

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

IMESSAOUDENE Manel

YAMINI Ferial

Thème

**L'étude des mécanismes d'évitement des contraintes du déficit
hydriques chez le blé tendre (*Triticum aestivum*)**

Soutenu publiquement le 30/06/2024

Jury:

Président: Mr BOUBKEUR Abdelaziz

Encadrant: Mr ADDA Ahmed

Examinatrice : Mme BOUZID Assia

Grade

MAA

Professeur

MCB

Année universitaire 2023-2024

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir donné la force, la patience, le courage, l'enthousiasme, l'énergie et la santé pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement:

Notre promoteur « Mr ADDA Ahmed » pour son encadrement de qualité, pour ses encouragements, son soutien, pour ses précieux conseils tout le long de réalisation de notre

mémoire. Merci de nous avoir guidées avec patience

nous souhaitons exprimer notre gratitude envers les membres respectés du jury

nous remercions Monsieur BOUBKEUR .A ,président du jury pour présider la soutenance

nous sommes reconnaissantes envers Madame BOUZID .A , examinatrice ,pour avoir accepté d'évaluer notre travail .

Dédicace

A,mes très chers parents , source de vie , d'amour et d'affection , qui mon

donner une éducation digne de la personne que je suis aujourd'hui

A ma chère sœur ZOHRA source de joie et de bonheur , ceci est ma profonde

gratitude pour ton éternel amour , que se rapport soit le meilleur cadeau que

je puisse t'offrir

A mes sœurs de coeur , tous particulièrement NANOU, SAMOUHA , MANEL

chère amie avant d'être binome

A mon ami ABDOU , pour son soutiens morale et sa présence durant tous

mon parcours

YAMINI Ferial

Dédicace

A mes très chers parents ,

En témoignage de ma gratitude ,si grande qu'elle puisse être , pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien être et le soutien qu'ils m'ont prodigué tout le long de mon éducation.

A la mémoire de ma chère grand –mère paix à son âme et qui priait bien pour moi

A mes frères et ma sœur ,

Pour leur encouragement ,et leur bonté qu'ils m'ont accordé ,j'exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect.

A tous mes sœurs de cœur ,

Amel ,karima , wafaa, lamis ,mounira , et ma très chère binome feriel ,qu'ils trouvent en ce travail 'l'hommage de ma gratitude ,pour leur attachement durant ces longues années

A mon très cher ami ibrahim ,qui m'a porté aide tout au long de ce travail

IMESSAOUDENE Manel

Résumé

Le déficit hydrique représente le principal stress abiotique responsable des faibles rendements chez le blé. La conduite d'un matériel végétal tolérant constitue l'une des solutions pour lutter contre la sécheresse. Toutefois, la création de génotypes intégrant cette particularité, impose l'établissement des critères de leur création et sélection. Le travail réalisé verse dans cette stratégie et qui consiste à définir certains paramètres impliqués dans la fonction de résistance à la sécheresse chez le blé tendre. A cet effet, six génotypes d'origines différentes ont été conduits en conditions contrôlées et soumis à deux régimes d'alimentation hydrique, avec et sans déficit hydrique. Différents paramètres morphologiques et micro-morphologiques ont été étudiés et leur implication dans la tolérance au déficit hydrique a été évaluée. Ainsi, l'élongation de racines sous les conditions hydriques déficientes serait un critère déterminant dans la préservation d'un état hydrique optimal des plantes conduites. Les particularités micro-morphologiques du limbe de la feuille détiennent également une part valorisable dans la gestion de la perte d'eau par transpiration à l'échelle de la partie aérienne. On note que le blé tendre rassemble une variabilité génétique assez large pour être utilisée dans la création de génotypes plus tolérants à la sécheresse.

Mots Clés : déficit hydrique, la sécheresse, blé tendre, Paramètres morphologiques, Paramètres, micro-morphologiques.

Abstract

Water deficit represents the main abiotic stress responsible for low yields in wheat. Developing tolerant plant material is one of the solutions to combat drought. However, the creation of genotypes incorporating this trait requires the establishment of criteria for their creation and selection. The work carried out falls within this strategy and aims to define certain parameters involved in drought resistance in soft wheat. To this end, six genotypes of different origins were grown under controlled conditions and subjected to two water supply regimes, with and without water deficit. Various morphological and micro-morphological parameters were studied, and their role in water deficit tolerance was evaluated. Thus, root elongation under deficient water conditions would be a determining criterion in maintaining an optimal water status in the cultivated plants. The micro-morphological characteristics of the leaf blade also play a valuable role in managing water loss through transpiration at the aerial part level. It is noted that soft wheat has a sufficiently broad genetic variability to be used in creating more drought-tolerant genotypes.

