

République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des sciences de la nature et de la vie



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de master académique
En sciences de la nature et de la vie
Spécialité : génétique moléculaire et amélioration des plantes

Thème

Elaboration du rendement de blé dur (*Triticum Durum* DESF) en conditions semi arides en Algérie : relation entre les composantes du rendement sous deux régimes hydriques

Membres de Jury :

Président : M^{elle}. SOUALMI N.

Promoteur : M^{me}. CHAHBAR S.

Examineur : M^r. BOUFARES K.

Présentés par :

M^r. Ferfar Fethi

Année universitaire : 2016 – 2017

Remerciements

Je remercie avant tout ALLAH tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir

donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

J'adresse l'expression de mes très vives gratitudee et respects à mon encadreur, Madame ChahbarSafia pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.

Je remercie également :

Mlle Soualmi N., professeur à l'université de Tiaret pour avoir accepté de présider le jury.

Mr. Boufares K., professeur à l'université de Tiaret pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à Monsieur Adda A., maitre de conférences à l'université de Tiaret, responsable de master pour son aide et ses conseils.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent à tous mes enseignants à l'université de Tiaret, mes collègues de travail et tout le personnel de l'université de Tiaret.

Je tiens également à remercier tous ceux et celles qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Enfin, ce travail n'aurait pas été mené à terme sans les concessions et les encouragements de mes

parents et ma femme auxquels je dis tout simplement merci.

Un grand merci à toute ma famille

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Caractérisation physico chimique du sol.

Tableau 02 : Analyse de la variance du nombre de talles durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013).

Tableau 03 : analyse de la variance de la hauteur de la paille durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 04 : analyse de la variance de la longueur du dernier entre nœud durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 05 : analyse de la variance de la longueur du col nu de l'épi durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 06 : analyse de la variance du nombre d'épi durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 07 : analyse de la variance du nombre de grain durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 08 : analyse de la variance du poids de grain durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 09 : analyse de la variance du nombre d'épi/m² durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 10 : analyse de la variance du PMG durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Tableau 11: analyse de la variance du rendement durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

Liste des tableaux en annexes

Tableau 01 : Origine du matériel végétal utilisé

Tableau 02 : résultats moyens des paramètres morphologiques en plein champ durant la campagne 2010-2011

Tableau 03 : résultats moyens des paramètres morphologiques en plein champ durant la campagne 2011-2012

Tableau 04 : résultats moyens des paramètres morphologiques en plein champ durant la campagne 2012-2013

Liste des figures :

Figure 01 : Les différents stades de développement du blé

Figure 02 : Production de l'Algérie au cours de l'année 2012

Figure 3 : Situation régionale de la zone d'étude (carte d'Algérie 1/500000, Mascara).

Figure 04 : Le nombre de talle chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 05 : Le nombre de talle chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 06 : Le nombre de talle chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 07 : La hauteur de la paille (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 08 : La hauteur de la paille (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 09 : La hauteur de la paille (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 10 : La longueur du dernier entre nœud (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 11 : La longueur du dernier entre nœud (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 12 : La longueur du dernier entre nœud (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 13 : La longueur du col nu de l'épi (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011.

Figure 14 : La longueur du col nu de l'épi (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 15 : La longueur du col nu de l'épi (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 16 : le nombre d'épi chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 17 : le nombre d'épi chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 18 : le nombre d'épi chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 19 : le nombre de grain chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 20 : le nombre de grain chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 21 : le nombre de grain chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 22 : le poids de grain (mg) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 23 : le poids de grain (mg) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 24 : le poids de grain (mg) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 25 : le nombre d'épi/m² chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 26 : le nombre d'épi/m² chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 27 : le nombre d'épi/m² chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 28 : le poids de mille grains (g) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 29 : le poids de mille grains (g) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 30 : le poids de mille grains (g) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Figure 31 : le rendement (qtx) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Figure 32 : le rendement (qtx) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Figure 33 : le rendement (qtx) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

Liste des abréviations

| | |
|-----------------------|--|
| FAO | : food and agriculture organization. |
| ACSAD | : the Arab center for the studies of arid zone and dry lands |
| ICARDA | : international center for agricultural research in the dry areas |
| Tab | : tableau |
| F | : fréquence |
| R | : coefficient de corrélation |
| ** | : très significatif |
| Mt | : millions tonnes |
| INRA | : institut nationale des recherches agronomiques |
| PNDA | : plan national de développement agricole |
| CNUCED | : conférence des nations unies sur le commerce et le développement |
| CNIS | : conseil national de l'information statistique |
| ITGC | : institut technologique des grandes cultures. |
| Qtx | : quintaux |
| qtx/ha | : quintaux par hectare |
| NT | : nombre de talle. |
| HP | : hauteur de la paille. |
| CNE | : col nu de l'épi. |
| NE | : nombre d'épi. |
| LE | : longue épi. |
| DNE | : dernier entre nœuds. |
| Nbr | : nombre |
| ADH | : avec déficit hydrique. |
| SDH | : sans déficit hydrique. |
| Mm | : millimètre |
| Cm | : centimètre |
| Cm² | : centimètre carré |
| mg | : milligramme |
| g | : gramme |
| SH | : situation hydrique |
| Var | : variété |
| C/N | : carbone/azote |

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

| | |
|--|----|
| I. Généralités sur le blé dur..... | 03 |
| I.1. Description générale de la plante..... | 03 |
| I.2. Cycle de croissance et de développement du blé..... | 04 |
| I.3. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie..... | 06 |
| I.3.1. Dans le monde..... | 06 |
| I.3.2. En Algérie..... | 06 |
| • Stratégie de production..... | 06 |
| • Importation et consommation..... | 09 |
| II. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes..... | 10 |
| II.1. Le rôle de l'eau dans la plante..... | 10 |
| II.2. Notion de stress..... | 10 |
| II.3. Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé..... | 11 |
| II.4. Influence du stress hydrique sur le rendement et ses composantes..... | 12 |
| II.5. Effet de stress hydrique sur le nombre d'épis par m ² | 12 |
| II.6. Effet de stress sur le nombre de grain par épi..... | 13 |
| II.7. Effet du stress hydrique sur le poids de mille grains..... | 13 |
| III. Mécanismes d'adaptation à la sécheresse..... | 13 |
| III.1. Adaptations phénologiques..... | 14 |
| III.2. Adaptations morphologiques..... | 14 |

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

| | |
|--|----|
| Caractéristiques morphologiques mesurées en plein champ..... | 15 |
| I. Conditions de réalisation des essais | 15 |
| I.1. Le matériel végétal | 15 |
| I.2. Localisation de l'essai..... | 15 |
| II. Conditions climatiques des essais..... | 17 |
| II.1. Précipitations et températures..... | 17 |
| II.2. Caractères édaphiques | 19 |
| III. Conduite de l'essai..... | 20 |

| | |
|--|----|
| IV. Le dispositif expérimental..... | 21 |
| V. Méthodologie de mesures effectuées..... | 21 |
| V.1. Caractères morphologiques..... | 21 |
| V.2. Le rendement et ses composantes..... | 21 |

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

| | |
|---|-----------|
| I- Résultats Obtenus..... | 22 |
| I.1. Le nombre de talle..... | 22 |
| I.2. Hauteur de la paille | 24 |
| I.3. Longueur du dernier entre nœud | 27 |
| I.4. Longueur du col nu de l'épi | 29 |
| I.5. Le nombre d'épi | 32 |
| I.6. Le nombre de grain | 34 |
| I.7. Le poids de grain | 37 |
| I.8. Le nombre d'épi/m ² | 39 |
| I.9. Le poids de mille grains (PMG) | 41 |
| I.10. Le rendement/quintaux..... | 43 |
| II. discussion des résultats..... | 46 |

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ANNEXES

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales occupent une place primordiale dans le système agricole. Elles constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (KARAKAS *et al.*, 2011). Cependant, le blé (*Triticum durum* Desf.) est une céréale importante en termes de consommation intérieure dans de nombreux pays du monde. Il sert principalement à la fabrication de semoule, matière première des pâtes alimentaires.

Sur la scène mondiale, la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur s'étend sur environ 18 millions d'hectares, ce qui donne une production annuelle moyenne approximative de 700 millions de tonnes (FAO, 2015).

La culture des céréales à paille en générale et celle du blé dur en particulier est confrontée, en zones semi-arides d'altitude, à diverses contraintes climatiques qui rendent le rendement en grain très peu efficace comme critère de sélection. En effet, le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. La majeure partie des emblavures se trouve sur les haut plateaux et les hautes plaines caractérisées par une altitude assez élevée (800 à 1200 m), des hivers froids, un régime pluviométrique insuffisants et irrégulier, des gelées printanières fréquentes et l'apparition du sirocco du fin de cycle (Baldy, 1974 ; Abeledo *et al.*, 2008).

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au monde entier. Actuellement l'Algérie importe ses besoin en blé et se trouve dépendante du marché international, par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale (CNIS). Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique. En effet une production très insuffisante de 4,8 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (CNIS, 2015).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie est principalement liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (Chaise *et al.*, 2005). Ce stress hydrique limite sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (Wang *et al.*, 2003).

Un déficit en eau peut produire une carence par défaut d'apport de certains des éléments importants au développement végétal et donc affecte toutes les fonctions de la plante (Mouna et *al.*, 2010).

La capacité d'évaluer quantitativement les performances des plantes cultivées subissant un stress hydrique est très importante au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'amélioration de la production en région semi aride (INRA 2011).

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques.

Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (Pfeiffer et *al.*, 2000 ; Chahbar et *al.*, 2016). De même, l'étude génétique par la recherche de marqueurs moléculaires du mode de transmission et de l'héritabilité des caractères repérés, comme bons indicateurs de la tolérance au stress hydrique est nécessaire pour faciliter l'utilisation de ces caractères dans les programmes de sélection pour l'amélioration génétique (Pfeiffer et *al.*, 2000).

Pour répondre à cette préoccupation, ce travail a pour objectif de comparer l'adaptation de 20 variétés de blé dur (*Triticum durum* DESF) regroupées en deux collections (locale et introduite) aux conditions climatiques semi-arides de la wilaya de Tiaret. La première collection est caractérisée par des variétés locales (forts besoins en vernalisation, sensibilité à la photopériode) et la seconde représente les variétés introduites à cycle plus court.

L'étude a porté sur la comparaison de quelques paramètres morphologiques et phénologiques en plein champ durant trois campagnes d'essais 2010- 2011 et 2011-2012 et 2012-2013.

Le travail est présenté selon trois parties. Dans une première sont exposées les principales études enregistrées dans ce domaine. Une seconde partie est destinée à la présentation du matériel et méthodes employés. Enfin la dernière partie est consacrée à la présentation des résultats auxquels nous sommes parvenus et leurs discussions.

CHAPITRE I

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur le blé dur

I.1. Description générale de la plante

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal, se compose de fleurs parfaites (Soltner, 1998). Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des noeuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Bozzini, 1988). Le blé possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenoeuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines. Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux noeuds à la base de la tige principale (Bozzini, 1988). Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation (Clark et al., 2002).

Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) (Bozzini, 1988). La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal.

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds (Soltner, 1998). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux.

À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse (Bozzini, 1988). Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (Soltner, 1998).

I.2. Cycle de croissance et de développement du blé

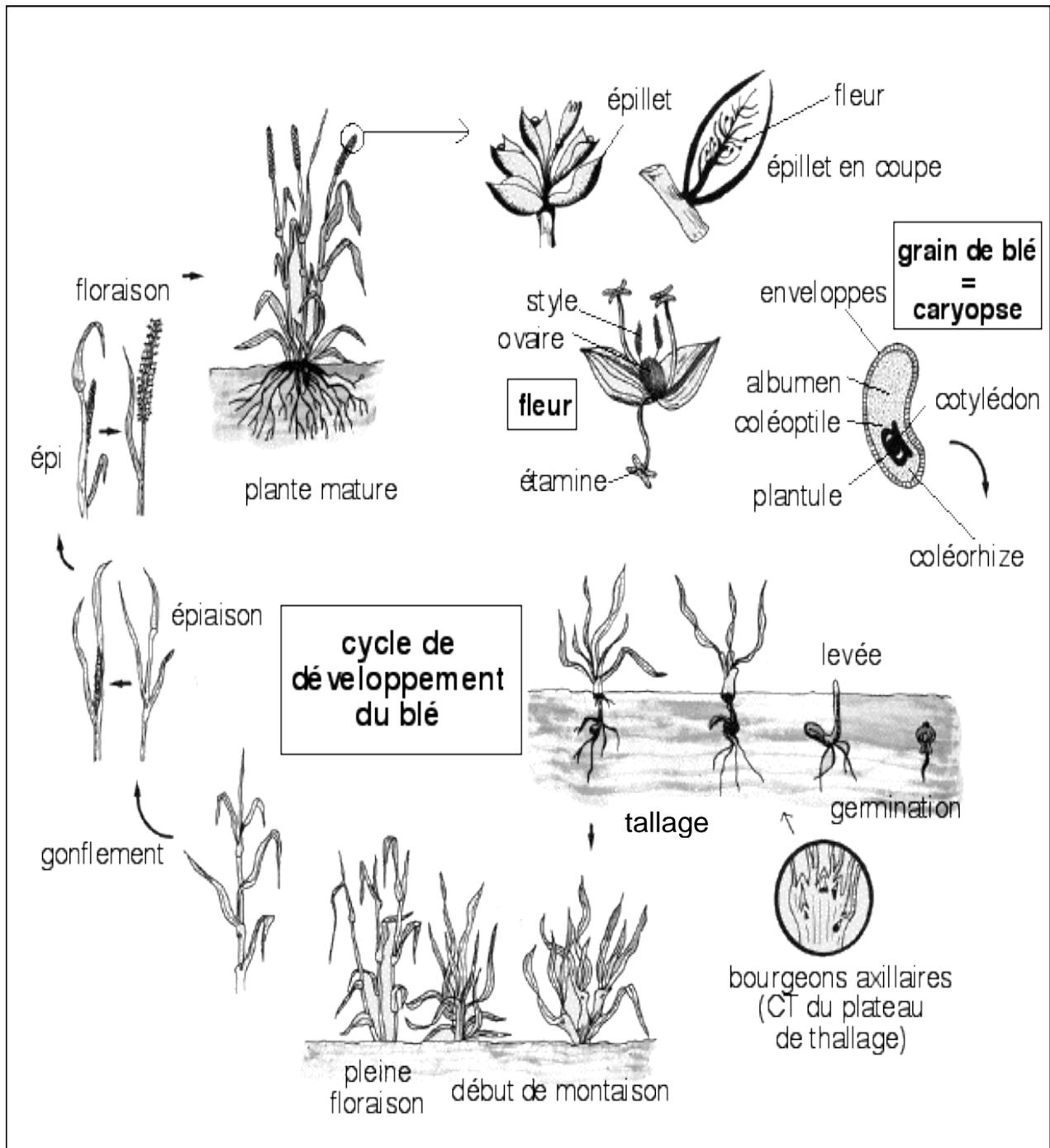
Les blés sont des monocotylédones, critère qui détermine notamment le type de germination ainsi que l'architecture et le type de croissance de la plante. Les blés se développent dans la première partie de leur cycle sous une forme herbacée. Ce terme signifie que les céréales se présentent sous la forme d'un ensemble de feuilles qui se développent toutes à partir de la même base, le plateau de tallage. Par la suite la tige principale commence à se développer ainsi que les tiges secondaires.

De nouvelles feuilles apparaissent alors le long de la tige principale avec des points d'insertion différents que l'on appelle des nœuds. Enfin l'épi se développe, grossit et la floraison a lieu lorsque l'épi est pleinement développé. A la suite de la floraison l'appareil foliaire se dégrade et devient sénescet alors que les grains grossissent. Dans la dernière partie du cycle les grains perdent une grande partie de leur eau et acquièrent leur dureté définitive.

Le cycle des blés peut donc se décomposer en deux phases majeures ; une phase d'élaboration de l'appareil végétatif allant de la germination jusqu'à la floraison, et une phase de développement du grain débutant à la floraison et se terminant à la maturité physiologique la première phase correspond à l'accumulation de biomasse et d'azote via l'absorption d'eau, d'azote du sol et l'activité photosynthétique. Cette phase correspond également au développement de l'épi et des épillets. Durant cette phase se détermine le nombre potentiel de grains par épis à travers le nombre d'épillets. (Gate, 1995) (**Figure 01**).

Au cours de la deuxième phase, les grains se développent (embryogenèse et remplissage du grain) et l'appareil foliaire se dégrade. L'azote et le carbone des feuilles qui se dégradent (on dit qu'elles deviennent sénescetes) sont remobilisés vers le grain. Environ 60% de l'azote et de carbone présent dans le grain à maturité provient de cette remobilisation. Le complément provenant de l'assimilation tardive de l'azote du sol. Cette phase post floraison voit donc l'élaboration progressive des grains à travers leur prise de volume (Barbottinet *al.*, 2005).

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE



Source : blé hybride HYN0 (onglet "le blé en général")

Figure 01 : Les différents stades de développement du blé

I.3. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie

I.3.1. Dans le monde

Le blé est la première céréale échangée à travers le monde. Face à une explosion de la consommation mondiale (plus de 100 kg par an et par habitant selon la CNUCED, 2008) et la stagnation de la production, les prix ont flambé ces dernières années, créant une situation des plus tendues sur le marché.

Le blé dur, est l'une des céréales les plus employées dans l'alimentation de l'homme et des animaux (Cheftel .J.C et Cheftel. H, 1992). Les grains de blé dur donnent de la semoule qui est utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires (Jeantet *al.*, 2006). De plus en Afrique du Nord, on utilise aussi cette céréale pour la production de couscous et des pains traditionnels (Feillet, 2000).

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. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement (Anonyme, 2002).

I.3.2. En Algérie

• Stratégie de production

L'analyse de la filière du blé dur en Algérie constitue une approche de l'économie agro-alimentaire. Elle consiste à étudier les phases du produit céréalier depuis son approvisionnement par les agriculteurs jusqu'à sa consommation finale. Le blé occupe une place très importante dans la structure spatiale de l'activité agricole.

Il occupe environ 60% des superficies céréalères emblavées qui représentent environ 45% de la superficie agricole utile. Actuellement, la superficie moyenne du blé se situe à 1.230.601 ha pour le blé dur. La filière blé, en Algérie, est très fortement dépendante du marché international pour ses importations de matières premières.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

La production des céréales en Algérie présente une caractéristique fondamentale depuis l'indépendance à travers l'extrême variabilité du volume des récoltes. Cette particularité témoigne d'une maîtrise insuffisante de cette culture et de l'indice des aléas climatiques (**Figure02**). Cette production est conduite en extensif et à caractère essentiellement pluvial. Il est donc, facile de prédire qu'elle ne pourrait satisfaire les demandes d'une population qui, dépassant actuellement 36 millions d'habitants, est potentiellement et traditionnellement consommatrice de blé.

Une nouvelle politique agricole a été entreprise lors de la campagne agricole 2000-2001 à savoir le Plan National de Développement Agricole (PNDA). Concernant la filière céréalière, le soutien comprend principalement l'action d'encadrement, d'appui technique, de la multiplication des semences et de la collecte des blés de consommation et leurs semences.

