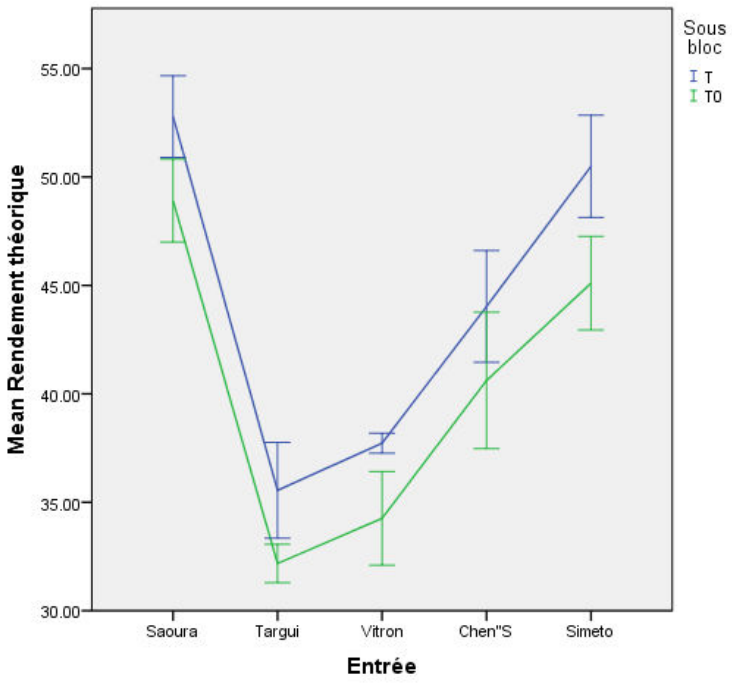


FIGURE 3.27 – Représentation graphique du rendement théorique.

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.448 > 0.05. p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative pour l'effet du facteur traitement (avec p = 0.008 <<< 0.05) et une différence très hautement significative pour l'effet de facteur variétale (avec p = 0.000 <<<< 0.05). Et cela vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées et l'effet de traitement utilisé sur le rendement théorique.

Le test de Tukey HSD pour le facteur variétale, révèle trois groupes homogènes, où la variété Saoura, Siméto représentent le premier groupes d'un rendement théorique le plus élevés avec une moyenne de 50.84 et 47.79 qx/ha respectivement et p = 0.606 >>> 0.05, suive par le deuxième groupe qui inclus aussi la variétés Siméto et une autre variété Chen'S avec une valeur p de 0.110>>> 0.05 et une moyenne de 47.79 et 42.32 qx/ha, respectivement, alors entre le premier et le deuxième groupe il existe une différence significative entre la variété Saoura et Chen'S seulement, un troisième groupe qui inclus les variétés Vitron et Targui, avec une moyenne de 35.99 et 33.86 qx/ha respectivement, d'une vraisemblance de 84.9 %.

La moyenne du rendement théorique pour le sous bloc traité et non traité est de 44.11 et 40.21 qx/ha respectivement, nous permet de discriminer les deux différentes groupes avec un

gain moyen de 3.9 qx/ha pour le sous bloc traité.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence non significative (p = 0.987 >>>> 0.05), l'hypothèse nulle est retenu. D'après les résultats ci-dessus, nous pouvons voir que les principaux effets sont tous deux significatifs, mais l'interaction entre eux ne l'est pas. Autrement dit, les types de traitement ne sont pas tous égaux et les types de variété ne sont pas tous égaux, mais le type de traitement n'interagit avec le type de variété.

3.3.9 Le rendement réel :

Résultats :

Les résultats relatifs au rendement réel sont compris dans les tableaux : (3.9, B.8, C.8 et D.8) et illustrées par la figure 3.28.

Tableau 3.9 – Statistiques descriptives du rendement réel.

Sous bloc		Moyenne	Écart type	N
T	Saoura	46.59	1.55	3
	Targui	28.52	1.56	3
	Vitron	39.31	1.91	3
	Chen"S	36.70	0.17	3
	Simeto	40.66	1.81	3
	Total	38.35	6.23	15
T0	Saoura	43.06	1.12	3
	Targui	19.93	1.45	3
	Vitron	31.31	1.32	3
	Chen"S	33.70	0.71	3
	Simeto	35.36	2.25	3
	Total	32.67	7.85	15
Total	Saoura	44.82	2.28	6
	Targui	24.22	4.89	6
	Vitron	35.31	4.62	6
	Chen"S	35.20	1.70	6
	Simeto	38.01	3.43	6
	Total	35.51	7.54	30

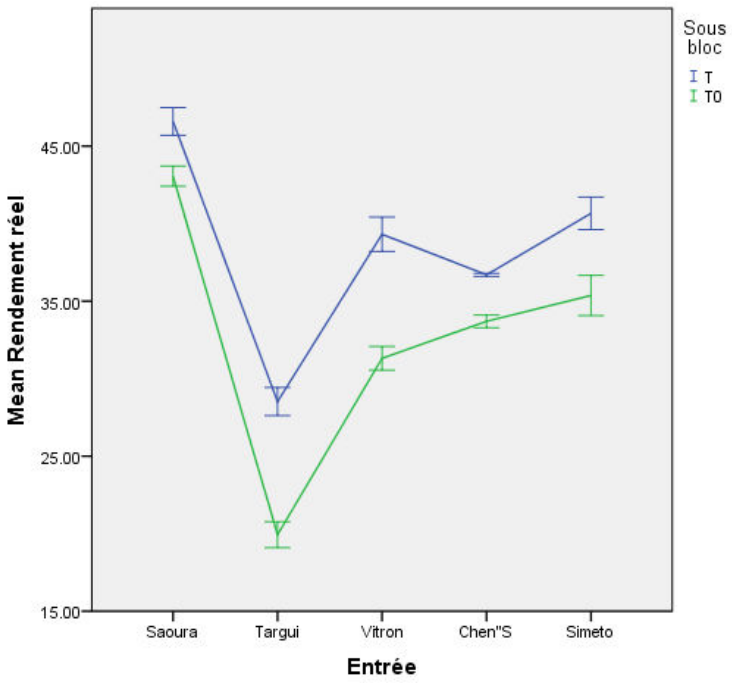


FIGURE 3.28 – Représentation graphique du rendement réel.

Discussions :

Le test de Levene montre que p = 0.484> 0.05. p est largement supérieur au seuil de signification fixé (5 %), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle, donc il n'y a pas, au risque fixé, de différence significative dans la population pour les blocs comparés et les calculs peuvent être poursuivis.

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative pour l'effet des deux facteurs étudiés (avec p = 0.000 <<<< 0.05 pour le facteur traitement et variété). Et cela vue la variabilité génétique que possèdent les variétés étudiées et l'effet de traitement utilisé sur le rendement théorique.