Keywords: water deficit, drought, soft wheat, morphological parameters, micro-morphological parameters.

ملخص

يمثل نقص المياه العامل الرئيسي للإجهاد غير الحيوي المسؤول عن تدني المحاصيل في القمح. يعتبر تطوير مواد نباتية تتحمل الجفاف أحد الحلول لمكافحة هذه المشكلة. ومع ذلك، يتطلب إنشاء الأنماط الجينية التي تتميز بهذه الخاصية تحديد معايير إنشائها واختيارها. يندرج العمل المنجز ضمن هذه الاستراتيجية، حيث يتمثل في تحديد بعض المعايير المتعلقة بوظيفة مقاومة الجفاف في القمح الطري. لهذا الغرض، تم استخدام ستة أنماط جينية من أصول مختلفة تحت ظروف محكومة، وتم تعريضها لنظامين مختلفين من إمداد المياه، مع وبدون نقص مائي. تمت دراسة مختلف المعايير المورفولوجية والميكرو-مورفولوجية، وتم تقييم دورها في تحمل نقص المياه. وبهذا، يعتبر استطالة الجذور تحت ظروف نقص المياه عاملاً حاسماً في الحفاظ على حالة مائية مثالية للنباتات المستخدمة. كما أن الخصائص الميكرو-مورفولوجية لشفرة الورقة تلعب دوراً مهماً في إدارة فقدان الماء من خلال التبخر في الجزء العلوي من النبات. يلاحظ أن القمح الطري يتمتع بتنوع جيني واسع يمكن استخدامه في إنشاء أنماط جينية أكثر تحملاً للجفاف.

الكلمات المفتاحية: نقص المياه، الجفاف، القمح الطري، المعايير المورفولوجية، المعايير الميكرومورفولوجية.

Liste des abréviations

ADH : traitement avec déficit hydrique

SDH : traitement sans déficit hydrique

CC : capacité au champ

PMG : poids de mille grains

PF : poids frais

PS : poids sec

PT : poids de turgescence

TRE : teneur relative en eau

RWL : relative water loss

V1 : HIDHAB

V2 : BOUMERZOUG

V3 : AKHAMOKH

V4 : ACHTAR * 3 // KANZ / Ks85-8-5 / 4 / MILAN / KAUZ //

PRINI/3/BAV92 / 5

V5 : SOKOLL* / TROST

V6 : GK ARON / AG SECO 7346 // 2180/4/2* MILAN / KAUZ/

Liste des figures

Figure 01 : coupe longitudinale du grain de blé tendre (<i>tritium aestivum</i>)	13
Figure 02 : le dispositif expérimental adopté pour la conduite de l'essai	24
Figure 03: les rapports du RWL1 et du RWL2 et la somme des deux phases de perte d'eau par la feuille excisée dans le traitement sans déficit hydrique	32
Figure 04: les rapports du RWL1 et du RWL2 et la somme des deux phases de perte d'eau par la feuille excisée dans le traitement avec déficit hydrique.....	32
Figure 05 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V1	34
Figure 06 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V2	34
Figure 07 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V3	35
Figure 08 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V4	35
Figure 09 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V5	36
Figure 10 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V6	36

Listes des tableaux

Tableau 01: les Caractéristiques des génotypes utilisés	23
Tableau 02 : effets du génotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur la teneur relative en eau des feuilles et les paramètres de la perte d'eau par la feuille excisée	30
Tableau 03 : résultats moyens de la teneur relative en eau des feuilles enregistrés chez les génotypes testés au niveau des deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique	30
Tableau 04 : résultats moyens de la perte d'eau par la feuille excisée chez les génotypes testés au niveau des deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique	31
Tableau 05 : effets du génotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur la densité des stomates au niveau des faces, supérieure et inférieure du limbe de la feuille.....	37
Tableau 06 : résultats moyens de la densité des stomates des deux faces du limbe dans les deux traitements hydriques, SDH et ADH	37
Tableau 07 : effets du génotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur les caractéristiques des cellules bulliformes.....	39
Tableau 08 : résultats moyens de nombre, longueur et diamètre des cellules bulliformes au niveau des deux traitements hydrique	40
Tableau 09 : effets du génotype, du traitement hydrique et de leur interaction sur les paramètres morphologiques.....	41
Tableau 10 : résultats moyens des paramètres morphologiques enregistrés par les génotypes testés au niveau des deux traitements avec et sans déficit hydrique.....	42
Tableau 11 : effets du génotype, du traitement hydrique et de leur interaction sur les composantes du rendement.....	43
Tableau 12 : résultats moyens des composantes du rendement (nombre de talles-épis par plant, le nombre de grains par épi, le poids de mille grains) enregistrés par les génotypes testés au niveau des deux traitements avec et sans déficit hydrique.....	44
Tableau 13 : relations entre le déficit hydrique et les paramètres hydriques de la plante	44
Tableau 14 : relations entre le déficit hydrique et les paramètres micro-morphologiques ..	45
Tableau 15 : effets du déficit hydrique sur les paramètres morphologiques.....	45
Tableau 16 : effets du déficit hydrique sur les composantes du rendement.....	45

