

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

Université d'Ain-Temouchent Belhadj Bouchaib – UATBB-
Faculté des sciences et de la technologie
Département Agroalimentaire



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

Par :

Mr : Boukraa Betteyeb Mohamed
Mr : Lahcen Oussama

Thème

Impact des techniques culturales simplifiées sur le stress hydrique des céréales

Devant le jury composé de :

Président : MAATALLAH Redouane	« M.C.B »	UAT.B. B (Ain Temouchent)
Examinatrice : Benahmed Meriem	« M.C.B »	UAT.B. B (Ain Temouchent)
Encadrant : Abdellaoui Hadjira Houria	« M.A.A »	UAT.B. B (Ain Temouchent)
Co Endurant: Belkebir Sabrina	Consultante Privée	Freelance

Année universitaire : 2022-2023

Remerciements

Notre remerciement est d'abord à Allah le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre encadreur de ce mémoire **Melle ABDELAOUI Hadjira Houria** et Co Endurant **Mme BELKEBIR Sabrina** enseignantes à l'université d'Ain Témouchent pour leur patience, leur disponibilité et pour leurs conseils concernant notre projet de fin d'étude.

Nous désirons aussi remercier **Mr DARDEK Lahbib**, pour son aide précieuse et son appui ainsi que son assistante tout au long de notre étude.

Au propriétaire de exploitation **Rachid Alloul**, de nous avoir accepté à effectuer le travail au sein de son exploitation.

A tous les agriculteurs d'Ain Temouchent qui nous ont aidé de près ou de loin dans nos recherches.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux enseignants **Dr Benahmed Meriem** et **Dr Maatallah Redouane** qui nous ont fait l'honneur de faire part du jury et d'évaluer notre travail et de nous avoir aidé à acquérir un savoir durant notre cursus universitaire.

Nous remercions également les cadres **Mme MAACHOU Amina** et **Mr Bedda Abdelkader** de l'I TGC de Bel Abbes.

Mr ABDELDJALIL Bouhadjar ainsi que **Mr Messar Fawzi** de la Direction des Services Agricoles de la Wilaya d'Ain Temouchent pour leur précieuse aide.

Dédicace :

Nous dédions ce mémoire à

Nos parents qui ont toujours été présents, ils ont tant œuvré
pour

Nous apporter leurs aide.

A toute les familles **LAHCEN**
et **BOUKRAA BETTEYEB**

A tous nos amis.

Resume

La céréaliculture constitue une composante essentielle de l'agriculture algérienne. Elle est essentiellement menée dans des conditions pluviales et ne reçoit qu'occasionnellement une irrigation de complément. Le stress hydrique est un problème important et les céréales en sont particulièrement sensibles. Pour contrer ce stress, différentes actions sont menées dont l'application de techniques culturales simplifiées sujet de notre travail. Nous avons mesuré et comparé l'impact du stress hydrique sur les paramètres phénologiques et les composantes du rendement des céréales à différentes conduites culturales. Les résultats obtenus démontrent que l'adoption de pratiques agricoles simplifiées avec l'utilisation de couverts végétaux a eu un impact sur le stress hydrique, ce qui a eu des répercussions sur l'ensemble des variables mesurées. Les pratiques de conservation pourraient constituer une alternative prometteuse pour accroître la productivité des cultures céréalières dans les régions arides et semi-arides, où l'eau est un facteur limitant.

Mots clés : Blé dur, stress hydrique, composantes du rendement, agriculture conventionnelle, techniques culturales simplifiées.

Abstract:

Cereal cultivation is an essential component of Algerian agriculture. It is primarily carried out under rainy conditions and occasionally receives supplementary irrigation. Water stress is a significant problem, particularly affecting cereal crops. To counter this stress, various measures are implemented, including the application of simplified agricultural techniques, which are the subject of our study. We have measured and compared the impact of water stress on phenological parameters and yield components of cereals under different cultivation practices. The results showed that simplified crop management under vegetative cover had an impact on water stress and consequently on all measured variables. Conservation practices could be a commendable alternative to intensify localized cereal farming in arid and semi-arid regions where water is a limiting factor.

Key words : Durum wheat, water stress, performance components, conventional agriculture, simplified cultivation techniques.

ملخص

تعتبر زراعة الحبوب جزءاً أساسياً من الزراعة الجزائرية وتجرى بشكل رئيسي في ظروف مطرية وتتلقى في بعض الأحيان الري التكميلي فقط. الجفاف هو مشكلة كبيرة والحبوب حساسة بشكل خاص ولمواجهة هذا الجفاف يتم اتخاذ إجراءات مختلفة بما في ذلك تطبيق تقنيات زراعية مبسطة كموضوع لباحثنا قمننا بقياس و مقارنة تأثير الجفاف المائي على المعايير الفينولوجية وعلى إنتاجية الحبوب في ظروف زراعية مختلفة أظهرت النتائج أن إدارة الزراعة المبسطة تحت التغطية النباتية لها تأثير على ضغط المياه وبالتالي على جميع المتغيرات المقاسة

يمكن أن تكون ممارسات الحفاظ على البيئة بديلاً محموداً لتعزيز زراعة الحبوب المحلية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث تكون المياه عاملاً محدوداً

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب، نقص الماء، مكونات الإنتاج، الزراعة التقليدية، تقنيات الزراعة المبسطة

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1: Carte schématique représentant les zones céréalières de l'Algérie Source (Cellule SIG ITGC, 2022).	8
Figure 2: Système aérien et système racinaire des céréales (Soltner D – 1998)	10
Figure 3: Appareil reproducteur des céréales (Heiser, 1990).	11
Figure 4: Cycle de développement des céréales (Lounis, 2017).	12
Figure 5: Les trois grands principes de l'agriculture de conservation (FAO, 2017).	20
Figure 6: effets de l'agriculture de conservation (Guérif, 1986).	22

Chapitre II

Figure 1 : Carte géographique de la wilaya d'Ain temouchent.	28
Figure 2 : Température et précipitation moyenne dans la wilaya de Ain Temouchent.	28
Figure 3 : Niveaux de confort selon l'humidité à Ain Temouchent (Meteoblue, 2023).	29
Figure 4 : Localisation de la commune de Ain Temouchent.	30
Figure 5 : Mesure de la température du sol des parcelles expérimentales.	35
Figure 6 : Étapes de la délimitation des parcelles.	35
Figure 7: Étapes de mesures des composants du rendement escompté.	36
Figure 8 : Mesure des plants de blé dur des deux parcelles.	36
Figure 9 : Mesure des grains de blé dur.	37
Figure 10 : Peser des grains de blé dur.	37

Figure 11 : Relevé des températures de la wilaya de Ain Temouchent pendant la campagne 2022/2023 (DSA, 2023).	39
	39
Figure 12 : Relevé des précipitations de la wilaya de Ain Temouchent (DSA, 2022/2023).	
Figure 13 : mesures comparatives de la température du sol de la parcelle 1 et 2.	40
Figure 14 : Evolution des conditions climatiques avec le cycle de développement du blé dur (Boukraa et Lahcen, 2023).	41
Figure 15 : Evolution des conditions climatiques avec les stades de développement du blé dur (Boukraa et Lahcen, 2023).	42
Figure 16 : Mesure comparative des moyennes de longueur du maitre brin.	42
Figure 17 : Mesure comparative des moyennes de longueur des épis avec barbe et sans barbe des deux parcelles.	43
Figure 18 : Résultats comparatifs entre la moyenne de la longueur des grains de la parcelle 1 et 2.	44
Figure 19 : Résultats comparatifs entre la moyenne des poids des grains de la parcelle 1 et 2.	44
Figure 20 : Mesure comparative des moyennes du nombre d'épis par plant des deux parcelles.	45
Figure 21 : Mesure comparative de la moyenne de quantité d'épis/m ² des deux parcelles.	45
Figure 22 : résultats comparatifs entre le nombre d'épillet/épis des deux parcelles.	46
Figure 23 : Résultats comparatifs du nombre de grain/épis des deux parcelles.	46
Figure 24 : mesure du poids de mille graines des parcelles 1 et 2.	47
Figure 25 : Résultats escomptés du rendement en grain des deux parcelles.	48

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1: évolution de la superficie, production et le rendement.	5
Tableau 2 : Classification botanique du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) (Slama et al. (1995) Cité in Derbal, 2009).	8
Tableau 3: Bilan du projet pilote sur l'agriculture de conservation campagne 2010/2011.	23

Chapitre II

Tableau 1 : Stades de développement des céréales par parcelle.	41
---	----

Liste des abréviations

D.S.A : Direction des Services Agricoles.

S.A.U : Superficie Agricole Utile.

Km : Kilomètre.

Ha : Hectare.

Qx : Quintaux.

Kg : kilogramme.

MT : Million de tonne.

°C : degrés Celsius.

T.C.S : Technique Culturelles Simplifiées

Km² : Kilomètre carré.

mm : Millimètre.

S.A.T : Superficie Agricole Totale.

m : Mètre.

P.M.G : Poids de Mille Graines.

I.T.G.C : Institut Techniques Des grandes Cultures.

U : Unite.

cm : Centimètre.

n° :numéro.

O.A.I.C: Office Algérienne Inter Professionnelle des Céréales.

M.O : Matière Organique.

M.A.D.R : Ministère de l'Agriculture et de développement rural.

I.1 Introduction.....	1
I.2 Généralités sur les céréales.....	4
I.2. Importance de la culture de blé dur.....	4
I.2.1 Dans le monde.....	4
I.2.2 En Algérie.....	5
I.2.3 Place et importance de céréaliculture dans l’agriculture Algérienne.....	6
I.2.4 Importance économique.....	6
I.2.5 Zones de production de blé dur en Algérie.....	7
I.2.6 La Classification du blé dur.....	8
I.3 Morphologie des céréales.....	8
I.3.1 L’appareil végétatif.....	8
I.3.2 Système aérien.....	8
I.3.3 Système racinaire.....	9
I.3.3.1 Système racinaire primaire.....	9
I.3.3.2 Système racinaire secondaire.....	9
I.3.2 L’appareil reproducteur.....	10
I.4 Cycle de développement des céréales.....	11
I.4.1 la période végétative.....	11
I.4.2 la période reproductrice.....	11
I.4.3 la période de maturation.....	12
I.5 Stress Abiotiques et leurs effets sur la plante.....	12
I.5.1 Les stress abiotiques.....	13
I.5.2 Le stress thermique.....	13
I.5.3 Le stress hydrique.....	14
I.5.4 Influence du stress hydrique sur le rendement du blé dur.....	15
I.5.5 Mécanismes d’adaptation de la plante aux conditions de stress.....	16
I.5.6 L’esquive du stress.....	16

I.6 L'évitement du stress.....	17
I.7 La tolérance du stress.....	17
I.8 L'agriculture de conservation.....	18
I.8.1 Historique.....	18
I.8.2 Le principe de l'agriculture de conservation.....	19
I.8.3 Les apports de l'agriculture de conservation.....	20
I.8.3.1 Au niveau environnemental.....	20
I.8.3.2 Au niveau agronomique.....	21
I.8.3.3 Au niveau économique.....	22
I.8.4 Le semis direct.....	23
I.8.5 Les objectifs de semis direct.....	24
I.8.6 Les techniques de semis direct en Algérie.....	24
I.8.7 L'effet du semis direct sur les composants physico-chimiques.....	24
I.8.7.1 Sur la structure du sol.....	24
I.8.7.2 Sur les composants chimiques.....	25
I.8.7.3 Sur les composants biologiques.....	25
I.8.7.4 Les conditions de réussite du semis direct.....	25
I.8.7.5 Les avantages de semis direct.....	26
I.8.7.6 Les inconvénients du semi directe.....	26

Chapitre 2

II Matériels et Méthodes.....	27
II.1 Objectif du travail.....	27
II.2 Présentation de la zone d'étude : wilaya d'Ain T'émouchent.....	27
II.2.1. Description géographique.....	27
II.2.2 Climat.....	28
II.2.3 La végétation dans la région Ain Temouchent.....	29
II.2.4 Présentation du choix d'étude.....	29
II.2.5 Les informations techniques de la commune de Ain Temouchent.....	30
II.2.6 Production agricole de la commune en hectare (ha).....	31

II.2.7 La production animale (en têtes).....	31
II.2.8 Présentation de la station expérimentale.....	31
II.3 MATERIELS ET METHODES.....	33
II.3.1 Matériels utilisés au terrain.....	33
II.3.2 Matériels utilisés au laboratoire.....	34
II.3.3 Matériels utilisés pour identification du PMG.....	34
II.3.4 Méthodologie de travail sur le terrain.....	34
II.3.5 Méthodologie de travail au laboratoire.....	36
II.3.6 Identification du PMG.....	38
II.4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	38
II.4.1 Conditions climatiques.....	38
II.4.1.1 Température et précipitation.....	38
II.4.2 Température du sol.....	40
II.4.3 Stade de développement des céréales.....	40
II.5 PARAMETRES PHENOLOGIQUES.....	42
II.5.1 Hauteur du maître brin.....	42
II.5.2 Longueur de l'épi.....	43
II.5.3 Longueur et poids du grain.....	43
II.6 Paramètres du rendement.....	44
II.6.1 Nombre épis par plant.....	44
II.6.2 Nombre épi /m ²	45
II.6.3 Nombre épillet/épis.....	46
II.6.4 Nombre de grains par épis.....	46

II.6.5 Poids de mille graines (PMG).....	47
II.6.6 Rendement escompté par hectare.....	47
II.7 DISCUSSIONS.....	48
II.8 Conclusion.....	50

Chapitre I

Synthese bibliographique

INTRODUCTION

En Afrique du Nord, la ressource en eau constitue le facteur majeur limitant le développement agricole, économique et social. En effet, l'environnement physique dans cette région est caractérisé par une pluviométrie faible, aléatoire et agressive, mais aussi des sols généralement peu productifs et une couverture végétale très éparse (**MRABET, 2001**).

En Algérie, la culture des céréales occupe une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80 % de la superficie agricole utile (SAU) du pays. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 millions d'hectares. Alors, les superficies annuellement récoltées représentent 63 % des emblavures (**DJERMOUN, 2009**). Par contre, les importations des céréales représentent 43 % des valeurs globales des importations du pays et le blé dur représente la majorité des importations (**SMADHI et ZELLA, 2009**).

La culture des céréales est la spéculation prédominante de l'agriculture Algérienne (Laala et al., 2009). Elle est pratiquée notamment dans les zones arides et semi-arides sur une superficie annuellement emblavées d'environ 3.3 millions d'hectares (**INRAA, 2016**).

La production des céréales en Algérie reste tributaire des facteurs agro-climatiques d'une part et d'autre part des facteurs d'ordre technique, la rotation, la fertilisation et le travail du sol. Cet environnement de production explique en partie la stagnation du rendement qui n'a pas connu d'amélioration notable durant plus d'un demi-siècle (**Chehat et al., 1993**).

Le manque d'eau est le facteur le plus limitant de la production céréalière sur les Hautes Plaines Sétifiennes (**Chennafi et al., 2006**). Au cours du cycle de la culture, le caractère intermittent des pluies, associé à une demande climatique élevée engendrent un stress hydrique qui a des conséquences négatives sur le niveau et la régularité des rendements (**Haddad et al., 2016**).

Par ailleurs, les techniques conventionnelles de production actuelles appliquées à la céréaliculture dans notre pays semblent atteindre leurs limites. En effet, le travail conventionnel du sol adopté et réalisé en plusieurs passages à une faible profondeur conduit à la compaction des sols. Le travail excessif des outils accentue le déplacement de la terre en sols en bas des pentes. Elles sont mises en cause dans les phénomènes d'érosions hydrique et éolienne, la destruction de la matière organique, la dégradation de la structure des sols et la stagnation voire la baisse des rendements (**Bouzerzour et al., 2006**).

Ces phénomènes sont accentués par la pratique de la jachère intégrale et la pratique systématique du labour profond suivi d'une multitude de façons superficielles nécessaires à

l'affinement du lit de semences, qui augmentent les risques d'Erosions hydrique et Eolienne dans des milieux déjà fragilisés (**Mekliche et al., 2011**).

Pour limiter ces phénomènes le recours aux techniques culturales nouvelles, comme les techniques culturales simplifiées et le semis direct Seraient une alternative viable (**RADFORD et al. 2000 ; ABDLLAOUI et al. 2010; SABER, et MRABET 2001, SCHRALL et al. 2007, BENNIYOU, 2012**). Il s'agit tout simplement de corriger et réparer les erreurs commises par le travail conventionnel.

La recherche d'itinéraires techniques qui s'adaptent aux conditions édaphoclimatiques constitue une alternative pour améliorer les rendements. L'agriculture de conservation est actuellement promue comme un moyen d'améliorer les productions agricoles, d'utiliser plus efficacement les ressources naturelles et réduire la dégradation des sols dans les zones semi-arides méditerranéennes.

Dans ce contexte, la simplification et l'abandon des méthodes agressives travail du sol se présentent comme des alternatives susceptibles de freiner la dégradation du milieu, voire de le régénérer et d'assurer ainsi la durabilité du système de production face aux aléas climatiques.

La présente contribution porte sur l'impact des techniques culturales simplifiées (**TCS**), sur le stress hydrique des céréales : cas de du blé dur .

L'essai a été mis en place au niveau de l'exploitation agricole privée de Mr ALLOUL Rachid Sise à Ain Temouchent au cours de la campagne 2022/2023.

Le mémoire s'articule autour de deux chapitres principaux :

- Le premier chapitre est consacré à une revue bibliographique à jour sur le sujet,
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la méthodologie et aux techniques utilisées , Résultats et discussion ainsi que la conclusion.

I.2 Généralités sur les céréales

les céréales sont la base de la première civilisation humaine et les principales ressources alimentaires de l'humanité Selon **(Mohammed 2014)**, en raison de leur source d'énergie et leur grande richesse en protéines. Principalement destinés à l'alimentation des humains (à hauteur de 75 % de la production), les céréales assurent 15 % des besoins énergétiques, elles servent également à l'alimentation animale (15 % de la production) et à des usages non alimentaires **(Feillet, 2000)**.

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière **(Djeroume, 2009)**.

Les produits céréaliers en Algérie représentent plus de 40 % de la valeur des importations des produits alimentaires. Les produits céréaliers occupent le premier rang (39,22 %) devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10 %) et les huiles et corps gras (10 %), **(Chehat, 2007)**. En 2012, la production algérienne en céréales était de 3.432.231 tonnes **(FAO 2012)**.

En 2013, les importations de céréales ont totalisé 3,16 milliards de dollars, contre 3,18 milliards de dollars en 2012, reculant de 0,62 %, alors que les quantités importées ont augmenté de 2,55 % pour atteindre 10,03 millions de tonnes. L'Algérie importe globalement 5 % de la production mondiale de céréales **(OAIC, 2013)**.

Les besoins de l'Algérie en céréales sont estimés à environ 8 millions de tonnes par an. L'Algérie est l'un des premiers importateurs de blé au monde, notamment de blé tendre, la demande locale reste importante **(CNIS, 2013)**.

I.2. Importance de la culture de blé dur

I.2.1 Dans le monde

Les céréales occupent, à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche agricole. Ils sont considérés comme les principales sources de la nutrition humaine et animale. **(SELMA et al. 2005)**.

Dans le monde, l'union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques **(Mouellef, 2010)**. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des Etats-Unis, avec respectivement 4 et 3,5 millions de tonnes métriques **(Anonyme, 2008)**.

De point de vue importance alimentaire, les céréales occupent une place de choix parmi toutes les autres spéculations car seul le blé constitue la base alimentaire qui fournit l'essentiel des apports énergétique et protéiques. En effet, le blé a l'avantage de fournir en abondance des calories sous la forme la moins coûteuse, qui soit un kilo de pain fournit plus de 3000 calories, 14 % de protéines et de 1 à 2 % de matière grasse assurant ainsi une énergie suffisante pour travailler chaque jour (**Maamri et al., 2010**).

I.2.2 En Algérie

L'Algérie est le troisième pays importateur dans le monde de blé après l'Égypte (12 million de tonnes) et Indonésie (8,9 million de tonnes), avec un peu plus de 8 millions de tonnes en 2017 (**Bessaoud, 2018**).