Le test de Tukey HSD pour le facteur variétale, révèle quatre groupes homogènes avec une vraisemblance de 100% dans chaque groupe, où la variété Saoura qui constitue le premier groupe a enregistré la rendement réel le plus élevé d'une moyenne de 44.82 qx/ha, suivie de la variete Siméto représentante du deuxième groupe d'un rendement réel moyen de 38.01 qx/ha, suivie par le troisième groupe qui inclus aussi la variétés Vitron et Chen'S avec une moyenne de 35.31 et 35.20 qx/ha, respectivement, enfin un quatrième groupe qui inclus la variété Targui d'un rendement réel plus faible de 24.22 qx/ha.

Vu qu'il existe seulement deux modalités pour le facteur traitement, toute différence significative est facile à déterminer à partir du tableau des moyennes. La moyenne du rendement réel pour le sous bloc traité et non traité est de 38.35 et 32.67 qx/ha respectivement, avec un gain

moyen de 5.68 qx/ha pour le sous bloc traité.

L'analyse de la variance pour l'effet Sous bloc*Entrée révèle une différence non significative ($p = 0.012 < 0.05$), l'hypothèse nulle est rejetée, ou il n'y pas une égalité dans toutes les moyennes de population, le type de traitement interagit avec le type de variété pour le paramètre rendement réel, cela signifie que le gain du rendement conclus est significativement diffèrent d'une variété à une autre malgré l'application du même traitement.

3.3.10 Récapitulation des paramètres étudiées :

Tableau 3.10 – Tableau comparatif de l'essentiel des paramètres étudiés.

La variété	Saoura	Targui	Vitron	Chen"S	Simeto
Précocité	Tardive	Précoce	Semi-précoce	Précoce	Précoce
La hauteur	Longue	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Nombre de grain par épi	Élevé	Moyenne	Moyenne	Élevé	Élevé
Le poids de mille grains (PMG)	Élevé	Élevé	Élevé	Élevé	Très élevé
Le rendement	Très élevé	Faible	Élevé	Élevé	Très élevé
La rouille jaune	Résistantes	Résistantes	Résistantes	Résistantes	Résistantes
La tache auréolée	Modérément résistante	Très sensible	Très sensible	Très sensible	Modérément sensible
L'oïdium	Modérément résistante	Modérément sensible	Modérément sensible	Modérément sensible	Modérément résistante

Conclusion et perspectives

La conduite de notre essai dans la zone semi-aride de Béni Slimane a était privilégiée par une compagne agricole exceptionnelle vue la pluviosité et les températures ambiantes enregistrées durant une période prolongée qui coïncide avec le cycle de blé cultivé, favorisant le développement des champignons phytopathogénes. Ce qui nous permet de mieux suivre notre essai.

Afin d'étudier la présence des maladies cryptogamiques et évaluer leur effet sur la croissance de cinq variétés du blé dur, nous avons établi un protocole expérimentale appropriée, à travers l'étude des paramètres agronomiques en suivant l'itinéraire technique approprié aux céréales.

Le blé de notre étude est influencé par trois types de champignon qui attaque le feuillage en diminuant sa surface, agissant à son tour sur la photosynthèse qui a influée sur le PMG et le rendement évalués. Sans agir sur le nombre de grain par épi, le nombre d'épi par mètre carré, la hauteur, l'épiaison et la maturité physiologique, ces derniers paramètres dépondent essentiellement de l'arsenal génétique propre aux plantes et les conditions pédoclimatiques de la région.

L'ensemble des variétés testées sont précoce sauf la variété Vitron qui est avéré semi-précoce et la variété Saoura qui est tardive, aboutissant à un échelonnement dans l'apparition des différents stades phénologiques.

Cette compagne montre la présence de la rouille jaune qui est présente seulement sur la culture de blé tendre en voisinage, l'oïdium sur l'ensemble des variétés du sous bloc non traité et la tache auréolé sur l'essai entier. Cela a affaibli les plantes et les a rendus plus sensible aux autres stress biotique et abiotique. Où la variété Targui semble la plus sensible, alors que la variété Saoura et Siméto ont montré certains tolérance et le dégrée de sensibilité des cinq variétés face aux maladies rencontrées peuvent être ajouter au catalogue officiel des variétés homologuée en Algérie.

Le traitement appliqué nous a permet d'avoir un gain moyen de 5.68 qx/ha pour le rendement grain réel, où le produit convient mieux avec la variété Targui et Vitron qui sont les variétés les plus susceptible aux maladies fongiques, avec un gain de 8.59 et 8.00 qx/ha respectivement.

Ces résultats ouvrent des perspectives d'amélioration des rendements de blé dur en Algérie et plus particulièrement dans les régions semi arides, en s'appuyant sur l'introduction des variétés

résistantes aux maladies cryptogamiques, notamment la tache auréolée et l'oïdium, ou enrichir les variétés étudiées par d'autre gènes voulus selon leur susceptibilité, qui peut être réaliser en assurant une continuité entre la conservation et l'utilisation des ressources génétiques par le renforcement des activités de pré-sélection. En plus, d'utiliser des produits plus efficaces, en fonction des variétés utilisées.

Bibliographie

[1] Ammar, K., Lage, J., Villegas, D., Crossa, J., Hernandez, H. and Alvarado, G. [2008], Association among durum wheat international testing sites and trends in yield progress over the last twenty-two years, *in* 'International symposium on wheat yield potential : challenges to international wheat breeding. Mexico DF, Mexico : CIMMYT', pp. 108–119.

[2] Amokrane, A. [2001], 'Evaluation et utilisation de trois sources de gemoplasme de blé dur (triticum durum desf.)'.

[3] Araus, J., Villegas, D., Aparicio, N., Del Moral, L., El Hani, S., Rharrabti, Y., Ferrio, J. and Royo, C. [2003], 'Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under mediterranean conditions', *Crop Science* **43**(1), 170–180.

[4] ARVALIS [2018], 'Les fiches accidents : Céréales à paille'.
URL: *http ://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche*$_a$*ccident/fiches*$_a$*ccidents.php?mode* = *fatype*$_c$*ul* = 1*type*$_a$*cc* = 4*id*$_a$*cc* = 40

[5] Austin, R. and Jones, H. [1975], The physiology of wheat. part iii., Technical report.

[6] Ayed, O. S., De Buyser, J., Picard, E., Trifa, Y. and Amara, H. S. [2010], 'Effect of pre-treatment on isolated microspores culture ability in durum wheat (triticum turgidum subsp. durum desf.)', *Journal of Plant Breeding and Crop Science* **2**(2), 030–038.

[7] Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. and Hassous, K. [2005], 'Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (triticum durum desf.) cultivars under semi-arid conditions', *Journal of Agronomy* .

[8] Bahous, M., Ouazzani Touhami, A. and Douira, A. [2008], 'Survie de quelques pathogènes fongiques sur les feuilles de riz conservées au laboratoire', *Bulletin de l'Institut Scientifique. French* **30**, 13–18.

[9] Baldy, C. [1974], *Contributions à l'étude fréquentielle des conditions climatiques, leurs influences sur la production des principales zones céréalières d'Algérie*, INRA dép. de bioclimatologie.