Liste des photos

Photo 03 : chlorophyllomètre (SPAD) type KONICA-MINOLTA 25

Sommaire

<i>Résumé</i>	
<i>Abstract</i>	
<i>ملخص</i>	
<i>Liste des abréviations</i>	1
<i>Liste des figures</i>	2
<i>Listes des tableaux</i>	3
<i>Liste des photos</i>	4
<i>Introduction</i>	8

Chapitre I

Recherche Bibliographique

<i>I. Origine de blé tendre (Tritium aestivum L.)</i>	11
<i>II. Historique du blé</i>	11
<i>III. Morphologie du blé</i>	12
<i>IV. Composition histologique et biochimique du grain de blé</i>	13
IV.1. Enveloppe :	13
IV.2. Le germe	14
IV.3. L'albumen	14
<i>V. Le cycle de développement du blé</i>	14
V.1. Stade de la levée	14
V.3. Phase montaison – gonflement	15
V.4. Phase épiaison – floraison	15
V.5. Le remplissage de blé tendre	16
V.5.1. Phase de la maturité physiologique	16
<i>VI. L'impact de stress sur la culture de blé tendre</i>	16
VI.1. Notion de stress	16
VI.2. Le déficit hydrique	17
<i>VII. Effets du déficit hydrique sur le blé tendre</i>	17
<i>VII. Stratégies de la réponse des plantes au déficit hydrique</i>	18
VII.1. Les traits phénologiques	18
VII.2. Stratégies d'évitement de la sécheresse	18
VII.3. Stratégies de tolérance	20

Chapitre II

Partie expérimentale

<i>I. Le matériel végétal.....</i>	<i>23</i>
<i>II. Conduite de l'essai</i>	<i>23</i>
<i>III. Les mesures effectuées.....</i>	<i>24</i>
III.1. Les paramètres physiologiques.....	24
III.1.1. La teneur relative en eau des feuilles.....	24
III.1.2. La perte d'eau par la feuille excisée	24
III.1.3. L'évolution de la teneur en chlorophylles	25
III.2. Les paramètres micromorphologiques	25
III.3. Les paramètres morphologiques.....	26
III.4. Les composantes du rendement.....	26
<i>IV. L'analyse des données</i>	<i>26</i>

Chapitre III

Résultats

<i>I. Les paramètres physiologiques.....</i>	<i>28</i>
I.1. Teneur relative en eau des feuilles	28
I.2. Les paramètres de la transpiration.....	28
<i>II. Les paramètres micro-morphologiques de la feuille</i>	<i>36</i>
II.1. La densité des stomates	36
II.2. Les caractéristiques des cellules bulliformes.....	38
II.2.1. Nombre de files de cellules bulliformes par site.....	38
II.2.2. La longueur des cellules bulliformes	38
II.2.3. Le diamètre des cellules bulliformes	39
<i>III. Les paramètres morphologiques</i>	<i>40</i>
III.1. La longueur de l'axe racinaire.....	40
III.2. La longueur du col de l'épi.....	41
<i>IV. Les composantes du rendement</i>	<i>42</i>
IV.1. Le nombre de talles-épis par plant	42
VI.2. Le nombre de grains par épi	42
VI.3. Le poids de mille grains	43
<i>Discussion et conclusion générale</i>	<i>41</i>
<i>Références Bibliographiques.....</i>	<i>43</i>

Introduction

introduction

La sécheresse constitue l'un des stress abiotiques qui limite grandement la productivité des différentes espèces végétales cultivées. L'impact du déficit hydrique sur la production agricole est encore plus imposant et persistant ces derniers temps suite aux changements climatiques régissant le monde. Cette situation s'accroît et se complique davantage du fait que les terres arables se localisent dans des étages bioclimatiques arides ou semi-arides.