La filière céréalière tient une importante place dans la production agricole Algérienne, tant par l'étendue des superficies qu'elle occupe que par la valeur des ressources qu'elle procure au pays. Quoique la filière a connu des améliorations sensibles depuis les années quatre-vingt-dix du siècle passé, la production est loin de couvrir les besoins, de plus en plus importants, du pays aujourd'hui.

Les défis posés aux scientifiques, techniciens et professionnels du secteur sont plus complexes que par le passé. Alors, qu'en Algérie le blé dur occupe une place très importante vu la superficie qui lui est consacrée. Le tableau 1, cité ci-dessous présente l'évolution de la superficie, de la production et le rendement de blé dur en Algérie durant la période 2010-2015. On remarque que la production durant cette période a passé de 20.385.000 de quintaux à 20.199.390 quintaux, soit une chute de production; ceci est expliqué par la sécheresse surtout pendant le stade de remplissage du grain et également, par les mauvaises conditions d'installation de la culture. Les possibilités d'amélioration de la production existent, notamment sur le plan de la maîtrise de l'itinéraire technique. Cependant, pour produire plus il faut innover et rester collé aux progrès technologique qui sont le garant du succès (**Hammadache, 2013**).

Tableau 1: évolution de la superficie, production et le rendement

De blé dur en Algérie (2010- 2015).

Année	Superficie (ha)	Production qx/ha	Rendement (qx/ha)
2010	1181774	20,385,000	17,2
2011	1230414	21,957,900	17,8
2012	1342881	24071180	17,9
2013	1180,332	23, 323,694	19,8
2014	1, 182,127	18, 443,334	15,6

2015	1, 314,014	20, 199,390	15,4
------	------------	-------------	------

Source: (MADR, 2017).

I.2.3 Place et importance de céréaliculture dans l'agriculture Algérienne

En Algérie, la céréaliculture a une importance stratégique puisqu'elle est à la base de la sécurité alimentaire du pays. Le blé dur et le blé tendre sont les céréales les plus cultivées pour l'alimentation humaine, devant le triticale en tant que matière première de la fabrication des aliments du bétail (**Fourar-Belaifa ,2015**).

En Algérie tout comme les pays de l'Afrique du Nord, ces cultures représentent la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation, en semoulerie, en boulangerie et en autres industries agro-alimentaires.

Les céréales jouent un grand rôle dans l'agriculture nationale puisqu'elle occupe 40% de la surface agricole utile 8, 445,490 ha, soit près de 3,3 millions hectares. Au plan spatial, le blé dur avec l'orge représente 80% de la sole céréalière (**Rapport MADR, 2011**).

Les céréales constituent également la base de l'alimentation et occupent une place privilégiée dans les habitudes alimentaires de la population aussi bien dans les milieux ruraux qu'urbains. En effet, la consommation individuelle est évaluée à 200 à 205 kg/ an en Tunisie, 219 kg/ an en Algérie et 240 kg/ an au Maroc (**Boulal et al, 2007**).

I.2.4 Importance économique

Depuis longtemps, les céréales, notamment le blé est devenu un produit de première nécessité à l'échelle mondiale. Son importance dépasse le rôle traditionnel considéré comme aliment, il a aujourd'hui, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde. (**CIC, 2014**).

Les céréales représentent ces dernières années environ deux tiers des besoins du marché national et ne tendent pas à diminuer (6,6 millions de tonnes de blé importées en 2007 : dont 5,1 millions de blé dur) (**Bedrani ,2008**).

D'après les informations du centre national de l'informatique et des statistiques, l'Algérie qui a importé en 2012 9,79 Mt de céréales et 10, 03 Mt de céréales 2013, soit une hausse de 2,55 % confirmant la tendance haussière de ces dernières années.

De 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 4,244,903 tonnes de blés dont 70,44% de blé dur, soit 2,990,265 tonnes représentant une valeur de 858 millions de dollars, dont 60,36% de blé dur, soit 578 millions (**Chehat, 2007**).

En ce sens il a eu à mobiliser annuellement près de 2.5 milliards de dollars pour assurer les importations alimentaires, dont un tiers sert à couvrir les importations céréalières. Il est utile

de rappeler que cette enveloppe représente plus de 25% des importations totales. L'Algérie est devenue le premier importateur dans le monde, puisque ses importations annuelles représentent 50% des disponibilités totales du marché mondial (OAIC, 2000 et BOURRAS, 2001).

I.2.5 Zones de production de blé dur en Algérie

En Algérie, le blé dur occupe une place privilégiée suite à son utilisation dans l'alimentation quotidienne de la population, sous diverses formes (Mekhlouf et al. 2006 ; Nouar et al. 2010). Il est produit dans trois régions qui sont : (i) la zone littorale dont la pluviométrie est supérieure à 600 mm, (ii) les plaines intérieures, avec une pluviométrie de 450 à 600 mm et (iii) les hauts plateaux, avec 350 à 450 mm. La majorité de la sole réservée à la culture du blé dur est localisée à l'intérieur du pays, sur les hauts plateaux (Benbelkacem, 2013).

La céréaliculture est localisée essentiellement dans les régions semi-arides, (Abbas et al. 2001, Boulal et al. 2007). Les principales régions de production en Algérie sont:

La zone des plaines telliennes dont la pluviométrie est comprise entre 350 et 500 mm, mais avec une distribution irrégulière (Constantine, Bouira, Médéa, Tlemcen, Mila, Souk Ahras, Aïn Defla, Chlef, Aïn Tmouchent, Relizane et Sidi Bel-Abbès).

La zone des hauts plateaux caractérisée par une faible pluviométrie (200-350 mm): Sétif, Saïda, Oum El-Bouaghi, Bordj bou Arréridj, Tiaret, Tissemsilt.

La zone de la région littorale et sub-littorale : Centre-Est du pays à pluviométrie supérieure à 600 mm (Tipaza, Skikda, Guelma, El Taref, Béjaïa, Tizi ousou et Annaba).

La région du sud avec les périmètres irrigués et les cultures oasiennes.

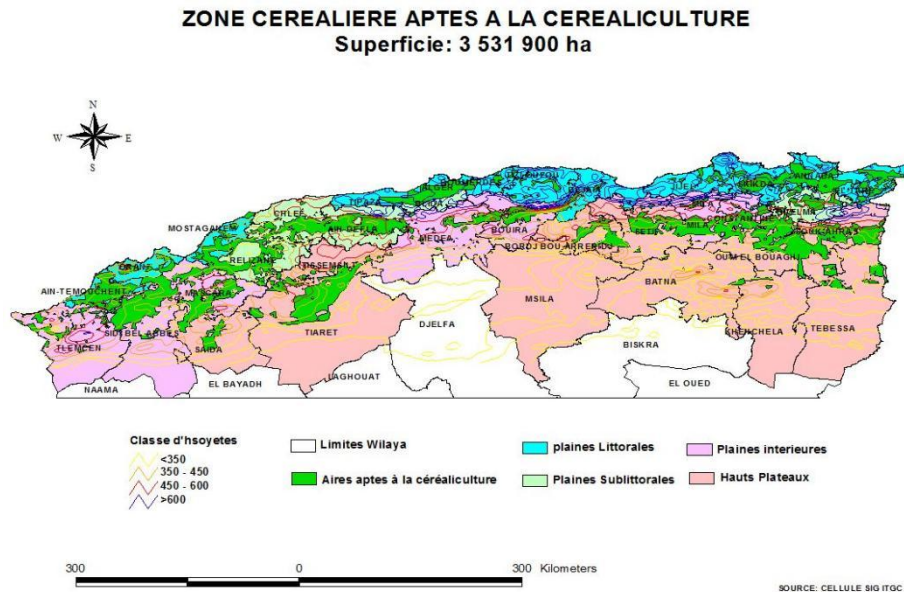


Figure 1 : Carte schématique représentant les zones céréalières de l'Algérie
Source (Cellule SIG ITGC, 2022).

I.2.6 La Classification du blé dur

Classification botanique Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille.

Tableau 2 : Classification botanique du blé dur (*Triticum durum* Desf) (Slama et al. (1995) Cité in Derbal, 2009).

Embranchement	Spermaphytes
S/Embranchement	Angiosperme
Classe	Monocotyledones
Super Ordre	Comminiliflorales
Ordre	Poales
Famille	Graminées
Genre	<i>Triticum</i> sp
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

I.3 Morphologie des céréales

I.3.1 L'appareil végétatif :

I.3.2 Système aérien :

L'appareil végétatif est de type herbacé, formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou talles partant d'une zone située à la base de la plante : le plateau de tallage. La plante se développe en formant plusieurs talles. Celle-ci est formée d'une tige ou chaume portant à son extrémité une inflorescence (épi). La première talle est appelée maître brin.

La tige est formée d'articles ou entre-nœuds séparés par des nœuds. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille. Les entre-nœuds peuvent, chez certaines espèces ou variétés, résorber leur moelle à maturité. On a alors, selon le cas :

- Des pailles creuses : orge, avoine ;
- Des pailles plus ou moins creuses : blé d'hiver (caractère variétal) ;
- Des pailles pleines, lorsque la moelle est persistante : blé dur, maïs, sorgho.

I.3.3 Système racinaire :

Il est composé de deux systèmes racinaires successifs :

I.3.3.1 Système racinaire primaire :

Ou séminales, fonctionnel de la levée au début du tallage. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit cinq racines ; éventuellement une sixième racine peut éventuellement se développer.

I.3.3.2 Système racinaire secondaire :

(Ou coronale), apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Ce système se substitue progressivement au précédent. Il est de type fasciculé.

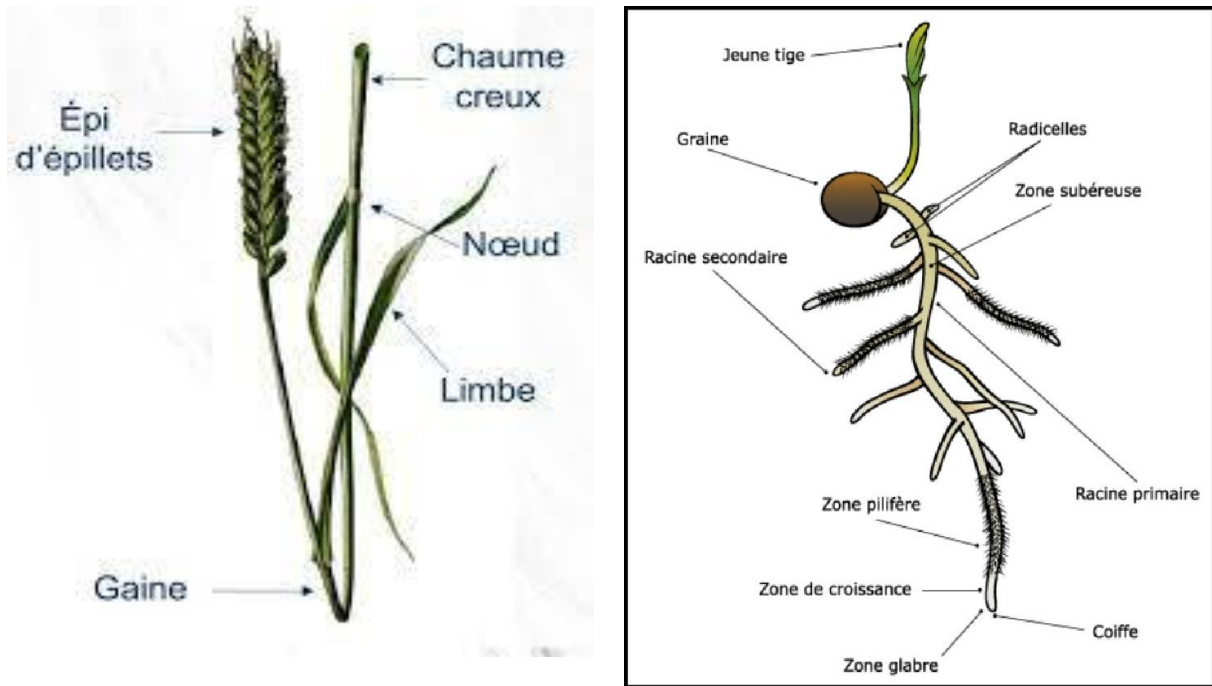


Figure 2 : Système aérien et système racinaire des céréales

I.3.2 L'appareil reproducteur

L'inflorescence est de deux types : épi chez le blé, l'orge, le seigle et panicule chez l'avoine, le riz. Dans les deux cas, l'unité morphologique de base est l'épillet. Le nombre de fleurs fertiles par épillet varie selon l'espèce : chez le blé, de 2 à 4 ; chez l'avoine, de 1 à 3 ; chez l'orge, une seule.

Le grain est de section arrondie ou ovale, de poids moyen variable selon les espèces : environ 45 mg pour le blé, l'orge, l'avoine ; environ 25 mg pour le riz, le seigle. Dans le cas de l'orge et de l'avoine, le grain est dit "vêtu" dans la mesure où il reste inséré dans les glumelles au cours de la dissémination. Pour les autres espèces, le grain récolté est dépourvu d'enveloppe.

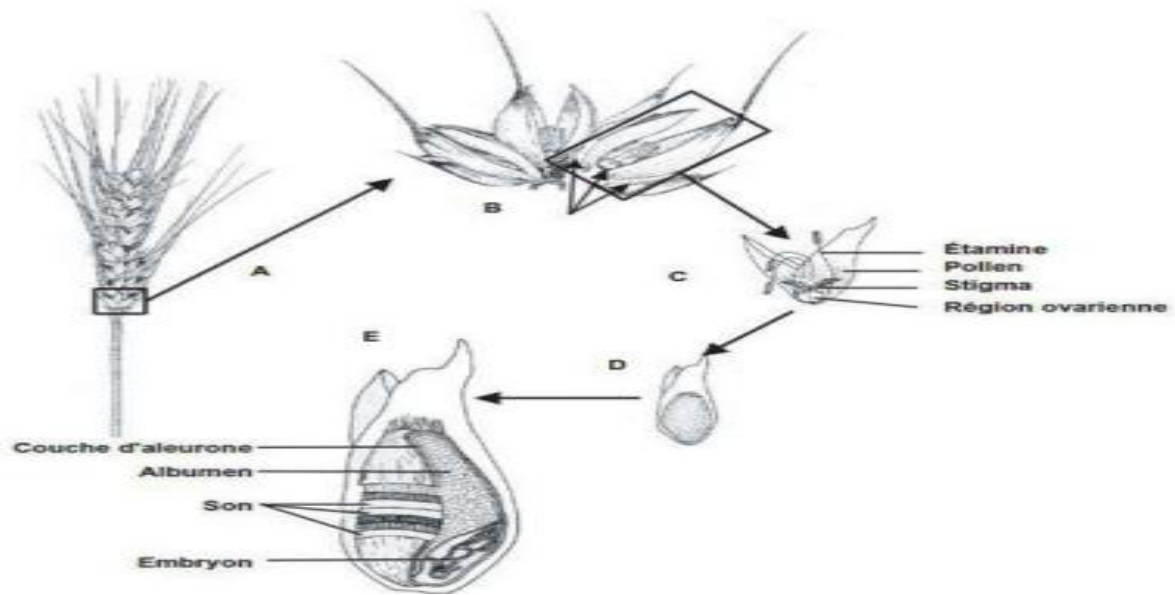


Figure 3 : Appareil reproducteur des céréales (Heiser, 1990).

A. Epi composé de plusieurs épillets possédant plusieurs fleurs ; B. Epillet à trois fleurs ; C. Composantes d'une fleur ; D. Jeune caryopse ; E. Fruit mature (caryopse).

I.4 Cycle de développement des céréales :

Selon Soltner (2005), le développement des céréales est essentiellement basé sur l'évolution de l'aspect externe ou sur les modifications internes des organes producteurs. On en distingue :

I.4.1 la période végétative

(Levée – fin tallage), elle se caractérise par l'apparition successive des premières feuilles, imbriquées les unes dans les autres au niveau du plateau de tallage. Dès que la quatrième feuille émerge, la talle primaire apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Le tallage qui commence pendant cette phase est un simple processus de ramification. Le nombre de talles formées est fonction de l'espèce et du génotype (Soltner, 1980).

I.4.2 la période reproductrice

Caractérisée essentiellement par le passage de l'apex ou bourgeon terminal de la période végétative à une ébauche d'inflorescence (ébauche épi). Elle débute au cours du tallage et compte trois stades : la formation de l'ébauche épi, l'initiation florale (montaison- gonflement) et la méiose – fécondation (Hubert, 1998 ; Soltner, 2005).

I.4.3 la période de maturation

(Fécondation- maturation complète du grain), elle est caractérisée par l'élongation du dernier entre-nœud qui élève l'épi au-dessus de la dernière feuille et par l'élaboration des substances de réserves (amidon, protéines) grâce à leur migration vers l'albumen du grain. Au cours de cette période, le grain passe successivement par trois stades : grain laiteux, grain pâteux et grain dur.

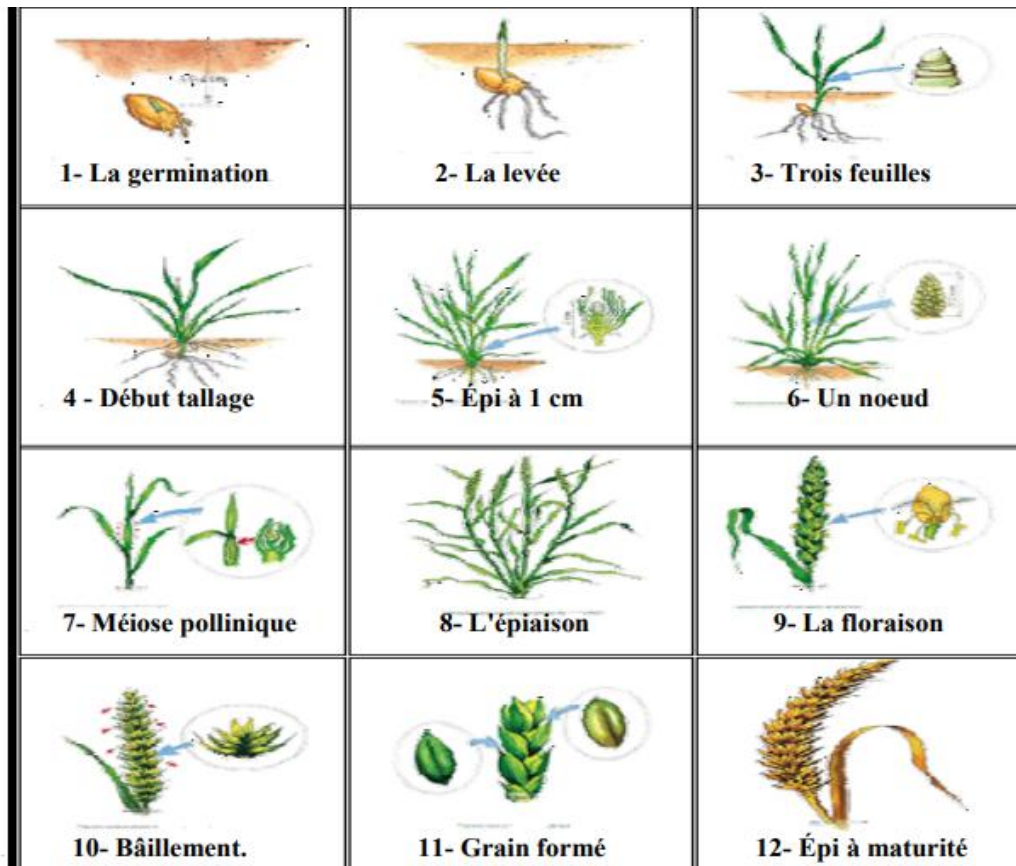


Figure 4 : Cycle de développement des céréales (Lounis ,2017).

I.5 Stress Abiotiques et leurs effets sur la plante

Dans les zones céréalières de tradition, la culture de blé dur est sujette, tout le long de son cycle de développement, à de nombreuses contraintes climatiques qui rendent sa production aléatoire. Les contraintes climatiques dominantes sont le déficit hydrique et les excès de température (Benkharbache et al, 2002). Les effets de ces contraintes sont fonction du stade de développement de la plante, de la durée et de l'intensité du stress.