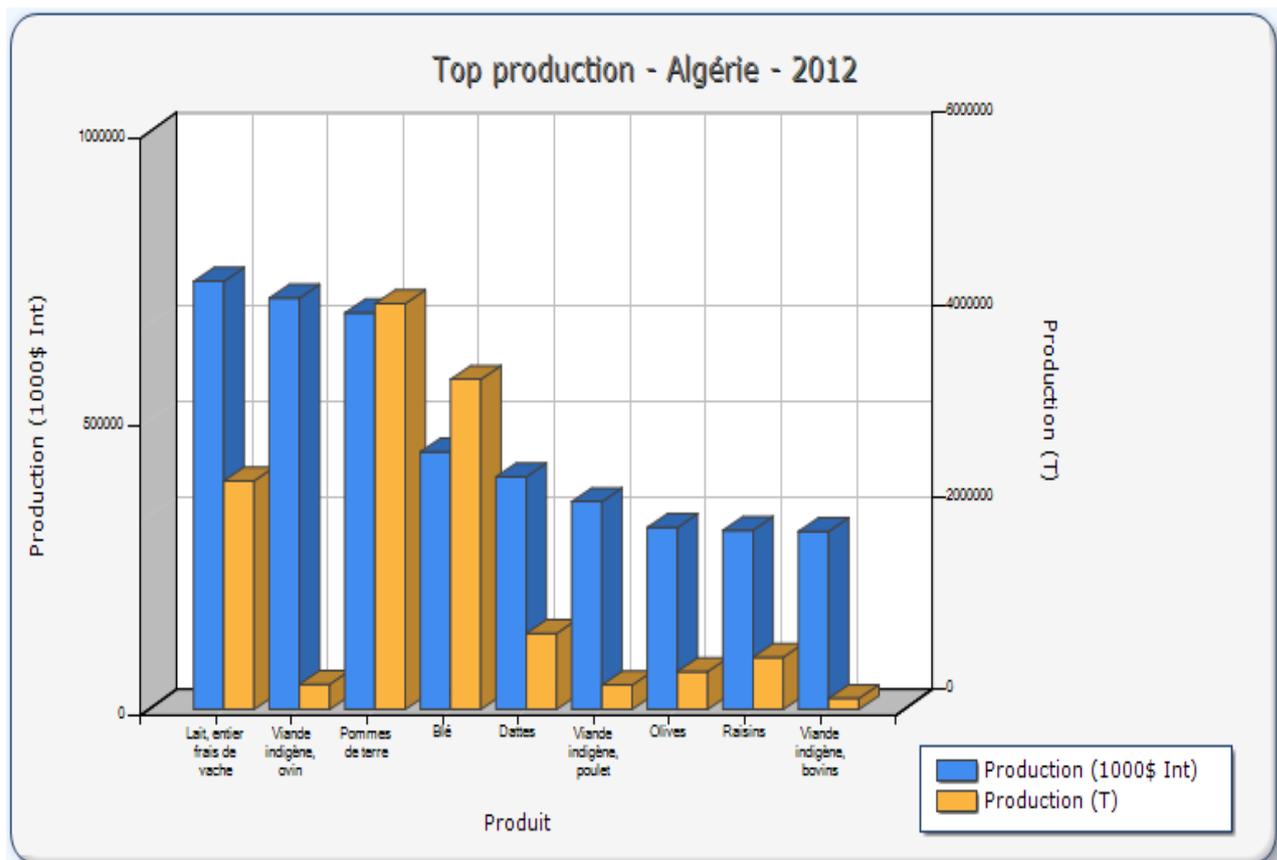
Malgré une amélioration substantielle des volumes de blés collectés, les superficies dédiées à la culture des blés ont significativement baissé, alors que les rendements et la production en blé ont évolué de manière erratique. Les raisons de cette stagnation sont nombreuses : une pluviosité capricieuse, la chute de grêle, les inondations et l'apparition de certaines maladies, notamment la rouille que les agriculteurs ne savent pas traiter. La conséquence en a été un accroissement des importations et une baisse de la production des blés locaux collectés dans l'approvisionnement du marché interne.

Des études faites par la direction des statistiques agricoles et des systèmes d'informations ont abouti aux constatations suivantes :

- ❖ La production du blé dur connaît une stabilité relative durant la période allant de 1980 à 1990 avec une moyenne de 7.07 M q correspondant à un rendement moyen de 7.5 quintaux par hectare ;
- ❖ Ensuite elle a sensiblement augmenté entre 1991 à 2003 avec une moyenne de 11.5 Mq et un rendement de 11 quintaux par hectare. L'année 2003 a enregistré un bon rendement avec 18 quintaux par hectare.
- ❖ Bien que le calcul des rendements ne prenne en compte que les superficies récoltées, on le trouve faible et surtout très aléatoire.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Comparativement à la moyenne mondiale, qui est de 29 q/ha pour 2004, le rendement du blé algérien n'est, pour les meilleures années, que 50% de la moyenne mondiale. Il est en moyenne de 10,5 q/ha, (parmi les plus faibles au monde). (Kellou, 2010).



Source la FAO

Figure 02 : Production de l'Algérie au cours de l'année 2012

La faiblesse relative des niveaux de rendements peut être expliquée par l'absence de pluies depuis les mois d'avril et de mai à l'origine d'un stress hydrique précoce et généralisé coïncidant avec la phase critique des céréales, ainsi que la préparation sommaire du sol avec des outils inadaptés et à un étalement des semis au-delà des délais techniques requis.

Les contraintes qui sont à l'origine de la déficience de la production de céréales sont essentiellement naturelles, liées aux conditions et aux accidents climatiques, techniques dues aux faiblesses qualitatives et quantitatives des semences, aux défaillances d'utilisation de fertilisants et l'absence de vulgarisations foncières telles que le statut de la terre, la dimension des exploitations, le morcellement et la localisation des parcelles et économiques induites par le crédit et le financement qui pénalise le développement de la céréaliculture dans un contexte de rapport céréales-élevage défavorable à la céréaliculture.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

• Importation et consommation

La structure de nos importations de céréales, les blés dur et tendre représentent plus de 70% du total des céréales en moyenne, en raison de la forte demande sur le marché national. Les quantités de blé importées ont été multipliées par plus de 10 entre 1961 et 2004 (de 442000 t à 5 millions de t). La facture des achats de blé à l'étranger a dépassé 1 milliard de dollars en 2004.

Cette facture est influencée d'une part, par les volumes importés qui fluctuent dans des proportions importantes sur une courte période (par exemple +32% entre 2001 et 2002), en fonction de la récolte intérieure, d'autre part les variations de prix sur le marché international (+36% entre 2000 et 2005), lui-même piloté par le CBOT (*Chicago Board of Trade*). La sensibilité de la filière algérienne du blé à l'environnement économique extérieur est donc très importante. (Bencharif et Rastoin, 2007).

Durant les 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 (Chahat 2007).

Concernant les blés, dérivés et leurs poids dans les régimes alimentaires de l'Algérien ne semblent pas diminuer, cela d'autant moins que les valeurs nutritionnelles refuges, dont les dérivés de blé sont porteuses, ont démontré qu'elles constituaient un antidote efficace face à la diminution importante des revenus (baisse du pouvoir d'achat).

Sur la base des tendances constatées en matière de croissance démographique et de modèle de consommation, trois scénarios ont ainsi été construits. Le premier, optimiste, prévoit une régression annuelle de 1,5% de la demande en blé dur accompagnée d'une progression de 0,5% de la demande en blé tendre avec une consommation par tête de 174,8 kg. Le second scénario pessimiste, prévoit une stabilisation du taux de croissance démographique actuel (1,75%) et une régression très faible de la consommation des blés (-0,5%/an pour le blé dur et +0,2% pour le blé tendre) et une consommation par tête de 181,6 kg. Enfin, le troisième scénario, intermédiaire entre les deux premiers, prévoit une baisse de la consommation de blé dur au rythme de 1% par an accompagnée d'une hausse relativement

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

faible de la consommation de blé tendre (+0,2% par an) et une consommation de 178,6 kg par habitant en 2015. (Chehat, 2006).

II. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes

II.1. Le rôle de l'eau dans la plante

L'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme. Elle est le siège des réactions métaboliques. Elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétal. Elle permet la turgescence des cellules et par là même des tissus et des organes. Elle véhicule les nutriments minéraux et les produits du métabolisme. Par son rejet dans l'atmosphère sous forme de vapeur, elle emprunte à la plante sa chaleur latente de vaporisation. Elle permet à celle-ci de supporter les rayonnements solaires et les divers échauffements climatiques.

II.2. Notion de stress

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (Levitt, 1980). Tsimilli-Michael *et al.*, 1998) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence. Pour ces auteurs, le stress est donc considéré comme une déviation du contrôle à une contrainte.

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao *et al.*, 2006).

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les revues agro-économiques.

Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce, compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles, par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Mckay, 1985 in Bootsma *et al.*, 1996). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao *et al.*, 2006).

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (Laberche, 2004). La demande en eau de la plante est quant à elle 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).

Le stress hydrique est toute restriction hydrique qui se traduit par une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau et communément appelé stress hydrique (Mouhouche et Boulassel, 1997).

II.3. Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé

Le stress hydrique se concrétise, chez la plupart des espèces, par un ralentissement de la mise en place de nouveaux organes aériens, c'est -à- dire des feuilles et des tiges, et par une réduction de la croissance des organes préexistants (Gaufichon *et al.*, 2010). Ces modifications résultent d'une diminution de la vitesse de division des cellules constituant les tissus végétaux (Granier *et al.*, 2000).

L'un des premiers effets provoqués par le déficit hydrique est une réduction de la croissance végétative. La croissance de la partie aérienne, et surtout celle des feuilles, est généralement plus sensible que celle des racines (Hopkins, 2003). Toutefois, si le stress est sévère on peut observer aussi un arrêt total du développement foliaire (Hegarty et Ross, 1978).

Pour les céréales, la période de sensibilité la plus élevée est celle qui va de la formation du grain de pollen (stade fin gonflement) à la fécondation. Tout déficit hydrique à ce moment affecte le nombre de grain/ épillet (Gate *et al.*, 1990). Le stress hydrique a deux conséquences quasi simultanées sur le tallage du blé (Casals, 1996). La première est l'arrêt du processus de tallage qui se traduit par un arrêt de la croissance des bourgeons axillaires. Une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit donc le nombre et la taille des talles chez le blé (Davidson et Chevalier, 1990 ; Stark et Longley, 1986 ; Blum *et al.*, 1990).

La seconde est la réduction de la vitesse de croissance des talles les plus jeunes (Assem, 2006).

II.4. Influence du stress hydrique sur le rendement et ses composantes

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. 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).

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 ce déficit survient (Debaeke et al., 1996). Ainsi, un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis, la régression intense des tailles et la baisse du nombre de grains par épi (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).

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). Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant par conséquent le rendement (Gate et al., 1993). Ainsi, le risque de stress hydrique est-il possible presque durant tout le cycle biologique de la céréale. Par ailleurs et pour bien se développer, la plante doit disposer de mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter le stress hydrique.

II.5. Effet de stress hydrique sur le nombre d'épis par m²

Cet effet est variable selon la période de son apparition (Sahnoune, 2005). Un déficit hydrique au cours la montaison accentue très sensiblement le taux de régression des talles (Gate, 1995). Sous l'effet de la compétition hydrique entre elles, toutes les talles produites n'arrivent pas à former des épis (Acevedo et al, 1991).

Mais Mekliche et al, 1993 ont montré que ce nombre d'épis par m² n'est pas affecté par le déficit hydrique pendant le stade 3noeuds (ou cette composante est définitivement acquise).

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

II.6. Effet de stress sur le nombre de grain par épi

Plusieurs auteurs, ont signalé un effet négatif de l'impact du manque d'eau sur les fleurs épillets, selon Gate (1995) un déficit hydrique apparu plus tardivement au cours du stade montaison, entraîne l'augmentation du taux d'avortement des fleurs qui peuvent entraîner la mort de l'épillet d'où la baisse de la fertilité des épis (Grignac, 1981) lors d'un stress hydrique l'épi assure par ailleurs, une fonction photosynthétique importante

II.7. Effet du stress hydrique sur le poids de mille grains

Selon Nemmar (1983), tout déficit hydrique provoqué par la sécheresse du sol, par une élévation de la température ou par un vent sec, fait baisser sa teneur en eau du grain et raccourci la durée du « palier hydrique ».

Mekliche et al, (1993) ont montré, d'après les études comparatives faites sur le blé dur et blé tendre, qu'un déficit hydrique intervenant à partir de la fin montaison, pénalise beaucoup plus le remplissage du grain de la variété du blé dur.

Une sécheresse survenue à l'époque post-épiaison, semble intervenir principalement sur l'état de sénescence et donc sur la durée d'activité des organes végétatifs, source des produits assimilés (Baldy, 1973), limitant ainsi la durée de migration des réserves (masse, 1987 in woznica et manzo, 1989).

III. Mécanismes d'adaptation à la sécheresse

La tolérance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à croître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Slamaet al.,2005). Il existe une large gamme de mécanismes de tolérances à la sécheresse qui ne sont pas exclusifs les uns des autres et qui peuvent même être complémentaire (Jones et al.,1980). Ces mécanismes sont d'ordre phénologiques, morphologiques et physiologiques.

La tolérance du blé à la contrainte hydrique peut être associée à une précocité d'épiaison (Makhloufet al.,2006), à un système racinaire abondant (Hurd, 1974 ; Passioura, 1983), à une fermeture rapide des stomates, à une grande efficacité d'utilisation de l'eau (Green et Read, 1983) ou au maintien d'un potentiel de turgescence élevé (Kreim et kronstad, 1981) et (Morgan et Gordan, 1986).

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Diverses classifications des mécanismes de tolérance à la sécheresse ont été élaborées. Turner (2001) a décrit les principaux caractères impliqués dans les trois grands mécanismes, leur utilité et leur facilité d'utilisation pour la sélection.

III.1. Adaptations phénologiques

L'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adéquation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies. (Amigues *et al* 2006). La précocité constitue un important mécanisme d'esquive de la sécheresse de fin de cycle (Ben Naceur *et al.*, 1999). Le rendement de nombreuses variétés a été amélioré grâce au raccourcissement des longueurs de cycle chez pratiquement toutes les espèces cultivées annuelles (Turner *et al.*, 2001), sur les légumineuses (Subbarao, 1995), comme sur les céréales (Fukai *et al.*, 1999).

La précocité au stade épiaison est une composante importante d'esquive du stress de fin de cycle chez le blé dur. Compte tenu de la distribution aléatoire des précipitations dans les régions arides à semi-arides, l'adoption de variétés à cycle relativement court est nécessaire (Makhlouf *et al.*, 2006). Fisher et Maurer (1978) notent que chaque jour de gagner en précocité génère un gain en rendement de 30 à 85 kg/ha.

Dans un milieu où le gel tardif est une contrainte à la production des céréales, une précocité excessive n'est d'aucune utilité, au contraire, elle risque d'être une source d'instabilité des rendements en grains. Une précocité modérée peut cependant constituer un avantage lors de la reprise de la croissance après un bref stress (Bouzerzour *et al.*, 1998).

III.2. Adaptations morphologiques

L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (Slama *et al.*, 20

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Caractéristiques morphologiques mesurées en plein champ

Dans cette étude on tente d'élucider les critères impliqués dans l'adaptation et l'élaboration du rendement de deux collections (locale et introduite) de blé dur (*Triticum durum* DESF) contrastées par leur comportement vis-à-vis des conditions environnementales. La première collection est caractérisée par des variétés locales (forts besoins en vernalisation, sensibilité à la photopériode) et la seconde représente les variétés introduites à cycle plus court

Trois essais ont été conduits durant les trois campagnes 2010- 2011 et 2011-2012 et 2012-2013 en plein champ au niveau de la station expérimentale de l'Institut Technologique des Grandes Cultures (ITGC) de Sebain wilaya de TIARET. Cette région représentative des aires céréalières Algériennes, se caractérise par des irrégularités spatio-temporelles des conditions climatiques et principalement pluviométriques. Elles se définissent par des déficits hydriques répétés largement responsables des fluctuations importantes et dépressives des niveaux de rendement de cette espèce.

I. Conditions de réalisation des essais

I.1. Le matériel végétal

Le matériel végétal testé durant les trois campagnes d'expérimentation se compose de 20 géotypes de *Triticum durum* DESF d'origines et d'adaptations au déficit hydriques différentes. Parmi cette collection figure les variétés locales, rustiques, peu productives et qui seraient les mieux adaptées aux conditions climatiques locales. Le reste du matériel comprend des géotypes introduits à partir de différents centres de sélection et considérés comme plus productifs mais moins adaptés.

I.2. Localisation de l'essai

Les essais sont réalisés durant les campagnes 2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013, au niveau de la station expérimentale de l'Institut de Technologie des Grandes Cultures (ITGC) de Sebain, située à 37 km à l'Est du Chef lieu de la Wilaya de Tiaret (Altitude 925m; Latitude: 35°26'37S; Longitude: 01°38'44E). Cette zone est limitée:

MATERIEL ET METHODES

- Au sud par Nahr-Ouassel ;
- A l'Est par la piste reliant la Makabra sidi-Rais à Nahr-ouassel;
- A l'ouest par la route communale reliant Taslemt à Sebain;
- Au nord par la route nationale n° 14 reliant Tiaret-Tissemsilt.

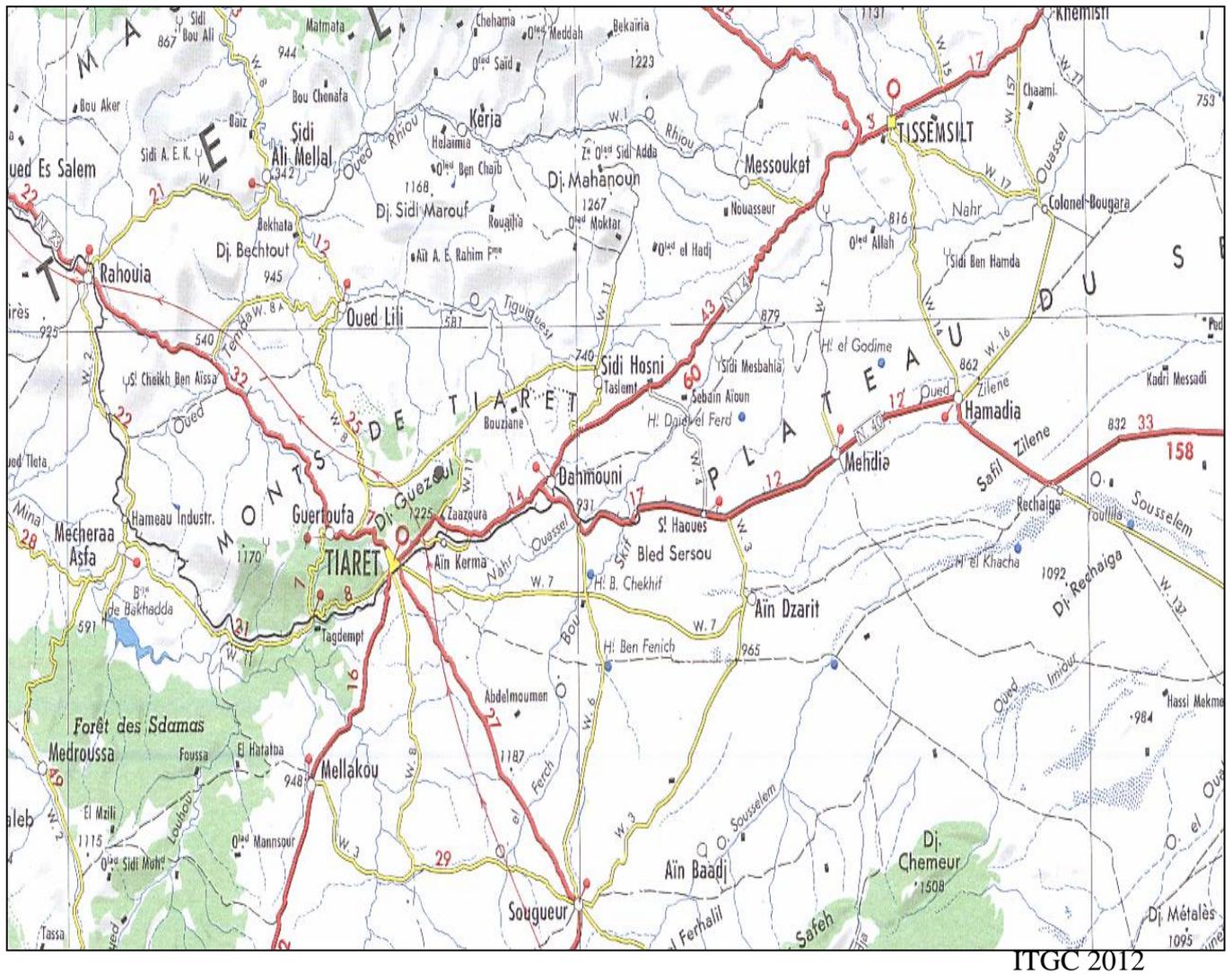


Figure 3 : Situation régionale de la zone d'étude (carte d'Algérie 1/500000, Mascara).