L'Algérie comptant parmi les pays de la rive sud de la méditerranée, la sécheresse a toujours représenté un facteur primordial limitant la productivité des cultures pluviales, notamment la céréaliculture (*kellouR,2008*) . En effet, cette spéculation se localise essentiellement dans les hauts plateaux et les plaines intérieures du pays, exposant les espèces céréalières aux cycles de sécheresse variables dans le temps et l'espace et aux effets fortement préjudiciables à l'expression de leurs potentiels productifs.

La culture blé tendre (*Tritium aestivum* L.) détient une place prépondérante dans l'économie agricole du pays(*slama et al,2005*),selon(*FAO ,2007*). Elle détient une place importante dans l'alimentation où elle représente un élément dominant dans le modèle alimentaire des Algériens. Les besoins en cet élément ne cessent de progresser au fil du temps et la production locale est excessivement inférieure aux besoins exprimés. Ce déséquilibre mène notre pays à une dépendance d'une importation annuelle massive du blé tendre à partir du marché mondial. Il faut rappeler que notre pays parmi le peloton de tête des pays importateurs du blé dans le monde. Les faibles productions enregistrées et malgré l'importante superficie emblavée par le blé tendre s'expliquent principalement par les faibles et irréguliers rendements enregistrés. Ces faibles sont le contexte d'expression de nombreuses contraintes, particulièrement climatiques où la sécheresse en est l'élément déterminant.

L'amélioration des rendements des espèces céréalières dépendent étroitement de la qualité des solutions développées aux entraves posées. Si on évoque l'adversité imposée par la sécheresse, la pratique d'irrigation d'appoint et la conduite d'un matériel végétal tolérant constituent les principaux objectifs à mettre en œuvre. Dans le nord du pays, la rareté des ressources hydriques met en péril la conduite en irrigué des cultures céréalières

Introduction

et par conséquent, l'amélioration des facultés de tolérance à la sécheresse des cultivars utilisés s'impose.

La création de la variabilité et la sélection des cultivars tolérants le déficit hydrique exige l'étude des mécanismes et critères impliqués. Ceux conditionnant l'évitement des contraintes générées par la sécheresse, représentent une voie encourageante pour lutter contre ce stress.

Les mécanismes d'évitement regroupent de nombreux critères qui convergent à une meilleure gestion d'absorption et de perte d'eau par la plante dans un milieu à potentiel hydrique décroissant. Ainsi, le remodelage morpho-anatomique des racines chez le blé a été s'est imposé dans l'amélioration des facultés de résistance à la sécheresse (Adda, 2005 ; Felouah et al, 2024). La gestion efficace de la transpiration sous ses différentes formes s'avère déterminante (Adda, 2006 ; Arous et al. 2024) dans la préservation d'une hydratation optimale de la plante en conditions d'alimentation hydrique déficiente. L'étude des paramètres structuraux des tissus régissant la transpiration, dont l'épiderme représente une priorité dans l'établissement des critères de tolérance à la sécheresse à potentiel hydrique élevé.

Le travail réalisé dans le présent mémoire s'inscrit dans cette thématique des recherches. Il consiste en l'étude des relations de certains paramètres morphologiques racinaires et ceux de la micromorphologie foliaire avec le comportement du blé tendre soumis à un déficit hydrique sévère. La réalisation du travail s'est basée sur l'utilisation de six génotypes de blé tendre d'origines et de comportements vis-à-vis de la sécheresse contrastes. L'essai conduit en conditions contrôlées nous a permis de gérer l'alimentation hydrique des plantes en place.

Chapitre I

Recherche

Bibliographique

I. Origine de blé tendre (*Triticum aestivum* L.)

Le blé tendre comme toutes les espèces de blé spontanées ou cultivées appartiennent à la famille des graminées (Poacea) et au genre *Triticum*. Ces espèces sont distribuées sur un vaste territoire qui s'étale de l'Asie centrale aux régions du bassin méditerranéen (Verville, 2003). Le blé a gagné l'Europe occidentale par deux grands axes: la Méditerranée et la vallée du Danube (Naville, 2005). Son grain est un fruit sec indéhiscant appelé caryopse, est constitué de graines et de leurs enveloppes ou épicarpes (Feuillet, 2000). L'évolution des espèces de blé tendre s'est effectuée par plusieurs événements de polyploïdisation successifs résultant de croisements interspécifiques entre les trois espèces diploïdes ancestrales. Le premier de ces croisements a eu lieu entre *Triticum Monococcum* et *Aegilops speltoides*, donnant naissance à un blé dur tétraploïde. Le deuxième croisement, par polyploïdisation entre ce blé dur tétraploïde et une autre espèce diploïde (*Aegilops Tauschii*), a produit le blé tendre hexaploïde *triticum aestivum*, caractérisé par un nombre chromosomique de $2n = 2x = 42$, avec x comme base égale à 7 (Chalhoub, 2005).