I.5.1 Les stress abiotiques

Le stress désigne généralement les effets que le manque ou l'excès d'un facteur écologique influence sur le comportement de la plante, il peut être de nature biotique ou abiotique (**Papadakis, 1938**). Selon **Jones et al., (1989)**, un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, température, salinité,) affectent les conditions de croissance, Le développement et le rendement des plantes (**Madhava Rao et al., 2006**).

I.5.2 Le stress thermique

La variation des températures affecte, au même titre que le manque d'eau, la croissance et le développement de la plante. Certains stades végétatifs et périodes du cycle de développement sont particulièrement plus sensibles à ces aléas climatiques (**Gate et al.,1997 ; Mekhlouf et al., 2006 b**).

Le stress thermique est défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité, la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (**Oukarroum, 2007**).

La température est un facteur important pour la durée des phases de pré et post anthèse. Au cours de ces deux phases, le taux de développement des génotypes est différent en raison de la variation de la température selon les années et les environnements (**Araus et al. 2003**).

Les hautes températures interviennent comme contrainte limitant le rendement des céréales en zone semi-aride. Le stress thermique durant la période pré-anthèse modifie, non seulement le poids final du grain, mais aussi le nombre de grains (**Wardlaw et al, 1989**).

Elles affectent les organes floraux, la formation du fruit, ainsi que le fonctionnement de l'appareil photosynthétique (**El Madidi et Zivy, 1993**). Au cours de la montaison, l'occurrence, Plus fréquente de températures élevées entraînent la réduction du tallage épi. La méiose et la phase de remplissage du grain sont particulièrement sensibles à l'élévation de la température.

Les seuils de 25 à 27°C (jour/nuit) sont rapportés comme étant très pénalisants, réduisent-le poids du grain par la limitation de la durée de remplissage (**Zahadi et Jenner, 2003**).

L'augmentation de 1°C de la température moyenne passant de 22,5 à 27,5 °C réduit la biomasse aérienne, le nombre de grains/épi et le rendement grain (**Mahfoozi et al., 2001; Fellah et al., 2002 et Farooq et al., 2011**). Des températures de 28 à 32 °C sont considérées comme stressantes. Au-delà de 32°C, on peut observer des dommages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de la plante (**Wardlaw et Moncur, 1995**).

Les basses températures sont aussi la cause d'énormes pertes agricoles (**Thakur et al., 2010**). Le degré de sensibilité des céréales au froid est très variable dans le temps et fonction des stades végétatifs. L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0°C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire (**Levitt, 1982**).

Les températures basses en hivers entravent la croissance, en début du cycle, des géotypes sensibles et sont nécessaires pour la satisfaction des besoins des variétés vernales (**Bouzerzour et al., 1995**). Lorsqu'elles se présentent tardivement au printemps, leur avènement coïncide avec le stade méiose-épiaison, elles stérilisent alors les grains de pollen et détruisent les ovaires naissants (**Abbassenne, et al., 1998**).

1.5.3 Le stress hydrique

La variabilité climatique de l'étage bioclimatique semi-aride est principalement liée à la faiblesse et la mauvaise répartition de la pluviométrie dont la conséquence directe est la sécheresse. Dans ce contexte et selon (**Papy, 1979**), toute campagne, dont le cumul pluviométrique est inférieur à 300 mm, est systématiquement une année sèche.

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde. Il constitue un risque particulièrement présent à tous les stades de croissance de la céréale et affecte à des degrés divers le rendement (**Benchohra et Khelloufi, 2000**). Le stress hydrique a été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau, engendrant une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du géotype.

Selon (**Gate, 1995**) la plante est sous stress hydrique lorsque l'absorption racinaire de l'eau ne peut plus satisfaire la demande induite par la transpiration foliaire. Sous de telles conditions, la plante perd plus d'eau qu'elle n'en absorbe. Cette perte se fait en général au détriment de la

turgescence des tissus cellulaires induisant une dérégulation des processus physiologiques et biochimiques (Araus *et al.* 1998). L'effet du manque d'eau dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (Yokota *et al.*, 2006). Le stress désigne une situation où le végétal n'est pas en état de complète turgescence. Les pertes d'eau de la plante par transpiration dépassent largement la quantité d'eau absorbée (Kramer, 1969). La demande en eau de la plante est déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (Laberche, 2004).

La sécheresse détermine l'état de pénurie hydrique dont souffre un végétal (Morizet, 1984). Il y a sécheresse dès que l'eau devient un facteur limitant de la croissance et du rendement (De Raissac, 1992). Baldy (1986) définit la sécheresse comme une combinaison de contraintes hydrique et thermique qui diffèrent considérablement d'un environnement de production à un autre et d'une année à une autre. Généralement, la sécheresse du sol est lente (Larcher, 1995), mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide (Yokota *et al.*, 2006). Chez les céréales, la période la plus sensible au déficit hydrique « élevé » au moment de la formation du grain de pollen (stade gonflement) à la fécondation. Tout déficit hydrique survenant à ce moment affecte le nombre de grains/épillet (Gate *et al.*, 1990).

1.5.4 Influence du stress hydrique sur le rendement du blé dur

Le déficit hydrique, de nature discontinue, est une des principales causes des pertes de rendement du blé dur, pouvant aller jusqu'au sinistre total. Il influence toutes les phases de développement, de la germination jusqu'à la maturité physiologique (Hsissou et Bouharmont 1994). L'effet de stress hydrique sur la croissance et la phénologie du blé dépend du stade végétatif de l'apparition du stress, de la durée, de l'intensité du stress et de la sensibilité du génotype stressé (El Hafid *et al.*, 1998). Le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épi, du poids de grains par épi et du nombre d'épis par m² (Triboï, 1990).

L'effet du déficit hydrique sur ces composantes et par conséquent sur le rendement, dépend du stade au cours duquel il survient (Debaeke *et al.*, 1996). Ainsi, un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m², la régression intense des talles et la baisse du nombre de grains par épi (Dakheel *et al.* 1993 ; Debaeke *et al.*, 1996). À la fin de la montaison, 10 à 15 Jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (Debaeke *et al.*, 1996). Sous stress hydrique sévère, l'épiaison est retardée (Blum,

1996). La sécheresse provoque la réduction du nombre de grain par épi, du nombre d'épis par plant, du poids moyen du grain, de l'indice de récolte et du rendement en grains (**Scofield et al. 1988**). Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (**Triboï, 1990 ; Benbelkacem, 2001**). Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (**Debaeke et al., 1996**).

Une réduction du statut hydrique des inflorescences peut se produire sous stress sévère provoquant une chute de la fertilité (**Eckard, 2000**).

I.5.5 Mécanismes d'adaptation de la plante aux conditions de stress

La nature a doté la plante de mécanismes qui lui permettent de tolérer les stress prévalant à des degrés variables. L'exploitation de cette diversité peut déboucher sur une meilleure adaptation au milieu associée à la régularité des rendements.

la définissent la tolérance du stress comme la différence entre les rendements obtenus sous stress et en absence du stress (**Rosielle et Hamblin 1981**). la tolérance est aussi définit comme étant la capacité de la plante à minimiser la baisse de rendement sous stress, comparativement à la baisse de rendement extériorisée par un génotype sensible au stress considéré (**Fischer et Maurer, 1978 ; Reynolds et al., 2005**).

La résistance à la sécheresse du blé dur est un phénomène très complexe qui fait intervenir plusieurs caractères phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. Selon (**Rejeb et Ben Salem 1993**), les variétés de céréales résistantes au déficit hydrique se caractérisent par une stratégie regroupant en même temps, un ensemble des mécanismes d'adaptation. La tolérance au stress prend diverses formes dont l'esquive du stress, l'évitement du stress et la tolérance proprement dite du stress (**Levitt, 1980**). La résistance à la sécheresse est liée à la capacité d'une variété de développer un nombre élevé de mécanismes d'adaptation et non pas à la présence d'un mécanisme donné (**Hayek et al.,2000**).

I.5.6 L'esquive du stress

Pour éviter les périodes critiques du manque d'eau, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. La précocité ou le raccourcissement de la durée du cycle constitue un important mécanisme d'esquive qui est d'un avantage certain dans les milieux où le stress est plus intense vers la fin du cycle de la

culture (**Richards *et al.*, 2002 ; Rebetzke *et al.*, 2007**). Les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible en produisant la biomasse la plus élevée.

De ce fait, le rendement grain est positivement corrélé à la précocité d'épiaison.

Tandis qu'une durée de cycle plus longue où la tardivité peut être, sous certaines conditions, un avantage, car elle permet l'esquive du stress qui apparaît tôt (**Ludlow et Muchow, 1990 ; Mekhlouf *et al.*, 2006 b**). En absence de stress, les génotypes tardifs sont généralement plus productifs que les précoces. Ceci parce que les génotypes précoces font une moindre utilisation des disponibilités offertes par le milieu de production (**Slafer *et al.*, 2005**).

I.6 L'évitement du stress

L'évitement du stress est défini comme étant la capacité de la plante à maintenir un état interne satisfaisant en présence du stress (**Blum, 1988**). **Levitt (1980)** cite deux cas d'évitement du stress hydrique : Les plantes économes réduisent la transpiration alors que les plantes dépensières d'eau, évitent la contrainte hydrique en favorisant le développement de leur système racinaire en profondeur (**Ali Dib *et al.*, 1992**). Pour ce faire, elles dérivent des hydrates de carbone pour développer un système racinaire plus long, au détriment de la biomasse aérienne (**Siddique *et al.*, 1990**).

I.7 La tolérance du stress

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire. Les produits carbonés peuvent alors être utilisés aussi pour l'ajustement osmotique que la croissance racinaire. En outre la tolérance exige que l'organisme soit en équilibre thermodynamique avec le stress, ce qui signifie que les conditions qui règnent dans la plante sont en équilibre avec les conditions de l'environnement externe. Cette tolérance implique que l'organisme survive à une dessiccation qui n'endommage pas son protoplasme et qu'il conserve la capacité de reprendre une croissance normale lorsque le protoplasme sera réhydraté. Selon (**Boyer 1976 et Ehdai *et al.*, 2006**) la translocation est le principal mécanisme qui est associé à la tolérance du stress. D'après (**Ehdai *et al.*, 2006**). la translocation est mise en œuvre, par la plante stressée, dès que

l'activité photosynthétique est inhibée par la contrainte. Ce mécanisme est la principale source de remplissage du grain, sous stress sévère de fin de cycle (**Bahlouli et Bouzerzour., 2006 ; Belkherchouche et al., 2009 ; Bouzerzour et Benmahammed ., 2009**).

I.8 L'Agriculture de conservation

I.8.1 Historique:

L'agriculture de conservation est née aux Etats-Unis en réaction à cette évolution. La dénudation des sols et leur appauvrissement en matière organique ont provoqué des crises érosives qui ont abaissé la productivité des sols, comme ce fut le cas avec Le Dust Bowl des grandes plaines du middle West durant les années 1930. Le service de la conservation des sols du ministère de l'agriculture, a alors commencé à travailler sur une réduction du labour et sur la couverture du sol par des résidus de culture. Des essais furent menés à la fin des années 1940, mais le premier test en système mécanisé à l'échelle de l'exploitation a été réalisé en 1962 dans le Kentucky, essai concluant puisque la baisse des coûts de production fut accompagnée d'une hausse de rendement (**Bolliger et al., 2007**).

C'est à partir des années 1970 que le non-travail du sol amorça une diffusion plus large pour répondre à des problèmes d'érosion et pour réduire les coûts de production. La diffusion fut stimulée par la crise pétrolière, qui a poussé les agriculteurs à des économies de carburant, et par l'apparition d'un machinisme agricole adapté et d'herbicides efficaces sur le mulch (herbicides de post-levée). Le non-travail du sol fut encore renforcé à la fin des années 1990 par l'introduction des variétés transgéniques tolérantes aux herbicides (**Serpantié, 2009**). -

Le terme « Agriculture de Conservation » (des sols) est le terme générique à employer. Sa définition a été retenue lors du "*First World Congress on Conservation Agriculture : a worldwide challenge*" qui se déroulait à Madrid du 1-5 octobre 2001 qui a été définie comme suit :

- Absence de retournement profond du sol et implantation des cultures en semis direct
- Maintien d'un couvert végétal permanent (mort ou vivant)
- Adoption judicieuse de cultures dans une rotation suffisamment longue

De ce fait L'agriculture de conservation est un système de culture qui vise une meilleure utilisation des ressources agricole par la gestion intégrée des disponibilités en sol, en eau et en ressources biologiques, combinée avec une limitation des intrants. Elle contribue aussi à la

conservation de l'environnement et à une production agricole durable en maintenant une couverture organique, permanente ou semi-permanente, du sol (**Zaghouné, 2009**).

I.8.2 Le principe de l'agriculture de conservation:

L'agriculture de conservation repose sur trois grands principes qui doivent être adaptés aux réalités et aux besoins locaux:

- Une perturbation mécanique des sols minimale (pas de travail du sol); puisque l'ensemencement et/ou l'épandage d'engrais sont effectués directement, ce qui a pour effet de freiner l'érosion des sols et de conserver leur matière organique.
- Une couverture organique des sols permanente (d'au moins 30 pour cent) composée de résidus végétaux et/ou de cultures de couverture. Le maintien d'une couche végétale protectrice bloque la croissance des adventices, protège le sol des intempéries, permet de préserver l'humidité édaphique et d'éviter le tassement du sol.
- La diversification des espèces cultivées, obtenue en cultivant. Successivement plusieurs espèces (au moins trois) et en les associant. Lorsqu'elle est bien conçue, la rotation des cultures favorise une bonne structure du sol, entretient dans le sol une gamme diversifiée d'espèces floristiques et fauniques qui aident à l'accomplissement du cycle des éléments nutritifs et à une meilleure nutrition des végétaux, et protège contre les ravageurs et l'apparition de phytopathologies. (**FAO,2015**).



Figure 5 : Les trois grands principes de l'agriculture de conservation (FAO, 2017)

I.8.3 Les apports de l'agriculture de conservation

I.8.3.1 Au niveau environnemental:

- Une amélioration de la protection et qualité de l'eau ;
- Le développement des vers de terre augmente la biodiversité animale.
- Une concentration de la microfaune en surface.

La biomasse microbienne du sol est plus importante sous-système non labour que sous système conventionnel par 7 à 36 %, car le labour fréquent engendre une diminution de la biomasse microbienne totale et active. En semis direct, l'augmentation de la biomasse microbienne du sol se fait rapidement dans quelques années suivant la conversion au système de non labour. (Ananyeva *et al.*, 1999 et Alvarez., 2000).

- Une contribution à la réduction de l'effet de serre.
- Une diminution de la dépense énergétique et donc des émissions des gazes à effet de serre.
- Le stockage du carbone dans les sols.

D'après les résultats de recherche de (Agu,2000), l'agriculture participe à l'effet de serre à deux niveaux comme émettrice de gaz à effet de serre (GES) et comme puits de carbone.

En effet, de nombreuses activités agricoles agissent sur le stockage ou les émissions de gaz à effet de serre. Selon **(Guedez,2002)**,

L'agriculture de conservation repose sur trois piliers fondamentaux :

i) La réduction du travail du sol, ii) le couvert permanent par des végétaux ou par des résidus de végétaux et iii) la rotation des cultures.

1. La réduction du travail du sol permet de conserver la matière organique en surface afin de constituer un mulch de protection et de ne pas dégrader la structure du sol en maintenant les agrégats argilo-humiques et la macroporosité constituée par les galeries des organismes.

2. La couverture végétale protège le sol de l'impact de la pluie, améliore sa structure par son réseau racinaire et fait remonter des éléments nutritifs lessivés en profondeur par l'effet de "pompe biologique" **(Séguy, Bouzinac, 1999)**.

3. La rotation est davantage nécessaire en non labour permet de laisser le stock de semences en surface qui sera géré par le couvert végétal.

I.8.3.2 Au niveau agronomique:

En augmentant la production de matières organiques sur l'année avec les couverts des végétaux. Cependant, et de la même manière qu'il existe une période de transition en termes de structure, il existe une période de transition durant laquelle le sol a besoin d'azote pour stocker du carbone (selon le bon vieux principe du C/N). Il s'agit plus d'un investissement que d'une perte, l'azote injecté étant transformé en matière organique, morte ou vivante **(Archambeaud, 2006)**.

Parallèlement, le développement d'une activité biologique non perturbée par des interventions mécaniques profondes et/ou répétées aboutit à l'établissement d'une porosité continue qui cueille et stocke l'eau et permet la circulation des gaz, des racines et des êtres vivants.

La qualité structurale se répercute sur le développement des cultures et leur capacité de résistance au stress **(Ar-chambeaud, 2006)**.

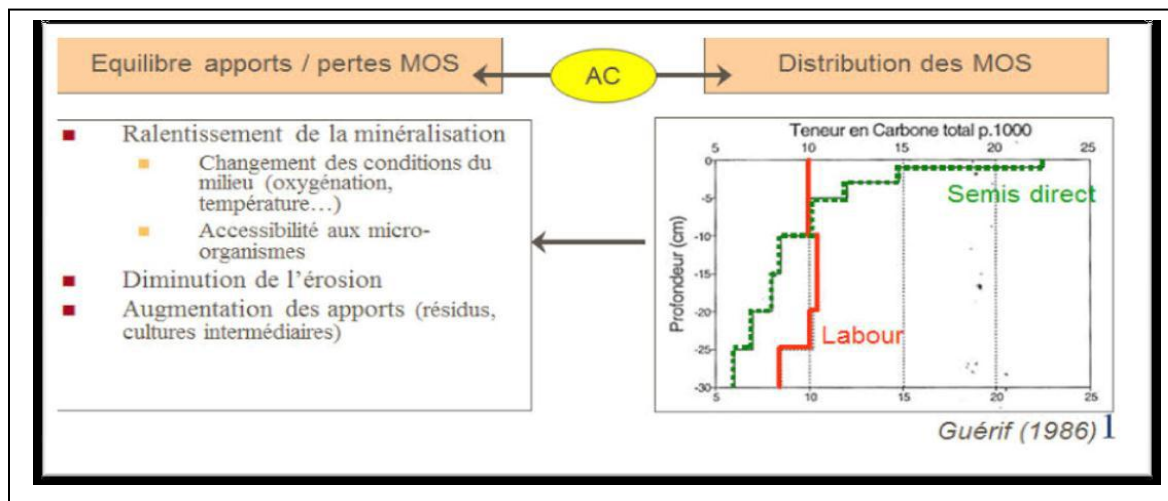


Figure 6 : effets de l'agriculture de conservation (Guérif, 1986)

I.8.3.3 Au niveau économique:

- Économiser le temps et le carburant: l'économie en carburant est étroitement liée au temps de traction (**Tebrugge et al.1997**).
- Diminuer les charges de mécanisation et de main d'œuvre
- Augmente la rentabilité.

Tableau 3 : Bilan du projet pilote sur l'agriculture de conservation campagne 2010/2011

Wilayas	Cultures	Réalisation		
		Semis direct	TCS	TOTAL
Setif	céréales lentilles et pois chiches	103	37	140
Constantine	Céréales	179	275	454
Mila	Céréales	10	5	15
Ain Temouchent	Céréales, Pois chiches	6	0	6
Sidi Bel Abbes	Céréales	0	8	8
Bourdj Bou Arridj	Ble dur	80	0	80
Oum El Bouaghi	Céréales	800	0	800
Tiaret	Blé Dur	20	0	20
Total		1198	325	1523

Source : (ITGC, 2010/2011)

I.8.4 Le semis direct

Le semis direct, ou culture sans labour, est une technique culturale simplifiée utilisée en agriculture ou en sylviculture, basée sur l'introduction directe de la graine dans le sol, sans passer par le travail du sol entre les rangs semés ou en profondeur, (David et al.2008) avec les rotations et les couverts améliorants, il est le troisième pilier de l'agriculture de conservation, aussi appelée agriculture écologiquement intensive (Petter,2008).