MATERIEL ET METHODES

II. Conditions climatiques des essais

II.1. Précipitations et températures

La première campagne d'étude 2010/2011s'est caractérisée par un climat doux et humide avec un cumul pluviométrique très considérable d'une moyenne de 479.2 mm, exceptés les mois d'octobre et avril qui ont été pratiquement sec avec (05.0 mm et 17.0 mm). La période automnale (sept, oct. et nov.) a enregistré une pluviométrie relativement moyenne de 106.0 mm soit une moyenne de 35.0 mm / mois, suivi par des températures partiellement clémentes avec une moyenne de 18.7°C. Ces conditions climatiques ont été favorables pour la préparation du sol (labours, recroisage et mise en place des cultures).

La période hivernale (déc. janv. et fév.) est la plus arrosée avec un niveau pluviométrique appréciable de 248.8 mm, ces quantités représentent un taux de 60% du cumul annuel dépassant ainsi la moyenne saisonnières de cette phase, concernant les températures, elles ont été relativement douces (8.7°C) ceci est associé à une forte humidité du sol et de l'aire et la présence seulement de 09 jours de gelées.

Cette situation atmosphérique a eu un effet positif sur la végétation (germination et levée), d'autres part on a constaté une apparition importante de mauvaises herbes et certaines maladies cryptogamique (septoriose l'helminthosporiose...). Les conditions de déroulement des opérations de fertilisation et désherbage ont été relativement favorable cela est du à la persistance des précipitations successives avec une humidité importante dans le sol ce qui a retardé momentanément le démarrage de ces opérations. Par contre, on a enregistré une amélioration des conditions climatiques depuis mi mars ce qui a permis la poursuite de l'opération d'entretien des cultures (fertilisation et désherbage). Le mois de juin était pratiquement sec avec seulement 07.5 mm et s'est caractérisé par des basses températures et du vent.

Pendant la campagne agricole 2011/2012 la pluviométrie enregistrée de septembre 2011 à juillet 2012 s'élève à 445.60 mm. Elle s'est caractérisée dans l'ensemble par des conditions climatiques relativement favorables. La période humide s'étale de la fin du mois d'octobre jusqu'à la troisième décade du mois de mars qui s'explique par la disponibilité de l'eau le long de cette période; (du semis au plein tallage), par la suite on a marqué l'absence des pluies du 25.03 au 18.04.2011 associé à des hautes températures.

MATERIEL ET METHODES

La période automnale a reçu un cumul de 131.0 mm qui était bénéfique pour le lancement de la campagne labour-semailles. La période hivernale a débuté par de faibles précipitations notamment le mois de décembre qui a reçu seulement 25.6mm, mais par la suite des quantités de pluies appréciables avec un niveau pluviométrique de 159.6 mm ont été enregistrées. Les températures ont été moyennement basses accompagnées de 29 jours de gelée et de 2 jours de neige.

La période printanière a connu un climat instable traduit par des pluies orageuses (115.4 mm) et une fluctuation des températures entraînant ainsi des phénomènes accidentelles (gelées, sirocco et grêle), un déficit hydrique est survenu en raison de l'arrêt des pluies pendant 23 jours entre la fin mars et les deux premières semaines du mois d'avril ce qui a causé un stress hydrique pour la végétation. Le retour des pluies (fin avril - mois de mai) avec une élévation des températures ont permis une amélioration de l'état végétatif ; Cette situation a aussi engendrée plusieurs problèmes (apparition des tardillons, maladies cryptogamiques et dégât de grêle Etc...).

La campagne 2011/2012 s'est caractérisée dans l'ensemble par des conditions climatiques relativement instables cela est du à plusieurs facteurs climatiques inhabituelle qu'a connu la zone de Tiaret.

En effet la campagne a débuté par une période automnale relativement sèche (septembre –octobre) avec seulement 34,0 mm, ce qui a engendré un déficit important dans la région, suivi par des températures moyennement élevées, ces conditions ont un effet négatif sur la préparation du sol et le lancement de la campagne labour semailles. Contrairement aux mois précédents, le mois de novembre été le plus arrosé avec un niveau pluviométrique de 87,6 mm étalé sur 21 jours.

Au cours du mois de décembre et janvier, un cumul de 50.0 mm, ces quantités d'eaux sont insuffisantes et inférieurs par rapport à la moyenne saisonnière. A partir de la mi janvier la région a fait l'objet de l'arrivée du flux du nord Est de l'Europe donnant lieu à une vague de froid exceptionnel contribuant ainsi à une diminution de la température notamment pour les valeurs minimales qui ont été remarquablement très basses dans la plus grande partie de cette phase avec un minimum absolue atteignant le seuil de -13,0 °C cette chute de température n'a jamais été enregistré dans cette zone, ceci est associer à une persévérance de 56 jours de gelée et 9 jours de neige étalée de la mi-janvier jusqu'à la fin février ,ces aléas climatiques très difficiles ont causés de multiples contrainte sur la végétation a savoir le retard

MATERIEL ET METHODES

sur la levée et la stagnation de 20 à 30 jours de la croissance, plus le retard enregistré sur le déroulement des opérations du désherbage et fertilisation azotée .

Le changement sur la situation climatique est survenu la fin mars s'est prolongé tout au long du mois d'avril atteignant un niveau pluviométrique remarquable avoisinant une moyenne dépassant les 150 à 200 mm qui représente un taux de 44% de la moyenne annuelle enregistrée durant cette campagne. Durant le mois de mai et juin un climat instable due à une variabilité des températures traversés par quelques faibles pluies passagère donnant lieu seulement à 15,2 mm.

II.2. Caractères édaphiques

Le sol est caractérisé par une texture argilo-limoneuse avec des faibles proportions de sables. C'est un sol assez profond, équilibré et riche en matière organique avec un rapport C/N bas et un faible taux de calcaire.

MATERIEL ET METHODES

Tableau 01 : Caractérisation physico chimique du sol.

| Profondeur (cm) | | 0-35 | 35-64 | >64 |
|-----------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| Granulométrie(%) | <i>Argile</i> | 34 | 37 | 43 |
| | <i>Limons Fins</i> | 32 | 36 | 22 |
| | Limons Grossiers | 24 | 19 | 22 |
| | Sables Fins | 6 | 5 | 4 |
| | Sables Grossiers | 4 | 3 | 7 |
| Azote Total(%) | | 0,11 | 0,081 | 0,041 |
| Carbone Total(%) | | 1,16 | 0,86 | 0,54 |
| Rapport C/N | | 10,54 | 10,61 | 13,17 |
| Matière Organique(%) | | 1,99 | 1,47 | 0,92 |
| Ph | | 8,2 | 8,3 | 8,4 |
| CaCO ₃ (%) | | 0,32 | 0,36 | 6,88 |

Source : ITGC

III. Conduite de l'essai

En but d'obtenir une meilleure influence biologique et permettre l'implantation ainsi qu'un bon développement de la végétation, avant le semis, différents opérations de travail du sol sont effectuées. Le semis est réalisé manuellement en ligne de 1 m à une profondeur de 3 à 4cm. Le Désherbage est effectué manuellement et continuellement de temps à autre dès qu'il y a eu apparition de mauvaises herbes. Un épandage d'engrais de l'urée est effectué à raison de 1qx /ha.

Durant nos expérimentations, les parcelles reçoivent des irrigations périodiques. Les fréquences des apports d'eau dépendent des conditions climatiques de la zone expérimentale. Des arrosages ont été effectués pour les blocs menés en condition sèche afin de maintenir un niveau hydrique acceptable lorsque le manque d'eau a été très ressenti par la végétation.

MATERIEL ET METHODES

IV. Le dispositif expérimental

C'est un dispositif de type latice, composé de quatre blocs, deux pour respectivement le traitement avec déficit hydrique (ADH) et sans déficit hydrique (SDH). Les fréquences des apports d'eau dépendent des conditions climatiques de la zone expérimentale. Des arrosages ont été effectués pour les blocs menés en condition irriguée afin de maintenir un niveau hydrique acceptable lorsque le manque d'eau a été très ressenti par la végétation. Pour éviter tout contact d'eau avec le traitement sec pour faciliter l'irrigation, les deux traitements sont séparés d'une distance de 03 m. Au niveau de chaque traitement chaque génotype est répété deux fois à travers les deux latices formant chacun des deux traitements.

V. Méthodologie de mesures effectuées

V.1. Caractères morphologiques

Au cours des trois campagnes d'expérimentation, des caractères morphologiques ont été mesurés au stade de maturation. A ce stade, nous avons prélevé au hasard 03 plants par parcelle élémentaire; des mesures biométriques ont été effectuées à l'aide d'un ruban métrique et ont porté sur

- La hauteur de la paille (HP);
- La longueur du dernier entre nœud (LDEN);
- La longueur du col de l'épi (LCE);
- La longueur de l'épi (LE);

V.2. Le rendement et ses composantes

Ces paramètres ont intéressé

- Le rendement en grains (Rdt);
- Le poids de 1000 grains (PMG);
- Le nombre de grains par épi (NG/E);
- Le peuplement épi (P. épis).

Ces facteurs définissent souvent les critères de choix des génotypes face au déficit hydrique.

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

RESULTATS ET DISCUSSION

I- Résultats Obtenus

I.1. Le nombre de talle :

L'analyse statistique (Tab. 02) reflète une influence variétale très importante ($P < 1\%$) sur les variations constatées de ce paramètre. La situation hydrique et l'année de culture affectent fortement le nombre de talle ($P < 1\%$). L'interaction des facteurs d'étude provoque des fluctuations élevées sur le nombre de talle ($P < 1\%$). Cet effet s'explique par le fait que la variabilité conduite extériorise des réponses différentes vis-à-vis du régime hydrique appliqué d'un côté et l'année de culture d'un autre côté.

Tableau 02 : Analyse de la variance du nombre de talles durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013).

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|---------------|------------------------|
| Variété | 6.99 | 0.000 |
| SH | 27.11 | 0.000 |
| Année | 23.79 | 0.000 |
| Variété* SH | 3.87 | 0.000 |
| Variété* SH* année | 6.51 | 0.000 |

Les résultats moyens de la première année d'expérimentation 2010-2011 montrent que le nombre de talle au niveau du traitement irrigué varie entre 8 talles dégagé par les géotypes 10, 17 et 6.6 talles donnés par le géotype 5. Pour le traitement en sec le plus grand nombre de talle 8.4 est observé chez le géotype 19 et le plus faible nombre est enregistré par la variété 11 avec 5.8 talles.

RESULTATS ET DISCUSSION

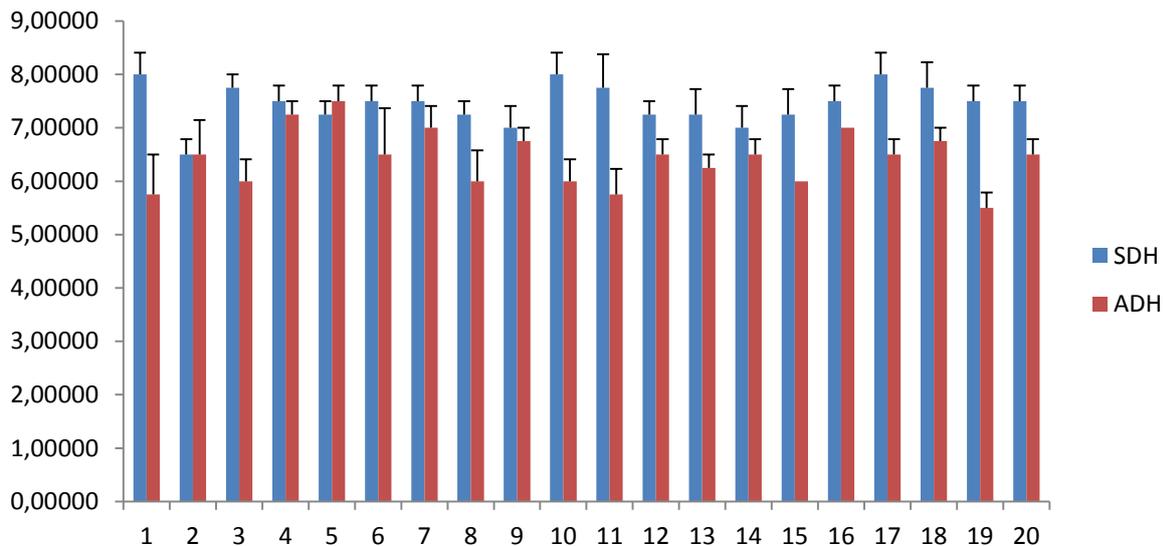


Figure 04 : Le nombre de talle chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Pour la deuxième année d'essai 2011-2012, au niveau du traitement irrigué la variété 01 donne le plus grand nombre avec 8.75 talles. Par contre le plus faible nombre est remarqué chez la variété 12 avec 6.62 talles. Au niveau du dispositif mené en sec, les résultats varient entre 09 talles obtenues par le génotype 19 et 06 t observé chez les génotypes 03, 07 et 18.

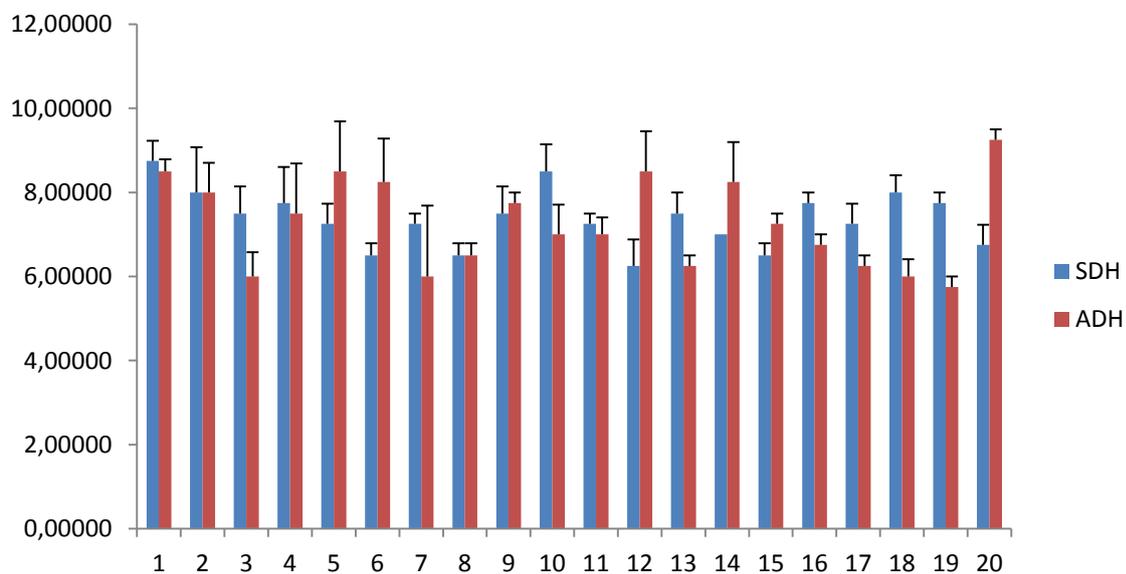


Figure 05 : Le nombre de talle chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

RESULTATS ET DISCUSSION

Pour la troisième campagne 2012-2013 au niveau du traitement SDH, le nombre varie entre 10 talles (var.07), et 04 talles (var.20). Au niveau du traitement ADH, la variété 01 a obtenue le grand nombre avec 10.5 talles. Par contre le plus faible nombre est observé chez la variété 02,04 et 07 avec 3.5 talles.

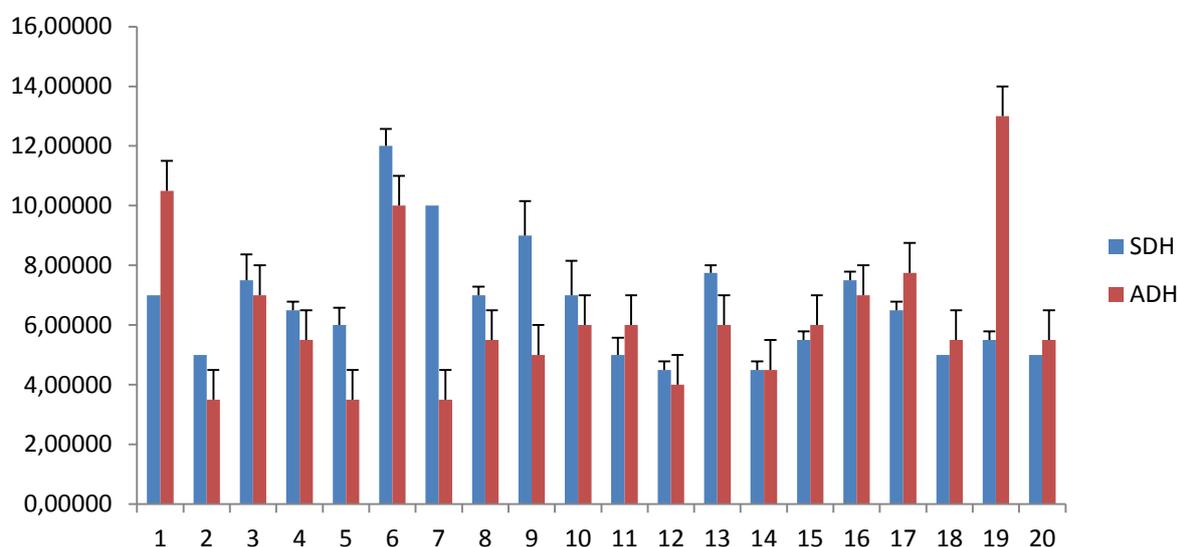


Figure 06 : Le nombre de talle chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

I.2. Hauteur de la paille :

Les résultats (tab 03) révèlent que les variations constatées de la hauteur de la paille restent grandement dépendantes du régime hydrique ($p < 1\%$), de la nature génotypique ($p < 1\%$) et de l'année de culture ($P < 1\%$). L'étude de l'interaction du facteur variété*SH et des 03 facteurs d'études reste très hautement significatif. Il en découle ainsi qu'une forte distinction de la variabilité conduite est manifestée aux variations de la situation hydrique et de l'année de culture.

Tableau 03 : analyse de la variance de la hauteur de la paille durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|--------|-----------------|
| Variété | 30.75 | 0.000 |
| SH | 82.02 | 0.000 |
| Année | 6.70 | 0.001 |
| Variété* SH | 2.65 | 0.000 |
| Variété* SH* année | 4.00 | 0.000 |

RESULTATS ET DISCUSSION

Pendant la première campagne d'expérimentation 2010-2011 au niveau du dispositif mené en conditions pluviales, le génotype 19 inscrit la plus haute paille avec 71,34 cm. A l'opposé le génotype 02 se distingue parmi la collection conduite par la plus courte paille avec 45.06 cm. Au niveau du traitement irrigué, la variété 19 se distingue parmi les variétés testées par les plus hautes pailles avec 78.4 cm. Par contre la plus courte paille est enregistrée par la variété 08 avec 53.94 cm.