[10] Baldy, C. M. [1984], 'Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéens vers une utilisation plus complète des pluies, des eaux de ruissellement et des irrigations', *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques* **131**(2-4), 491–499.

[11] Batten, G. D. [1992], 'A review of phosphorus efficiency in wheat', *Plant and soil* **146**(1-2), 163–168.

[12] Belaid, D. [1986], 'Aspects de la céréaliculture algérienne', p. 203.

[13] Belaid, D. [1987], 'Étude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (hedba 3) en condition de déficit hydrique', *Mémoire de magister. INA El Harrach 108p* .

[14] Bogard, M. [2011], Analyse génétique et écophysiologique de l'écart à la relation teneur en protéines-rendement en grains chez le blé tendre (Triticum aestivum L.), PhD thesis, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.

[15] Bolot, S., Abrouk, M., Masood-Quraishi, U., Stein, N., Messing, J., Feuillet, C. and Salse, J. [2009], 'The inner circle of the cereal genomes', *Current opinion in plant biology* **12**(2), 119–125.

[16] Bouakaz, K. and Oussaid, Y. [2013], *Reconnaissance et identification des principales maladies cryptogamiques du blé et de l'orge*, institut national de la protection des végétaux.

[17] Boulal, H., Zaghouane, O., El Mourid, M. and Rezgui, S. [2007], 'Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le maghreb (algérie, maroc, tunisie)', *ITGC, INRA, ICARDA. Algérie* p. 176.

[18] Bouthiba, A., Debaeke, P. and Hamoudi, S. A. [2008], 'Varietal differences in the response of durum wheat (triticum turgidum l. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of algeria', *Irrigation science* **26**(3), 239–251.

[19] Bouzerzour, H. [1998], La sélection pour le rendement en grain, la précocite, la biomasse aérienne et l'indice de récolte chez l'orge (Hordium vulgare L) en zone semi-aride, PhD thesis, These d'état. Univ. Mentouri. Cne : 165p.

[20] Bozzini, A. [1988], 'Origin, distribution, and production of durum wheat in the world'.

[21] Catell, F. [2006], 'Fonctionnement hydrique et physiologique de la plante', *Tiercelin JR et Vidal A.(2006). Traité d'irrigation* pp. 147–161.

[22] Chehat, F. [2006], 'Les politiques céréalières en algérie', *Agri. Med, Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne, Rapport annuel du CIHEAM, Paris* .

[23] Chellali, B. [2007], 'Marché mondial des céréales : L'algérie assure sa sécurité alimentaire'.

[24] Chennafi, H., Aidaoui, A., Bouzerzour, H. and Saci, A. [2006], 'Yield response of durum wheat (triticum durum desf.) cultivar waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions', *Asian Journal of Plant Sciences* (5), 854–860.

[25] Chennafi, H., Bouzerzour, H., Saci, A. and Chenafi, A. [2008], La pratique des façons culturales sur la culture du blé dur (triticum durum desf.) en environnement semi-aride, *in* 'Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation', pp. 63–67.

[26] Clément, J.-M. et al. [1981], *Larousse agriculture.*, Librairie Larousse.

[27] Crêté, P. [1965], 'Précis de botanique, systématique des angiospermes tome 2 ; 2 ième édition révisée', *Faculté de Pharmacie de Paris-masson* .

[28] CROPPRO [2014], 'Identification and management of field crop diseases in victoria, figures illustration of kylie fowler)'. [Online ; Stand 2. march 2014].
URL: *http ://www.croppro.com.au/crop*$_d$*isease*$_m$*anual/bk*01 − *toc.php*

[29] Croston, R. and Williams, J. T. [1981], A world survey of wheat genetic resources, Technical report, International Board for Plant Genetic Resources.

[30] Dekkiche S, S. S. [2011], *cartographie et caractérisation morpho pédologique des fermes de démonstration et de production de semence de l'ITGC par l'utilisation du SIG.*, number 36-43., ITGC.

[31] Demarly, Y. and Chalbi, N. [1991], *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*, John Libbey Eurotext.

[32] Djaouti, M. [2010], 'Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréale en algérie dans le cadre d'un partenariat nord-sud : Cas de la wilaya de sétif.'.

[33] Djennadi, F. A. A., Dekkiche, N., Ghalem-Djender, Z. and Oumdjekane [2010], *cultures et couts de production des grandes cultures.*

[34] Djermoun, A. [2009], 'La production céréalière en algérie : les principales caractéristiques', *Revue Nature et Technologie. n* (1), 45–53.

[35] Domaradzki, K. and Rola, H. [2003], 'The possibility of weed control in cereals by use low rates of herbicides. review of existing investigations.', *Journal of Plant Protection Research* .

[36] Douici-Khalfi, A. and Aouali, S. [2009], *recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie*, institut technique des grandes cultures (ITGC).

[37] Duvivier, M., Bataille, C., Mahieu, O., Heens, B., Monfort, B., Meza Morales, W. and Bodson, B. [2014], '6. lutte intégrée contre les maladies', *Livre blanc céréales* p. 6.

[38] Ehdaie, B. and Waines, J. [2001], 'Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat', *Field Crops Research* **73**(1), 47–61.

[39] El Hafid, R., Smith, D. H., Karrou, M. and Samir, K. [1998], 'Root and shoot growth, water use and water use efficiency of spring durum wheat under early-season drought', *Agronomie* **18**(3), 181–195.

[40] Éliard, J.-L., de Sousa, F. and Lince, P. [1979], *Manual geral de agricultura*.

[41] Elliott, D., Reuter, D., Reddy, G. and Abbott, R. [1997], 'Phosphorus nutrition of spring wheat (triticum aestivum l.). 1. effects of phosphorus supply on plant symptoms, yield, components of yield, and plant phosphorus uptake', *Australian Journal of Agricultural Research* **48**(6), 855–868.

[42] Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Masoni, A. and Arduini, I. [2008], 'Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability', *European journal of agronomy* **28**(2), 138–147.

[43] Evans, L. and Rawson, H. M. [1970], 'Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of the ear during grain development in wheat', *Australian journal of biological sciences* **23**(2), 245–254.

[44] Eyal, Z., Scharen, A., Prescott, J. and Ginkel, M. V. [1987], 'The septoria diseases of wheat : concepts and methods of disease management', p. 52.

[45] Ezzahiri, B. [2001], 'Les maladies du blé : Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte', *Transfert de technologie en agriculture* **77**, 1–4.

[46] Fageria, N. K. [2012], *The role of plant roots in crop production*, CRC Press.

[47] Faostat [2018], 'wheat statistics in the world (y plus)'. [Online ; Stand 19. february 2018]. **URL:** *http ://www.fao.org/faostat/en/data/*

[48] Faurie, C., Ferra, C., Médori, P. and Dévaux, J. [2003], 'Ecologie(approche scientifique et pratique)', (407).

[49] Feillet, P. [2000], *Le grain de blé : composition et utilisation*, Editions Quae.

[50] Feldman, M. [1995], 'Wheats', *Evolution of crop plants* .