Le blé est une plante annuelle herbacée, monocotylédone qui appartient à la famille des graminées (Poaceae). Aujourd'hui, ils existent plusieurs espèces de blé, deux espèces dominant la production, il s'agit du blé tendre (*Triticum aestivum*) et du blé dur (*Triticum durum*). Divisées génétiquement selon leur nombre de chromosomes. Ces deux espèces, se différencient par la friabilité de l'amande. Chez blé tendre l'amande est blanche et friable, tandis que celle du blé dur est jaune et plus dure.

II. Historique du blé

La domestication du blé représente un moment crucial dans l'évolution de la société humaine, marquant le début de l'ère néolithique qui a introduit une économie agricole fondée sur la culture et l'élevage. Les premières cultures du blé apparaissent environ 10 000 ans avant notre ère en Mésopotamie et dans les vallées du Tigre et de l'Euphrate (aujourd'hui l'Irak), dans la région du "croissant fertile" (actuels Liban, Syrie, Sud de la Turquie) où subsistent à ce jour des blés sauvages. Le terme de blé vient probablement du gaulois *blato* (à l'origine du vieux français *blaie*, *blee*, *blaier*, *blaver*, d'où le verbe *emblaver*, qui signifie *ensemencer en blé*) et désigne les grains qui, broyés, fournissent de la farine. Les découvertes archéologiques confirment que l'émergence de la culture du blé coïncide avec le développement de sociétés sédentaires, marquant la transition depuis une période nomade où la chasse et la cueillette prédominaient comme modes de subsistance.

L'histoire de la culture du blé peut être divisée en trois grandes phases, la révolution technologique agricole, la domestication du blé elle-même, et l'expansion ultérieure de l'agriculture (*Shewry et al, 2009*).

III. Morphologie du blé

Les blés sont des graminées d'une hauteur moyenne pouvant avoisiner 1.5 m selon les variétés. Chaque plante de blé est constituée de plusieurs talles ou tiges secondaires ou chaumes, cylindriques qui apparaissent à la base de la tige principale ou maître-brin durant la phase de tallage. Chaque tige porte plusieurs feuilles à disposition alterne opposée. Chaque feuille est dépourvue de pétiole mais pourvue d'une gaine développée recouvrant la majeure partie d'entre-nœud succédant le nœud de son insertion et terminée par un limbe à nervation parallèle. A la base de la gaine, à son point d'attache sur la tige, se trouve une ligule bordée de part et d'autre par des appendices latéraux ou oreillettes (*Clarke et al, 2002*).

Le système racinaire chez le blé comme toute céréale est caractérisé par la coexistence de deux types de racines, séminales et adventives ou coronaires. Les racines séminales au nombre de cinq à six apparaissent les premières dès la germination et se développent à partir de la radicule d'embryon. Les racines adventives apparaissent à une époque tardive au cours du tallage et dont le nombre et la morphologie dépendent du génotype et de l'environnement. Elles se développent à partir des nœuds de la base des tiges.

L'inflorescence du blé est du type composé homogène, est un épi d'épillet. Chaque épillet est constitué de trois fleurs. Chaque fleur cléistogame, contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. L'autofécondation constitue donc le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés. Après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé. Dans le cas du blé, le grain est à la fois le fruit et la graine (**Boutigny, 2007**). Les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine, on appelle ce type de fruit un caryopse (**Mosiniak et al, 2006**).

IV. Composition histologique et biochimique du grain de blé

À la maturité, le grain de blé se compose principalement de trois parties principales : le germe, l'albumen et les enveloppes. Il est principalement constitué d'amidon, qui représente environ 70% de sa matière sèche, ainsi que de protéines (*Okrefi & Bourezg, 2020*).