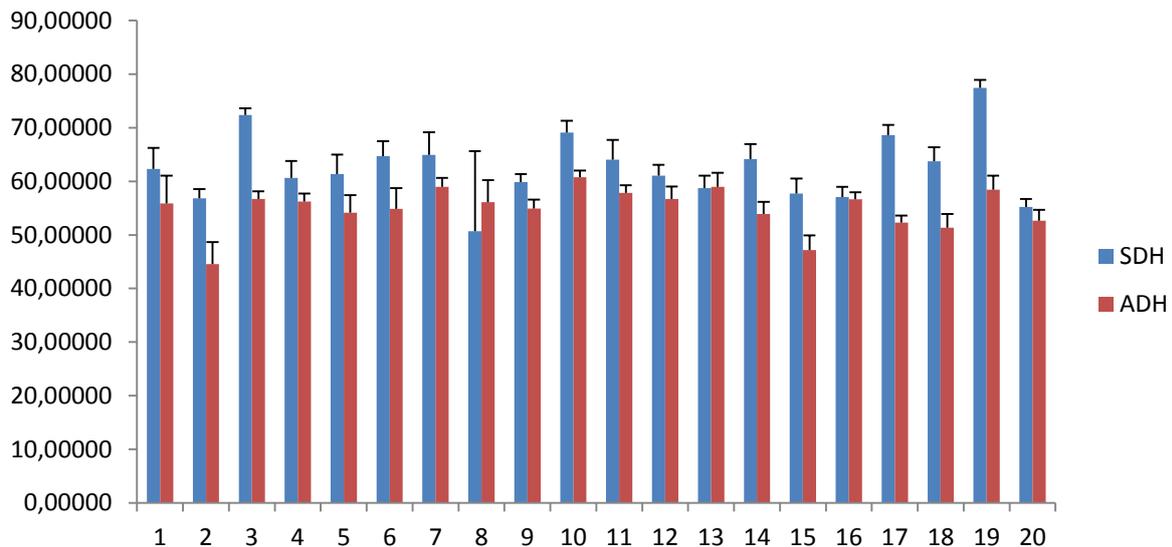


Figure 07 : La hauteur de la paille (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Durant la deuxième campagne 2011-2012, au niveau du traitement mené en conditions climatiques naturelles, la variété 04 a obtenue la plus haute paille avec 66.07 cm et la variété 20 inscrite la plus petite paille avec 50 cm. Au niveau du traitement irrigué, la variété 19 se distingue parmi les variétés testées par les plus hautes pailles avec 76.75 cm. Par contre la plus courte paille est enregistrée par la variété 20 avec 54.55 cm

RESULTATS ET DISCUSSION

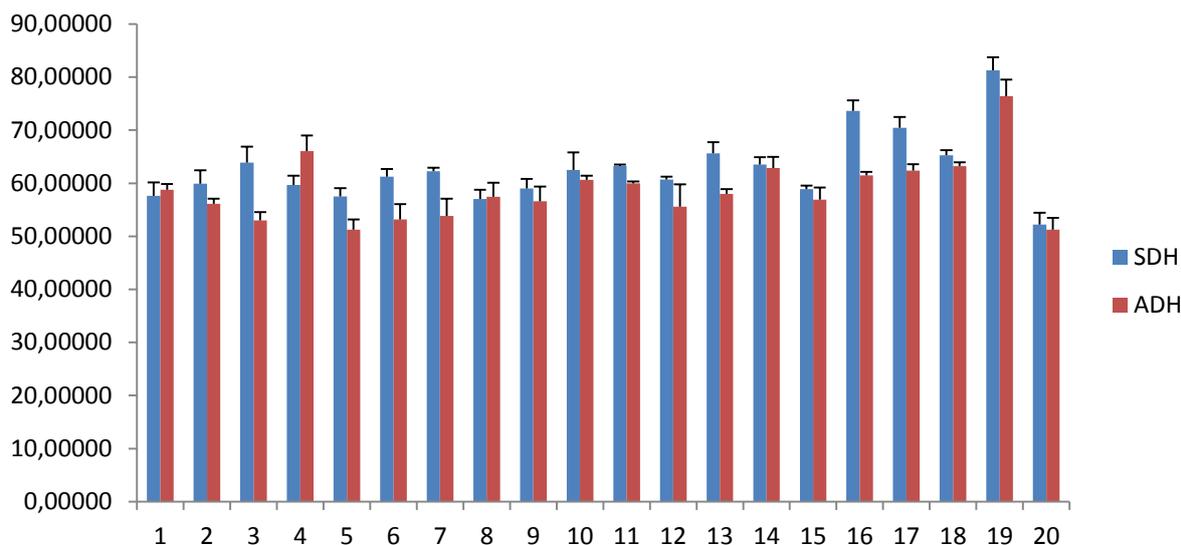


Figure 08 : La hauteur de la paille (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Pour la dernière campagne d'essai 2012-2013 au niveau du traitement sec, les résultats varient entre 109 cm obtenue par la variété 19 et 46.5 cm donnée par le génotype 14. Au niveau du traitement irrigué la variété 19 se distingue parmi les variétés testées par les plus hautes pailles avec 94 cm. la plus courte paille est enregistrée chez le génotype 20 avec 41.25 cm.

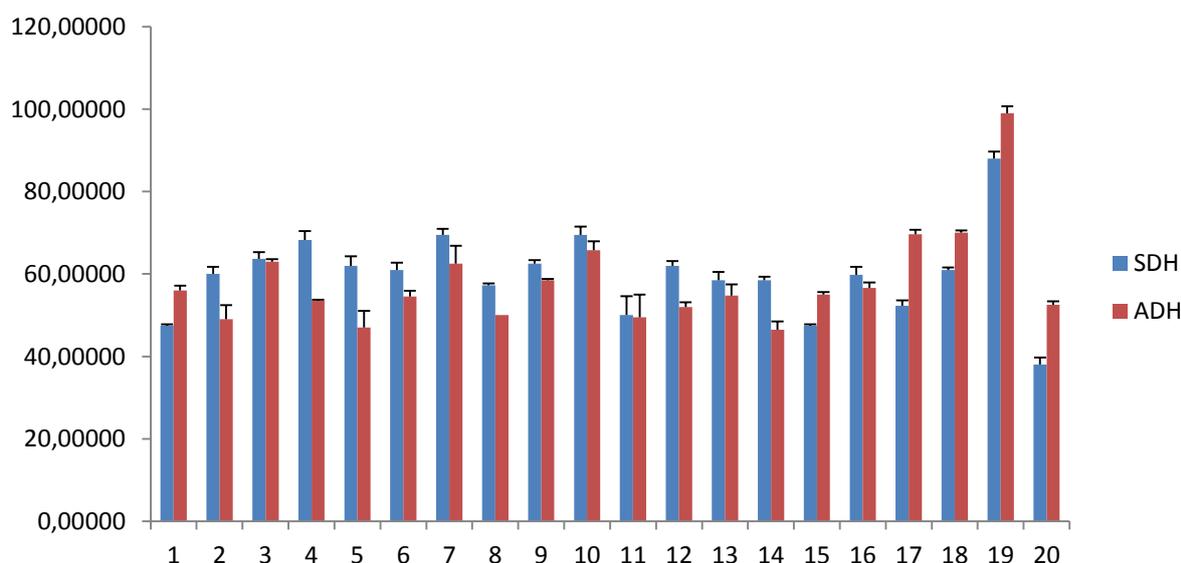


Figure 09 : La hauteur de la paille (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

RESULTATS ET DISCUSSION

I.3. Longueur du dernier entre nœud

Les résultats (tab 04) montrent que la longueur du dernier entre nœud dépend d'une manière hautement significative des variétés conduites ($p < 1\%$). Cette longueur est fortement influencée par la situation hydrique et l'année d'expérimentation. L'effet cumulatif des variétés avec la situation hydrique agit très fortement sur la croissance de cet organe ($p < 5\%$). L'interaction des trois facteurs d'étude influe d'une manière hautement significative sur le développement de cette partie de la plante.

Tableau 04 : analyse de la variance de la longueur du dernier entre nœud durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|---------------|------------------------|
| Variété | 11.97 | 0.000 |
| SH | 58.66 | 0.000 |
| Année | 287.94 | 0.000 |
| Variété* SH | 2.02 | 0.007 |
| Variété* SH* année | 2.43 | 0.000 |

Les résultats moyens de la première année d'essai 2010-2011 illustrent qu'au niveau du traitement mené en sec, le génotype 19 manifeste le plus haut degré. A l'opposé le cultivar 09 se caractérise par la plus courte mesure avec 13.23 cm. Au niveau du traitement irrigué, la longueur du dernier entre nœud varie entre 30.54 cm obtenue par la variété 19 et 24.54 cm enregistrée chez la variété 20.

RESULTATS ET DISCUSSION

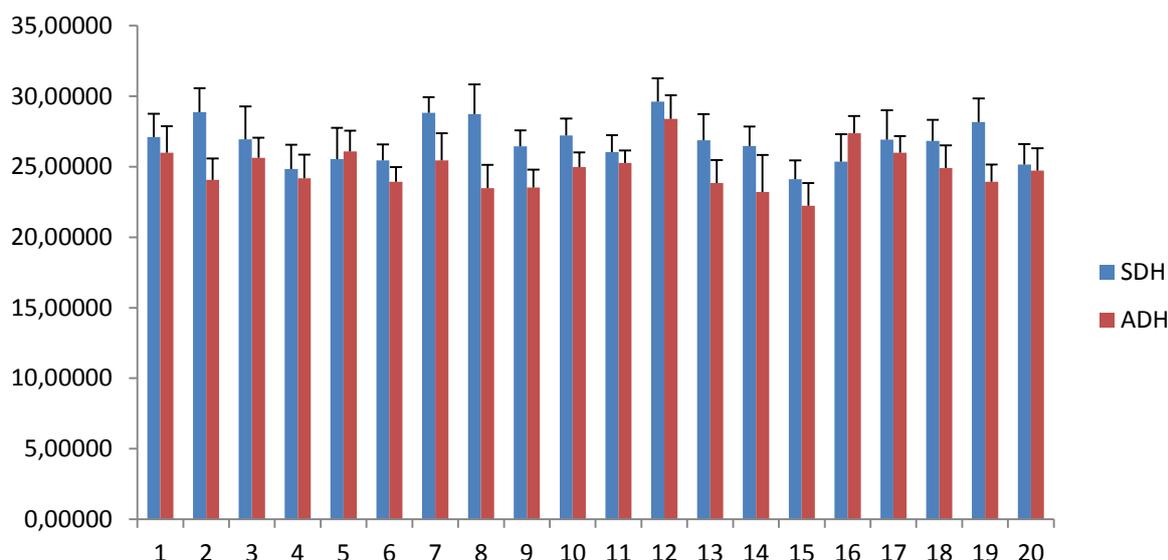


Figure 10 : La longueur du dernier entre nœud (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Pendant la deuxième campagne agricole 2011-2012 et au niveau du traitement ADH, les résultats moyens montrent que le génotype 16 manifeste le plus haut degré d'un côté et le génotype 20 se caractérise par la plus courte mesure avec 22.94 cm d'autre côté. Au niveau du traitement SDH, la variété 17 donne la plus haute valeur avec 33.6 cm. Par contre la plus courte longueur est enregistrée par la variété 10 avec 16.55 cm.

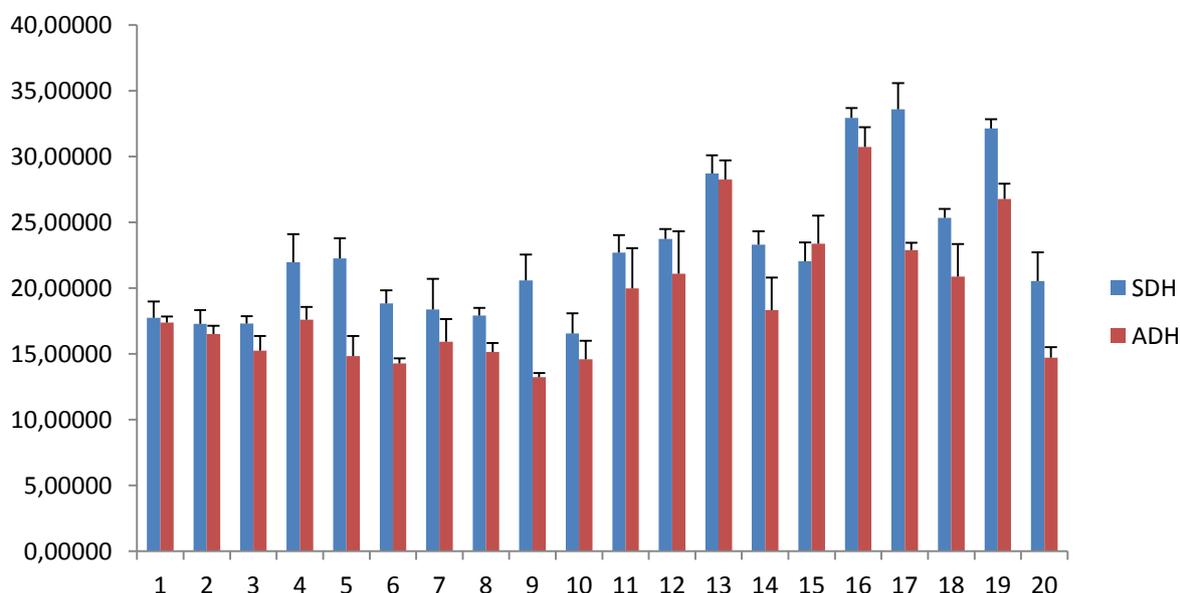


Figure 11 : La longueur du dernier entre nœud (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

RESULTATS ET DISCUSSION

Durant la troisième campagne d'étude 2012-2013 au niveau du traitement sec les résultats varient entre 54.50 cm (var.19) et 19 cm (var.09). Au niveau du traitement irrigué, la variété 19 donne la plus haute valeur avec 48 cm. A l'inverse la plus courte longueur du dernier entre nœud est enregistrée chez le génotype 20.

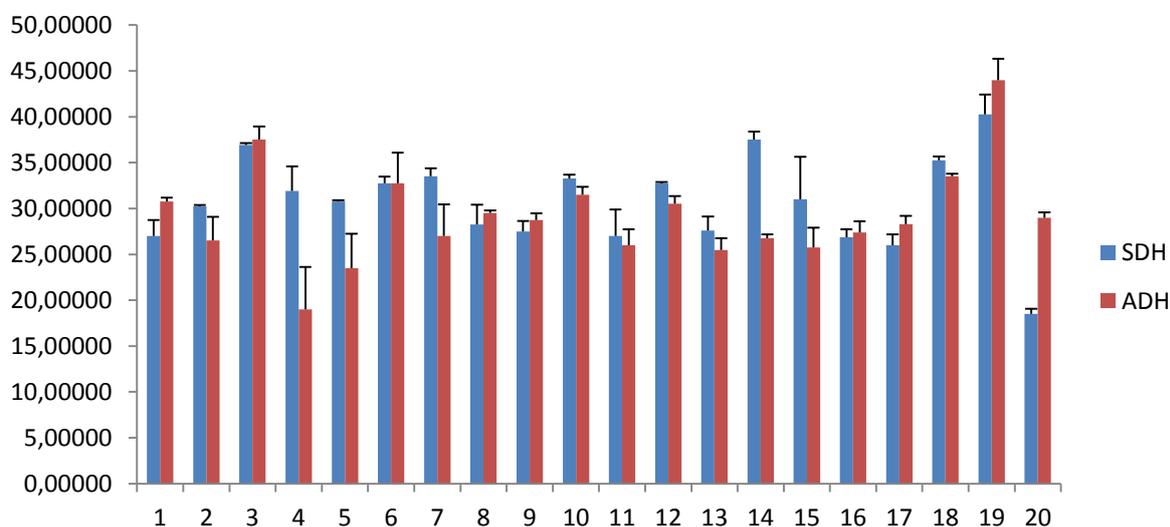


Figure 12 : La longueur du dernier entre nœud (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

I.4. Longueur du col nu de l'épi :

Tenant compte de l'analyse statistique (Tab. 05), nous remarquons que la longueur du col nu de l'épi est fortement dépendante de la nature variétale ($p < 0.000$). Ce paramètre morphologique reste très variable sous l'action de la situation hydrique et de l'année d'essai ($p < 0.000$). L'interaction des facteurs d'études variété*SH et des facteurs variété*SH*année est très hautement significatif, cela prouve que les variétés testées se comportent de façon divergente à la déclaration du déficit hydrique et durant les trois campagnes étudiées.

Tableau 05 : analyse de la variance de la longueur du col nu de l'épi durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|---------|-----------------|
| Variété | 10.842 | 0.000 |
| SH | 158.520 | 0.000 |
| Année | 48.776 | 0.000 |
| Variété* SH | 4.029 | 0.007 |
| Variété* SH* année | 3.258 | 0.000 |

RESULTATS ET DISCUSSION

L'exposé des résultats moyens sur la longueur du col nu de l'épi corrobore dans la première année d'essai 2010-2011 conduit en sec entre 2.6 cm obtenue chez la variété 03 et 5.72 cm chez la variété 17. Au niveau du traitement irrigué, les résultats moyens de ce paramètre varient entre 16.76 cm observée chez la variété 18 et 8.88 cm reflète par la variété 07.

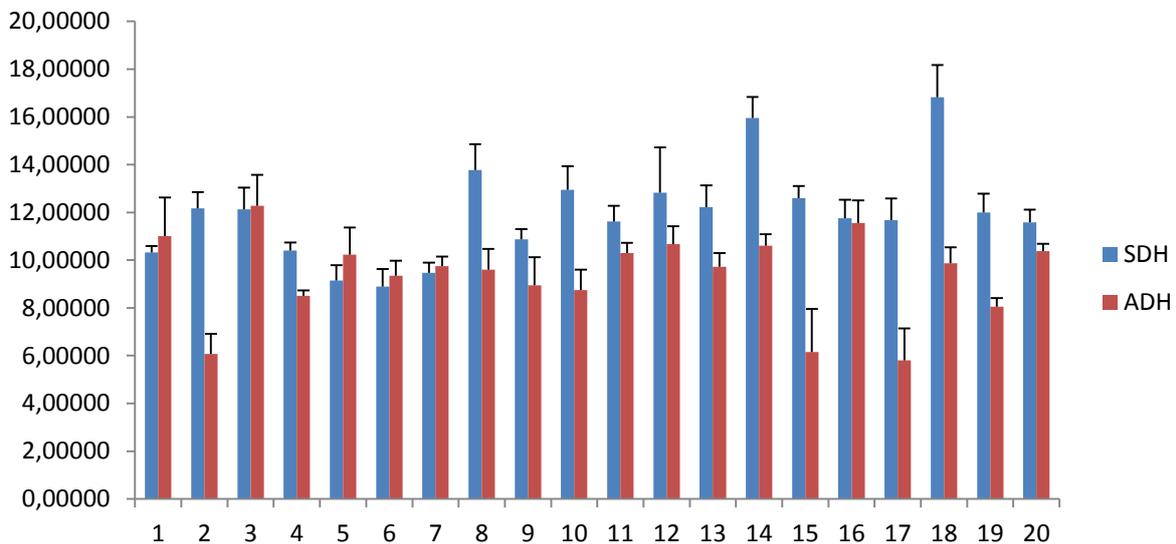


Figure 13 : La longueur du col nu de l'épi (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011.

Durant la campagne 2011-2012 la longueur du col nu de l'épi varie entre 13.98 cm observée chez le génotype 16 et 0.92 cm chez le génotype 19. Au niveau du traitement SDH, cette longueur varie entre 16.8 cm reflétée par la variété 18 et 4.47 cm enregistré chez la variété 19.