[51] Feldman, M. and Sears, E. R. [1981], 'The wild gene resources of wheat', *Scientific American* **244**(1), 102–113.

[52] Feliachi, K. [2000], Programme de développement de la céréaliculture en algérie, *in* 'Actes du 1er Symposium Internat. sur la filière blé, Alger', pp. 7–9.

[53] Fischer, R. [1981], 'Optimizing the use of water and nitrogen through breeding of crops', *Plant and soil* **58**(1-3), 249–278.

[54] Fisher, M. J., Paton, R. C. and Matsuno, K. [1999], 'Intracellular signalling proteins as smart agents in parallel distributed processes', *BioSystems* **50**(3), 159–171.

[55] Gargouri, S., Hajlaoui, M., Guermech, A. and Marrakchi, M. [2001], 'Identification des espèces fongiques associées à la pourriture du pied du blé et étude de leur répartition selon les étages bioclimatiques en tunisie', *EPPO Bulletin* **31**(4), 499–503.

[56] Gate, P. [1995], 'Ecophysiologie du blé, edit', *Lavoisier, Paris, Techniques et Doc* .

[57] Gauer, L., Grant, C., Bailey, L. and Gehl, D. [1992], 'Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (triticum aestivum l.) cultivars, in relation to estimated moisture supply', *Canadian Journal of Plant Science* **72**(1), 235–241.

[58] Girard, M., Walter, C., Remy, J., Berthelin, J. and Morel, J. [2005], 'Sols et environnement,(2e édn)', *Editions Dunod : Paris* **28**, 816.

[59] Giunta, F., Motzo, R. and Deidda, M. [1993], 'Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a mediterranean environment', *Field Crops Research* **33**(4), 399–409.

[60] Grandcourt, M. and Prats, J. [1970], 'Les céréales. 2e édition revue et augmentée. editeurs j', *B. Baillière et Fils* p. 22.

[61] Grandcourt, M. and Prats, J. [1971], 'Les céréales', *Ed. JB Bailliers et Fils* .

[62] Grignac, P. [1965], 'Contribution à l'étude de triticum durum', *DESF Thèse de Doctorat, Univ Toulouse* .

[63] Grignac, P. [1978], blé dur : monographie succincte, *in* 'Annales de l'Institut national agronomique (El Harrach)'.

[64] Herbek, J. and Lee, C. [2009], 'Section 2 : Growth and development', *A Comprehensive Guide to Wheat Management in Kentucky* pp. 6–13.

[65] Hervieu, B., Capone, R. and Abis, S. [2006], 'The challenge posed by the cereals sector in the mediterranean', *Ciheam analytical note* **9**, 14.

[66] Hinsinger, P. [2001], 'Bioavailability of soil inorganic p in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes : a review', *Plant and soil* **237**(2), 173–195.

[67] Hoevers, R. and Scheepens, P. [2007], 'La protection non chimique des cultures'.

[68] Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R. and Gornicki, P. [2002], 'Genes encoding plastid acetyl-coa carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the triticum/aegilops complex and the evolutionary history of polyploid wheat', *Proceedings of the National Academy of Sciences* **99**(12), 8133–8138.

[69] James, C. [1971], 'A manual of assessment keys for plant diseases. canada department of agriculture. publication 1458', *American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA* .

[70] Jean-Claude Hervé, N. S. [1999], 'MS Windows NT kernel description'.
URL: *http ://web.archive.org/web/20080207010024/http ://www.808multimedia.com/winnt/kernel.htm*

[71] Jouve, P. and Daoudi, A. [1984], 'Effets de la date de semis sur l'elaboration du rendement du blé tendre et de l'orge en zones semi-arides et arides (cas du maroc atlantique)', *L'agronomie tropicale* **39**(3), 216–228.

[72] Kadi, Z., Adjel, F. and Bouzerzour, H. [2010], 'Analysis of the genotype x environment interaction of barley grain yield (hordeum vulgare l.) under semi arid conditions', *Advances in environmental biology* pp. 34–41.

[73] Karrou, M. [2000], 'Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au maroc', *Durum wheat improvement in the Mediterranean region : New challenges Zaragoza : CIHEAM Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens* (40), 559–567.

[74] Kaya, M. D., Ipek, A. and ÖZTÜRK, A. [2003], 'Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (carthamus tinctorius l.)', *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **27**(4), 221–227.

[75] Kheyar, M., Bouguerra, Y. and Nourani, A. [2010], 'Étude des possibilités d'introduction du semis direct en zones steppiques', *Séminaire international sur la préservation et la mise en valeur de l'écosystème steppique* .

[76] Kimber, G. and Sears, E. R. [1987], 'Evolution in the genus triticum and the origin of cultivated wheat', *Wheat and wheat improvement* (wheatandwheatim), 154–164.

[77] Levy, A. A. and Feldman, M. [2002], 'The impact of polyploidy on grass genome evolution', *Plant physiology* **130**(4), 1587–1593.

[78] Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., Castillo, J. E. and Lopez-Bellido, F. J. [2000], 'Effects of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed mediterranean conditions', *Agronomy Journal* **92**(6), 1054–1063.

[79] Mac Key, J. [2005], 'Wheat : its concept, evolution and taxonomy', *Durum wheat breeding. Current approaches and future strategies* **1**(part 1), 3–61.

[80] Mascher, F., Michel, V. and Browne, R. [2005], 'Sélection de variétés de blé et de triticale résistantes à la fusariose sur épi', *Revue suisse d'agriculture* **37**(5), 189–194.

[81] Masle-Meynard, J. [1980], 'L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière', *Institut National Agronomique Paris Grignon (1980)* .

[82] Masle-Meynard, J. [1981], 'Élaboration du nombre d'épis d'un peuplement de blé d'hiver en situation de compétition pour l'azote i.–mise en évidence d'un stade critique pour la montée d'une talle', *Agronomie* **1**(8), 623–632.

[83] Mazouz, L. and Bouzerzour, H. [2006], 'Etude de la contribution des paramètres phénomorphologiques dans l'adaptation du blé dur (triticumdurumdesf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride', *Mémoire de Magistère, Dépt. Agron. Fac. Sci, Université Hadj Lakhdar, Batna* p. 65.

[84] Mckey, J. [1968], Species relations in triticum, *in* 'Proc. 2nd International Wheat Genetic symposium. Hereditas2', pp. 237–276.

[85] Mefti, M., Abdelguerfi, A. and Chebouti, A. [2001], 'Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de medicago truncatula (l.) gaertn', *Qualité de la luzerne et des medics pour la production animale* pp. 173–176.

[86] Mehta, Y. R. [2014], Root and stem rots, *in* 'Wheat Diseases and Their Management', Springer, pp. 217–243.

[87] Moayedi, A. A., Boyce, A. N. and Barakbah, S. S. [2010], 'The performance of durum and bread wheat genotypes associated with yield and yield component under different water deficit conditions', *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* **4**(1), 106–113.