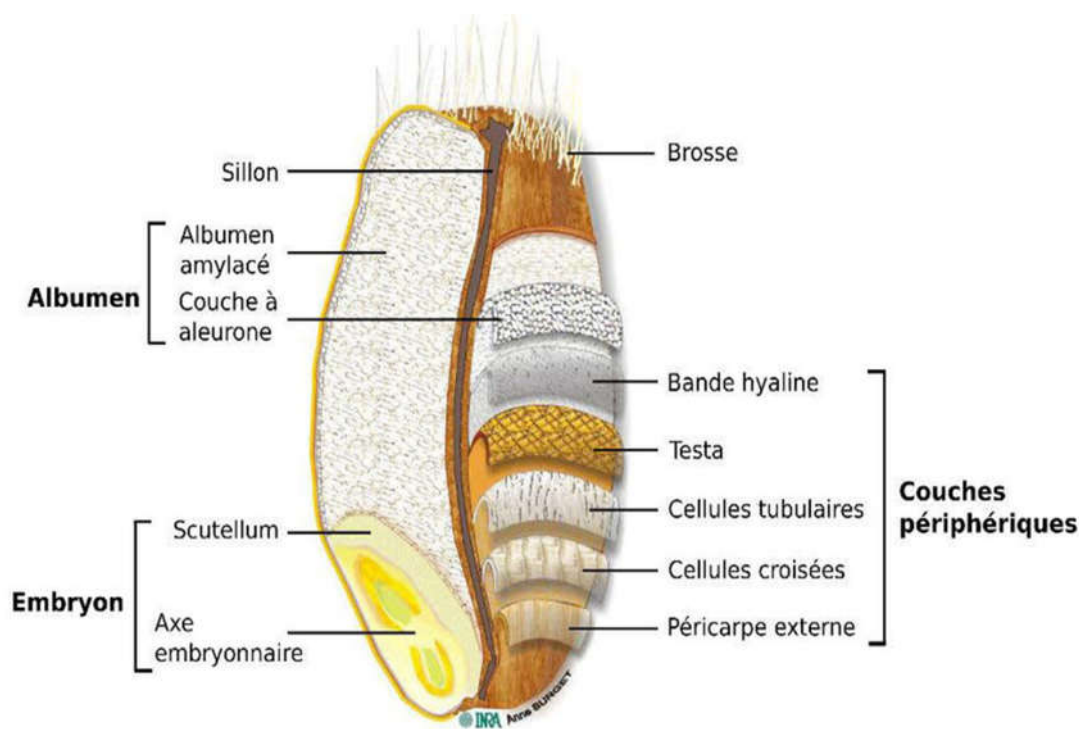


Figure 01 : coupe longitudinale du grain de blé tendre (*triticum aestivum*)

IV.1. Enveloppe :

Les grains sont principalement composés de polysaccharides, d'acides phénoliques de lignine et de protéines, notamment des albumines et des globules présents dans la couche à aleurone. Selon *Pomeranz (1988) & Surget et Barron (2005)*, le péricarpe externe contient environ 45% d'arabinoxylane, 25% de glucose, 10% de lignine et 6-7% de protéines. Ces composants aident à prévenir la perte d'eau pendant le développement du grain sans pour autant empêcher sa pénétration. Chez le blé, l'albumen amylicé est entouré d'une unique couche à aleurone. D'après *Pomeranz (1988)*, le germe est la seule partie du grain qui contient des cellules vivantes renfermant des vitamines telles que B1, B2, B3, B6, B9 et E, ainsi que des minéraux comme le phosphore, le potassium, le magnésium, le manganèse et le fer (*Antoine et al, 2002 & Mc Kevith, 2004*). La couche d'aleurone joue un rôle nutritif grâce à sa concentration en métabolites, tout en assurant une fonction protectrice par sa structure.

IV.2. Le germe

Selon (Lamara et Benguedoudj, 2019) le germe se forme par la fusion des gamètes mâles et femelles. Il comprend l'axe embryonnaire, qui développe la tigelle, la méso cotyle et la radicule, ainsi que le scutellum, qui donne naissance au cotylédon, le germe désigne la partie du grain caractérisée par les taux d'humidité et de lipides les plus élevés. Les albumines et les globulines, constituant environ 35% de la matière sèche du germe, sont des protéines présentes dans cette partie.