Le semis direct consiste à semer directement dans un sol non labouré. Seul un petit sillon est ouvert par les organes semeurs (soc du semis) du semoir (Michelle, 2009). Boame (2005), rapporte que le semis direct est une pratique verte et économique qui fait des percées. L'adoption du système semis direct se fait pour des raisons économiques, agronomiques et de contraintes climatiques (Lopez et al.1996). En zones semi-arides, avec des pluviométries très faibles et souvent mal réparties, le semis direct permet d'effectuer des semis en sec et de profiter ainsi des premières pluies. L'adoption du semis direct permet de séquestrer plus de carbone, ne perturbe pas les résidus laissés en surface du sol, réduit le ruissellement et contrôle efficacement l'érosion (Carof, 2006). Le semis direct participe aussi à l'amélioration des caractéristiques de la qualité du sol, à savoir la capacité à fonctionner dans un écosystème particulier pour produire plus de biomasse, maintenir la qualité de l'air et de l'eau et assurer la santé des plantes et des animaux (Carof, 2006).

I.8.5 Les objectifs de semis direct

L'objectif essentiel de la technique de semis direct est de conserver, d'améliorer et d'utiliser des ressources naturelles d'une façon plus efficiente par la gestion intégrée du sol, de l'eau, des agents biologiques et des apports de produits externes (**Arnel, 2006**).

Le centre régional de la recherche agronomique de Settat entreprend depuis l'année 2000 un programme de recherche/développement sur le système du semis direct. Les techniques du travail du sol, longtemps considérées comme symbole de performance, étaient le seul moyen d'assurer un bon lit de semence, détruire les mauvaises herbes et enfouir les engrais. Ces travaux du sol répétés ont conduit au fil des années à une réduction importante de la matière organique et la dégradation de la qualité physico chimique des sols. Les sols en pente, devenus de plus en plus vulnérable à l'érosion. (**Belaid,2014**).

I.8.6 Les techniques de semis direct en Algérie.

Aujourd'hui la pratique de la technique du semis direct au niveau des exploitations agricoles reste très faible mais bouleverse les façons culturales conventionnelles. Il s'agit de la technique du non-labour avec semis direct. Au-delà de l'effet au niveau de la parcelle, le semis direct transforme radicalement les exploitations agricoles. Au niveau national l'effet peut être incontestable sur l'augmentation des productions en conditions de déficit hydrique (sécheresse). De ce fait, le semis direct pourrait constituer une des priorités des décideurs au niveau du MADR, des DSA, des fermes pilotes, agriculteurs leaders ou à l'OAIC comme par exemple cela l'a été avec les semences certifiées. (**Belaid, 2014**).

I.8.7 L'effet du semis direct sur les composants physico-chimiques

I.8.7.1 Sur la structure du sol :

Le travail du sol modifie la structure du sol ainsi que la répartition et dissémination des résidus de cultures et l'accessibilité de la MO aux microorganismes. Ces modifications agissent sur la biologie du sol et notamment sur les microorganismes du sol. Dans les systèmes non travaillés (semis direct), la structure est principalement créée par l'action du climat et par des processus biologiques (**Oorts, 2006**). La structure d'un sol non travaillé est aussi plus homogène et présente souvent une structure plus massive composée de macropores

d'origine biologique. Les fissures et les vides sont en général moins importants dans les sols non travaillés ou dans les systèmes de travail du sol réduit du type chisel (Rasmussen, 1999). Les études et les essais réalisés sur le semis direct depuis l'adoption de cette technique, ont montré que certaines caractéristiques physico-chimiques des sols non travaillés sont couvertes de résidus ont été modifiées (Boulal *et al.*, 2007). La structure, la teneur en matière organique, l'humidité et le pH sont les propriétés du sol affectées par le semis direct ; plus particulièrement au niveau de surface (Mrabet, *et al.*, 2001, Saber *et al.*, 2002; Bessam *et al.*, 2003; Ozpinar *et al.*, 2006; Abdellaoui *et al.*, 2010).

I.8.7.2 Sur les composants chimiques

(Ibno namr *et al.*, 2004 et Mrabet, 2001) jugent que le semis direct permet, en plus d'une production de bonne qualité due à des conditions favorables au moment du remplissage des grains de céréales. (Mrabet, 2001 et Benniou 2008), une augmentation du taux de matière organique du sol. En semis direct, il n'y a pas de travail du sol en profondeur donc l'activité biologique du sol n'est pas perturbée. De plus, les résidus de culture sont une nouvelle source de matière organique à la surface du sol. Ce qui pourrait aider à conserver ou améliorer la structure du sol (Hajabbasi *et al.*, 2000).

I.8.7.3 Sur les composants biologiques

Les modifications des conditions climatiques en semis direct, avec des écarts en eau plus élevés (Kladivko, 2001) sont favorables à l'activité et à l'augmentation de la biomasse microbienne dans les premiers centimètres de sol (Roper et Gupta, 1995). Cette augmentation s'observe pour la population bactérienne comme pour la population fongique (Wardle, 1995).

I.8.7.4 Les conditions de réussite du semis direct

Les conditions du succès du non travail du sol sont réunies, lorsque le sol est perméable et bien nivelé ; les sols tassés et saturés d'eau sont à éviter Comme le sol n'est pas ou que très légèrement travaillé avec les techniques de semis sans labour, les inégalités topographiques restent et rendent le travail plus difficile, ils doivent être corrigées si possible avant le premier semis sans labour (Anonyme, 2007).

I.8.7.5 Les avantages de semis direct

Le semis direct présente plusieurs avantages à savoir :

- Restructure le sol on lui attribuant une meilleure portance, meilleur ressuyage, une bonne rétention d'eau en période sèche.
- Réduit des charges de mécanisation, de fuel, d'usure de matériel, de temps de travail.
- Augmente la matière organique dans les premiers centimètres de l'horizon du sol.
- Réduit l'érosion de la parcelle par augmentation de la porosité, des résidus en surface qui créent une surface rugueuse.
- Augmente de population de lombrics.

I.8.7.6 Les inconvénients du semi directe :

Le semis direct exige un équipement spécifique à savoir:

- Choisir un semoir du semis direct de type, à disque ou à soc.
- Prévoir la mise en place de la technique sur plusieurs années, avec un passage obligatoire par du travail superficiel.
 - la rotation : allongement avec alternance culture d'hiver et d'été si possible, alternance légumineuses et graminées.
- Infeste les cultures par de résidus en surface qui peuvent être le refuge de limaces qui sont néfastes à la culture en place, essentiellement durant les premières années.
- Retarde le réchauffement du sol qui est plus lent au printemps : minéralisation plus tardive, il faut semer plus tard en adaptant les variétés.

Chapitre II

Partie expérimentale

Matériels et Méthodes

1. Objectif du travail :

Nous avons réalisé cette expérimentation dans le but de montrer l'impact des techniques culturales simplifiées sur le stress hydrique et sur le comportement et le rendement du blé dur dans deux parcelles aux différentes conduites culturales, Une parcelle a été conduite selon le modèle de l'agriculture conventionnelle alors que la deuxième a été conduite selon les principes de l'agriculture de conservation à savoir application de techniques culturales simplifiées sans labour sous couvert végétale.

2. Présentation de la zone d'étude : wilaya de Ain Temouchent :

2.1. Description géographique

Ain Temouchent est une wilaya située au nord-ouest de l'Algérie, sa superficie est de 2376,89 Km², ses coordonnées géographiques sont les suivantes 35°18'45 de latitude nord, 1°8'43 de longitude ouest et 248 mètres d'altitude. Elle est délimitée par la mer méditerranée au Nord-Ouest, la wilaya de Sidi Bel Abbès à 63 km au Sud-est, la wilaya d'Oran à 72 km à l'Est et la wilaya de Tlemcen à 69 km au Sud-Ouest.

Cette wilaya est constituée de 04 daïras : Béni Saf, El Maleh, Hammam Bouhadjar, Ain Kihal, comprenant 28 villes, aussi appelées régions principales, nous citons : Aghlal, Ain ElArbaa, Ain Kihal, Ain Tolba, Aougbellil, BéniSaf, Bouzedjar, Chaabet El Ham, chentouf, El Amria, El Emir Abdelkader, El Malah, El Messaid, Hammam Bouhadjar, Hassasna, Hassi El Ghella, Oued Berkeches, Oued Sabah, Ouled Boudjema, OuledKihal, Oulhaca, El Gheraba, Sidi Ben Adda, Sidi Boumedienne, Sidi Safi, Tadmaya, Tamzoura et Terga.

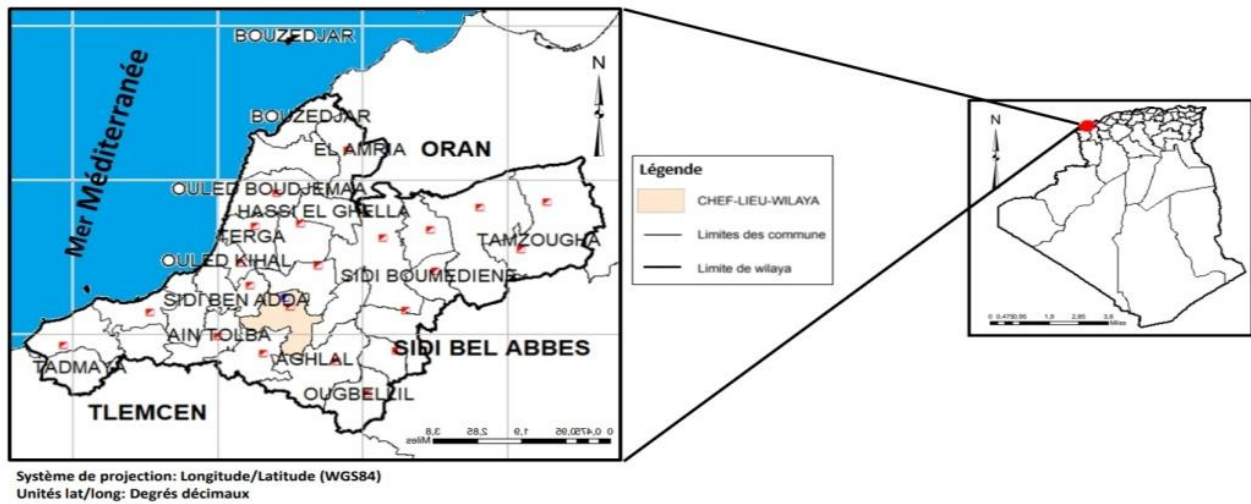


Figure 1 : Carte géographique de la wilaya d'Ain temouchent.

2.2 Climat

Ain Temouchent a un climat semi-aride, caractérisé par des précipitations faibles et irrégulières, des étés chauds et humides et des hivers relativement froids et doux. La température moyenne annuelle est de 19,1°C, la maximale est enregistrée entre le mois de juillet et aout (35°C) et la minimale enregistrée entre le mois de décembre et janvier (6°C). Quant à la pluviométrie, elle est en moyenne de 316,2 mm/an, le mois le plus pluvieux est de novembre 50 mm comme nous le présente la figure 02

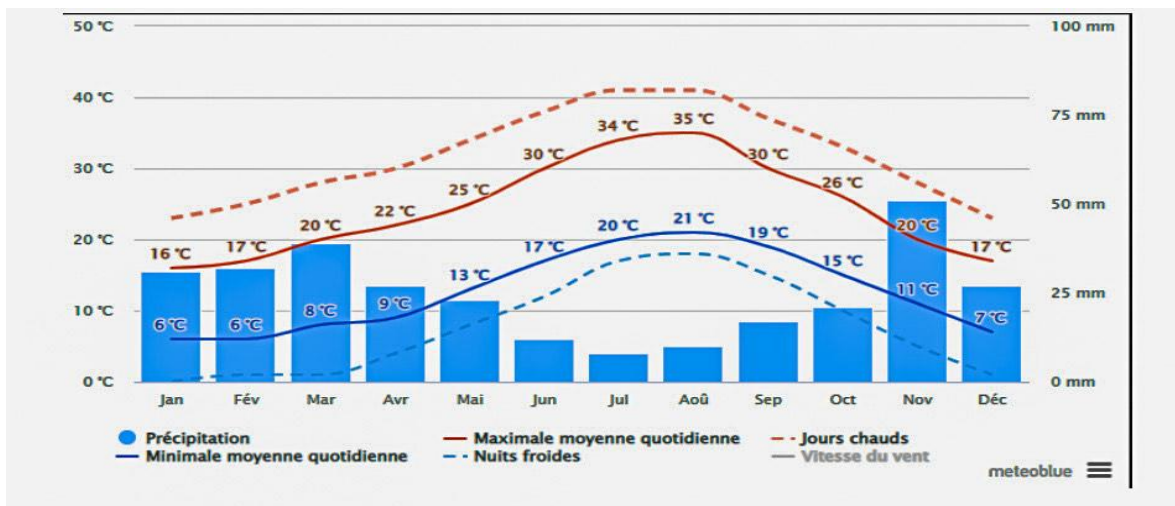
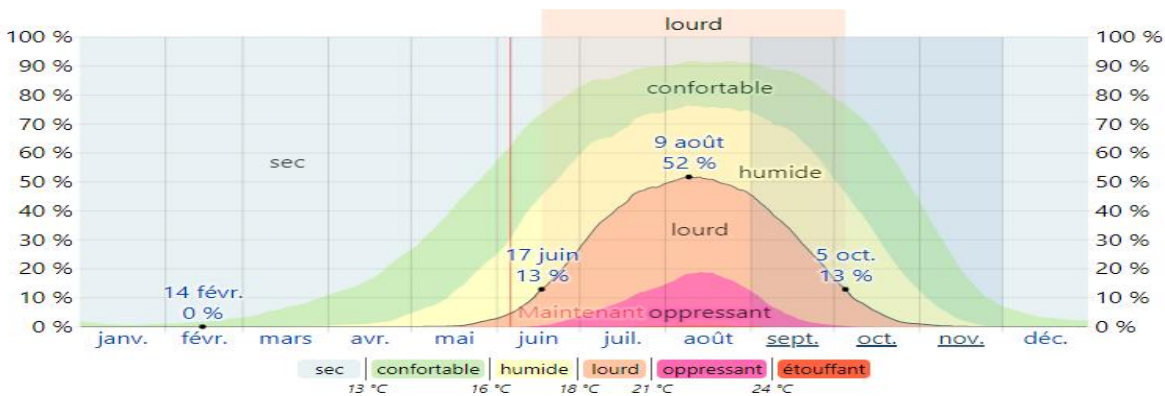


Figure 2 : Température et précipitation moyenne dans la wilaya de Ain Temouchent

(Météoblue, 2023).

Selon (Meteoblue, 2023), la wilaya connaît des variations saisonnières extrêmes en termes d'humidité, la période la plus lourde de l'année dure environ 3,6 mois, du 17 juin au 5 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante d'au moins 13 % du temps. Le mois d'Août est le mois ayant le plus grand nombre de jours lourds, avec 15,4 jours lourds ou plus accablants. Le jour le moins lourd de l'année est le 14 février, avec un climat lourd quasiment



inexistant (voir figure 3).

Figure 3 : Niveaux de confort selon l'humidité à Ain Temouchent (Meteoblue, 2023).

3. Végétation dans la région de Ain Temouchent :

La wilaya est à vocation agricole, ses principales cultures sont les céréales, le maraichage, la vigne et l'arboriculture (DSA, 2021).

Elle dispose d'une superficie agricole utile de 180 994 hectares, couvrant plus de 89% de la superficie totale (237 689 hectares) avec une superficie irriguée de seulement 10 000ha, représentant 5,54% de la SAU. La wilaya compte également 8 090 exploitations agricoles.

Quant à la superficie forestière, elle est estimée à 29 556 hectares, soit environ 12,6% de la superficie totale (Bentayeb, 2019).

4. Présentation du zone choix d'étude :

La commune de Ain Temouchent située dans la wilaya d'Ain Temouchent, aux coordonnées géographiques suivantes 35.2200°N et 1.1000°W. Ses sols sont du type Argilo-limoneux. Ses

principales cultures sont principalement : la céréaliculture, le maraichage, l'arboriculture et la viticulture (figure 04).

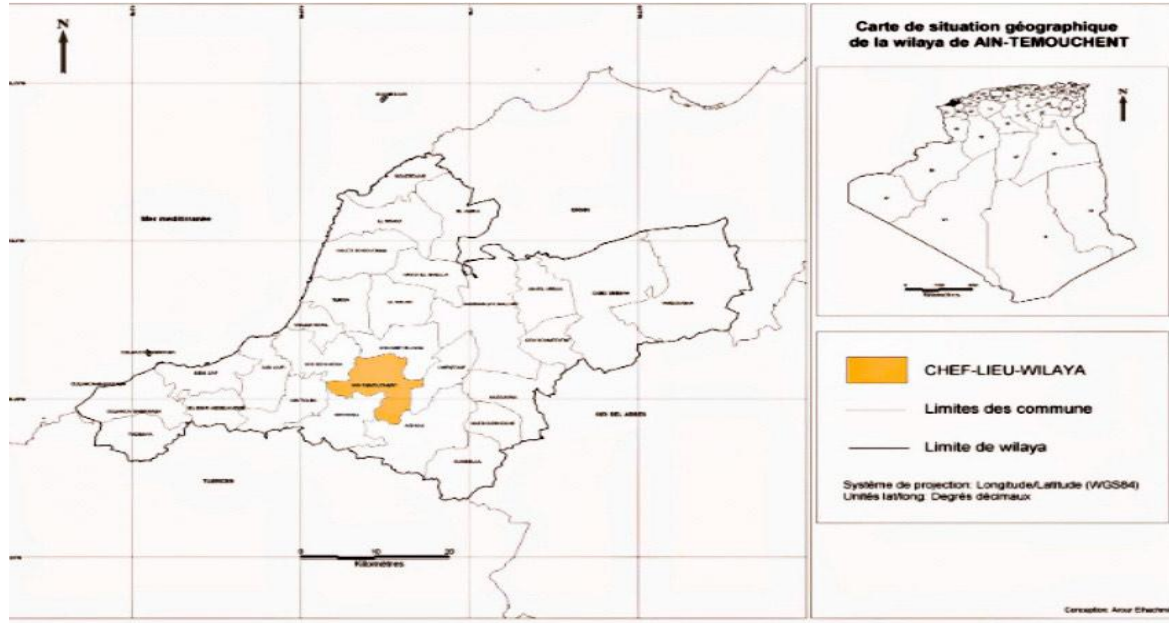


Figure 4 : Localisation de la commune de Ain Temouchent.

4.1. Informations techniques de la commune de Ain Temouchent :

	Surface (ha)
SAT	8 023,50
Forêt	138
SAU	7 629,50
Superficie en Irriguée	1 143

Population rurale (PT) 3 392

Production agricole de la commune en hectare (ha) :

Blé dur	3 547	Vigne	1 190,50
Blé tendre	479,50	Oléiculture	30 130

PRESENTATION DE LA ZONE ETUDE

Orge	1 129,50	Maraichers	617,50
Fourrage	311,50		

Source: DSA campagne 2022/2023.

La production animale (en têtes) :

Espèce	Tête (U)	Espèce	Tête (U)
Bovin	751	Ovins	3 434
Vaches Laitières	363	Brebis	1 527
Bovin Laitier Moderne	92	Caprins	1 100
Bovin laitier traditionnel	271	Chèvres	444
Poulets de chair	4 700	Ruches	150

Source: DSA campagne 2022/2023.

4.2. Présentation de la station expérimentale :

Situé dans la commune de Ain Témouchent, le site d'étude se trouve dans une exploitation agricole privée aux coordonnées géographiques suivantes 35.3146°N et 1.1510°W. Le sol est du type Argilo-limoneux, les cultures prédominantes sont : la céréaliculture, l'arboriculture et le maraichage en culture intercalaire.

Pour notre expérimentation, nous avons choisi 02 lots de 60 mètre carré (6X10)m représentatifs de deux parcelles expérimentales situés dans la même exploitation et séparés par une ligne de plant d'olivier.