[88] Morris, C. F. [2002], 'Puroindolines : the molecular genetic basis of wheat grain hardness', *Plant molecular biology* **48**(5-6), 633–647.

[89] Munns, R., Schachtman, D. and Condon, A. [1995], 'The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley', *Functional Plant Biology* **22**(4), 561–569.

[90] Nasraoui, B. [2008], *Principales maladies fongiques des céréales et des légumineuses en Tunisie*, Centre de Publication Universitaire.

[91] NCBI [2005], 'Physical description from cameo chemicals'. [Online ; Stand 30. july 2018]. **URL:** *https ://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/tribenuron-methylsection=Top*

[92] Nedjoum, D. [2003], *profile fourrager Algérie*, FAO.

[93] Novak, S., Kockmann, F., Villard, A., Banton, O. and Comte, J.-C. [2006], 'Adapter la stratégie culturale au type de sol', *Perspectives agricoles* (322), 14–17.

[94] OAIC [2013], Céréales : hausse de la facture des importations des dix premiers mois de 2013, Technical report, Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.

[95] Obonyo, E. [2011], 'Developing global scientists and engineers : Engineering sustainable building systems', *Quality Education for Societal Transformation Nairobi, Kenya July 20-22, 2011* **20**, 170.

[96] Omari, C., Moisseron, J.-Y. et al. [2012], 'L'agriculture algérienne face aux défis alimentaires', *Revue Tiers Monde* (2), 123–141.

[97] Oweis, T., Zhang, H. and Pala, M. [2000], 'Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in a mediterranean environment', *Agronomy Journal* **92**(2), 231–238.

[98] Padilla, M. [2000], *Alimentation et nourritures autour de la Méditerranée*, Karthala Éditions.

[99] Peña, R. [2002], 'Wheat for bread and other foods', *Bread wheat improvement and production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome* pp. 483–542.

[100] Pena, R. and Pfeiffer, W. [2005], 'Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement', *Durum Wheat Breeding : Current Approaches and Future Strategies. Food Product Press. The Haworth Press Inc., New York* pp. 663–772.

[101] Peterson, R. F., Campbell, A. and Hannah, A. [1948], 'A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals', *Canadian journal of research* **26**(5), 496–500.

[102] Prat, H. [1960], 'Vers une classification naturelle des graminées', *Bulletin de la Société botanique de France* **107**(1-2), 32–79.

[103] Prystupa, P., Savin, R. and Slafer, G. A. [2004], 'Grain number and its relationship with dry matter, n and p in the spikes at heading in response to n× p fertilization in barley', *Field Crops Research* **90**(2-3), 245–254.

[104] Rachedi, M. [2003], 'Les céréales en algérie problématique et option de reforme', *Rev. Céréale* **38**, 5–9.

[105] Rajaram, S., Borlaug, N. and Van Ginkel, M. [2002], 'Cimmyt international wheat breeding', *Bread wheat improvement and production. FAO, Rome* pp. 103–117.

[106] Ramade, F. [2009], *Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale-4e édition*, Dunod.

[107] Recous, S. and Machet, J.-M. [1999], 'Short-term immobilisation and crop uptake of fertiliser nitrogen applied to winter wheat : effect of date of application in spring', *Plant and Soil* **206**(2), 137–149.

[108] Robert, D., Gate, P. and Couvreur, F. [1993], *Les stades du blé*, Institut Technique des Céréales et des Fourrages.

[109] Roudani, M. [1996], Physiologie comparée de deux espèces de blé (Triticum durum, variété BenBachir et T. aestivum, variété Tanit) en relation avec les conditions de nutrition : métabolisme racinaire en milieu salé, PhD thesis, university Tunis-2.

[110] Saari, E. and Prescott, J. [1975], 'Scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases', *Plant Disease Reporter* .

[111] Sayoud, R., Ezzahiri, B. and Bouznad, Z. [1999], 'Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au maghreb', *Guide pratique. Projet maghrébin sur la surveillance des maladies et le développement de germoplasme résistants des céréales et des légumineuses. PNUD RAB/91* p. 64.

[112] Schvartz, C., Decroux, J. and Muller, J.-C. [2005], *Guide de la fertilisation raisonnée : grandes cultures et prairies*, France Agricole Editions.

[113] Seppi [2015], 'graines de rebelles'. [Online ; Stand 07. octobre 2017].
URL: *http ://seppi.over-blog.com/2015/10/graines-de-rebelles-sur-une-france-2-franchement-pas-belle.html*

[114] Shewry, P. R. [2009], 'Wheat', *Journal of experimental botany* **60**(6), 1537–1553.

[115] Slama, A., Salem, M. B., Zid, E. et al. [2005], 'Les céréales en tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance', *Science et changements planétaires/Sécheresse* **16**(3), 225–229.

[116] Slama, F. [1986], Effet du nitrate d'ammonium sur le degré de tolérance à une forte dose de nacl de dix variétés de blé, *in* 'Colloque sur les Végétaux en Milieu Aride. FST/ACCT. Tunisie, Jerba', pp. 460–473.

[117] Smadhi, D., Mouhouche, B., Zella, L. and Semiani, M. [2009], 'pluviométrie et céréaliculture dans le système agro-économique de l'algérie', *Sciences & Technologie C* (29), 56–62.

[118] Sokal, R. R., Rohlf, F. J. et al. [1969], *The principles and practice of statistics in biological research*, WH Freeman and company San Francisco :.

[119] Soltner, D. [1982], 'Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. manuel de pyrotechnie spéciale', (20), 471.

[120] Soltner, D. [1987], Les bases de la production végétale, Technical report.

[121] Soltner, D. [2005], 'Les bandes enherbées : sauver la terre et l'eau', *Le Courrier de la nature* **219**, 34–39.

[122] SOPAT [2018], Service d'organisation de la production et de l'appui technique : situation de l'agriculture dans la wilaya de médéa et données climatiques de la région de béni slimane, Technical report, Direction des Services Agricoles de Médéa.

[123] Sourour, A., Chahine, K., Youssef, T., Olfa, S.-A. and Hajer, S.-A. [2010], 'Phenotypic diversity of tunisian durum wheat landraces', *African Crop Science Journal* **18**(1).

[124] Stewart, G. et al. [1968], *Land evaluation*, Macmillan Melbourne.

[125] Stroun, M., Schopfer, J. and Chodat, F. [1959], 'Relations entre la durée de la photopériode, la qualité de la lumière et le développement des céréales', *Bulletin de la Société Botanique de France* **106**(7-8), 309–321.

[126] Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. and Dubin, H. [1986], 'Cereal disease methodology manual'.

[127] Syngenta [2015], 'les maladies de blé'. [Online ; Stand 20. february 2014].
URL: *https ://www.syngenta.fr/cultures/cereales/article-fongicide/maladies-du-ble*

[128] Tavakkoli, A. R. and Oweis, T. Y. [2004], 'The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of iran', *Agricultural Water Management* **65**(3), 225–236.

[129] Timsina, J. and Connor, D. J. [2001], 'Productivity and management of rice–wheat cropping systems : issues and challenges', *Field crops research* **69**(2), 93–132.