IV.3. L'albumen

L'albumen représente environ 80% du poids du grain et constitue son compartiment principal agissant comme le tissu de réserve. Il est principalement composé d'un albumen amylacé où les granules d'amidon sont enrobés dans une matrice protéique. Cette matrice est principalement composée de prolamines, telles que les gliadines et les glutines de haut et bas poids moléculaires, ainsi que d'albumines et de globulines. Les gliadines et les glutines, hydrolysées par les enzymes produites dans l'embryon et la couche à aleurone lors de la germination et du développement de la plantule, fournissent les acides aminés essentiels nécessaires à ce processus (Surget & Barron, 2005).

V. Le cycle de développement du blé

V.1. Stade de la levée

C'est le premier stade du cycle de développement du blé, C'est l'initiation du passage à une vie autotrophe grâce à la chlorophylle contenue dans la première feuille. Le taux de la levée et sa vitesse dépend de la faculté et de l'énergie germinative de la semence.

V.2. Stade de tallage

La formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire (maitre-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2ème et la 3ème talle apparaissent à l'aisselle de la 2ème et la 3ème feuille (**Hamadache, 2013 In : Salmi, 2015**). La fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**Gate, 1995**)

V.3. Phase montaison – gonflement

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entrenœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis. Pendant cette phase de croissance active, **(Clement - Grancourt et Prats, 1971)**. La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

V.4. Phase épiaison – floraison

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase on distingue (l'anthèse) et s'effectue l'autofécondation. (Gate, 1995). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi **(Masle, 1980)**.

V.5. Le remplissage de blé tendre

La phase de remplissage passé par une période de 40 jours (**Mostefaoui et Mohamedi, 2018**), le stade de l'anthèse c'est le signal de début de remplissage par la libération des anthères hors de la fleur.

V.5.1. Phase de la maturité physiologique

Elle est marquée par l'arrêt de la migration des réserves vers le grain et une diminution de son humidité (15% à 16%) et son poids final est atteint (Gate, 1995)

VI. L'impact de stress sur la culture de blé tendre

VI.1. Notion de stress

Le terme "stress" englobe diverses significations, mais il désigne généralement une perturbation physiologique causée par des facteurs qui déséquilibrent les systèmes d'une plante (*MAHPHARA & al, 2015*).

Selon (*LAMARA & BENGUEDOUDJ, 2019*) les stress abiotiques provoquent des modifications morphologiques, physiologiques et moléculaires chez les plantes, affectant leur croissance et leur productivité. Ces stress peuvent causer des dommages irréversibles selon leur intensité et leur durée, altérant la fonction ou le développement d'une partie ou de l'ensemble de la plante (**FELLAHI, 2017**).

VI.2. Le déficit hydrique

Le stress hydrique désigne la situation où la demande en eau des plantes dépasse la quantité d'eau disponible dans leur environnement, influencée par la réserve d'eau accessible dans le sol via leurs racines (*Laberche, 2004*). Ce stress est principalement déterminé par la transpiration des feuilles et du sol. Les plantes s'adaptent souvent par des ajustements morphologiques et physiologiques pour survivre dans des régions peu pluvieuses et à faible teneur en eau du sol (*Hopkins, 2003*).

Les causes du déficit en eau peuvent inclure la salinité élevée du sol, la sécheresse ou le gel, réduisant ainsi les rendements agricoles. Physiquement, le stress hydrique résulte d'une baisse du potentiel hydrique dans le sol ou l'air, influencé par des facteurs tels que le type de sol, la température et le vent.

VII. Effets du déficit hydrique sur le blé tendre

Le déficit hydrique constitue le principal facteur limitant la productivité du blé. Il affecte tous les aspects de croissance. Il se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morpho- physiologiques et biochimiques et la régulation d'expression des gènes (*Mefti et al., 2000*).

Selon Morgan et Condon (1986), le déficit hydrique fait diminuer le potentiel hydrique foliaire du blé et réduit par conséquent la photosynthèse. Il provoque un arrêt de transfert des assimilés des feuilles vers les autres organes de la plante.

L'assimilation chlorophyllienne est réduite suite à la fermeture des stomates, puis elle est affectée par suite de l'altération de l'appareil photosynthétique (réduction de l'assimilation chlorophyllienne), essentiellement à travers l'inactivation de la RUBISCO (*Ricards, 1983; Khaldoun et al., 1990; Benlaribi et al., 1992*).

La croissance et le développement des céréales dépendent de l'alimentation hydrique et ses variations. La sécheresse se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un déficit hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (*Debaeke et al., 1996*). Une sécheresse déclarée pendant la période de croissance végétative réduit surtout le nombre d'épis par unité de surface. Par contre lorsqu'elle survient pendant la période de remplissage des grains, la sécheresse réduit le poids des grains (*Lawlor et al., 1981; Mogensen et Jensen, 1989 et Mogensen, 1991*).