RESULTATS ET DISCUSSION

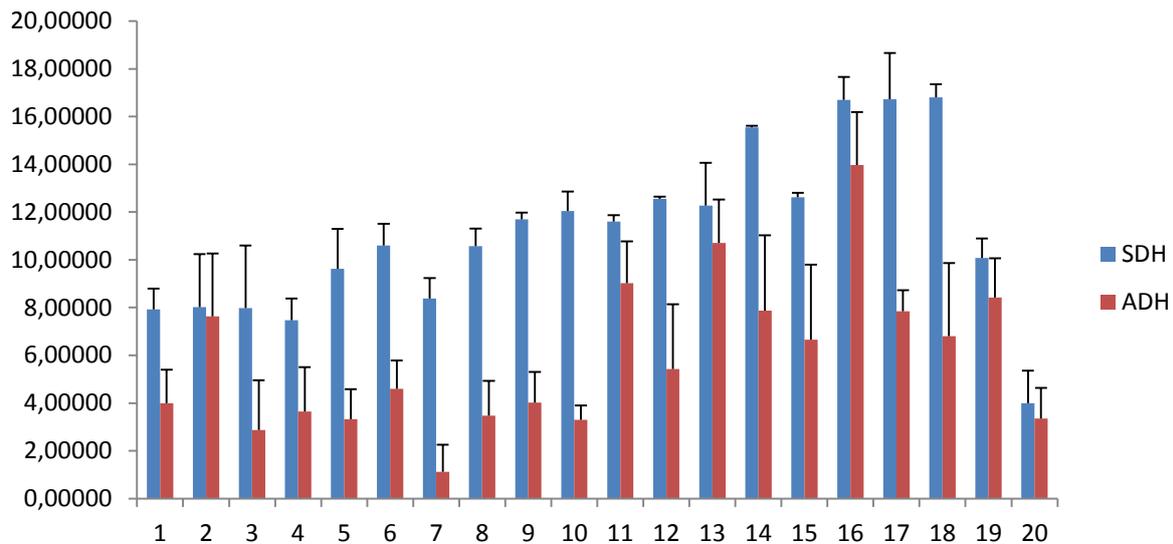


Figure 14 : La longueur du col nu de l'épi (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Pendant la dernière année 2012-2013 au niveau du dispositif mené en sec le génotype 03 donne le plus haut degré avec 16.5 cm. Tandis que le génotype 04 se manifeste la plus courte valeur avec 3.25 cm. Pour le traitement irrigué, la variété 19 se distingue parmi la collection conduite la plus haute longueur avec 23 cm. Par contre, la variété 20 donne la plus courte valeur avec 4.25 cm.

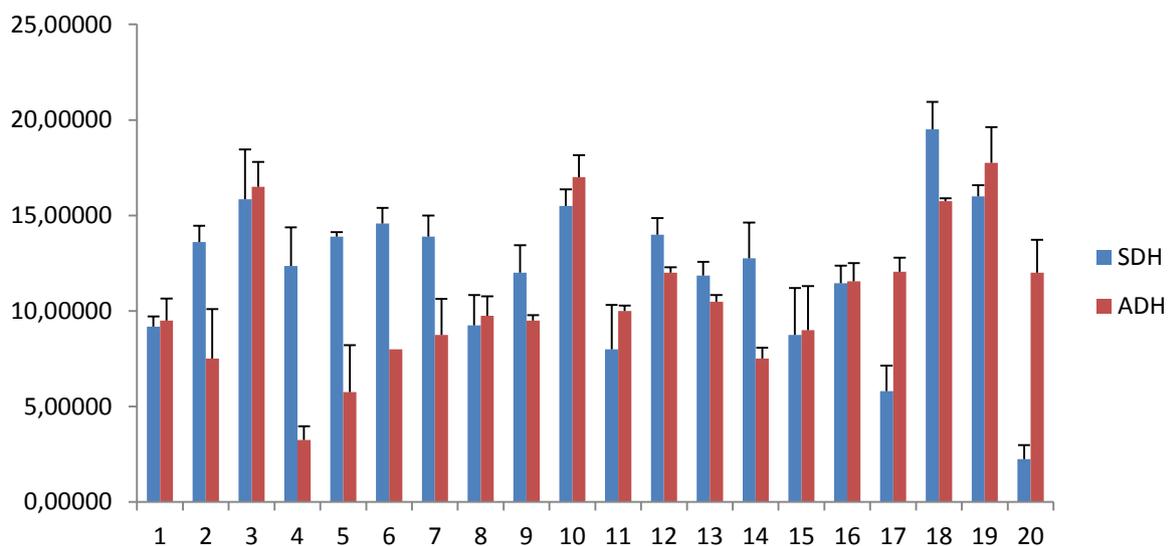


Figure 15 : La longueur du col nu de l'épi (cm) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

RESULTATS ET DISCUSSION

I.5. Le nombre d'épi

L'analyse statistique des résultats (tab.06) démontre que le nombre d'épi est fortement influencé par la nature des variétés testées d'un côté et la compagne d'essai d'un autre côté ($p < 1\%$). Par contre la situation hydrique affecte faiblement ce paramètre ($p > 5\%$). L'impact de l'interaction des trois facteurs est hautement significatif.

Tableau 06 : analyse de la variance du nombre d'épi durant les trois compagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|--------|-----------------|
| Variété | 9.40 | 0.000 |
| SH | 2.23 | 0.136 |
| Année | 87.24 | 0.000 |
| Variété* SH | 5.07 | 0.000 |
| Variété* SH* année | 7.43 | 0.000 |

Les résultats moyens de l'année 2010-2011 au niveau du traitement sec montrent que le nombre d'épi varie entre 5.4 dégagé par la variété 02 et 3.2 reflété par la variété 10. Tandis qu'au niveau du traitement irrigué, le plus grand nombre est observé chez le génotype 01 avec 06 épis. Par contre le plus faible nombre est dégagé par la variété 02 avec 4 épis.

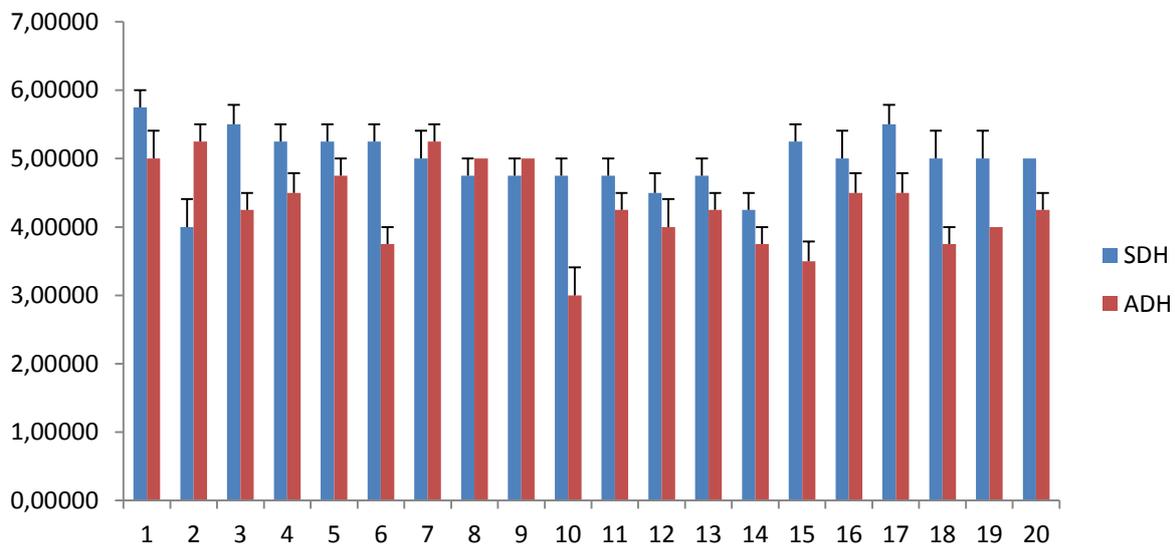


Figure 16 : le nombre d'épi chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la compagne 2010-2011

RESULTATS ET DISCUSSION

Durant l'année 2011-2012, les résultats au niveau du traitement mené en sec varient entre 8.25 (var.05) et 4.25 (var.13). À l'opposé le nombre d'épi au niveau du traitement SDH varie entre 06 épis enregistré chez la variété 01 et 5 épis donné par la variété 16. Au niveau du dispositif irrigué, le génotype 01 se distingue parmi la variété qui donne le nombre d'épi le plus important avec 08 épi et le plus faible nombre est reflété par la variété 16 avec 05 épis.

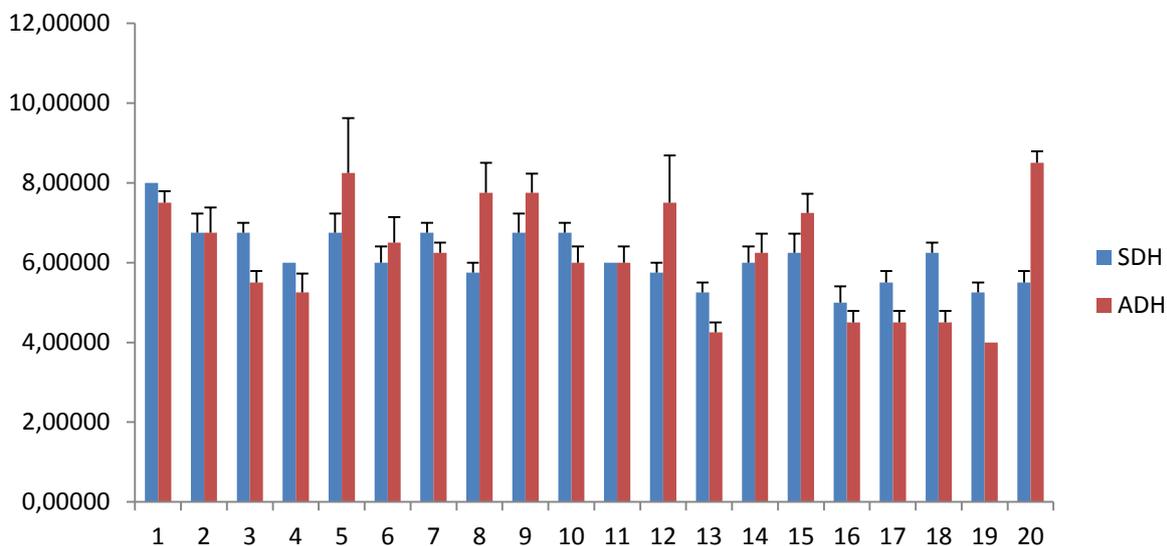


Figure 17 : le nombre d'épi chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Concernant les résultats de la campagne agricole 2012-2013 au niveau du dispositif mené en sec, le plus grand nombre 10.5 est manifesté par le génotype 01 d'un autre coté et le génotype 02 se distingue parmi la collection conduit le plus moins nombre avec 2.5 épi d'autre coté. Au niveau du traitement irrigué, le nombre d'épi varie entre 10.5 épis enregistré chez la variété 06 et 2.5 épis donné par le génotype 20.

RESULTATS ET DISCUSSION

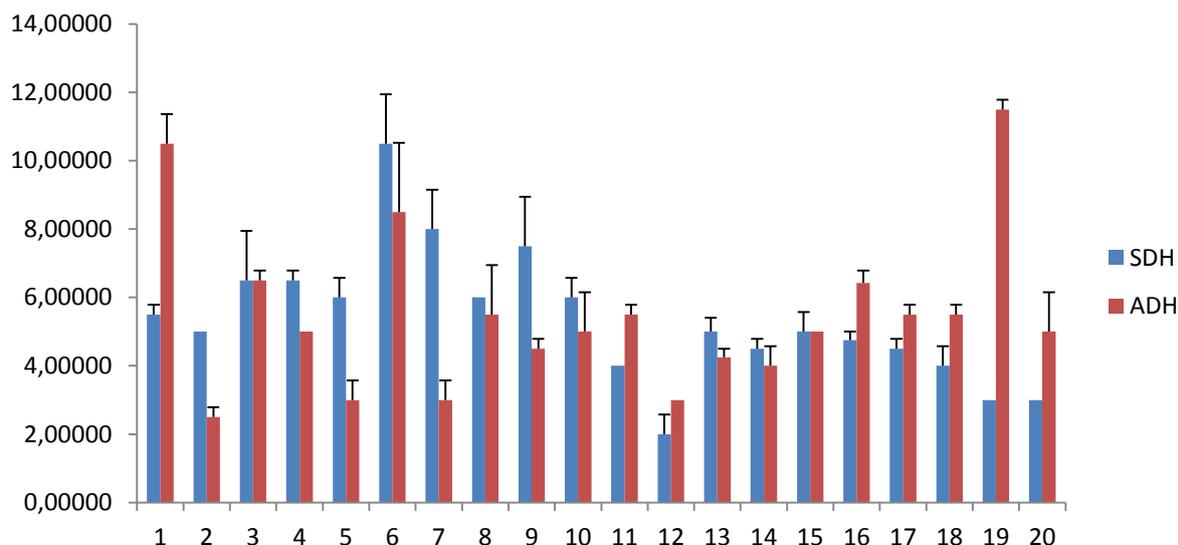


Figure 18 : le nombre d'épi chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

I.6. Le nombre de grain :

L'analyse de la variance (tab.07) indique que l'effet variétal a une influence très importante ($p < 1\%$) sur l'expression du nombre de grain ainsi que la situation hydrique et la campagne d'étude. L'interaction de la variété*SH agit fortement sur ce critère ($p < 1\%$) cela prouve que les variétés testées se comporte de façon divergente à la déclaration de la contrainte hydrique. L'interaction des trois facteurs variété*SH*année est très hautement significative.

Tableau 07 : analyse de la variance du nombre de grain durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|--------|-----------------|
| Variété | 30.08 | 0.000 |
| SH | 217.68 | 0.000 |
| Année | 768.57 | 0.000 |
| Variété* SH | 7.03 | 0.000 |
| Variété* SH* année | 6.07 | 0.000 |

RESULTATS ET DISCUSSION

D'après les résultats moyens de la première année d'essai 2010-2011, on remarque que dans le lot sec, une variation du nombre de grain entre 104 obtenu chez la variété 06 et 44 grain chez la variété 15. Tandis qu'au niveau du lot irrigué, le nombre varie entre 136 grains dégagés par la variété 08 et 50 grains reflété par la variété 15.

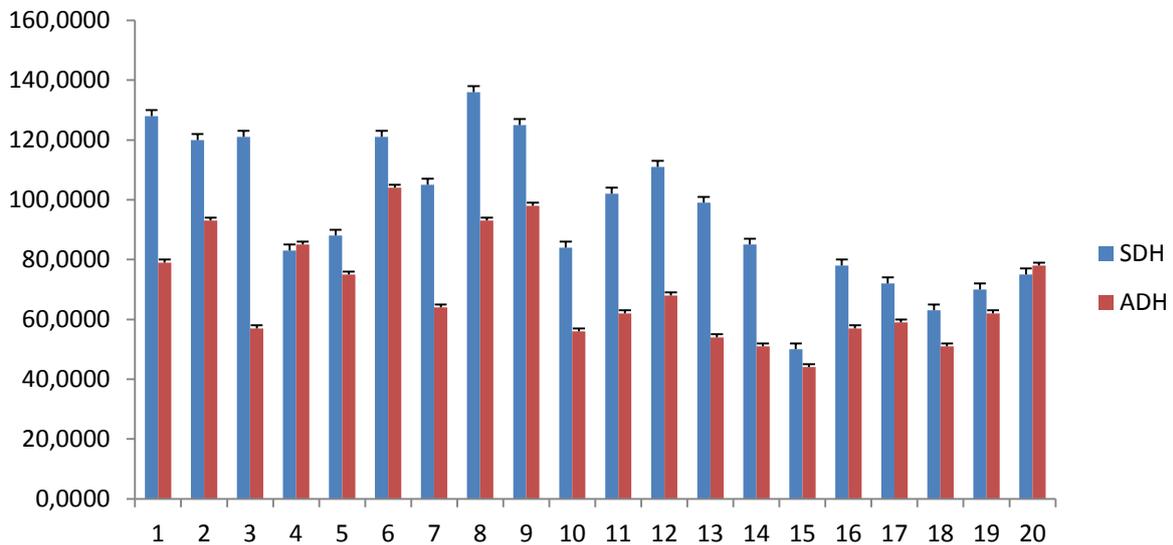


Figure 19 : le nombre de grain chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

Pour la deuxième campagne 2011-2012 au niveau du traitement ADH on remarque une variation du nombre de grain entre 71.8 grains chez la variété 18 et 40.3 grains obtenue par le génotype 16. Au niveau du traitement ADH, le nombre varie entre 74.5 grains observé chez la variété 05 et 38.3 grains obtenu par le génotype 19.

RESULTATS ET DISCUSSION

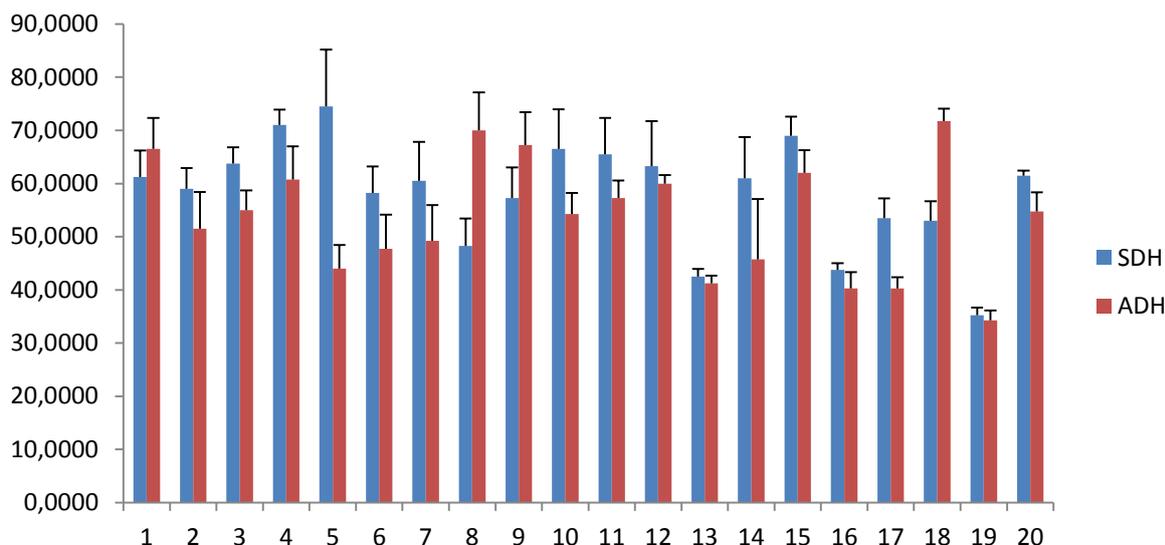


Figure 20 : le nombre de grain chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Pendant la campagne d'essai 2012-2013 le plus important nombre de grains au niveau du dispositif mené en sec est obtenu par le génotype 08 avec 67 grains. Le moins important nombre est remarqué chez la variété 02 avec 31.75 grains. Au niveau du traitement irrigué le nombre varie entre 63.25 grains (var.10) et 30 grains (var.13).

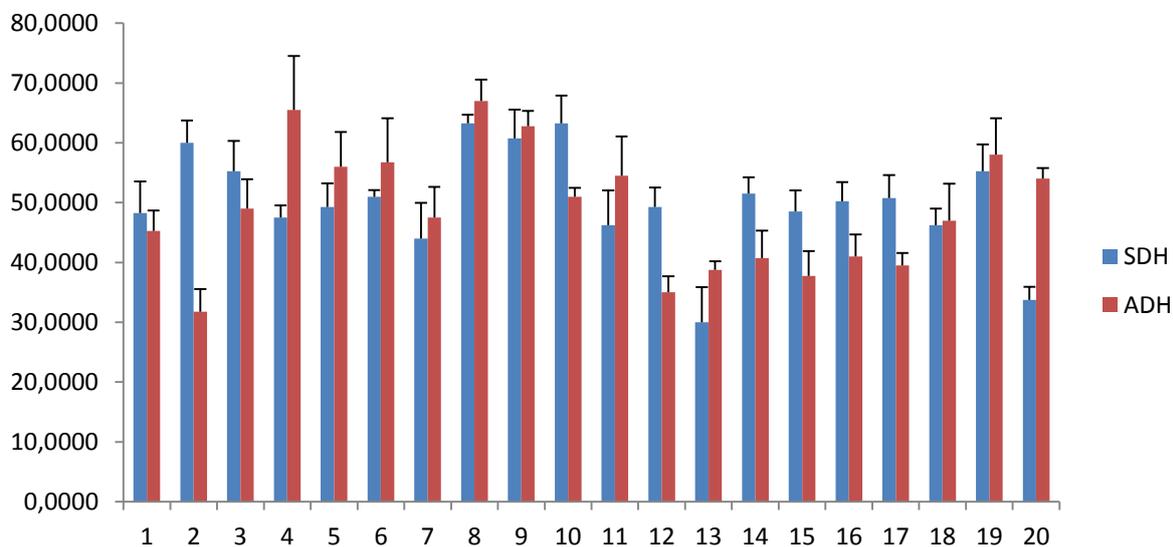


Figure 21 : le nombre de grain chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

RESULTATS ET DISCUSSION

I.7. Le poids de grain :

D'après les résultats (tab.08) on constate que le poids de grain est influencé par la nature des génotypes testés ($p < 0.00$). L'alimentation hydrique et l'année d'essai sont à l'origine de variations très hautement significatives ($p < 0.00$). Dans cette situation, une forte distinction génotypique est constatée dans le régime hydrique et durant les trois années d'études, et ceux suite à la présence de relation significative entre les trois facteurs ($p < 0.00$).