[130] Urban, L. and Urban, I. [2010], 'La production sous serre, tome 1, la gestion du climat'.

[131] Wardlaw, I. F. [2002], 'Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment', *Annals of botany* **90**(4), 469–476.

[132] Webster, E. P. and Masson, J. A. [2001], 'Acetolactate synthase-inhibiting herbicides on imidazolinone-tolerant rice', *Weed Science* **49**(5), 652–657.

[133] Whitmore, J. [2000], Edible legumes for drought-prone regions, *in* 'Drought Management on Farmland', Springer, pp. 98–105.

[134] Wyn Jones, R. and Pollard, A. [1983], 'Proteins, enzymes and inorganic ions', *Encyclopedia of Plant Physiology. New Series* pp. 528–562.

Annexe A

Fiches descriptives des variétés étudiées

Variété	**CHEN ''S''**	
Origine	Syrie	
Pedigree:	Ihwa's'/Bit 'S'CD	26406-3B-2Y-9Y-OM-3Y-OB
Obtenteur	ICARDA	
Demandeur	ITGC	
Année d'inscription	1998	
CARACTERISTIQUES AU CHAMP :		
Coléoptile :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible
Première feuille :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible.
Plante :	Port au tallage : dresse.	Dressé
	Fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante :	Nulle ou très faible.
	Hauteur (tige, épi et barbe) :	Courte
Dernière feuille :	Glaucescence de la gaine :	Forte
	Glaucescence du limbe:	Faible
Epoque d'épiaison	1er épillet visible sur 50% des plantes	Précoce
Barbe :	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
Tige :	Pilosité du dernier nœud :	Nulle ou très faible
	Glaucescence du col de l'épi :	Moyenne
Epi :	Glaucescence :	Moyenne
CARACTERISTIQUES SUR EPI SEC :		
Barbe :	Distribution des barbes :	Sur toute la longueur
	Longueur par apport à l'épi :	Plus long
	Couleur :	Noire
Epi :	Longueur à l' exclusion des barbes :	Court
	Pilosité du bord du 1er article du rachis :	Nulle ou très faible
	Couleur a la maturité :	Blanc
	Forme en vue de profil :	Pyramidale
	Compacité :	Compact
Paille	Moelle en direction transversale	Peu épaisse
Glume inferieur	Forme de la glume :	Ovoïde
	Forme de la troncature :	Echancrée
	Largeur de la troncature :	Etroite
	Longueur du bec :	Court
	Forme du bec :	Moyen
	Pilosité de la face externe :	Présente
Grain	Forme	Demi-allongée
	Longueur des poils de la brosse vue dorsale :	Courts
	Coloration au phénol :	Faible
CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES :		
Rendement :	Elevé	
Poids de mille grains :	Elevé	
Qualité semoulière :	*	
Mitadinage :	*	
Teneur en protéines :	*	

* Pas d'information

Variété	**SAOURA**	
Origine	Syrie	
Pedigree:	*	
Obtenteur	ITGC Sétif	
Demandeur	ITGC	
Année d'inscription	2012	
CARACTERISTIQUES AU CHAMP :		
Coléoptile :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible
Première feuille :	Pigmentation anthocyanique	Faible
Plante :	Port au tallage : dresse.	Demi-dressé
	Fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante :	Nulle ou très faible.
	Hauteur (tige, épi et barbe) :	Moyenne
Dernière feuille :	Glaucescence de la gaine :	Forte
	Glaucescence du limbe:	Moyenne
Epoque d'épiaison	1er épillet visible sur 50% des plantes	Tardive
Barbe :	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
Tige :	Pilosité du dernier nœud :	Faible
	Glaucescence du col de l'épi :	Faible
Epi :	Glaucescence :	Moyenne
CARACTERISTIQUES SUR EPI SEC :		
Barbe :	Distribution des barbes :	sur toute la longueur
	Longueur par apport à l'épi :	plus long.
	Couleur :	Brune
Epi :	Longueur à l' exclusion des barbes :	Moyenne
	Pilosité du bord du 1er article du rachis :	Faible
	Couleur a la maturité :	Blanc
	Forme en vue de profil :	Pyramidale
	Compacité :	Moyenne
Paille	Moelle en direction transversale	Peu épaisse.
Glume inferieur	Forme de la glume :	Allongée
	Forme de la troncature :	Inclinée
	Largeur de la troncature :	Etroite
	Longueur du bec :	Long
	Forme du bec :	Légèrement coudé
	Pilosité de la face externe :	Absente
Grain	Forme	Demi-allongée
	Longueur des poils de la brosse vue dorsale :	courts
	Coloration au phénol :	faible
CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES :		
Rendement :	Elevé	
Poids de mille grains :	Elevé	
Qualité semoulière :	Bonne	
Mitadinage :	Résistante	
Teneur en protéines :	16.09 %	

* Pas d'information.

Variété	**SIMETO**	
Origine	Italie	
Pedigree:	Capeiti * valvona	
Obtenteur	IAO ITALIO	
Demandeur	ITGC	
Année d'inscription	1998	
CARACTERISTIQUES AU CHAMP :		
Coléoptile :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible
Première feuille :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible.
Plante :	Port au tallage : dresse.	Demi-dresse.
	Fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante :	Nulle ou très faible.
	Hauteur (tige, épi et barbe) :	Moyenne
Dernière feuille :	Glaucescence de la gaine :	Très forte
	Glaucescence du limbe:	Forte
Epoque d'épiaison	1er épillet visible sur 50% des plantes	Précoce
Barbe :	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
Tige :	Pilosité du dernier nœud :	Nulle ou très faible
	Glaucescence du col de l'épi :	Forte
Epi :	Glaucescence :	Forte
CARACTERISTIQUES SUR EPI SEC :		
Barbe :	Distribution des barbes :	Sur toute la longueur
	Longueur par apport à l'épi :	Plus longues
	Couleur :	Noire
Epi :	Longueur à l' exclusion des barbes :	Court
	Pilosité du bord du 1er article du rachis :	Nulle ou très faible
	Couleur a la maturité :	Blanc
	Forme en vue de profil :	Pyramidale
	Compacité :	Moyenne
Paille	Moelle en direction transversale	Peu épaisse.
Glume inferieur	Forme de la glume :	Allongée
	Forme de la troncature :	Inclinée
	Largeur de la troncature :	Etroite
	Longueur du bec :	Court
	Forme du bec :	Droit
	Pilosité de la face externe :	Absente
Grain	Forme	Demi-allongée
	Longueur des poils de la brosse vue dorsale :	Moyenne
	Coloration au phénol :	Faible
CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES :		
Rendement :	Elevé	
Poids de mille grains :	Elevé	
Qualité semoulière :	Très bonne	
Mitadinage :	Résistante	
Teneur en protéines :	15.80 %	