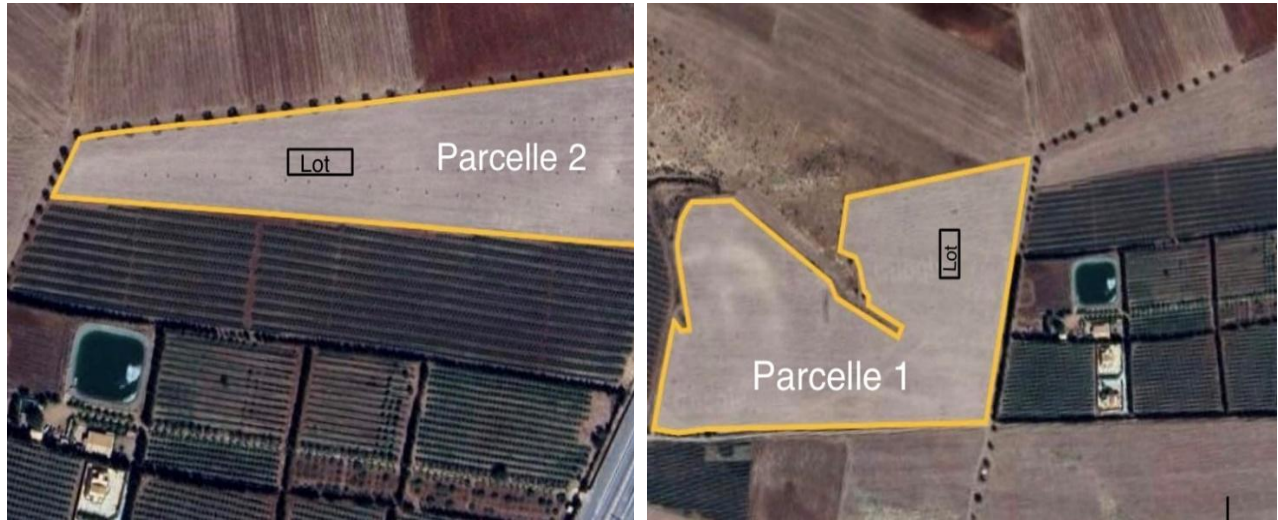


Photo des parcelles expérimentales.

Les deux lots dénommés parcelle 1 et parcelle 2.

Tableau représentatif les caractéristiques des parcelles 1 et 2 .

	<u>Parcelle 1</u> (A. Conventiionnelle)	<u>Parcelle 2</u> (TCS sous couvert)
Surface	9,6 has	4,1has
Précédant culturale	Orge	Orge
Culture actuelle	Blé dur	Blé dur
Variété	Simeto G4	Simeto G4
Date de semis	25/12/2023	25/12/2023
Type de semis	Mécanique avec semoir	Manuel, à la volé
Dose de semis	170kg/ha	170kg/ha
Conduite culturale	Itinéraire technique conventionnel (Agriculture conventionnelle)	Technique culturale simplifiée sous couvert vivant (Agriculture de conservation)
18/12/2022	Application du désherbant Glyphosate avant semis	Application du désherbant Glyphosate avant semis

25/12/2022	Apport d'engrais : MAP 12-52 (100 kg/ha) Urée 46 (50 kg/ha)	Apport d'engrais : MAP 12-52 (100 kg/ha) Urée 46 (50 kg/ha)
12/3/2023	Application du désherbant Floramix (320 g/ha)	Application du désherbant Floramix (320 g/ha)
13/03/2023	Urée 46 (100 kg/ha)	Urée 46 (100 kg/ha)

L'absence prolongée des précipitations ainsi que l'augmentation des températures, conditions défavorables pour la germination de blé, ont poussé l'agriculteur à pratiquer trois (03) irrigations de 20mn pendant 15 jours sur les 2 parcelles pendant le stade germination-levée.

3. Matériels et methodes :

Notre expérimentation s'est déroulée en deux phases.

1. Phase 1 : sur le terrain :

- a. Choix et délimitation des parcelles et relevés des température du sol.
- b. Visite mensuelle, observations et collecte des échantillons.

2. Phase 2 : au laboratoire :

- a. Mesure, pesé et comptage des échantillons.
- b. Identification du PMG.

3.1. Matériels utilisés sur terrain



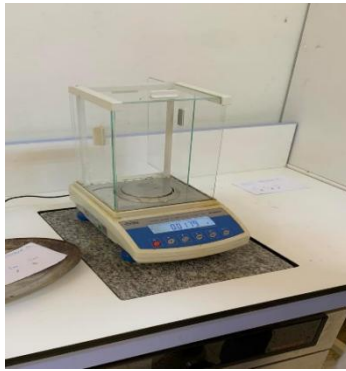
- Un marteau
- Une Scie
- Des tuteurs
- Une corde
- Décamètre
- Thermomètre
- Carnet et stylo
- Placette

3.2 Matériels utilisés au laboratoire

- Balance de précision
- Règle
- Plants de blé dur
- Pince
- Loupe compteuse de colonie
- Appareil photo



Loupe compteuse de colonies



Balance de précision



Plants de blé dur

3.3 Matériels utilisés pour l'identification du poids du mille graine

Au niveau de laboratoire de l'ITGC de SIDI BELABESS nous avons identifié le poids de milles graines PMG du blé dur, variété SIMETO en utilisant le matériel suivant : Matériels végétale, ciseau, sac en papier, compteur à grain, batteuse.



Matériel végétale



Epis de blé



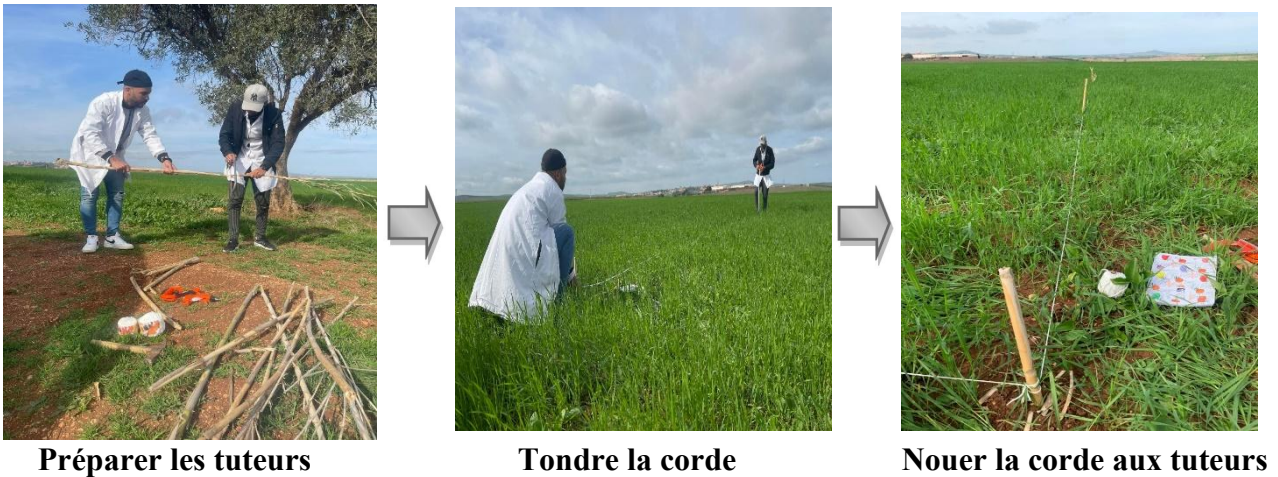
Compteur à grains

3.4 Méthodologie de travail sur le terrain

Le 9 mars 2023, nous avons visité les parcelles expérimentales pour décider des lots représentatifs des deux parcelles à délimiter et à étudier. Nous avons d'abord mesuré les lots puis les avons délimités avec des piquets et une corde comme le montre les photos ci-dessous.



Figure 5 : Mesure de la température du sol des parcelles expérimentales.



Préparer les tuteurs

Tondre la corde

Nouer la corde aux tuteurs

Figure 6 : Étapes de la délimitation des parcelles.

Par la suite nous avons prélevé la température du sol et le stade biologique des plants de céréale (figure n°5).

Une visite mensuelle était effectuée pour collecter les informations et comparer l'évolution des plants dans les deux parcelles. Ainsi qu'une estimation prévisionnelle du rendement en grain en utilisant la méthode de placettes utilisée par l'ITGC dont le principe est le suivant : on place aléatoirement en diagonale trois placettes d'1m², ensuite on procède au comptage des plants recueillis à l'intérieur des carrés et la moyenne servira pour le calcul du rendement (figure 7). Les principales composantes du calcul du rendement sont : le nombre d'épis/m², le nombre de grains/épis et le poids du grain à partir du PMG.



Figure 7 : Etapes de mesures des composants du rendement escompté.

3.5 Méthodologie de travail au laboratoire

Au niveau du laboratoire, nous avons d'abord disposé nos échantillons sur la paillasse et commencé à mesurer et comparer les échantillons prélevés des deux parcelles.

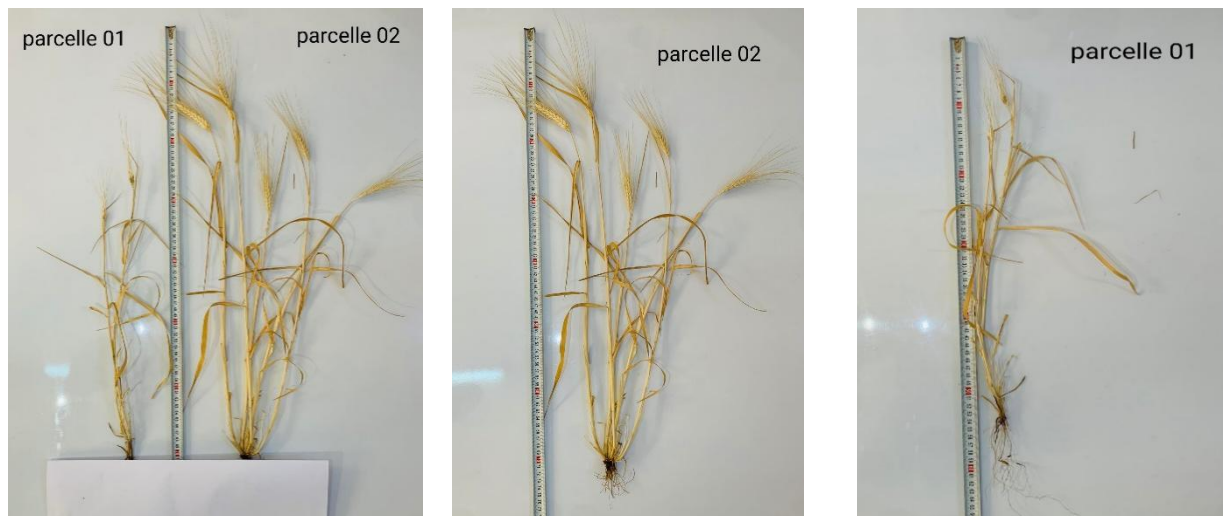


Figure 8 : Mesure des plants de blé dur des deux parcelles.

De chaque échantillon, nous avons pris aléatoirement trois épis qu'on a décortiqué et récupérer les grains et de chaque lot de grains, nous on avons fait 3 mesures à l'aide d'une loupe compteuse de colonies et d'une règle (figure n°9).



Figure 9 : Mesure des grains de blé dur.

Le même principe que la mesure de la longueur du grain a été appliqué pour l'identification du poids du grain, trois grains choisis aléatoirement du lot de grains décortiqués des différents échantillons. L'appareil utilisé pour effectuer la pesée est une balance de précision comme le montre la figure ci-dessous



Figure 10 : Peser des grains de blé dur.

3.6 Méthodologie d'identification du Poids de mille graine

Nous avons d'abord prélevé les épis de blé des deux parcelles ensuite nous avons séparé l'épis de la tige et ôté la barbe et les avons mis dans des sacs en papier. A l'aide d'une batteuse le grain a été séparé de ses enveloppes et nettoyés ensuite déposé sur un plateau servant de balance de l'appareil compteuse de grains qui va compter et peser mille graines. La mesure sera affichée et indiquée sur l'écran de la machine, voir figure ci-dessous .



Epis de blé dur

Epis sans barbe

Epis dans des sacs

Compteur à grain

4 RESULTATS

4.1 Conditions climatiques

4.1.1 Température et précipitation

Les conditions ambiantes ont révélé des valeurs au-dessus des relevés des dix dernières années pour la température, la maximale 37°C a été enregistré en mois de avril pendant la phase et la minimale (15°C) a été enregistré en mois de mars (Figure n°11).

PRESENTATION DE LA ZONE ETUDE

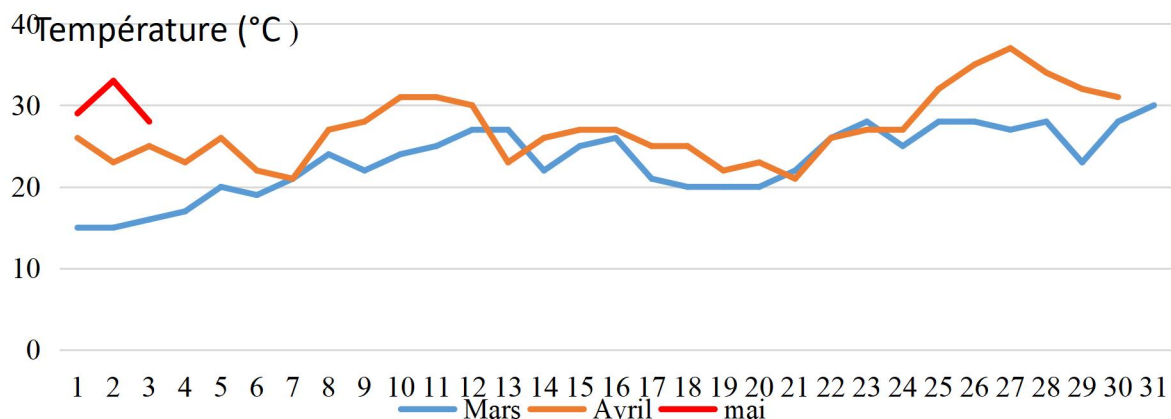


Figure 11 : Relevé des températures de la wilaya de Ain Temouchent pendant la campagne 2022/2023 (Établit par les deux étudiants en se basant les donnés de la DSA).

Quant aux précipitations de nature intermittente et éparse, elles ont été en deçà des valeurs enregistrées ces dernières années. La pluviométrie automnale était faible depuis le mois de septembre jusqu'au mois décembre et enregistre en moyenne 15,37mm contre 54mm (moyenne Seltzer). La moyenne maximale 89 mm est enregistré au mois de janvier puis baisse brutale et s'annule en mois d'avril et mai (figure n°12).

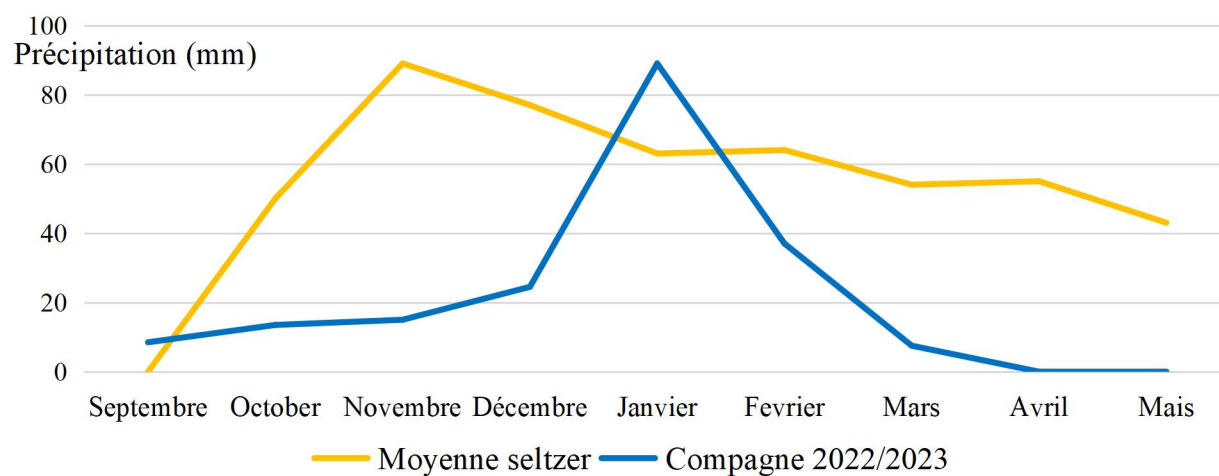


Figure 12 : Relevé des précipitations de la wilaya de Ain Temouchent (Établit par les deux étudiants en se basant les donnés de la DSA).

4.2 Température du sol

Les mesures de température du sol de la parcelle 1 étaient plus élevée que la parcelle 2. Même si elles évoluaient de la même manière et de même trajectoire, elles présentent, cependant, une différence de 3 à 4°C comme le montre le graphe suivant.

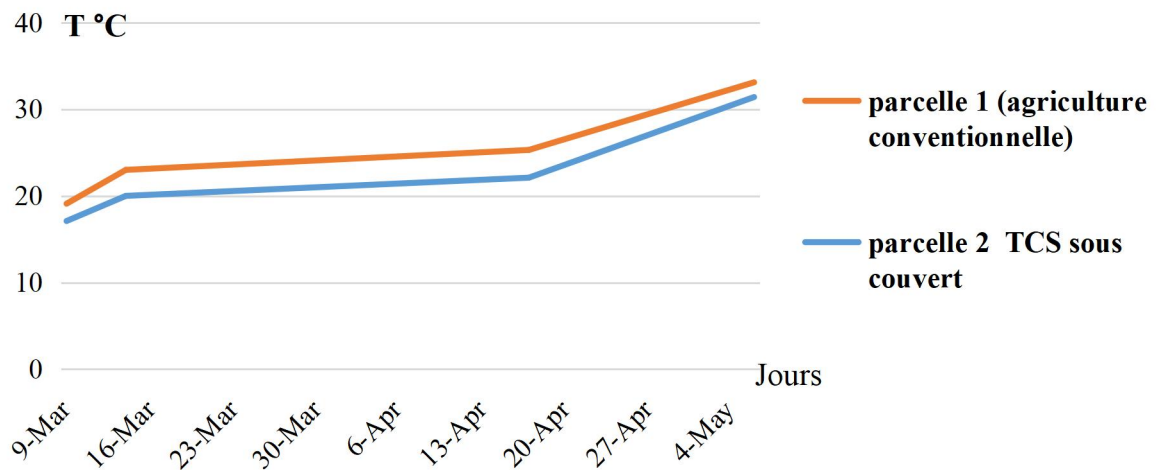


Figure 13 : Mesures comparatives de la température du sol de la parcelle 1 et 2.

4.3 Stade de développement des céréales

Au cours des visites effectuées au niveau de la station expérimentale, nous avons observé les différents stades de développement résumé dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Stades de développement des céréales par parcelle.

	Stade de développement des céréales	
	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 Agriculture de conservation (TCS)
09/03/2023	Plein tallage	Plein tallage
14/03/2023	Plein tallage	Plein tallage
17/04/2023	Montaison- épiaison	Montaison- épiaison
06/05/2023	Epiaison- maturation	Epiaison- maturation

Selon les relevés de la DSA, campagne 2022/2023, la pluviométrie et la température évoluent négativement, en hors normes à partir du mois de mars pour atteindre des valeurs critiques néfastes au développement des céréales. Ces valeurs (précipitation nulle et température supérieure à 33°C) coïncident avec les stades les plus critiques (fin tallage-montaison-épiaison) où le besoin en eau est le plus sollicité telles que c'est illustré dans les figure n°14 et 15.