Tableau 08 : analyse de la variance du poids de grain durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|---------------|------------------------|
| Variété | 19225 | 0.000 |
| SH | 182572 | 0.000 |
| Année | 7001147 | 0.000 |
| Variété* SH | 4412 | 0.000 |
| Variété* SH* année | 4362 | 0.000 |

Pour la première année 2010-2011, les résultats moyens au niveau du traitement ADH montrent que le poids de grain varie entre 312 mg (var.06) et 132 mg (var.15). Ces résultats dans le traitement irrigué varient entre 408 mg enregistré par la variété 08 et 150 mg obtenu par le cultivar 15.

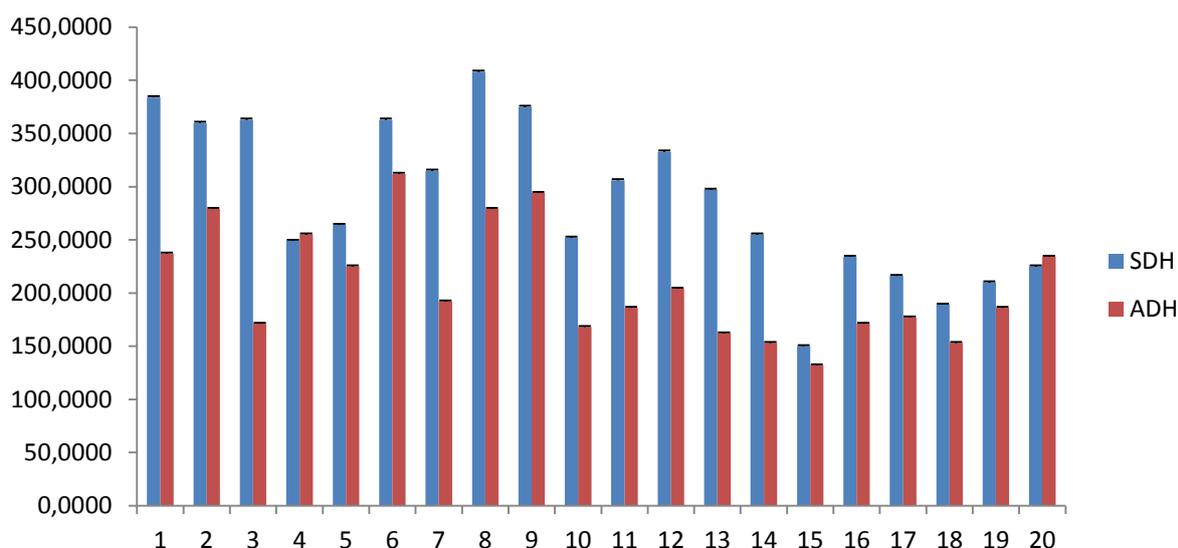


Figure 22 : le poids de grain (mg) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

RESULTATS ET DISCUSSION

Pendant la deuxième année d'essai 2011-2012 au niveau du dispositif mené en conditions pluviales, le poids varie entre 240 mg obtenu par la variété 18 et 109 mg chez la variété 10. Au niveau du lot irrigué, le plus grand poids est obtenu par la variété 08 avec 455 mg. Par contre le plus faible poids est reflété par la variété 19 avec 99 mg.

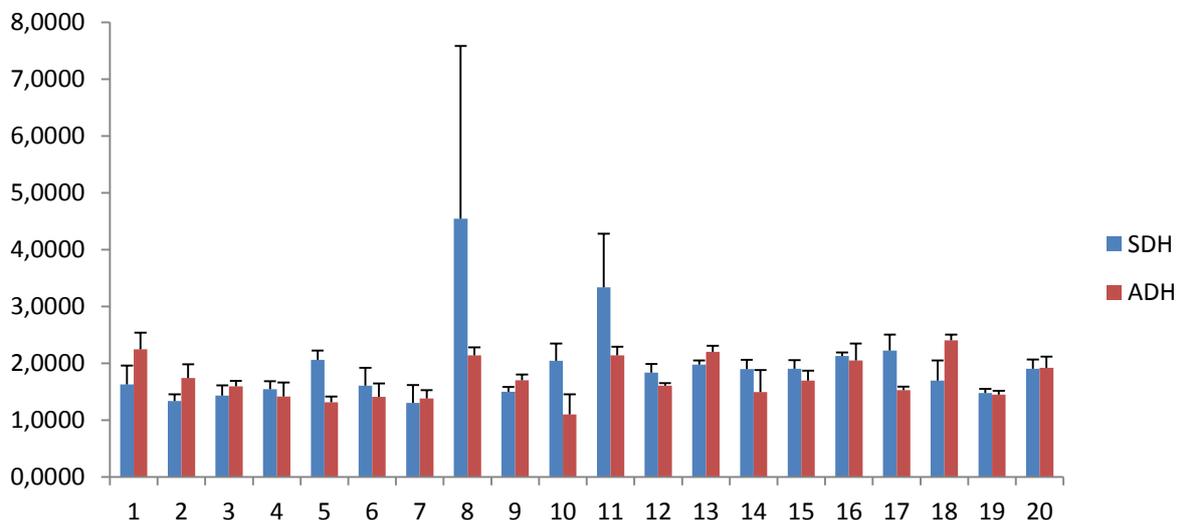


Figure 23 : le poids de grain (mg) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Les résultats de la dernière année d'essai 2012-2013 au niveau du lot sec, le poids de grains corrobore entre 290 mg (var.19) et 103 mg (var.14). A l'opposé, au niveau du traitement SDH, le cultivar 16 manifeste le plus important poids avec 434 mg. Par contre le génotype 13 se distingue parmi la collection conduite par le plus faible poids avec 125 mg.

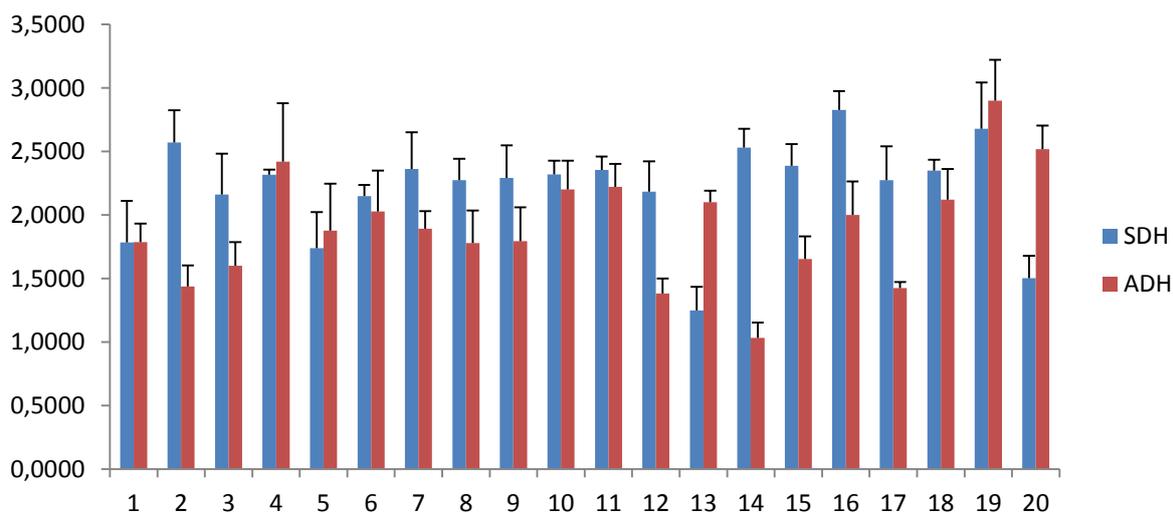


Figure 24 : le poids de grain (mg) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

RESULTATS ET DISCUSSION

I.8. Le nombre d'épi/m² :

L'analyse de la variance (Tab.09) montre que le nombre d'épi/m² présente des fluctuations très importantes à travers les variétés conduites ($p < 0.000$). La situation hydrique et l'année d'essai influent de façon très hautement significatives sur l'expression de ce paramètre ($p < 0.000$). L'interaction des facteurs variété*SH et des facteurs variété*SH*année est très significatif ($p < 0.000$).

Tableau 09 : analyse de la variance du nombre d'épi/m² durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|---------|-----------------|
| Variété | 699.0 | 0.000 |
| SH | 9674.9 | 0.000 |
| Année | 88019.2 | 0.000 |
| Variété* SH | 169.9 | 0.000 |
| Variété* SH* année | 113.9 | 0.000 |

Les résultats moyens de la première campagne d'étude 2010-2011 au niveau du traitement mené en sec montrent que le génotype 20 donne le nombre d'épi/m² le plus important avec 276 épi/m². Par contre la variété 17 inscrite le plus faible nombre avec 140 épi/m². Au niveau du traitement irrigué, ce nombre varie entre 246 épis (var.08) et 140 épis (var.13).

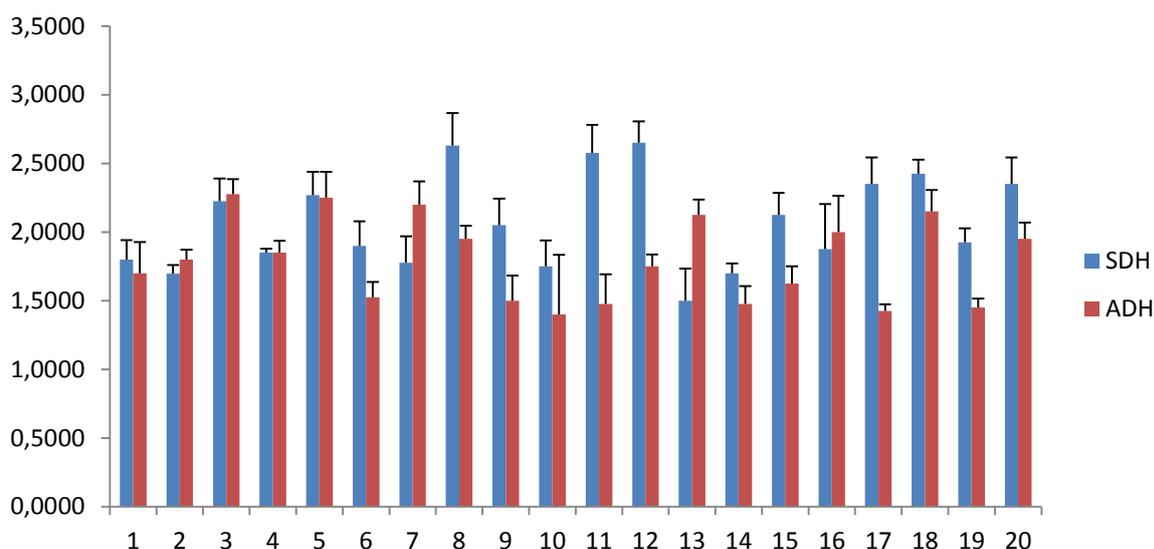


Figure 25 : le nombre d'épi/m² chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

RESULTATS ET DISCUSSION

Pendant l'année 2011-2012, les résultats au niveau du dispositif mené en sec stipulent que le nombre d'épi/m² varie entre 312 et 132 épi/m² obtenue respectivement par les génotypes 06 et 15. Ce nombre dans le lot irrigué varie entre 495 épi/m² (var.09) et 162 épi/m² donné par la variété 20.

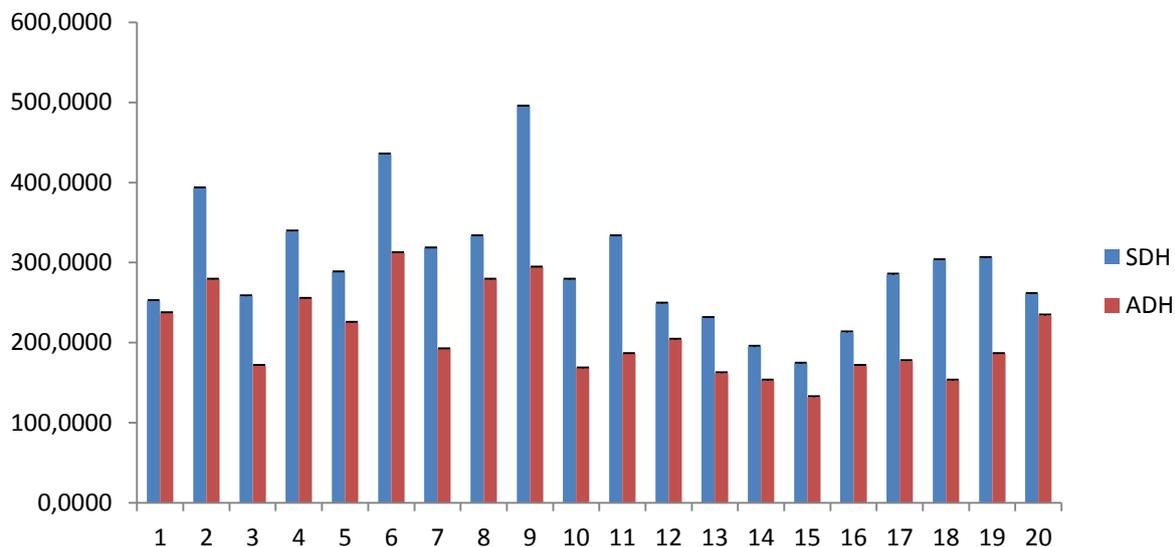


Figure 26 : le nombre d'épi/m² chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticumdurum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Pour la dernière campagne d'essai 2012-2013 au niveau du traitement sec, la variété 01 fournit le plus important nombre d'épi/m² avec 321 épi/ m² et le plus faible nombre est manifesté par la variété 12 avec 72 2épi/m. Au niveau du traitement irrigué le nombre corrobore entre 357 et 60 épi/m² donné respectivement par les génotypes 06 et 19.

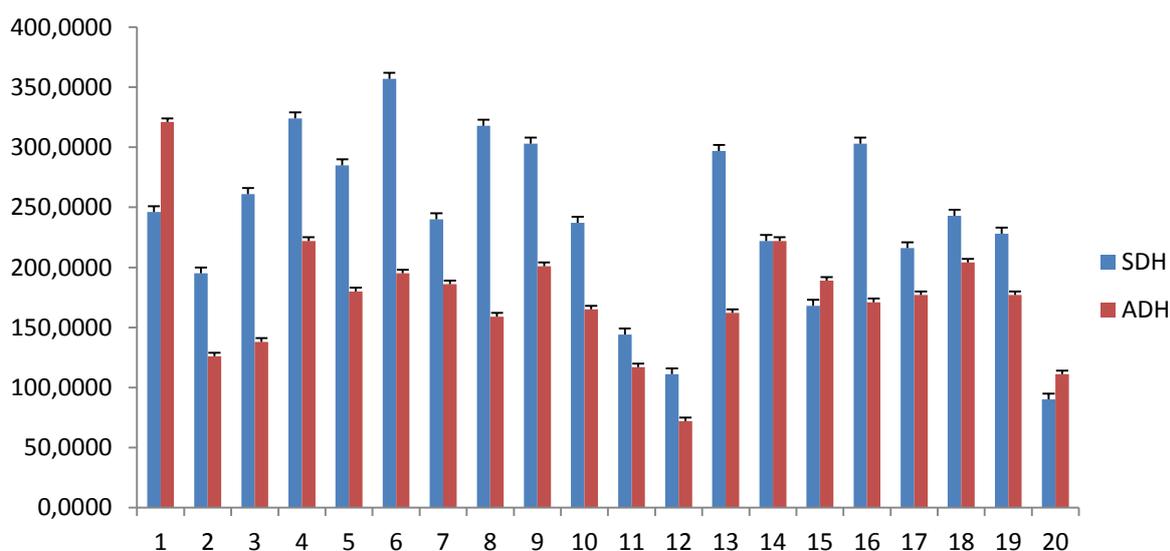


Figure 27 : le nombre d'épi/m² chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticumdurum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

RESULTATS ET DISCUSSION

I.9. Le poids de mille grains (PMG) :

L'analyse statistique des résultats (Tab.10) révèle l'existence de différence très hautement significative du PMG entre les géotypes étudiés ($p < 1\%$). La situation hydrique et l'année d'essai présentent une action hautement significative sur le PMG ($p < 5\%$). L'interaction de la variété*SH et de la variété*SH*année n'a aucune effet remarquable sur ce paramètre. Ceci prouve que les variétés testées se comportent de façon similaire à la déclaration de la contrainte hydrique et durant les trois campagnes d'études ($P > 5\%$).

Tableau 10 : analyse de la variance du PMG durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|--------|-----------------|
| Variété | 3.729 | 0.000000 |
| SH | 5.373 | 0.021006 |
| Année | 23.956 | 0.000000 |
| Variété* SH | 1.324 | 0.164 |
| Variété* SH* année | 1.224 | 0.177 |

Les résultats moyens durant la première année 2010-2011 au niveau du traitement sec montrent que le PMG varie entre 58.20g (var.18) et 34.75g (var.02). Pour le traitement irrigué ce paramètre varie entre 53.17 g et 32.75g obtenu respectivement par les géotypes 20 et 09.

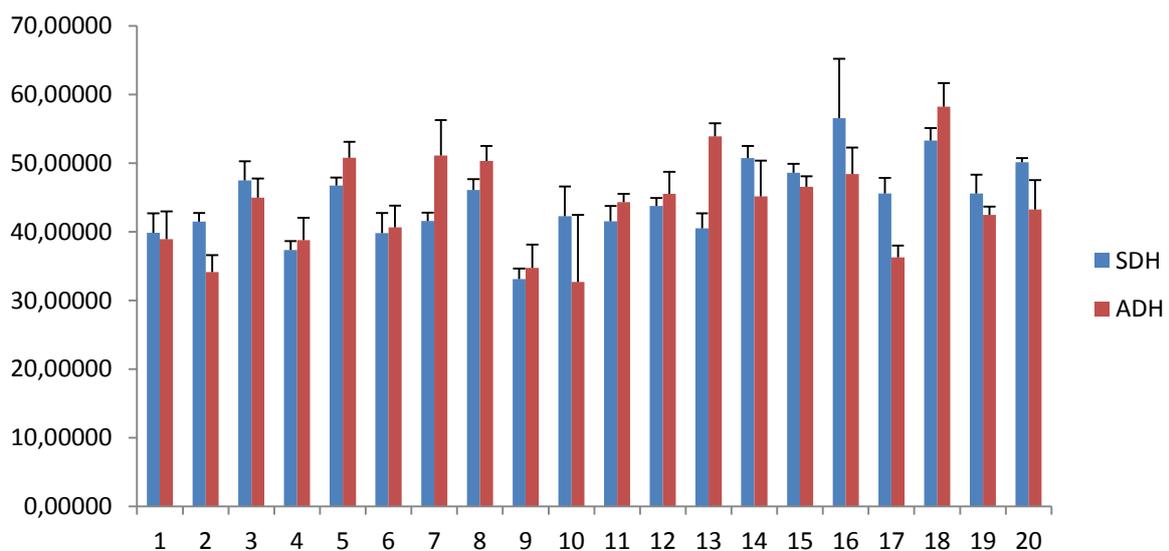


Figure 28 : le poids de mille grains (g) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de la deuxième année d'expérimentation 2011-2012 au du traitement sec, le poids de mille grains corrobore entre 53.31g (var.13) et 19.18g (var.10). Au niveau du lot irrigué, ce poids varie entre 97.74g obtenu par la variété 08 et 21.16 g enregistré par le génotype 07.