Variété	**TARGUI**	
Origine	Syrie	
Pedigree:	Id94.0920-C-OAP-7AP	
Obtenteur	ITGC Sétif	
Demandeur	ITGC	
Année d'inscription	2011	
CARACTERISTIQUES AU CHAMP :		
Coléoptile :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible
Première feuille :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible
Plante :	Port au tallage : dresse.	Dressé
	Fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante :	Faible
	Hauteur (tige, épi et barbe) :	Moyenne
Dernière feuille :	Glaucescence de la gaine :	Moyenne
	Glaucescence du limbe:	Faible
Epoque d'épiaison	1er épillet visible sur 50% des plantes	Précoce
Barbe :	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
Tige :	Pilosité du dernier nœud :	Faible
	Glaucescence du col de l'épi :	Moyenne
Epi :	Glaucescence :	Moyenne
CARACTERISTIQUES SUR EPI SEC :		
Barbe :	Distribution des barbes :	Sur toute la longueur
	Longueur par apport à l'épi :	Plus longues
	Couleur :	Blanchâtre
Epi :	Longueur à l' exclusion des barbes :	Moyen
	Pilosité du bord du 1er article du rachis :	Forte
	Couleur a la maturité :	blanc
	Forme en vue de profil :	pyramidale
	Compacité :	Moyenne
Paille	Moelle en direction transversale	Peu épaisse
Glume inferieur	Forme de la glume :	Allongee
	Forme de la troncature :	Droite
	Largeur de la troncature :	Moyenne
	Longueur du bec :	court
	Forme du bec :	Légèrement coudé
	Pilosité de la face externe :	Absente
Grain	Forme	Demi-allongée
	Longueur des poils de la brosse vue dorsale :	Courts
	Coloration au phénol :	Faible
CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES :		
Rendement :	élevé	
Poids de mille grains :	élevé	
Qualité semoulière :	Bonne	
Mitadinage :	Résistante	
Teneur en protéines :	16.09 %	

Variété	**VITRON**	
Origine	Espagne	
Pedigree:	*	
Obtenteur	*	
Demandeur	ITGC	
Année d'inscription	1998	
CARACTERISTIQUES AU CHAMP :		
Coléoptile :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible
Première feuille :	Pigmentation anthocyanique	Nulle ou très faible.
Plante :	Port au tallage : dresse.	Demi-dresse à demi-étalé
	Fréquence des plantes ayant la dernière feuille retombante :	Nulle ou très faible.
	Hauteur (tige, épi et barbe) :	courte
Dernière feuille :	Glaucescence de la gaine :	Forte
	Glaucescence du limbe:	Moyenne
Epoque d'épiaison	1er épillet visible sur 50% des plantes	Précoce
Barbe :	Pigmentation anthocyanique :	Nulle ou très faible
Tige :	Pilosité du dernier nœud :	Nulle ou très faible
	Glaucescence du col de l'épi :	Faible
Epi :	Glaucescence :	Moyenne
CARACTERISTIQUES SUR EPI SEC :		
Barbe :	Distribution des barbes :	Sur toute la longueur
	Longueur par apport à l'épi :	plus longues
	Couleur :	Noire
Epi :	Longueur à l' exclusion des barbes :	Moyen
	Pilosité du bord du 1er article du rachis :	Nulle ou très faible
	Couleur a la maturité :	Blanc
	Forme en vue de profil :	Pyramidale
	Compacité :	Moyenne
Paille	Moelle en direction transversale	Peu épaisse.
Glume inferieur	Forme de la glume :	Allongée
	Forme de la troncature :	Droite
	Largeur de la troncature :	étroite
	Longueur du bec :	court
	Forme du bec :	Droit
	Pilosité de la face externe :	présente
Grain	Forme	Allongée
	Longueur des poils de la brosse vue dorsale :	Moyenne
	Coloration au phénol :	Faible
CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES :		
Rendement :	Elevé	
Poids de mille grains :	Elevé	
Qualité semoulière :	Bonne	
Mitadinage :	Résistante	
Teneur en protéines :	13.50 %	

* Pas d'information.

Annexe B

Test de levene

Tableau B.1 – Variable Dependant : Épiaison (jours).

F	df1	df2	Sig.
1.035	9	20	0.448

Tableau B.2 – Variable Dependant : Maturité physiologique (jours).

F	df1	df2	Sig.
1.628	9	20	0.174

Tableau B.3 – Variable Dependant : Hauteur (cm).

F	df1	df2	Sig.
1.616	9	20	0.178

Tableau B.4 – Variable Dependant : Nombre d'épi/m^2.

F	df1	df2	Sig.
1.649	9	20	0.168

Tableau B.5 – Variable Dependant : Nombre de grains/épi.

F	df1	df2	Sig.
1.808	9	20	0.130

Tableau B.6 – Variable Dependant : Poids de mille grains (g).

F	df1	df2	Sig.
1.801	9	20	0.131

Tableau B.7 – Variable Dependant : Rendement théorique.

F	df1	df2	Sig.
1.258	9	20	0.318

Tableau B.8 – Variable Dependant : Épiaison (jours)

F	df1	df2	Sig.
0.981	9	20	0.484

Annexe C

Test de l'effet entre les groupes

Tableau C.1 – Variable Dependant : Épiaison (jours).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	0.833	1	0.833	0.833	0.455
Entrée	379.133	4	94.783	66.128	0.000
Sous bloc* Entrée	9.667	4	2.417	1.686	0.193
Error	28.667	20	1.433		
Total	466921.000	30			

Tableau C.2 – Variable Dependant : Maturité physiologique (jours).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	0.833	1	0.833	0.424	0.552
Entrée	915.667	4	228.917	116.398	0.000
Sous bloc* Entrée	0.333	4	0.083	0.042	0.996
Error	39.333	20	1.967		
Total	1163257	30			

Tableau C.3 – Variable Dependant : Hauteur (cm).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	10.800	1	10.800	.0598	0.448
Entrée	1423.467	4	355.867	19.697	0.000
Sous bloc* Entrée	101.867	4	25.467	1.410	0.267
Error	361.33	20	18.067		
Total	171248	30			

Tableau C.4 – Variable Dependant : Nombre d'épi/m^2.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	1888.133	1	1888.133	3.352	0.082
Entrée	39190.867	4	9797.717	17.391	0.000
Sous bloc* Entrée	191.533	4	47.883	0.085	0.986
Error	11267.33	20	563.367		
Total	2488148	30			

Tableau C.5 – Variable Dependant : Nombre de grains/épi.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	1.045	1	1.045	0.177	0.679
Entrée	324.645	4	81.161	13.707	0.000
Sous bloc* Entrée	5.618	4	1.405	0.237	0.914
Error	118.427	20	5.921		
Total	46204.620	30			

Tableau C.6 – Variable Dependant : Poids de mille grains (g).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	22.240	1	22.240	88.998	0.000
Entrée	139.263	4	34.816	139.324	0.000
Sous bloc* Entrée	5.092	4	1.273	5.094	0.005
Error	4.998	20	0.250		
Total	43329.863	30			

Tableau C.7 – Variable Dependant : Rendement théorique.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	114.364	1	114.364	8.568	0.008
Entrée	1284.852	4	321.213	25.066	0.000
Sous bloc* Entrée	4.372	4	1.093	0.082	0.987
Error	266.943	20	13.347		
Total	55005.726	30			

Tableau C.8 – Variable Dependant : Rendement réel.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Sous bloc	242.309	1	242.309	107.207	0.000
Entrée	1323.151	4	330.788	146.354	0.000
Sous bloc* Entrée	38.700	4	9.675	4.281	0.012
Error	45.204	20	2.260		
Total	39493.793	30			

Annexe D

Répartition des groupements homogènes

Tableau D.1 – Variable Dependant : Épiaison (jours).