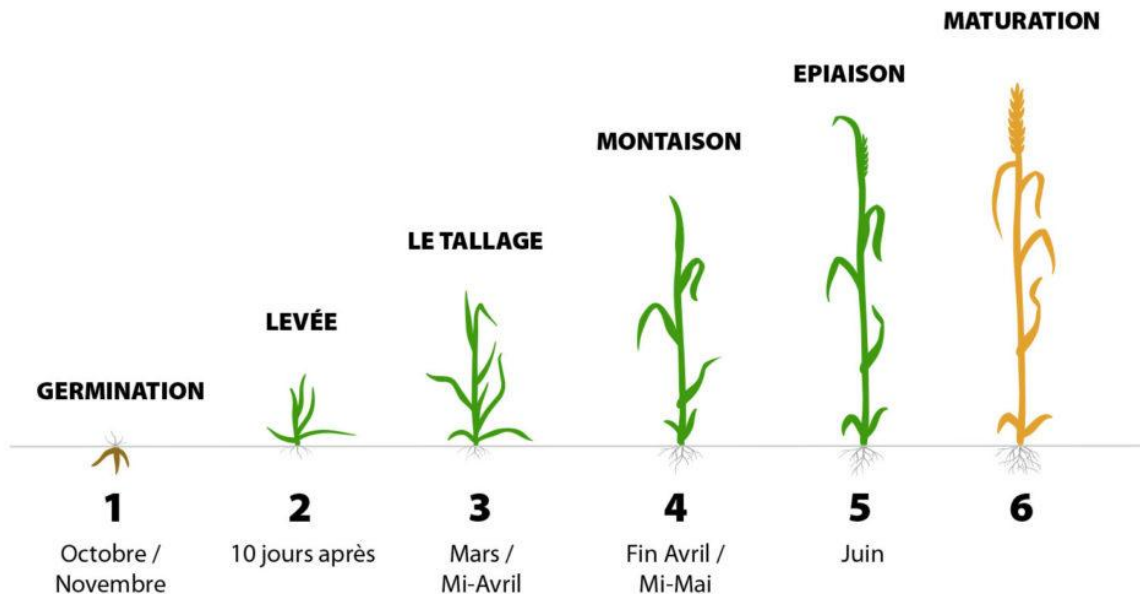


Figure 14 : Evolution des conditions climatiques avec le cycle de développement du blé dur (Espace Pain Information).

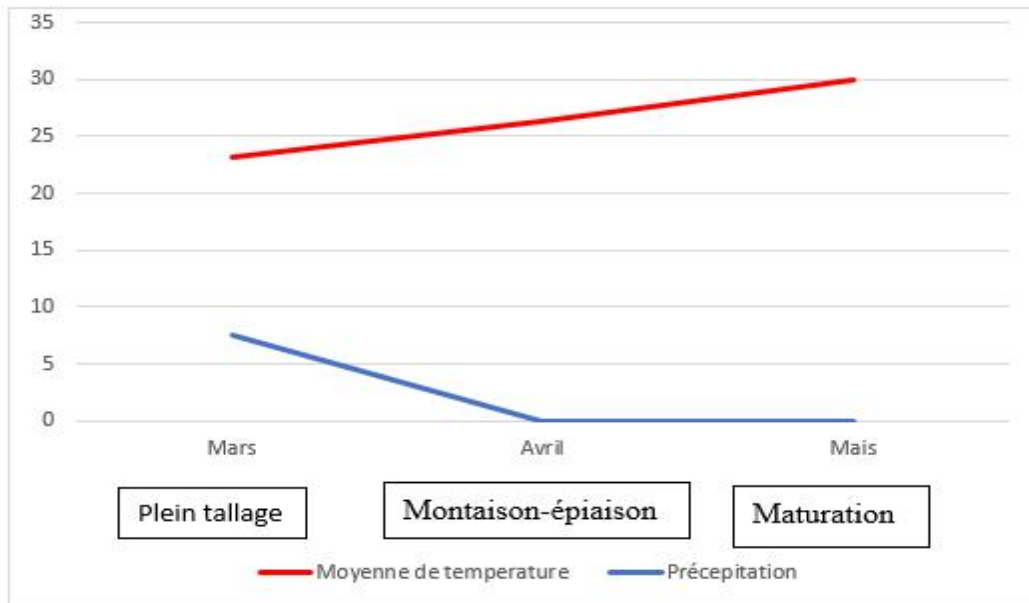


Figure 15 : Evolution des conditions climatiques avec les stades de développement du blé dur (Établit par les deux étudiants en se basant les donnés de la DSA).

5. PARAMETRES PHENOLOGIQUES

5.1 Hauteur du maître brin :

La parcelle 2 conduite en TCS sous couvert végétal a donné de meilleurs résultats concernant la hauteur du maître brin avec en moyenne de 74,66 cm contre 59,66cm dans la parcelle 1 conduite en agriculture conventionnelle (figure 16).

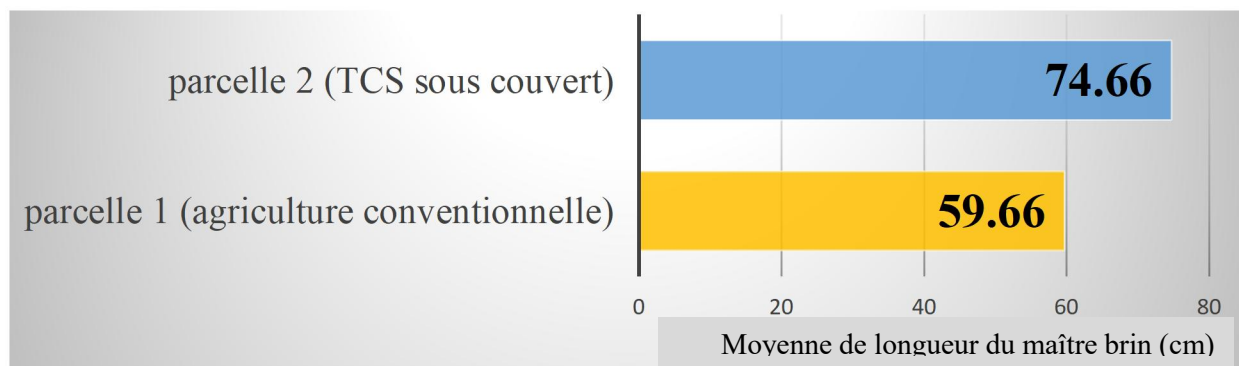


Figure 16 : Mesure comparative des moyennes de longueur du maître brin.

5.2 Longueur de l'épi

La longueur de l'épi avec barbe et sans barbe est plus importante dans la parcelle 2 et qui sont respectivement de l'ordre de 60,16cm et 49,33 contre 51,75cm et 43cm pour les épis de la parcelle1 conduite en conventionnelle.

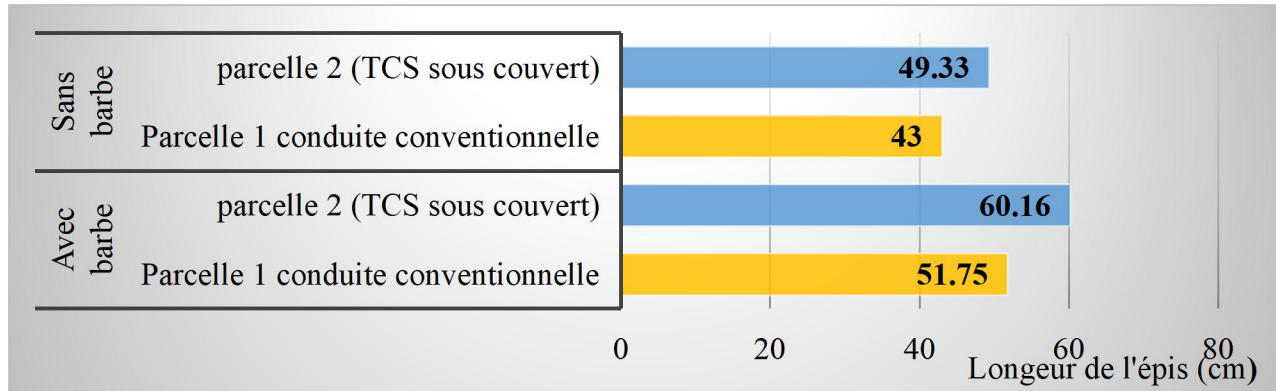


Figure 17 : Mesure comparative des moyennes de longueur des épis avec barbe et sans barbe des deux parcelles.

5.3 Longueur et poids du grain :

La longueur et le poids des grains de la parcelle 2 sont plus importants que ceux de la parcelle 1, comme le représente les figure n°18 et n°19.

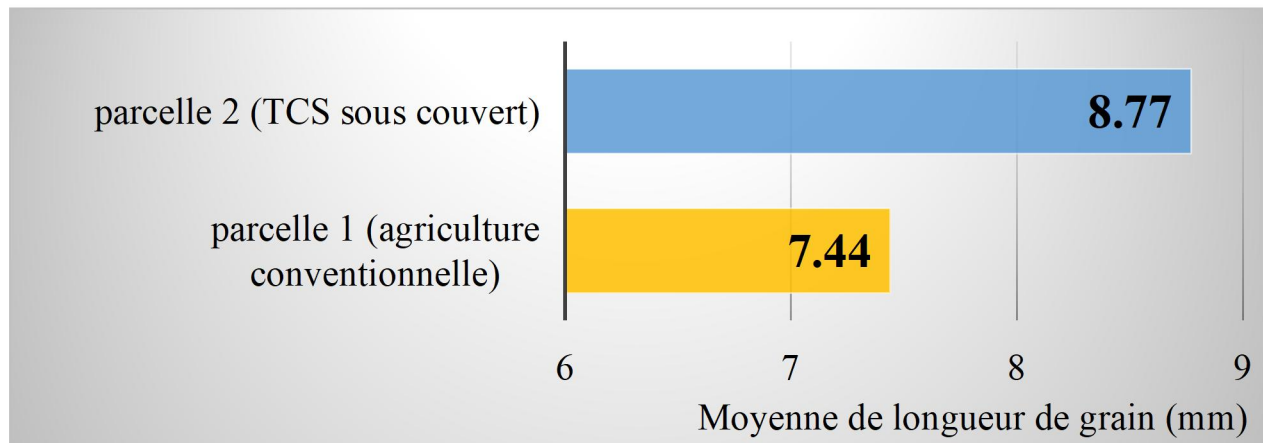


Figure 18 : Résultats comparatifs entre la moyenne de la longueur des grains de la parcelle 1 et 2.

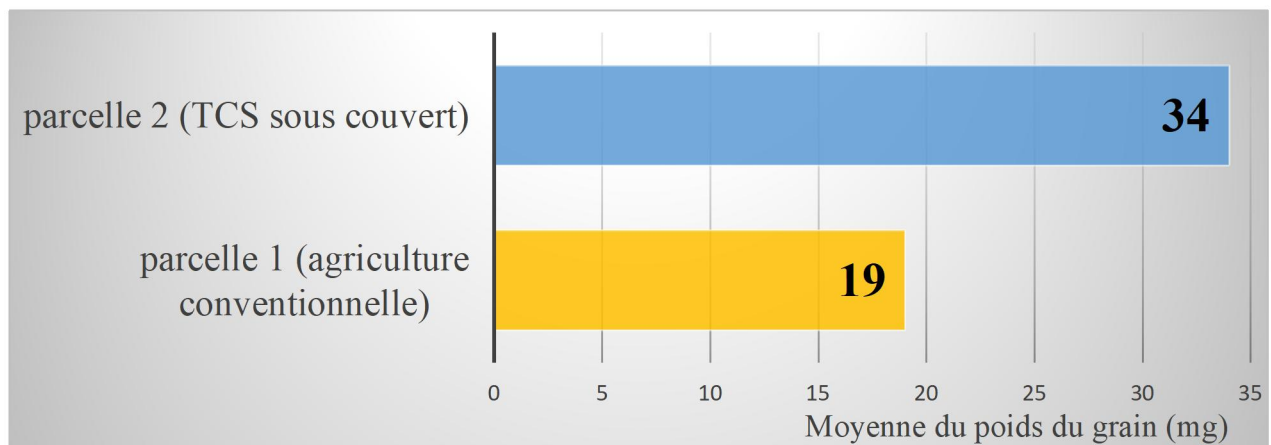


Figure 19 : Résultats comparatifs entre la moyenne des poids des grains de la parcelle 1 et 2.

6 Paramètres du rendement :

6.1 Nombre épis par plant :

Le nombre d'épis par plant dans la parcelle 2 conduite en agriculture de conservation est plus important que la quantité d'épis par plant présent dans la parcelle 1, enregistrant en moyenne et respectivement les valeurs suivantes 4,33 et 1,33 (figure n°20).

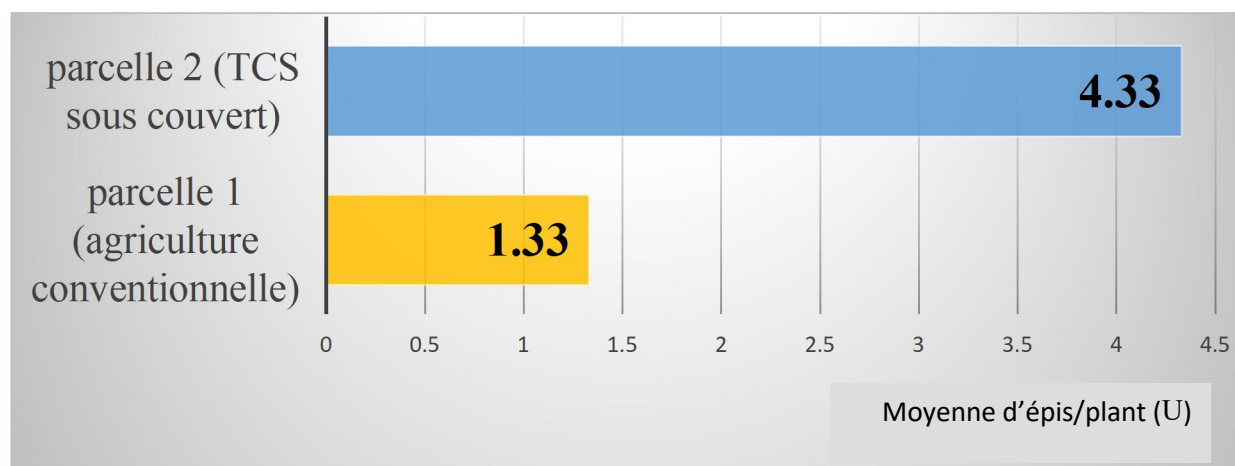


Figure 20 : Mesure comparative des moyennes du nombre d'épis par plant des deux parcelles.

6.2 Nombre épi /m² :

Les résultats de ce paramètre illustre que le nombre d'épi par mètre carré le plus élevé a été signalé dans la parcelle 2 qui a donné 126 épis/m² contre 96,33 plants/m² dans la parcelle 1 conduite en agriculture conventionnelle.

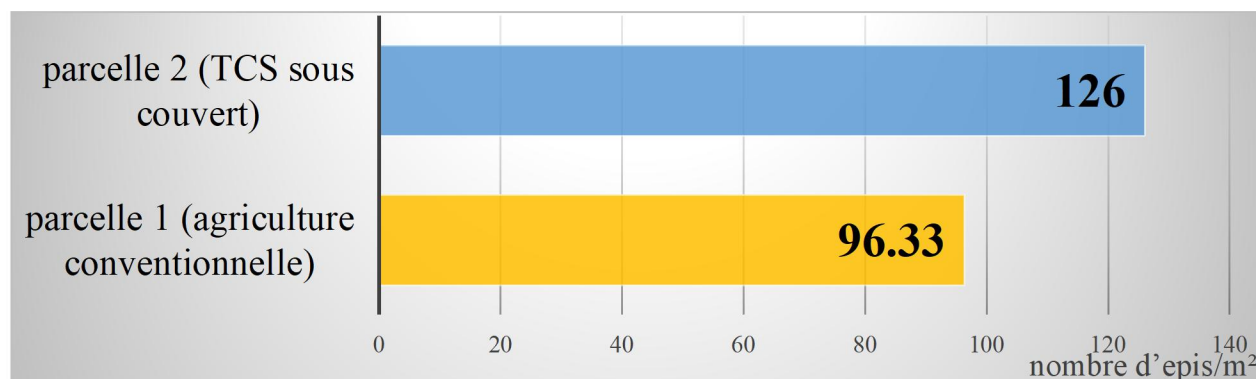


Figure 21 : Mesure comparative de la moyenne de quantité d'épis/m² des deux parcelles.

6.3 Nombre épillet/épis :

Le nombre d'épillets par épi est plus élevé dans la parcelle 2, il est de l'ordre de 8 contre 5,5 dans la parcelle 1 comme l'indique la figure suivante:

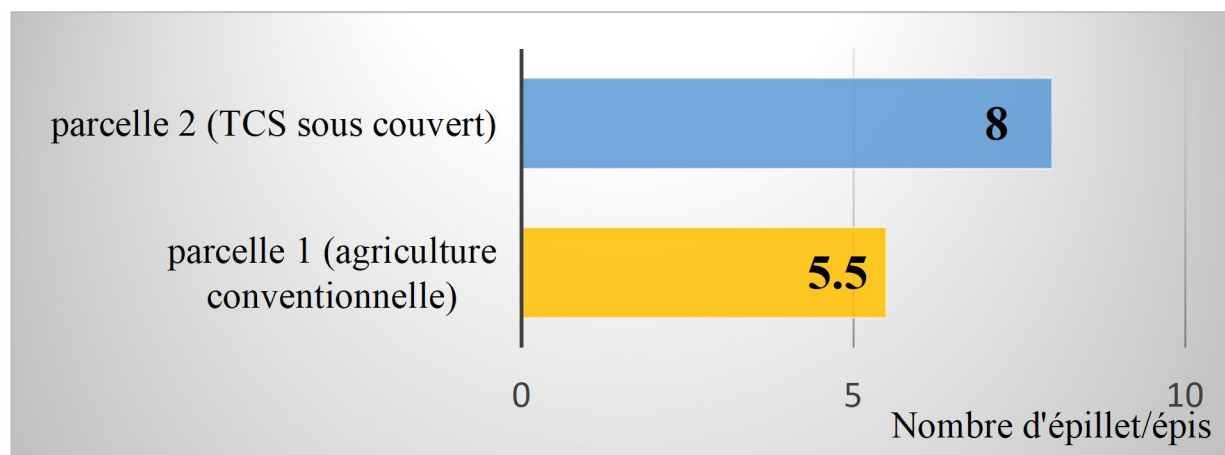


Figure 22 : résultats comparatifs entre le nombre d'épillets/épis des deux parcelles.

6.4 Nombre de grains par épis :

Le meilleur résultat concernant ce paramètre est toujours signalé dans la parcelle 2 conduit en TCS sous couvert vivant qui a donné 29,4 grains/épis contre 8 grains/épi pour la parcelle 1 conduite en agriculture conventionnelle (figure n°23).

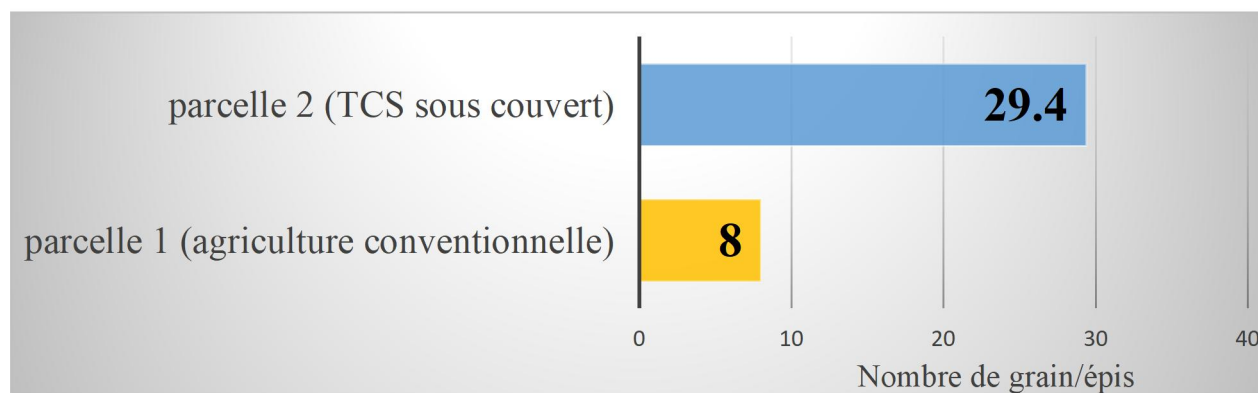


Figure 23 : Résultats comparatifs du nombre de grain/épis des deux parcelles.