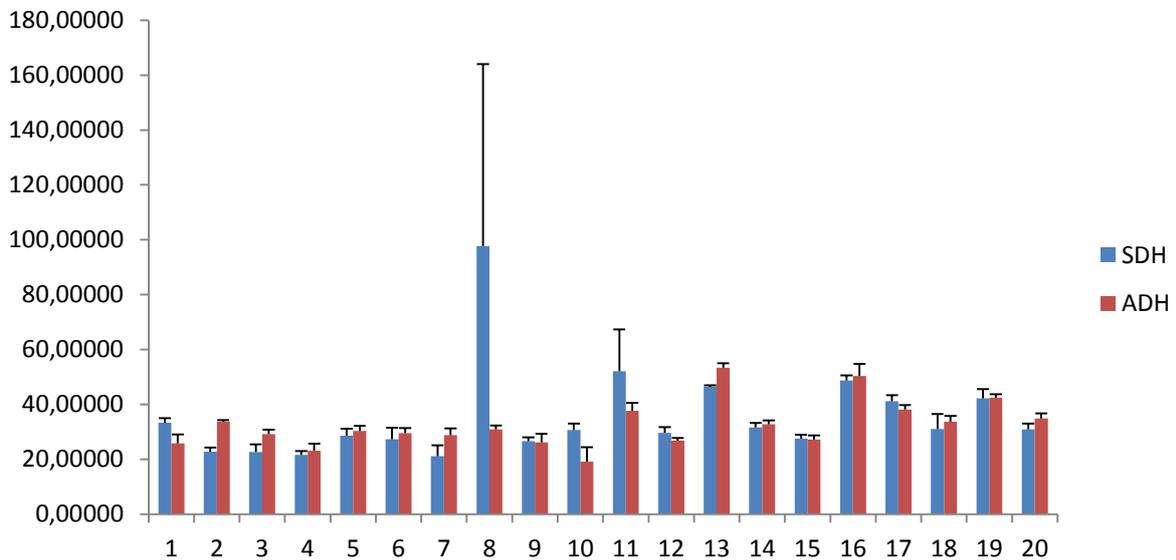


Figure 29 : le poids de mille grains (g) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Pendant la dernière année 2012-2013 au niveau du lot sec, le génotype 13 a obtenu le poids le plus important avec 54.25g, et le génotype 08 donne le plus faible poids avec 26.18g. Au niveau du traitement irrigué, le cultivar 07 donne le poids le plus important avec 55.08g. A l'opposé la variété 05 inscrite le plus faible poids avec 35.34g.

RESULTATS ET DISCUSSION

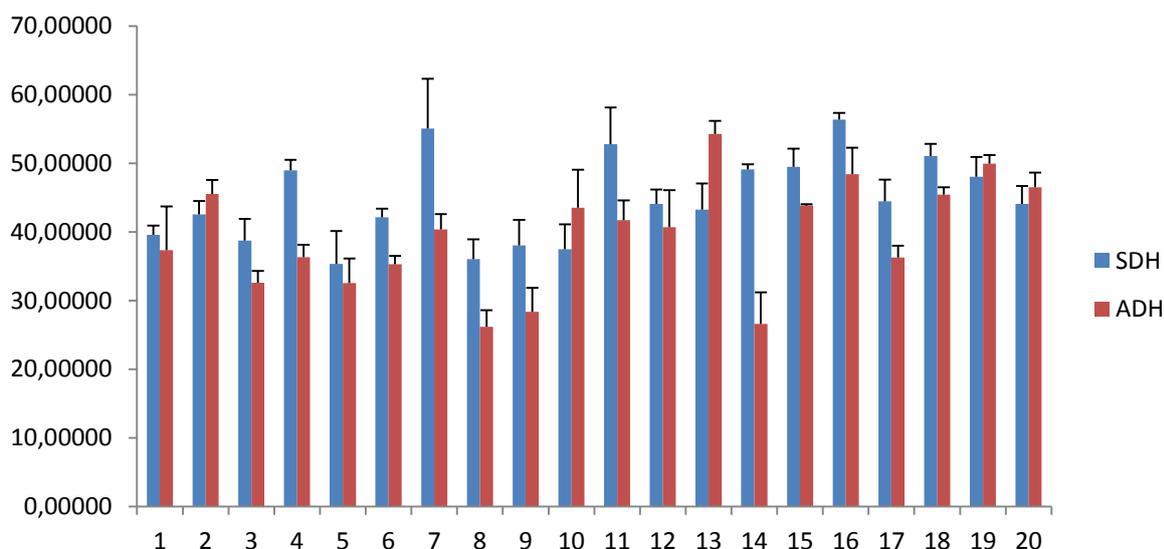


Figure 30 : le poids de mille grains (g) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

I.10. Le rendement/quintaux :

L'analyse de la variance (Tab. 11) montre que le rendement en grain dépend fortement des variétés testées ($P < 1\%$) d'un côté et de la situation hydrique ($P < 1\%$) d'un autre côté. Par contre les années d'études ne présente aucune signification notable ($p > 5\%$). L'interaction variété*SH affecte fortement le rendement ($p < 5\%$). à l'opposé l'interaction variété*SH*année n'influe que faiblement sur l'expression de ce paramètre ($P > 5\%$). Les variétés testées réagissent de la même façon en fonction de l'état hydrique et les années d'études.

Tableau 11 : analyse de la variance du PMG durant les trois campagnes (2010-2011, 2011-2012 et 2012-2013)

| | Test F | Probabilité (P) |
|--------------------|--------|-----------------|
| Variété | 3.729 | 0.000 |
| SH | 5.373 | 0.000 |
| Année | 23.956 | 0.090 |
| Variété* SH | 1.324 | 0.001 |
| Variété* SH* année | 1.224 | 0.607 |

RESULTATS ET DISCUSSION

L'examen des résultats moyens de la première campagne d'étude 2010-2011 au niveau du dispositif mené en sec montrent que le rendement le plus important est trouvé chez la variété 08 avec 5.80 qtx d'un côté et la variété 10 donne le plus faible rendement avec 2.49 qtx d'autre côté. Au niveau du traitement irrigué, les résultats de ce paramètre varient entre 10.02 qtx reflété par le génotype 08 et 3.09 qtx obtenu par la variété 10.

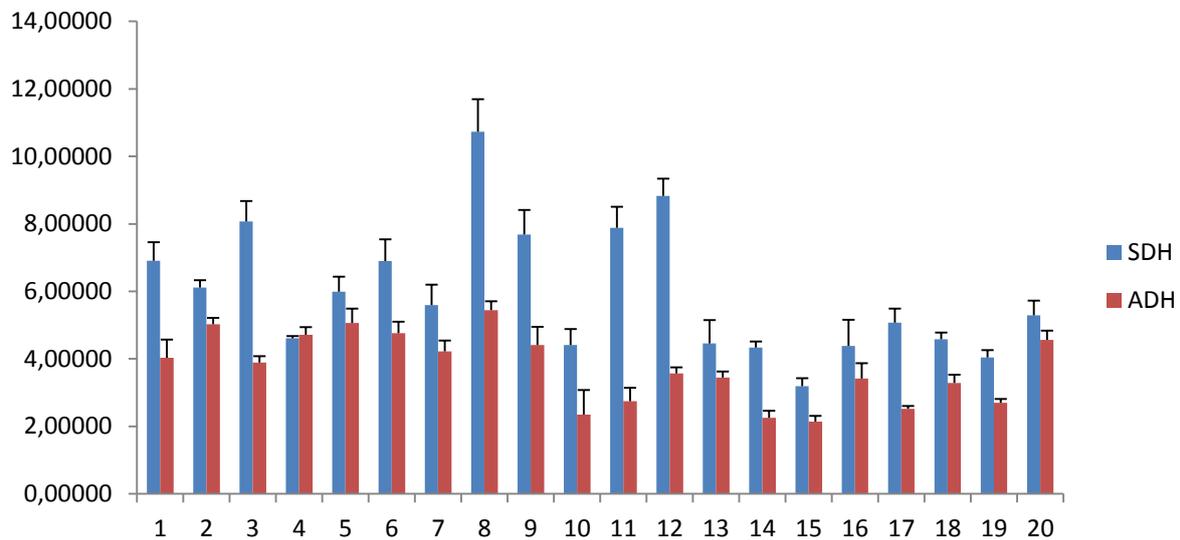


Figure 31 : le rendement (qtx) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2010-2011

La campagne 2011-2012 au niveau du lot sec, le rendement varie entre 5.96 qtx et 1.84 qtx dégagé respectivement par les variétés 08 et 10. Pour le traitement SDH, le plus important rendement est enregistré chez la variété 08 avec 15.13 qtx. Par contre le génotype 19 donne le plus faible rendement avec 3.12 qtx.

RESULTATS ET DISCUSSION

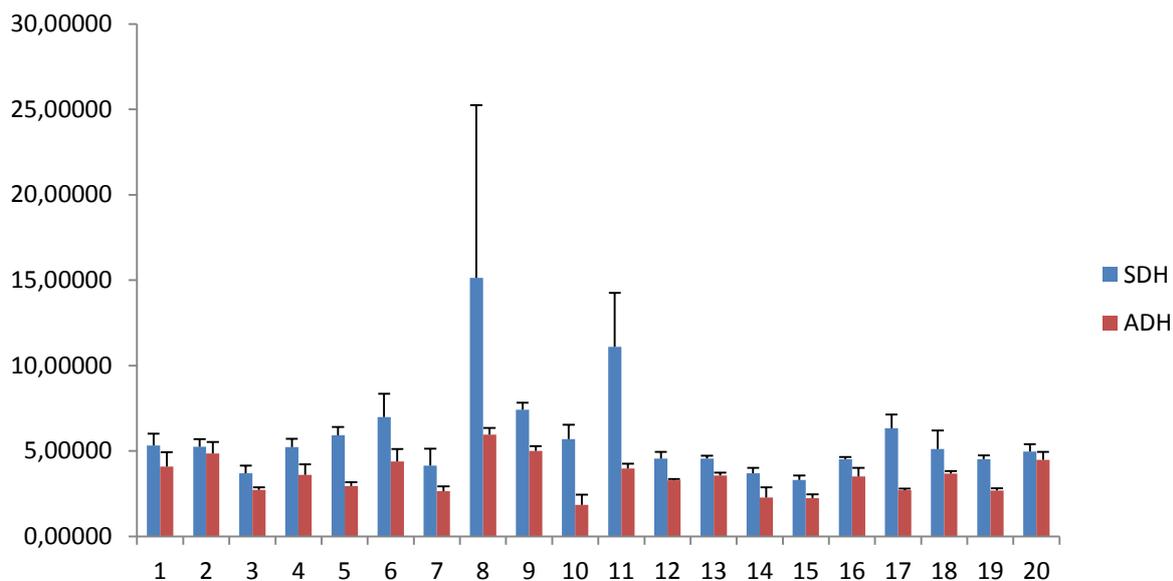


Figure 32 : le rendement (qt) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2011-2012

Pendant la dernière campagne d'expérimentation 2012-2013 au niveau du traitement sec les résultats moyens du rendement varient entre 5.74 quintaux dégagé par le cultivar 01 et 1.00 quintal obtenu par la variété 12. A l'opposé au niveau du traitement irrigué, le génotype 06 se distingue parmi la collection conduite par le plus important rendement avec 7.68 quintaux d'une part et la variété 19 se distingue parmi la collection conduite par le plus faible rendement avec 1.49 quintal.

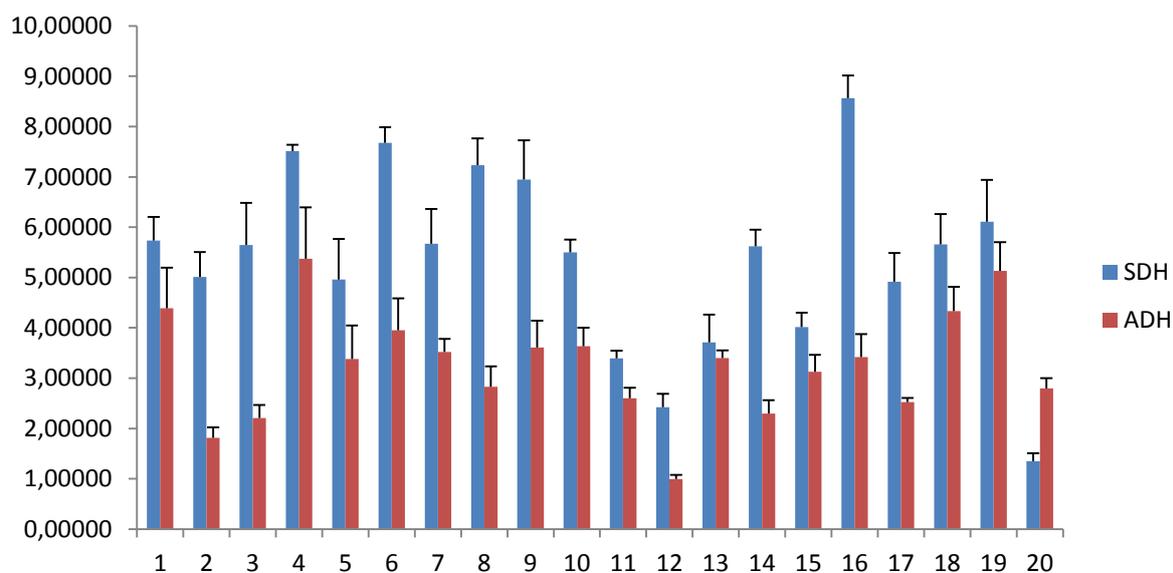


Figure 33 : le rendement (qt) chez les 20 variétés testées de blé dur (*Triticum durum* DESF.) durant la campagne 2012-2013

RESULTATS ET DISCUSSION

II. discussion des résultats :

La sécheresse est un stress abiotique qui affecte le rendement des céréales et sa stabilité dans le bassin méditerranéen. Du point de vue agronomique, l'adaptation à la sécheresse est la capacité d'une plante à maintenir un rendement à travers des environnements où les périodes de sécheresse, leurs durées et leurs intensités sont fluctuantes. Le rendement étant difficile à améliorer directement (faible héritabilité, fortes interactions génotype x environnement...) (Wang et *al.*, 2003).

La lecture des relations établies, montre que le déficit hydrique réduit fortement les niveaux du rendement en grains chez les génotypes testés. De leur côté les composantes du rendement se trouvent grandement déprimés par l'alimentation hydrique déficitaire constatée.

Les résultats obtenus, indiquent que l'absence d'irrigation s'est traduit d'une réduction importante des grandeurs de l'ensemble des paramètres morphologiques de la partie aérienne retenues. A cet effet, des relations négatives s'établissent entre le déficit hydrique et la hauteur de paille ($r = -0.36^*$), le dernier entre nœud ($r = -0.25^*$), le col nu de l'épi ($r = -0.47^{**}$).

De tels résultats s'expliqueraient par le fait que l'eau constitue l'élément fondamental de toute croissance végétative et toute carence en cet élément se solde d'une réduction de la croissance. Ainsi les résultats dégagés comme ceux constatés lors de nombreuses études (Planchon, 1974 ; Mecliche, 1983 ; Monneveux, 1992 ; Adda, 1996 ; Sahnoune, 2005) confirment cette constatation qui stipulent que l'alimentation hydrique limitante se solde principalement par une réduction de la masse végétative.

Diverses questions peuvent être posées quant à la stabilité des contributions des paramètres morphologiques dans le processus d'élaboration du rendement. Ainsi cet apport semble fluctuer à travers les campagnes de notre étude. Ces variations sont liées aux degrés d'influence auxquelles sont sujettes ces caractéristiques morphologiques.

A cours des trois campagnes caractérisées par des variations des paramètres environnementaux et notamment la nutrition hydrique, ces dernières subissent des influences grandement liées à leur perspicacité.

RESULTATS ET DISCUSSION

On note à cet effet que l'expression des paramètres phénotypiques est fortement régie par la nature de l'alimentation hydrique appliquée durant les trois campagnes. Cependant toute carence en la disponibilité de l'eau se traduit par une dépression tant importante des grandeurs de ces paramètres. A une synthèse des influences des régimes hydriques, il en ressort perpétuellement une action réductrice des paramètres retenus à la suite des déclarations des sécheresses au cours des différentes phases de développement de la céréale.

Les résultats obtenus démontrent visiblement que l'alimentation hydrique limitante réduit fortement les longueurs des différentes parties du chaume concernées par l'analyse. En effet, la comparaison des valeurs obtenues sous les deux régimes hydriques conduits illustre que la longueur de la tige, la longueur du col nu de l'épi et la longueur du dernier entre nœud sont réduites par le déficit hydrique. Cette constatation se confirme par les travaux de Gate (1995), qui trouve que sous les déficits hydriques c'est la hauteur de la plante qui sent le manque d'eau par le raccourcissement des entres nœuds (Luxmoore et al. 1981). L'intervention de la sécheresse pendant la montaison provoque le raccourcissement et la réduction des premières entre nœud et plus tardivement la longueur du dernier entre nœuds et celui du col de l'épi (cv Soissons 1994).

Le tallage épis est une composante essentielle du rendement en zones semi- arides et son rôle est particulièrement important en cas d'un déficit hydrique précoce très marqué (Chenu et al., 2011 ; Karrou et al., 2012). Le nombre de talle est influencé par les caractéristiques variétales et la contrainte environnementale. Ceci se confirme par la relation négative établie entre le déficit hydrique et la capacité de tallage des variétés testées ($r = -0.23$). En effet, le déficit hydrique induit une réduction du nombre de talle chez les variétés testées, cette baisse est d'autant plus importante que l'intensité du déficit hydrique s'accroît, elle est significative chez la variété 02

Selon Acevedo et al., 1991 ; Kholová et al., 2010a, un déficit hydrique a un effet très variable selon la période d'apparition. Dans les zones arides toutes les talles produites sous l'effet de la compétition hydrique n'arrivent pas à former des épis (Kholová et al., 2010b). Si le déficit hydrique apparaît pendant la période de tallage herbacé la vitesse d'émission des talles diminue et s'il s'accroît sévèrement il y a arrêt de tallage (Gate, 1995; Shou-Chen Ma et al., 2010 ; Zaman-Allah et al., 2011a et 2011b). Par ailleurs, une sécheresse au cours du mois précédant l'épiaison provoque une augmentation de la régression des talles.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus lors de cette recherche indiquent qu'une nette relation positive établie entre le nombre de talle et le peuplement épis ($r=-0.44^{**}$). Le nombre d'épis par plant est surtout lié au nombre de talles par plante (Shanahan *et al.*, 1985). Erroux (1974) indique que la pénurie d'eau et d'éléments nutritifs entraîne un avortement des épillets de la base et du sommet de l'épi. Selon Fonesca et Patterson (1968), la stérilité des épillets terminaux dépend du peuplement pieds et du coefficient de tallage, elle est fortement influencée par la densité du semis, le pourcentage de la levée et les caractéristiques variétales.

L'analyse des composantes du rendement des céréales est aujourd'hui un outil pour porter un diagnostic sur les systèmes de cultures en vue de leur amélioration (Meynard et Sebillote, 1994). Pour les deux traitements (sec et irrigué), la décomposition du rendement et ses composantes montre que le nombre de grain par épi, le nombre d'épi/m² pied et le poids de mille grains sont les composantes les plus déterminantes dans l'élaboration du rendement.

L'apparition d'un déficit hydrique au début de la montaison a pu réduire d'environ 10 à 25% le nombre d'épi, ce qui peut être compensé par des composantes ultérieures (Guerfi *et al.*). Cette compensation dépend du parcours d'élaboration du rendement et des processus physiologiques liés au génotype.

Cependant, le nombre de grain est un caractère étroitement lié avec le rendement en grain, pendant les trois compagnes et pour différents génotypes. Ceci est confirmé par la nette relation positive établie entre les deux composante de rendement ($r=0.34^{**}$). Ces résultats se trouvent largement confirmées par les nombreux travaux réalisés dans ce domaine. Grignac (1981), note que les valeurs optimales de grains par épi permettant l'obtention des rendements les plus élevés, en zone méditerranéenne. Plusieurs travaux ont rapporté une forte corrélation entre le rendement grain et le nombre de grain par épi (Bouzerzour et Benmahammed, 1991 ; Amin *et al.*, 1992 ; Bouzerzour et Benmahammed, 1995 ; Benmahammed, 1995).