Tukey HSD				
Entrée	N	Subset		
		1	2	3
Simeto	6	121.17		
Targui	6	122.17		
Chen"S	6	122.67		
Vitron	6		126.83	
Saoura	6			130.67
Sig.		.231	1.000	1.000

Tableau D.2 – Variable Dependant : Maturité physiologique (jours).

Tukey HSD				
Entrée	N	Subset		
		1	2	3
Simeto	6	186.50		
Targui	6		197.17	
Chen"S	6		197.33	
Vitron	6			201.17
Saoura	6			202.00
Sig.		1.000	1.000	0.839

Tableau D.3 – Variable Dependant : Hauteur (cm).

Tukey HSD			
Entrée	N	Subset	
		1	2
Vitron	6	70.66	
Chen"S	6	71.16	
Targui	6	72.50	
Simeto	6	72.50	
Saoura	6		88.83
Sig.		0.943	1.000

Tableau D.4 – Variable Dependant : Nombre d'épi $/m^2$.

Tukey HSD				
Entrée	N	Subset		
		1	2	3
Targui	6	247.17		
Simeto	6	266.5	266.50	
Chen"S	6	268.33	268.33	
Vitron	6		291.00	
Saoura	6			351.67
Sig.		0.547	0.407	1.000

Tableau D.5 – Variable Dependant : Nombre de grains/épi.

Tukey HSD			
Entrée	N	Subset	
		1	2
Simeto	6	34.36	
Targui	6	36.00	
Chen"S	6		40.48
Vitron	6		41.55
Saoura	6		42.86
Sig.		0.772	0.458

Tableau D.6 – Variable Dependant : Poids de mille grains (g).

Tukey HSD				
Entrée	N	Subset		
		1	2	3
Simeto	6	35.90		
Targui	6	35.96		
Chen"S	6		37.90	
Vitron	6		38.04	
Saoura	6			41.83
Sig.		1.000	0.990	1.000

Tableau D.7 – Variable Dependant : Rendement théorique.

Tukey HSD				
Entrée	N	Subset		
		1	2	3
Simeto	6	33.86		
Targui	6	34.99		
Chen"S	6		42.32	
Vitron	6		47.79	47.79
Saoura	6			50.84
Sig.		0.849	0.110	0.606

Tableau D.8 – Variable Dependant : Rendement réel.

Tukey HSD					
Entrée	N	Subset			
		1	2	3	4
Simeto	6	24.22			
Targui	6		35.20		
Chen"S	6		35.31		
Vitron	6			38.01	
Saoura	6				44.82
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Annexe E

Les données climatiques enregistrées durant la période 2006/2018

Tableau E.1 – Les températures moyennes enregistrées durant la période 2006/2018 du Janvier au Juin.

Les mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
2006/2007	2.35	10.7	10.55	13.65	17.45	22.95
2007/2008	5.7	8.27	11.02	14.4	18.25	23
2008/2009	3.1	7.7	11.08	14	20.25	25.75
2009/2010	4.25	10.42	10.99	15.08	16.16	22.13
2010/2011	3.75	2.75	14.65	17.5	19.75	25
2011/2012	3.5	6.09	10.09	13.36	19.4	26.65
2012/2013	2.01	7.44	12.16	14.75	17.00	21.33
2013/2014	3.06	11.32	10.40	16.00	18.75	21.33
2014/2015	5.2	7.05	16.75	17.2	20.75	/
2015/2016	2.04	11.3	10.65	/	/	/
2016/2017	2.8	9.5	12.5	15	21.85	/
2017/2018	4.56	12.12	15.60	20.34	22.86	30.47

Tableau E.2 – Les températures moyennes enregistrées durant la période 2006/2018 du Juillet au Décembre.

Les mois	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2006/2007	28.5	28	20.45	20.45	14.25	8.9
2007/2008	28.55	/	21.25	17.9	10.95	8.25
2008/2009	30	27.5	23.73	14.87	10.53	7.6
2009/2010	27	27.05	20.75	17.23	14	10.25
2010/2011	28.5	28	22.37	16.55	11.88	10.75
2011/2012	29.3	29.31	23.82	13.21	10.63	9.16
2012/2013	27.92	27.82	24.75	20.05	14.3	9.75
2013/2014	27.22	28.77	24.00	23.17	14.3	8.81
2014/2015	/	/	26.55	21	14.85	8.7
2015/2016	/	/	24	19.5	13.3	10.65
2016/2017	/	/	23.5	22.4	17.1	10.35
2017/2018	27.65	24.56	30.62	25.22	17.49	12.04

Tableau E.3 – Les précipitations enregistrées durant la période 2006/2018 du Janvier au Juin.

Les mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
2006/2007	6.4	47	151.8	74.7	30	14.5
2007/2008	9	34.2	52.9	8	86	18.5
2008/2009	66	26	58.7	63.8	31.1	/
2009/2010	49.1	69.6	61.8	8.8	49.5	4.1
2010/2011	28.3	94.5	38.5	82.3	112.6	27.5
2011/2012	18.6	91.5	102	75.9	26.1	0.3
2012/2013	84.2	/	41.9	60.5	63.6	1.3
2013/2014	43.7	38.5	87.1	3.5	5.8	66
2014/2015	66	100.3	25	0	28.5	/
2015/2016	39.6	49.5	58	44.7	78	9
2016/2017	153.8	18.8	24.6	18	19.4	19.4
2017/2018	31.6	38.8	104	73.8	63.2	22.8

Tableau E.4 – Les précipitations enregistrées durant la période 2006/2018 du Juillet au Décembre.

Les mois	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2006/2007	8	0.8	84.2	6.4	37	6.4
2007/2008	4.5	4.5	87.1	54	73.8	9
2008/2009	1.5	10.3	44	73	37.7	66
2009/2010	/	/	114.5	9.4	55.9	49.1
2010/2011	/	4.2	4	51.6	62.7	28.3
2011/2012	/	/	2.5	33.9	79.5	18.6
2012/2013	/	/	3.3	37	60.8	84.2
2013/2014	/	/	26.2	0.6	64.9	43.7
2014/2015	/	/	17.8	0.4	32	66
2015/2016	/	/	55	28	17.5	39.6
2016/2017	6	12	28.9	4	27.6	153.8
2017/2018	7.6	16.8	18.6	20	47.6	31.6