6.5 Poids de mille graines (PMG) :

Le poids de mille graines de la parcelle 2 est nettement plus élevé que le PMG de la parcelle 1 avec la valeur de 37g contre 25 g (voir figure n°24).

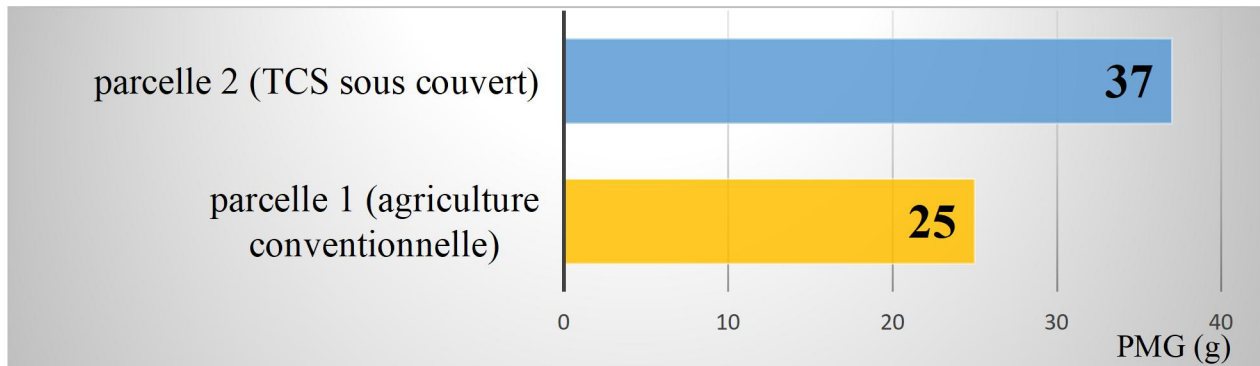


Figure 24 : mesure du poids de mille graines des parcelles 1 et 2.

6.6 Rendement escompté par hectare :

Le rendement estimé par hectare est calculé selon la formule suivante :

Rendement (g/m²) : Nombre d'épis par mètre carré X le nombre de grains par épi X le poids du grain

Rendement (Qx/ha) : Rendement (g/m²) / 10

Le rendement de la parcelle 1 est sept fois inférieur que le rendement de la parcelle 2 enregistrant un écart d'environ 12 quintaux par hectare de différence.

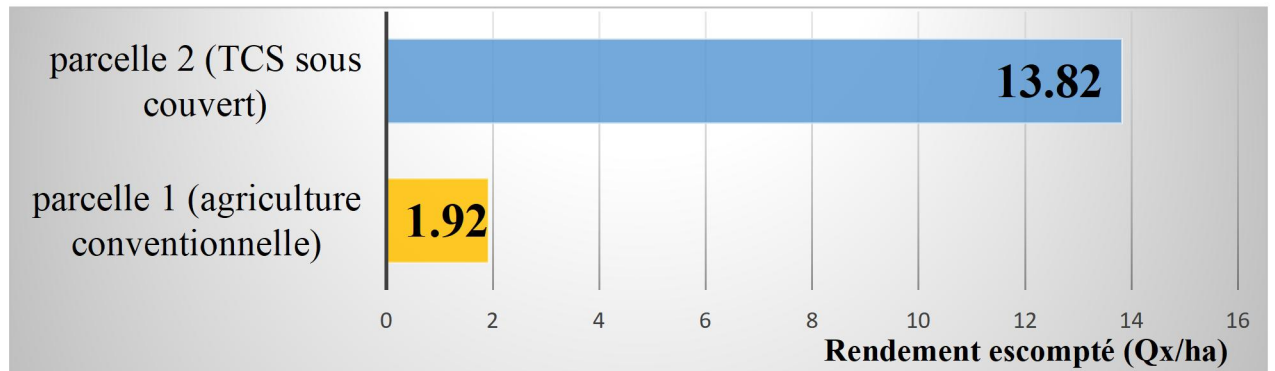


Figure 25 : Résultats escomptés du rendement en grain des deux parcelles.

7. DISCUSSION

La sécheresse et le manque d'eau sont l'une des causes principales des pertes de rendement du blé dur, qui varient de 10 à 80% selon les années. Les faibles quantités d'eau de pluie enregistrées pour cette campagne (2022/2023) soit 198 mm qui sont loin des besoins de la culture pendant les différents stades de son développement et qui varient de 450 à 650mm.

Au début du cycle, ces besoins sont relativement faibles, c'est à partir de la phase épi 1 cm jusqu'à la floraison, qu'ils sont les plus importants, période où l'on a enregistré une rareté voire absence totale d'eau. En effet, la période critique en eau se situe de 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue A., 1982**). De nombreuses recherches ont été faites dans ce contexte: une étude souligne l'effet pénalisant du manque d'eau sur la physiologie de la plante et les composantes du rendement montrant que la période la plus critique vis à vis du manque d'eau est comprise entre les 20 jours qui précèdent l'épiaison jusqu'à la fin du palier

hydrique (**Bouthiba et al., 2006 ; Chennafi et al., 2008**), à la fin de la montaison, 10 à 15 jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (**Debaeke et al., 1996**) et retarde le stade épiaison lorsqu'elle est sévère (**Blum, 1996**). Après la floraison, le manque d'eau combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par l'altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (**Triboï, 1990 ; Benbelkacem, 2001**).

C'est cependant le stade juste avant épiaison qui demeure le plus sensible au déficit hydrique puisqu'une sécheresse survenant à ce stade peut réduire les rendements en grains d'environ 70% (**Bennaceur et al, 1999**).

Les résultats de nos travaux ont montré que la culture de blé dur a été affectée par le déficit hydrique qui est plus néfaste lorsqu'il est de nature intermittente. Nos résultats sont en accord avec (**Hsissou et Bouharmont,1994**) qui affirme que le stress hydrique affecte les phases de développement, de la germination jusqu'à la maturité physiologique. Un faible changement du potentiel hydrique du sol ou du rythme de transpiration peut conduire à une inhibition de la croissance (**Simane et al. 1993**). Les travaux de **Kribaa et al (2001)** effectués dans la région de Sétif indiquent que la conduite conventionnelle des céréales dégrade la structure de l'horizon labouré, réduit la matière organique et diminue la réserve en eau dans le sol.

Selon **Lahmar et Bouzerzour (2011)**, les sols ainsi travaillés, perdent leur matière organique, leur structure devient fragile et leurs pores s'effondrent. En conséquence, l'eau de pluie n'arrive plus à les traverser et coule en surface. Le recours à des méthodes de conservation des sols, entre autre les TCS, valorisant le peu d'eau devient alors incontournable (**Kribaa, 2003**). Elles apportent des solutions permettant d'améliorer la teneur en matière organique, la structure du sol, et l'utilisation efficace de l'eau et des nutriments induisant par conséquent une augmentation des rendements dans les régions à faible pluviométrie (**Raunet et al, 2004**). Les recherches de **Johnson et al., (1995)** indiquent des différences à l'avantage des pratiques de conservation pour le stockage et l'efficacité d'utilisation de l'eau, le rendement et le coût économique. Ces résultats correspondent à nos résultats trouvés au niveau de la culture de blé conduite en TCS comparativement à la culture blé dur conduite en conventionnelle.

Le premier effet de ce déficit, est d'ordre phenologique, il réduit la vitesse de croissance des cellules de la tige (**Richards et al. 1997, Dakheel et al. 1993**), des racines, de la surface foliaire, du nombre de talles et des organes reproducteurs (**Debaeke et al., 1996 et Slafer et al., 2005**).

La faiblesse de la taille et du poids du grain trouvé dans notre travail de recherche coïncident avec les travaux d'autres auteurs ainsi **Dakheel et al., (1993), Gate et al., (1993) ; Wardlaw et Moncur, (1995)**, indique qu'un stress hydrique terminal réduit la durée de la phase de remplissage du grain, stoppe l'accumulation de la matière sèche et diminue la taille des grains réduisant par conséquent le rendement.

Aussi, la différence de longueur des barbes constatée entre nos deux parcelles est considérée comme un paramètre morphologique adaptatif pour améliorer le rendement en conditions de sécheresse par l'augmentation de la surface photosynthétique de l'épi (**Bouatrouse, 2013**)

Entre autres, Les températures permettant une croissance optimale et un rendement maximum sont comprises entre 15 et 20°C (**DuPont et Altenbach, 2003**) loin des températures, hors norme, enregistrées pendant le cycle de développement de notre culture ainsi, **Castro et al. (2007)** ont observé que le stress thermique (températures supérieures à 35°C) pendant la phase de remplissage du grain serait à l'origine d'une baisse du poids des grains ce qui explique nos résultats.

8. Conclusion

Dans la zone semi-aride l'eau est le principal facteur limitant de la production agricole. La campagne agricole 2019/ 2020 considéré comme campagne pluvieuse, le cumule s'élevait à 421,24 mm avec mauvaise répartition durant le cycle physiologique de la culture de blé notamment dans la période critique en fin de cycle. Ce travail porte essentiellement sur l'analyse de l'évolution des principaux paramètres étudiées qui ont été nettement influencées par les techniques des cultures simplifiées, notamment la température et l'effet de la sécheresse. Nous avons effectué une étude comparative entre deux parcelle, l'une conduire en conventionnelle et l'autre en technique cultural simplifié « TCS ».

L'étude consiste à analyser des paramètres morphologiques du blé dur ainsi que les composantes de rendement escompté et le rendement final en grain pour mettre en évidence les conséquences de l'effet des conduites et la sécheresse sur le sol ainsi que sur la plante.

L'examen de l'ensemble des résultats portés sur l'effet des techniques culturales sur les propriétés du sol et conséquence sur le rendement, permet de tirer les conclusions suivantes :

La mesure de l'évolution des températures du sol en a montré une différence de 4 à 5° dans la parcelle conduite par les techniques culturales simplifiées sous couvert végétal par rapport à la parcelle conduite conventionnellement.

Cependant, l'application des techniques culturales sans retournement du sol voir du « semis direct » peut se manifester par des couches superficielles du sol se réchauffant plus lentement et présentant une plus forte teneur en eau en comparaison avec des sols travaillés conventionnellement. Ceci peut donner lieu à un ensemble de conditions de croissance plus favorables durant la période de développement de la culture du blé dur au niveau la parcelle de TCS.

La culture de blé dur s'est mieux comportée au niveau de la parcelle technique culturale simplifiée particulièrement pour les paramètres relatifs aux composantes de rendement. Les résultats ont montré que le rendement en grains a été mieux exprimé au niveau de la parcelle conduite en technique culturale simplifiée soit (13,33 q/ ha) comparativement à la parcelle conduite en mode conventionnel (1,9 q/ ha).

Enfin la technique culturale simplifiée des cultures appliquées sur la culture du blé dur a donné des résultats remarquables en matière de la conservation de la température du sol et en conséquence un bon rendement malgré l'absence des précipitations durant les stades végétatifs vulnérable (montaison et épiaison).

Ce travail mérite une continuité pour mieux comprendre les avantages et les inconvénients du non labour avant de l'adopter comme alternative aux techniques conventionnelles.

Annexe

Tableau N° 1 : Relevé des températures du sol pour chaque parcelle

	Température du sol (°C)	
	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 TCS sous couvert
09/03/2023	19,1	17,1
14/03/2023	23	20
17/04/2023	25,3	22,1
06/05/2023	33,1	31,4

Tableau N° 2 : Représent le stade de développement pour chaque parcelle

	Stade de développement des céréales	
	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 TCS sous couvert
09/03/2023	Plein tallage	Plein tallage
14/03/2023	Plein tallage	Plein tallage
17/04/2023	Montaison- épiaison	Montaison- épiaison
06/05/2023	Montaison- épiaison	Montaison- épiaison

2. Tableau N°3 : Comptage du nombre de talles/plants des échantillons prélevés pour chaque parcelle

	Nombre de talles/plants	
	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 TCS sous couvert
Plant 1 (U)	1	4
Plant 2 (U)	2	5
Plant 3 (U)	1	4
Moyenne (U)	1,33	4,33

Tableau N°4 comptage de nombre d'épis/m² des échantillons pour chaque parcelle

Grain Blé dur Echantillon		Parcelle 1			Parcelle 2		
		Agriculture conventionnelle			TCS sous couvert		
		Grain1	Grain 2	Grain 3	Grain1	Grain 2	Grain 3
Longueur (mm)	Plant 1 (mm)	7	8	7	8	9	8
	Plant 2 (mm)	8	7	8	10	10	9
	Plant 3 (mm)	8	6	8	8	8	9
	Moyenne (mm)	7,66	7	7,66	8,66	9	8,66
		7,44			8,77		

Tableau N°5 comparatif de longueur du grain entre les deux parcelles

Désignation	nombre d'épis/m ²	
	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 TCS sous couvert
Placette1	72	103
Placette 2	92	150
Placette 3	125	125
Moyenne nombre d'epis/m²	96,33	126

Tableau N°6 comparatif de poids du grain entre les deux parcelles

Grain Blé dur Echantillon		Parcelle 1			Parcelle 2		
		Agriculture conventionnelle			TCS sous couvert		
		Grain1	Grain 2	Grain 3	Grain1	Grain 2	Grain 3
Poids (mg)	Plant 1 (mg)	13	17	15	25	24	26
	Plant 2 (mg)	16	12	16	57	50	53
	Plant 3 (mg)	33	30	21	30	23	23
	Moyenne (mg)	20	19	17	37	32	33
		19			34		

Tableau N°7 comparatif des moyennes du nombre d'épillet par plant pour chaque parcelle

Nombre épillet/épis	Parcelle 1		Parcelle 2			
	Agriculture conventionnelle		TCS sous couvert			
	Talle 1	Talle 2	Talle 1	Talle 2	Talle 3	Talle 4
Plant 1 (U)	5	4	9	10	9	7
Plant 2 (U)	6	6	8	8	8	6
Plant 3 (U)	7	5	10	6	8	7
Moyenne épillets (U)	6	5	9	8	8,33	6,66

Tableau N°8 Mesure de la hauteur du maître-brin pour chaque parcelle

Longueur du maitre-brin	Maître-brin	
	Parcelle 1	Parcelle 2
	Agriculture conventionnelle	TCS sous couvert
Plant 1 (cm)	66	78
Plant 2 (cm)	51	76
Plant 3 (cm)	62	70
Moyenne (cm)	59,66	74,66

Tableau N°9 : Mesure de La longueur de l'épis pour chaque échantillon prélevé pour chaque parcelle

	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle				Parcelle 2 TCS sous couvert							
	Avec barbe		Sans barbe		Avec barbe				Sans barbe			
Plante1 (U)	56		47		72	70,5	60	52,5	60,5	59,5	52,5	44,5
Plante2 (U)	48	46	39,5	37	66,5	51,5	44,5	46,5	56,5	41,5	36,5	33
Plante3 (U)	57		48,5		71	65	65	61	55,5	58	51	43
Moyenne (U)	51,75		43		60,16				49,33			

Tableau N°10 : comptage de nombre de graine par/épis de chaque parcelle

Les épis	Nombre de graine par/épis	
	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 TCS sous couvert
Epis 1 (U)	12	35
Epis 2 (U)	02	22
Epis 3 (U)	14	21
Epis 4 (U)	08	37
Epis 5 (U)	04	32
La moyenne (U)	08	29.4

Tableau N°11 estimation du rendement prévisionnel dans les deux parcelles

	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 TCS sous couvert
Nombre de d'épis/m² (U)	96,33	126
Nombre de grains/épis (U)	8	29,4
PMG ** (g)	25	37
Poids du grain (g)	0,025	0,037
Rendement prévisionnel (g/m²)	19,266	138,27
Rendement escompté (Qx/ha)	1,92	13,82

Tableau N°12 récapitulatif des paramètres des mesures agronomiques des céréales.

	Parcelle 1 Agriculture conventionnelle	Parcelle 2 TCS sous couvert
Moyenne de nombre de talles/plant	1,33	4,33
Moyenne de la longueur de l'épis avec barbe	53,66	60,16
Moyenne longueur de l'épis sans barbe	45	49,33
Moyenne nombre d'épillet/épi	5,5	8

Références bibliographiques

References

1. Abbassenne F., Bouzerzour H. & Hachemi L., 1998. Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en semi-aride. *Ann.Agron. INA*, 18: 24-36.
2. Abdel laoui Z., Teskrat H., Bel hadj A., Zaghouane O., 2010. Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide. *Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT*, 2011 . p. 71-87 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96).
3. Anonyme, 2008. Bilan des activités agrotechnie de l'Institut Techniques des Grandes Cultures, Algérie.
4. Araus J.L., Villegas D., Aparicio N., Garcia del Moral L.F., El Hani S., Rharrabti Y., Ferrio J.P. & Royo C., 2003. Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Crop Sci.*, 43 :170- 180.
5. Ali Dib T., Monneveux P. & Araus J.L., 1992. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II : Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie*. 12 : 381-393.
6. Agu S, 2000. effet de serre: adaptation des pratiques agricole-alternatives énergétiques, rapport de DA environnement, Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers, décembre.
7. Abbas P Annicchiarico, IT Alami, ... - Crop and Pasture ..., 2001 - CSIRO Publishing.
8. Araus JL., Amaro T., Voltas J., Nakhoul H. & Nachit MM., 1998. Chlorophyll fluorescence as selection criteria for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *FCR*, 55 : 209-223.
9. Arnal atares P., 2006. Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : Résumé des résultats et analyse économique. *Option Méditerranéennes, Série A, Numéro 69*.pp77- 85.

10. Ananyeva N.D., Demkina T.S., Jones W.J., Cabrera M.L. et Steen W.C. 1999. Microbial biomass in soils of Russia under long term management practices. *Biol. Fertil. Soils* 29, 291–299.
11. Aniref 2023.
12. ANONYME., 2007 – La féverole de la plante à ses utilisations. Intérêt cultural de la fève, 15p.
13. Blum A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20: 115-148.
14. Bouatrous Y., (2013). Water stress correlated with senescence in durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Advances in Environmental Biology*. 7(7): 1306-1314.
15. Bouatrous Y. (2013). Effet du stress salin et l'haplodiploïdisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat en sciences, Univ Mentouri De Constantine, 151p.
16. Benkharbache N., Bouzerzour H., Benmahammed A. & Hassous KL., 2002 : Contribution de la sélection à l'amélioration et à la stabilité des rendements de l'orge (*Hordium vulgare* L.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. *Revue de recher. agron.* 10: 45- 58. INRA Alger.
17. Bennaceur M, Gharbi MS, Paul R. (1999) L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie, en matière de céréales. *Revue Sécheresse* 10 : 27-33.
18. Benniou R., 2012. Agriculture conservation rolls of moisture and soil organic matter semi-arid *Journal of Mat. Env scn*, 3(1), pp: 91-98.
19. Bouzerzour H ., Mahnane S . & Makhoulf M., 2006. Une association pour une agriculture de conservation sur les hautes plaines orientales semi-arides d'Algérie. In « Actes des troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct ». *Options méditerranéennes, série A*, 69 :107-111.
20. Boulal H., El Mourid M., Rezgui S., Zeghouane O. 2007. Guide pratique de la Conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition : ITGC, INRA Algérie et ICARDA : 176 p.