Le poids de mille est un paramètre très important. Il est utilisé dans la sélection des variétés pour caractériser la grosseur et la densité des grains. Grignac (1981) précise que le poids de mille grains diminue lorsque la fertilité de l'épi augmente. Le PMG est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain d'un côté et de la nutrition azotée durant la maturation d'un autre côté. Un manque d'eau après floraison combiné aux températures élevées (conditions fréquentes chez nous) entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse

RESULTATS ET DISCUSSION

et/ou de la durée de remplissage ce qui se traduit par l'échaudage des grains. Les différences entre les variétés ont été significatives.

Le rendement en grains est la résultante de diverses composantes qui sont déterminées à différentes périodes du cycle de la plante (Belaid et *al.*, 2010). Chez les céréales, le rendement en grains dépend du génotype, de l'environnement et de la disponibilité en éléments minéraux du sol (Nemmar, 1983 ; Lobell et *al.*, 2011). Selon les résultats obtenus le rendement est affecté par le régime hydrique, les valeurs devient plus faible en conditions pluviales, cela est confirmé par la relation négative établie entre le régime hydrique et le rendement en grain ($r=-0.37^*$). Parmi les variétés testées la variété 15 marque le rendement le plus faible. En effet, Le rendement en grain est conditionné par le potentiel génétique de la variété, mais aussi par les conditions agro-climatiques et la conduite culturale. D'après Monneveux (1991), le choix de l'aptitude génétique du rendement comme un critère de sélection, s'avère justifiée la où les conditions du milieu permettent l'expression de cette aptitude. Par contre, dans des conditions de contraintes environnementales importantes, le rendement en grain ne peut pas être retenu comme critère de sélection.

CONCLUSION

CONCLUSION

Le travail entrepris se fixe comme objectifs la sélection des paramètres d'ordre divers impliquée dans la fonction de tolérance au déficit hydrique chez le blé dur. En situation de plein champ la liaison du rendement avec l'alimentation hydrique, seul paramètre climatique contrôlé dans cette étude, démontre que l'importance du manque d'eau à ce que nous prétendons être l'optimale s'accompagne d'une dépression du rendement en grains importante. Dans cette situation il nous est permis de démontrer que le facteur hydrique représente un élément environnemental capital réagissant la formation du rendement chez cette espèce. Néanmoins son impact reste variable sur les variations des niveaux de la variabilité expérimentée de l'espèce. Il en ressort ainsi que les variations des différentes potentialités génotypiques évoquent des domaines où seront définies les différents mécanismes d'adaptation permettant ces distinctions.

Dans ce contexte les paramètres morphologiques retenus lors de cette étude en constituent des éléments de référence. L'exposé de la contribution des paramètres morphologiques dans la tolérance au déficit hydrique nécessite une attention particulière. Les résultats récoltés à travers les différentes campagnes démontrent que certains de ces caractéristiques présentent une stabilité quoi qu'il soit d'ordre vacillant mais convergent toujours à une même tendance.

Nos résultats évoquent le rôle important de la partie de la paille située au-dessus du dernier entre nœud dans la formation du rendement en conditions de sécheresse. En effet la hauteur de la paille favorise l'amélioration du rendement. L'accroissement de la paille de la plante entraîne une augmentation du rendement due à une influence directe car son élaboration est le résultat de la formation et la qualité du grain. Ces deux processus dépendent de deux phénomènes compensatoires, la photosynthèse courante et la migration des réserves par translocation à partir de la tige principalement.

L'importance de la longueur du dernier entre nœud et du col de l'épi dans l'alimentation du rendement en conditions sèches se trouve confirmée dans ce travail. Les résultats indiquent qu'on favorise la sélection d'une longueur importante de ces deux organes. Cela contribue à assurer un bilan métabolique positif à la plante, qui est la conséquence d'une forte activité photosynthétique courante et le transfert rapide des réserves compte tenu du positionnement de ces organes à proximité de la graine.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

- Abbassene, F., Bouzerzour, H., Hachemi, L., (1997).** Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride. Annales Agronomique Institut National Agronomiques, El Harrach, 18:24-36.
- Acevedo, E. (1989).** Improvement of winter wheat crops in Mediterranean environments Use of yield, morphological traits. Dans : Physiology Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. *Les Colloques de l'INRA*, 55 : 273-305.
- Acedo, E., Ceccarelli, S., (1978).** Role of physiologist-breeder in a breeding program for drought resistance conditions. In Baker F.W.G. (ed.) drought resistance in cereals, Wallingford, U.K., 117-139.
- ADE, (2000).** Le marché mondial du blé dur et la place de l'Union Européenne. Rapport D'évaluation de la politique Communautaire du blé dur, 30.p.
- Adda A., 2006-** Etude des mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat, p.179.
- Adda A., Sahnoune M., Kaid-Harche M., Merah O., 2005 -** Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. C.R. Biologies III. Edit. Plant Biol. Path. Vol. 328, pp 918-927.
- Al Hakimi A, Monneveux P, Deleens E., 1996 -** Selection response for carbon isotope discrimination on a *Triticum polonicum* x *Triticum durum* cross : potential interest for improvement of water efficiency in durum wheat. Edit. Revue Plant Breed, Vol. 115, pp 122 - 126.64). p 276-297.
- Adjabi, A., Bouzerzou, H., Lelarge, C., Benmahammed, A., Mekhlouf, A., Hanachi, A., (2007).** Relationships between grain yield performance, Temporal Stability and Carbon Isotope discrimination in Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under Mediterranean conditions, Journal of Agronomy, 6(2) : 294-301.
- Akkaya, A., Dokuyucu, T., Kara, R., Akcura, M.,(2006).** Harmonization ratio of post- to pre-anthesis durations by thermal times for durum wheat cultivars in a Mediterranean environment, pp 404-408. Allard, R.W. and Bradshaw, A.D., (1964). Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci*, 4 : 503-508.
- Ali Dib t., Monneveux P., 1992-** Adaptation à la sécheresse et notion d'idiotype chez le blé dur I. Caractères morphologiques d'enracinement. Edit. Agron. Vol. 12, pp 371-379.
- Ali Dib, T., (1992).** Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de blé dur. Etude de la diversité de caractères physiologiques d'adaptation. Thèse de doctorat ; Montpellier, 196.p

- Amokrane A., Bouzerzour H., Benmahammed A. & Djekoun A. 2002.** Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. Sciences et Technologie. Univ. Mentouri. Constantine. N° spécial D:33 -38 p.
- Austin R.B., 1989.** Maximizing crop production in water limited environments. In: drought resistance in cereals F.w.G Baker ed. Cab international. Pp13-25.
- Bagga A.K., Ruwal K.N. & Asana R.D. 1970.** Comparison of some Indian and semi-dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation. *Indian J. agric. Sci.* 40: 421- 427 p.
- Bahlouli F., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, K.L. Hassous. 2005.** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy* 4:360-365p.
- Bajji M. 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variant somaclonaux sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ .Louvain
- Bédrani S. 2004.** Stratégie et politiques agricoles des pays du Maghreb central. *C.R. Agric.* 87: 179-188p.
- Ben Naceur M., Gharbi M.S. & Paul R. 1999.** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*. 10:27- 33p.
- Ben Salem M., Boussen H. & Slama A. 1997.** Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF /U R E F).Orsay. *Sécheresse*. 2: 75- 83 p.
- Ben-Hammouda M., Boubaker M., 2000 -** Production du blé dur en fonction de la variété et du régime hydrique en Tunisie. Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures. Volume 9, Numéro 6, pp511-514.
- Benlaribi M., 1990-** Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* de Desf) études des caractères morphologiques et physiologiques, Thèse doctorat d'état. Université de constantine. 164p.
- Bensalem M., 1993-** Etude comparative de l'adaptation a la sécheresse du blé, de l'orge et du triticale. In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier, 15-17 Décembre 1992. Edit. INRA, Paris, 1993.
- Bernard R. 2006.** L'eau et la vie. (éd) *Dauphin*. Paris : 13- 59 p.

- Blum A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20: 135 - 148 p.
- Bootsma A., Boisvert J.B., Dejong R. & Baier W. 1996.** La sécheresse et l'agriculture canadienne. *Sécheresse* : 277 - 285 p.
- Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R. 2005.** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC
- Clark J.M., Norvell W.A., Clark F.R. & Buckley T.W. 2002.** Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie*. 82: 27-33 p.
- Creelman R.A & Mullet J.E. 1991 .** Water deficit modulates gene expression in growing zones of soybean seedlings. Analysis of differentially expressed cDNAs, a new β -tubulin gene, and expression of genes encoding cell wall proteins. *Plant Mol Biol*. 17:591- 608 p.
- Djekoun A. & Planchon C. 1991.** Tolerance to leaf water potential in soybean genotypes. *Euphytica*. 55: 247 - 253 p.
- Eagles, H.A., Bariana, H.S., Ogonnaya, F.C., Rebetzke, G.J., Hollamby G.J., Henry, R.J., Henschke, P.H., Carter, M., (2001).** Implementation of markers in Australian wheat breeding. *Aust. J. Agric. Res.* 52 (11-12): 1349-1356.
- El Hafid, R., (1996).** Morphological and physiological traits associated with early-season drought resistance in durum wheat. Ph.D. dissertation, Colorado State University, USA.
- El Mourid, M., (1988).** Performance of wheat and barley cultivars under different soil moisture regimes in a semi-arid region. PhD dissertation, Iowa State University.
- Elhani, S., Martos, V., Rharrabti, Y., Royo, C., Garcia del Moral, L.F., (2007).** Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grain yield and its components grown in Mediterranean environments, *Field Crops Research* 103: 25-35.
- Fabriani G. & Lintas C. (éd).** *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16 p.
- Falconer, D.S., (1982).** Introduction in quantitative genetics. Eds. Longman group. NY. 340 p. Falconer F.S., McKay, M.R., (1998). Introduction to Quantitative Genetics. Sixth edition. Longman, Harlow, UK.
- FAO. 2002.** Conseil international des céréales. International Grains Council. *World Grains Statistics*: 13-17 p.

FAO. 2007. Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).

FAOSTAT. 2007. Statistical database of the food and agriculture organisation of the United Nations.

Feil, B., (1992). Breeding progress in small grain cereals- a comparison of old and modern cultivars plant Breed. 108: 1-11.

Feillet P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. *INRA*. Paris.

Feldman M. 1976. Taxonomic Classification and Names of Wild, Primitive, Cultivated, and Modern Cultivated Wheats. Dans : Simmonds, N.W. (éd.), *Evolution of Crop Plants*.

Feldman M. 2001. Origin of Cultivated Wheat. In **Bonjean A.P. et W.J. Angus.** (éd.). *The World Wheat Book: a history of wheat breeding*. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 3-58 p.

Feldman, M., (2001). Origin of cultivated wheat. In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (eds.). *The world wheat book-A history of wheat breeding*. Lavoisier Publishing; Paris; France. Pp.3-55.

Fellah, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Djekoun, A., (2002). Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). Actes de l'IAV, Hassan II (Maroc) 22: 161-170.

Feuillet, C., Travella, S., Stein. N., (2003). Map-based isolation of the leaf rust disease resistance gene Lr10 from the hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) genome. Proc Natl Acad Sci. USA, 100: 15253– 15258.

Finlay, K.W., Wilkinson, G.N., (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Aust. J. Agric. 14: 242-254.

Fisher, R.A., Maurer, R., (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res, 29: 697-912.

Fossati, D., (1997). Définition d'idéotypes pour le triticale. *Revue suisse Agric.* pp, 291- 296.

Gaillais, A., (1990). Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Masson, Paris, 588p.

Gonzalez, A., Martin, I., Ayerbe, L., (1999). Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Res*; 62: 23-34.

Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé, Ed . Lavoisier, Paris, techniques et documentation, 429p.

Grignac, P., (1973). Relation between yield, yield components and some morphological characters. Genetics and breeding of durum wheat symp. Bari, 275-284.

- Haddad, L., (2009).** Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. *Mémoire de Magister*, Département Agronomie, Faculté des Sciences, UFAS, 70.pp.
- Hadjchristodoulou, A., (1987).** The effects of optimum heading date and its stability on yield and consistency of performance barley and durumwheat in dry areas. *J. Agri. Sci. (Camb)*. 108: 599-608.
- Hadjchristodoulou, A., (1985).** Stability performance of cereals in low rainfall areas as related to adaptive traits. In: *Drought tolerance in winter cereals*. Srivastava, JP., Porceddu, E., Acevedo, E., Varma, S. ed ; John Wiley and Sons, U.K, pp: 191-200.
- Harrad, F., (2005).** Contribution à l'établissement d'un itinéraire technique pour la mise en place du blé dans les zones sahariennes (ADRAR) en irrigué effet de la succession des outils aratoires sur le développement de la plante. Harrad ITGC, Siège.
- Henchi, B., (1987).** Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albens*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.
- Hospital, F., (2001).** Size of donor chromosome segments around introgressed loci and reduction of linkage drag in marker-assisted backcross programs. *Genetics* 158(3), 1363-1379.
- Hsissou D. 1994.** Sélection *In vitro* et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R., Gornicki, P., (2002).** Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the *Triticum/Aegilops* complex and the evolutionary history of polyploid wheat. *Proceedings of the national academy of science of the USA* 99: 8133-8138.
- INRA. 2000.** La résistance des plantes à la sécheresse. Centre de Montpellier.
- Jones H.G., Flowers T.J. & Jones M.B. 1989.** *Plants Under Stress*. Univ. Cambridge.
- Kantety, R.V., Diab, A., Sorrells, M.E., (2005).** Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au Maroc In: *Conxita*,
- Karrou, M., (2000).** Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au Maroc Département d'Agronomie, CRR-ANRA, B.P. 589, Settat, Maroc, pp : 559-567.
- Karrou, M., El Mourid, M., Boulal, H., Boufirass, M., El Gharous, M., (2001).** *Ecophysiologie des céréales en zones semi-arides*. Rabat : Institut national de la recherche agronomique du Maroc.

- Keller, B., Feuillet, C., Yahiaoui, N., (2005).**Map-based isolation of disease resistance gene from bread wheat: cloning in a super size genome. *Genetical research (Camb)* 85: 93-100.
- Kemeli, A., and Losel, D.M., (1996).**Growth and sugar accumulation in durum wheat under water stress. *New phytol.* 132: 57-62.
- Kimber, G., and Sears, E.R., (1987).** Section 5A: Evolution in the genus *Triticum* and the origin of cultivated wheat. In: Heyne (ed.). *Wheat and wheat improvement*. American Society of Agronomy, Inc. USA. pp. 154-164.
- Krause G.H & Weis E. 1991.** Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Ann. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 313 -349 p.
- Laberche J-C . 2004.** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale. Dunod.* 2e (éd). Paris: 154 -163 p.
- Laumont , P., Erroux, J., (1961).** Inventaire des blés durs rencontrés en Algérie. *Mem. De la soc. D'histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 5 : 96 p.
- Laumont P., J. Erroux. 1961.** Inventaire des blés durs rencontrés et cultivés en Algérie. *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* 5 : 1- 96
- Leclerc J.C. 1999.** Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint Etienne.
- Lev-Yadun S., Gopher A. & Abbo S. 2000.**The cradle of agriculture. *Science.* 288 : 1602-1603p.
- Longman, Londres: 120-128 p.
- Longman, Londres: 120-128 p.
- M.A.D.R. 2007.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Annuaire statistiques, Série B.

ANNEXES

Annexes

Tableau 01 : Origine du matériel végétal utilisé.

| N° | Variétés ou lignées | ORIGINE |
|----|--|--------------|
| 01 | WAHA | ICARDA |
| 02 | SORA/2*PLATA-12//RASCON-37/4/ARMENT//SRN-3/... | ICARDA |
| 03 | LHNKE//GS/STR/3ALTAR84/4/FOCHA-1/5/TILO-1/... | ICARDA |
| 04 | TOPDY-18/FOCHA-1//ALTAR84/3/GUANAY/... | ICARDA |
| 05 | LLARETA LNIA/GUANAY//RASCON-37/2*TARRO-2 | ICARDA |
| 06 | PLAYERO/6/MALMUK-1/SERRATOR-1/5/CHEN/... | ICARDA |
| 07 | CBC509CHILE//SOOTY-9/RASCON-37/9/... | ICARDA |
| 08 | ARTICO/AJAIA-3//HUALITA//3/2*SOMAT-4/INTER-8 | ICARDA |
| 09 | AJAIA-12/F3LOCAL (SEL ;ETHIO,135,85)/... | ICARDA |
| 10 | ZHONG ZUO/2*GREEN-3//SORAL/2*PLATA-12/3/... | ICARDA |
| 11 | SOOTY-9/RASCON-37/3/ STOT//ALTAR84/ALD | ICARDA |
| 12 | ACSAD1359 | ACSAD |
| 13 | ACSAD1365 | ACSAD |
| 14 | ACSAD1371 | ACSAD |
| 15 | CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/PLATA_12/5/STOT//... | CIMMYT |
| 16 | CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/... | CIMMYT |
| 17 | PLATA_6/GREEN_17/3/CHEN/AUK//BISU*2/5/PLATA_3//CREX/. | CIMMYT |
| 18 | LMBB/OFRONTO | ICARDA |
| 19 | GLOIRE DE MONGOLFIER (RAHOUIA) | Locale |
| 20 | SIMETO | IEC (Italie) |

Abstract

Water stress is the major environmental stresses that affect agricultural production worldwide, especially in Mediterranean conditions. Field experiments were conducted over three seasons (2010-11, 2011-12 and 2012-13) using twenty durum wheat genotypes varying in grain yield in the Tiaret region (Western Algeria). The main objective of this study is to relate the wheat yields of the different genotypes with season and other plant traits.

Yield variability between sites was mostly due to rainfall, with variability between cultivars within a site being due to season.

The observations concern the effects of season constraints on wheat yield and traits associated with it. Results confirm particularly that correlations between yield and associated characters exist and that various genotypes respond differently with the season. Improved genotypes and precocious ensure the best yield. The early stage of heading is a trait often sought in Mediterranean areas, since it allows to avoid the terminal water deficit or deficiency.

Key words: Durum Wheat, season, field, grain yield, growth traits, genotype.

Résumé

Le déficit hydrique est considéré comme un facteur limitant dans l'élaboration du rendement dans les zones semi aride. La recherche des génotypes résistants à la sécheresse constitue un objectif principal des programmes de sélection et d'amélioration au niveau de ces zones. L'étude a porté sur la comparaison de quelques paramètres morphologiques et phénologiques en plein champ mené sur 20 génotypes durant trois campagnes d'essais 2010-2011 et 2011-2012 et 2012-2013.

Les résultats obtenus, indiquent que l'absence d'irrigation s'est traduit d'une réduction importante des grandeurs de l'ensemble des paramètres morphologiques de la partie aérienne retenues. L'expression des paramètres phénotypiques est fortement régie par la nature de l'alimentation hydrique appliquée durant les trois campagnes.

Les résultats obtenus montrent que le déficit hydrique réduit fortement les niveaux du rendement en grains chez les génotypes testés.

Mots clés : Déficit hydrique, blé dur, morphologie, sélection, adaptation, amélioration.

ملخص:

يعتبر النقص المائي أهم عامل متسبب في انخفاض المردود الزراعي في المناطق شبه الجافة البحث عن أصناف مقاومة للجفاف يشكل موضوع أساسي في برامج التنقية و التحسين في هذه المناطق. البحث المقدم يعتمد على دراسة بعض الخصائص المورفولوجية عند 20 صنف من القمح الصلب طيلة ثلاث سنوات من التجارب 2011-2010، 2012-2011 و 2013-2012.

النتائج المحصل عليها تبين ان النقص المائي له تأثير كبير على انتاج الحبوب عند هذه الاصناف المجربة كما تبين أن ارتفاع المردود الزراعي ناتج عن زيادة القسم الهوائي للنبات والمكونات الأساسية للمردودية الزراعية. **كلمات جوهرية:** نقص مائي، قمح صلب، مورفولوجية، تحسين.