21. Bouzerzour H., Zerargui H., Dekhili M., 1995. Relationships among duration of vegetative and grain filling periods, yield components and grain yield in durum wheat. *Awamia*, 75 : 15-23.
22. Benchohra B., Khelloufi B., 2000. Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride : approche éco-physiologique. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 11: 45-51.
23. Blum A., 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaption. *Plant growth regulation* 20:135-148.
24. Blum A., 1988. *Plant breeding for stress environments*. Boca Raton, 4, C.R.C. Press (Ed.), Florida, USA, 223p.
25. Boyer J.S., 1976. Water deficit and photosynthesis : In *water deficit and plant growth* (Kozlowski, T.T., Ed.). Academic press, London. 153-190.
26. Bolliger, JM McPherson, MB Araújo, R Bivand, *Ecography*, 2007 - JSTOR
27. Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. & Hassous K.L., 2005. Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. *Journal of Agronomy* 4: 360-365.
28. Belkherbouche H., Fellah S., Bouzerzour H., Benmahammed A. & Chellal N., 2009. *Vigueur de la croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (Triticum durum .Desf.) sous conditions semi-arides*. *Courrier du savoir scientifique et technique, Université Mohamed Khider Biskra*, 9 : 17-24.
29. BELAID, 2014 - *Collection: Sciences et techniques agronomique*, 2014 djamel-belaid.fr
30. Bentayeb A. 2019. *Le Reboisement.Rapport de fin de stage – conservation des forêts d’Ain Temouchent*.
31. Bessoud Murthy, S Gupta, EP Pillsbury, K Ahrar - *Radiographics*, 2018.
32. Bedrani S. *L'agriculture, l'agroalimentaire, la pêche et le développement rural en Algérie*. In : Allaya M. (ed.). *Les agricultures méditerranéennes : analyses par pays* . Montpellier : CIHEAM, 2008. p. 37-73. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 61.

33. Benbelkacem, MM Reguieg, M Labdi, Journal of Crop ..., 2013 - Taylor & Francis.
34. Benniou R., 2008. Les systèmes de production dans les milieux semi-arides en Algérie: analyse agronomique de leur diversité et des systèmes de culture céréaliers dans les Hautes Plaines Sétifiennes. Thèse de Doctorat, INA-Alger ; 293 p.
35. Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S. 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
36. Carof M., de Tourdonnet S., Coquet Y., Hallaire V., & Roger-Estrade J., 2007. Hydraulic conductivity and porosity under conventional and no-tillage and the effect of three species of cover crop in northern France. Soil Use and Management, 23 :230-237.
37. Castro M., Peterson C. J., Rizza M. D., Dellavalle P. D., Vazquez D., Ibanez V. & Ross A. (2007). Influence of heat stress on wheat grain characteristics and protein molecular weight distribution. Wheat Production in Stressed Environments 12, 365-371.
38. CHEHAT F , 2007., Analyse macroéconomique des filières , la filière blés en Algérie . Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9 avril 2007.
39. Chaker A. (2003). Etude de l'effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magistère, Univ Annaba.
40. CNIC 2013 : centre national de l'injénierie de la constrection (importation de ble).
41. Chehat F., Djenane A. & Jouve M.A., 1993. Les stratégies de mise en marché des céréales par les agriculteurs dans la région de Sétif. Rapport SEFCA.T III.25 p.
42. Chennafi H., Aidaoui A., Bouzerzour H., 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
43. Cellule SIG.ITGC 2022 : carte shematique presentent les zones cerealiers de l'algerie.
44. David, et all, Woods, G Li, P Buckle - Applied ergonomics, 2008.

45. Dakheel A.J., Nasi I., Mahalakshmi V., Peacock J.M. (1993). Morphophysiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* 34. Physiology of varieties : 297-307.
46. Djermoun A., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*, (1), 45-53.
47. DSA 2021 : direction de service agricole.
48. Djermoun, A., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*. 01 : 45-53.
49. De Raissac M., 1992: Mécanisme d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plants cultivés. *Agronomie Tropicale* 46: 29-39.
50. Dupont, F.M. and Altenbach, S.B. (2003) Molecular and Biochemical Impacts of Environmental Factors on Wheat Grain Development and Protein Synthesis. *Journal of Cereal Science*, 38, 133-146.
51. Debaeke P., Cabelguenne M., Casals ML. & Puech J., 1996. Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées. *Epicphase-blé. Agronomie*.16: 25 - 46 p.
52. Derbal N.,2009.Etude de la variation spatio-temporelle de certaines caractéristiques technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie, Mémoire de Magistère ,Option :Biotéchnologie végétale ,Dept.Biologie.Univ.MENTOURI,Constantine:pp 30-45
53. Dakheel A.J., Nasi I., Mahalakshmi V. & Peacock J.M., 1993 : Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* 34. Physiology of varieties : 307 .
54. DuPont, SB Altenbach - *Journal of cereal science*, 2003.
55. El Madidi S. & Zivy M., 1993.Variabilité génétique des protéines de choc thermique et thermo-tolérance chez le blé. In : *Le progrès génétique passe-t-il par le repérage et l'inventaire des gènes*. Edition AUPELF-UREF, John Libbey EUROTEXT: 173-181

56. El Hafid R., Smith D.H., Karrou M., Samir K., 1998. Morphological attributes associated with early-season drought tolerance in spring durum wheat in a Mediterranean environment. *Euphytica*, 101: 273–282.
57. Ehdaie, GA Alloush, MA Madore, JG Waines - *Crop science*, 2006.
58. Eckard NA., 2000. Giving Rice the Time of Day: Molecular Identification of a Major Photoperiod Sensitivity Quantitative Trait Locus. *Plant Cell*, 12: 2299-2301.
59. Feillet. 2000. « Le grain de blé composition et utilisation ». INRA. Paris 308p
60. FAO. 2012. http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_wheat.html.
61. FAO, 2015. Les principes de l'agriculture de conservation. FAO, Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. www.fao.org/ag/cafr/1a.html.
62. FAO.2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO),FAOSTAT., bulletin Bilan roduction. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>.
63. Fourar-Belaifa, F Fleurat-Lessard - *Cahiers Agricultures*, 2015.
64. Fischer R.A. & Maurer R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust . J. Agric. Res.*, 29: 897-912.
65. FM DuPont, SB Altenbach - *Journal of cereal science*, 2003 - Elsevier.
66. Gate P., Vignier L., Vadon B., Souici O., Minkov D., Lafarga A. & Zairi M., 1997. Céréales en milieu méditerranéen. Un modèle pour limiter les risques climatiques. *Perspectives agricoles*. 217 : 59-70.
67. Gate P., Bouthier A., Casabianca H. & Deleens E., 1993. Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). *Les colloques*. 64. *Inra*. Paris.
68. Gate P. 1995. *Ecophysiologie du blé*. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 351p.
69. Gate . 1995. *Ecophysiologie du blé: de la plante à la culture*. Lavoisier Editeur, Paris, France.*

70. Gate, JC Cooper Jr, WB Kannel, NJ Miller - Ear and hearing, 1990.
71. Gate Kivelä, Sontag-Strohm - Journal of Cereal Science, 1997.
72. Gate P., Bouthier A., Casabianca H. & Deleens E. (1993). Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). Les colloques. 64. Inra. Paris.
73. Guedez PY, 2002. Etude comparative des effets du travail du sol conventionnel et semis direct sur l'évolution du sol en région semi-aride, Mémoire de magistère: université de Sétif, 14p.
74. Hayek T., Ben Salem M. & Zid E., 2000. Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse: Cas du blé, de l'orge et du triticale. Options Méditerran., 1 : 287-290.
75. Hamadache. 2013. Grande cultures : principaux itinéraires techniques des principales espèces de grandes cultures pluviales cultivées en Algérie et en Afrique du nord (agriculture Conventionnelle), le blé, Tome 1, 1er édition : 256p.
76. Hajabbasi F Hosseini, MR Mosaddeghi, MA... - Geoderma, 2017 - Elsevier.
77. Hsissou D & Bouharmont J., 1994. In vitro selection and characterization of drought tolerant plants of durum wheat (*Triticum durum* Desf). Agron. J. 2: 65-70.
78. Heiser C. B, 1990. Seeds to civilization: the story of man's food. Freeman, SanFrancisco.67-79p.
79. Hsissou D & Bouharmont J., 1994. In vitro selection and characterization of drought tolerant plants of durum wheat (*Triticum durum* Desf). Agron. J. 2: 65-70.
80. Haddad L., Bouzerzour H., Benmahammed A., Zerargui H., Hannachi A., Bachir A., Salmi M., Oulmi A., Fellahi Z., Nouar H. & Laala Z. (2016). Analysis Of Genotype x Environment Interaction For Grain Yield In Early and Late Sowing Date On Durum Wheat (*Triticum durum* Desf) Genotypes. Jordan Journal Of Biological Sciences 9(3), 139-146.

81. Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, A., Salmi, M., Oulmi, A., Fellahi, Z., Nouar, H. and Laala, Z. 2016. Analysis of Genotype Environment Interaction for Grain Yield in Early and Late Sowing Date on Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 9(3): 139- 146
82. Hubert, P., 1998- Recueil de fiches techniques d'Agriculture Spéciale 17 : 23-27.
83. ITGC (2010/2011) : bilan de projet pilote sur l'agriculture de conservation compagne (2010/2011).
84. INRAA. (2016). Bilan de la campagne céréalière 2014/2015. Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires, 12 p.
85. Jones H.G., Flowers T.J. & Jones M.B., 1989. *Plants Under Stress*. Univ. Cambridge.
86. Johnson MG., Levine ER. & Kern JS., 1995. Soil organic matter: Distribution, genesis and management to reduce greenhouse gas emissions. *Water Air and Soil Pollution* 82: 593-615.
87. Johnson MG., Levine ER. & Kern JS., 1995. Soil organic matter: Distribution, genesis and management to reduce greenhouse gas emissions. *Water Air and Soil Pollution* 82: 593- 615.
88. Kramer P.J., 1969. *Plant and Soil Water Relationships*, Tata McGraw-Hill, B, India, 360 p.
89. Klavivko, LC Brown, JL Baker - *Critical Reviews in ...*, 2001 - Taylor & Francis.
90. Kribaa M., 2003. Effet de la jachère sur les sols en céréaliculture pluviale dans les zones semi-arides méditerranéennes. Cas des hautes plaines Sétifiennes en Algérie : impact des différentes techniques du travail de la jachère sur les caractéristiques structurales et hydrodynamiques du sol. Thèse doctorat, INA, El-Harrach (Alger) ,121p
91. Kribaa M., Hallaire S., Curmi P. & Lahmar R., 2001. Effects of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of soil in semi-arid climate. *Soil Tillage Res.*, 60: 43-53.
92. Levitt J., 1982. *Response of plants to environmental stresses*. Academic Press. New York.
93. Levitt J. 1982. *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press. New York San Francisco – London: 607p.

94. Lahmar R. & Bouzerzour H., 2011. Du mulch terreux au mulch organique. Revisiter le *dry-farming* pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les Hautes Plaines Sétifiennes. IV Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Options Méditerranéennes, Série A, 96 :99-106.
95. Laala A., Rached-Kanouni M., Alatou D., (2013). Les variations thermiques saisonniers et leurs impacts sur le comportement écophysiologicals des semis de pin d'Alep. European Scientific Journal. 9: 143-153.
96. Loue, E. (1982). [Potassium and cereals [physiology of wheat and barley, potassium fertilization in France]].[French]. Dossier K20.
97. Loue A. I 1982 - Le potassium et les céréales. Dossier K20, SCPA, N° 22, I-40
98. Larcher W., 1995. Plant under stress. In, Physiological Plant Ecology. Third edition. Springer: 321-448.
99. Lahlou S, Ouadia M Issa O, Le Bissonais Y, & Mrabet R., 2005. Modification de la porosité du sol sous les techniques culturales de conservation en zones semi aride marocaine. Etude et gestion des sols.12 : 69-76.
100. Laala Z., Oulmi A., Saraoui T., Haddad L., Nouar H., Benmahammed A. & Bouzerzour H. (2009). Effet de la sélection de la biomasse et des épis sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf) sous conditions semi-arides.1 : Vol. 1 N° 4.
101. Laberche J.C,(2004) . La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: P 154 -16.
102. Levitt J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. I-Chilling, freezing and high temperature. Academic Press., New York, USA, 607p.
103. LOUNIS KHODJA Ahmed ,2017. L'effet de fractionnement d'une seule dose d'azote sur la production de blé dur (*Triticum durum*) variété Simeto dans la zone d'Ouarizane. RELIZANE PP 22
104. Loue ,1982 : le potassium et les cereals .dossier K20n°02 , PP1.41

105. Lahmar R. & Bouzerzour H., 2011. Du mulch terreux au mulch organique. Revisiter le dry-farming pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les Hautes Plaines Sétifiennes. IV Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Options Méditerranéennes, Série A, 96 :99-106.
106. Lopez, M Tissot, M Delmas - Biomass and Bioenergy, 1996.
107. Loue. 1982. Comparaison entre le blocage de la fumure potassique en tête de rotation et sa répartition sur les cultures. Revue de potasse, N5. Berne.1982.-pp 1 - 5.
108. Ludlow MM. & Muchow, RC., 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agronomy, 43 :107–153.
109. Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K., 2006. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer:1-14 p
110. Maamri - Proceedings of the 12th International ..., 2010.
111. MADR (2011). Données statistiques du Ministère de l'agriculture. Bureau des des statistiques universités Mentouri, Constantine.
112. Mekliche Rezki ., MONNEVEUX . , A. AIDAOUÏ 2011. Tolérance au déficit hydrique et stabilité du rendement en grain chez le blé (*Triticum durum* Desf. et *Triticum aestivum* L.). thèse de Doctorat.
113. Mrabet R., 2001. Le semis direct : Potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du Nord. Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord (CDSR), Nations Unies, Commission Économique pour l'Afrique (CEA/TNG/CDSR/AGR), 32 p
114. Mekhlouf A., Bouzerzour H., Bemahammed A., Hadj Sahraoui A. et Harkati N. 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) au climat semi- aride. Sécheresse 17 (4) :507-513.
115. Mrabet R., Saber N., El-Brahli S., Lahlou S. et Bessam F., 2001. Total organic matter and structural stability of a calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage system in semiarid area of Morocco. Dans : Soil and tillage research, 57, pp. 225-235.

116. Mekliche A., Boukecha D. & Hanifi-Mekliche L., 2003. Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.).I. Effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologique, morphologiques et physiologiques, 24 : 97-110.
117. Michelle, Fernández- CL García-Díaz... - CYTA-Journal of ..., 2009
118. Oukarroum A., 2007. Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.
119. Oaic 2006 : office algerien interprofessionel des cereales.
120. Oorts K. 2006 - Effect of tillage system on soil organic matter stocks and C and N fluxes in cereal cropping systems on a silt loam soil in Northern France, PhD thesis, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.
121. Oorts K., 2006. Effects of tillage systems on soil organic matter stocks and C and N fluxes in cereal cropping systems on a silt loam soil in Northern France. PhD Thesis .Institut National Agronomique Paris-Grignon. Paris. 159p.
122. OAIC Communication du DG à Constantine sur les conditions de déroulement de la campagne céréalières, le 30 Mai 2013.
123. Papy P., 1979. Analyse du comportement des cultures de blé dur et d'orge dans les différentes régions céréalières du Maroc à travers leur réaction aux variations interannuelles des régions pluviométriques. C. R. Acad. Agri., France, 31 : 213-247.
124. Papadakis J. (1938) Experiences sur le but des labours et des binages. *Annl's Gembloux*, 43, 349– 359.
125. Reynolds M.P., Muzeeb-Kazi A. & Sawkins M., 2005. Prospects for utilising plantadaptative mechanism to improve wheat and other crops in drought and salinity-prone environments. *Annal. Appl. Bio.*, 146 : 239-259.
126. Richards R.A., Rebetzke G.Y., Condon A.G. & Van Herwaardlen A. F., 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop. Sci.*, 42 : 111-121.

127. Rebetzeke G.J., Richards R. A., Fettel N. A., Long M., Condon A.G ., Forrester R.I. & Botwright., 2007. Genotypic increases in coleoptiles length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat field. *Crops Res.* 154 : 409-425.
128. Raunet Michel., 2003. Les systèmes de culture sur couverture végétale, des systèmes durables. *Bois et Forêts des Tropiques* (277) : 99-100.
129. Radford B.J., B.J Bridge, R.J Davis, D. Mc Garry, U.P. Pillai, J.F Rickman, P.A. Walsh and D.F. Yule, 2000 . Changes in the properties of a vertisol and responses of wheat after compaction with harvester traffic. *Soil & Tillage Research.* 54(3-4): 155-170.
130. Raunet M., Richard J.F & Rojat D., 2004. Premiers résultats d'introduction du semis direct sous couvert et lutte anti érosive en Tunisie. *Bulletin du réseau Érosion.* 23. Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone, Colloque international IRD/Cirad, Montpellier : 388-404.
131. Robert D., Gate P. & Couvreur F., 1993. Les stades du blé. Editions ITCF. 28 p
132. Rasmussen K. J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review . *Soil and Tillage Research*, 53(1) : 3-14
133. Soltner D., 2005. Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. 472p.
134. Soltner D. (1998) : les grandes productions végétales. Sciences et Techniques Agricoles. Paris. P : 464.
135. Soltner, D., 1980- Les grande production végétal. Edi. Collection des sciences et des techniques agricol : 15-55.
136. Scofield T., Evans J., Cook MG. & Wardlaw IF., 1988. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. Journ. Plant Physiol.* 4: 785-797.
137. Siddique K.H.M., Belford R.K. & Tennant D., 1990. Root/shoot ratio of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in Mediterranean environment. *Plant soil*, 121 : 89-98.

138. Simane B., Peacock JM. & Struik PC., 1993. Differences in development plasticity growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Plant and Soil*, 157: 155-166.
139. Slafer G.A., Araus J.L., Royo C., Del Moral L.F.G., (2005). Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology*. 146(1): 61-70.
140. Slafer G.A., Araus J.L., Royo C. & Del Moral L.F.G., 2005. Promising ecophysiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Ann. Appl. Biol.* 146 : 61-70.
141. Séguy L. & Bouzinac S., 1999. Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en semis direct. CIRAD-CA/GEC.
142. Saber N. & Mrabet R., 2002 .Impact of no tillage and crop sequence on selected soil quality attributes of a vertic calcixeroll soil in Morocco. *Agronomie*, 22 :451-459.
143. Séguy, S. Bouzinac , AC Maronezzi Publié dans : Potafos ; Informações agronômicas : N°88 , Décembre 1999 ; p1 -p3 Caixa Postal 400 - CEP 13400-970- Piracicaba- SP , Brasil.
144. Smadhi D. & Zella L., 2009. Céréaliculture en sec et précipitations annuelles : le cas de l'Algérie du Nord .*Sécheresse* :20, n° 2.
145. Serpantié., G 2009. l' « agriculture de conservation » à la croisée des chemins (Afrique, Madagascar). *Vertigo – La revue en sciences de l'environnement*, Volume 9, numéro 3, décembre 2009 georges.serpantie@ird.fr . pp 1-21.)
146. Triboï E., 1990. Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. *Agronomie*. 10 : 191- 200p.
147. Thakur, HJ Junge, U Ashery, JS Rhee... - *Neuron*, 2001.
148. Thakur, N Uphoff, E Antony - *Experimental Agriculture*, 2010.
149. Tebrügge F. & Düring R.A., 1999. Reducing tillage intensity – A review of results from a long-term study in Germany. Dans : *Soil & Tillage Research*, 53 :15-28

150. Wardlaw I.F. & Moncur L., 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis I: the rate and duration of grain filling. *Aust J. Plant. Phy*, 22: 391-397.
151. Wardlaw I.F., Dawson I.A., Munibi P. & Fewster R., 1989. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. II. Survey procedures and general response patterns. *Australian Journal of Agricultural Research* 40: 1-13
152. Wardlaw I.F. & Moncur L., 1995. The response of wheat to high temperature following anthesis I: the rate and duration of grain filling. *Aust J. Plant. Phy*, 22: 391-397.
153. Wardle, D. A. 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. In Begon, M., Fitter, A. H.(eds.), *Advances in Ecological research*, Vol. 26, Academic Press, New-York (USA),pp. 105-185.
154. Yokota A., Takahara K & Akashi K., 2006. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer. pp: 15–39.
155. Zahadi M, & Jenner C.F .,2003. Analyse of effects in wheat of high temperature on grain filling attributes estimated from mathematical models of grain filling .*J.Agric.Sci*, 141 :203-212.
156. Zaghoun O., 2009. Elaboration d'un système d'information sur l'agriculture de conservation dans la wilaya de Sétif, Mémoire de magistère: université de Sétif, 3p.
157. Zouaoui G. (1993). Etude en F1 et F2 des hybrides issus du croisement de 05 variétés de blé dur : détermination génétique des principaux caractères a intérêt agronomique. Mémoire Ing. D'Etat. I.N.R.A El Harrach. Alger.