Le déficit hydrique provoque la réduction du nombre de grain par épi, du nombre d'épis par plant, du poids moyen du grain, de l'indice de récolte et du rendement grain (Chenafi *et al.*, 2006). Ainsi, un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m², la régression intense des tailles et la baisse du nombre de grains par épi (Debaeke *et al.*, 1996).

VII. Stratégies de la réponse des plantes au déficit hydrique

La capacité d'une plante à résister au stress hydrique peut être définie physiologiquement par sa capacité à survivre et à croître, et de point de vue agronomique par sa capacité à produire un rendement supérieur à celui des plantes sensibles (Madhva Rao & al, 2006).

La tolérance globale d'une plante au déficit hydrique résulte de multiples adaptations phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques qui interagissent pour maintenir la croissance, le développement et la production. Les plantes développent ainsi diverses stratégies adaptatives.

VII.1. Les traits phénologiques

Certains mécanismes permettent aux plantes d'éviter le stress en programmant les phases les plus sensibles en dehors des périodes de déficit hydrique (GOUACHE *et al.*, 2014). Certaines génotypes achèvent leur croissance avant l'installation du déficit hydrique pour minimiser les contraintes de développement (Lamara et Benguedoudj, 2019).

Une gestion optimale de l'eau est favorisée par la précocité des variétés, les génotypes à croissance rapide et à maturation précoce produisant une biomasse plus importante et utilisant efficacement l'eau disponible tout en étant moins affectés par les stress environnementaux que les variétés tardives. La précocité de la floraison est un trait crucial par lequel les plantes s'adaptent au stress hydrique, et peut être utilisée comme critère de sélection pour accroître la productivité dans les régions arides (Mouellef, 2010).

VII.2. Stratégies d'évitement de la sécheresse

Cette approche vise à limiter le stress hydrique subi par une plante exposée à des conditions hydriques difficiles. Ces ajustements réduisent le risque de diminution du rendement, mais généralement au détriment du rendement maximum (Jean-Pierre *et al.*, 2006). Ces mécanismes d'évitement sont principalement de nature morphologique et physiologique.

La stratégie adaptative de chaque espèce ou variété sous l'effet de la sécheresse, se traduit par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption associée à une diminution de la transpiration. Cette stratégie d'évitement permet à la plante de maintenir un potentiel hydrique élevé. L'évitement consiste à empêcher que la plante, soumise à des conditions hydriques défavorables, de subir un stress hydrique sévère.

L'efficacité avec laquelle les racines extraient l'eau du sol est une adaptation cruciale permettant aux plantes de prévenir, voire de retarder, la déshydratation de leurs tissus (*Turner et al, 2001 cité dans Ainaoui et Lafala, 2016*). Cette capacité est souvent améliorée par plusieurs mécanismes, tels que l'extension des racines en profondeur et en surface, ainsi que par la vitesse de croissance et de ramification des racines (*Laurent et Sané, 2007*). Un ajustement important consiste à maximiser l'absorption d'eau au niveau racinaire, ce qui représente un investissement stratégique pour les plantes (*Jackson et al, 2000 cité dans Ainaoui et Lafala, 2016*).

L'exploitation d'un plus grand volume de sol permet à la plante de satisfaire ses besoins en eau, de maintenir ses échanges gazeux et sa croissance en conditions de sécheresse (Annerose, 1990).

En condition du déficit hydrique variables, la diminution de la surface foliaire peut avoir des effets bénéfiques en réduisant de la surface évaporante et celle soumise à la radiation solaire. (Cooper et al., 1983 ; Benmahammed et al., 2008).

L'enroulement du limbe foliaire diminue de la surface foliaire réceptrice de l'énergie lumineuse, et permet à la plante de réduire sa transpiration. Toutefois, ce phénomène s'accompagne aussi d'une réduction de la photosynthèse, il n'a donc d'intérêt qu'en présence de déficit hydrique sévère (Slama et al., 2005). Chez le blé, l'enroulement foliaire observé chez certaines variétés résistantes relève de ces mécanismes d'économie en eau (Clarke, 1986).

La fermeture des stomates est une stratégie adoptée par les plantes pour faire face au stress hydrique en réduisant la perte d'eau. Cependant, cette action a un effet secondaire : elle restreint également l'absorption du dioxyde de carbone (*Benhamou, 2009*), ce qui peut entraîner une diminution de la photosynthèse (*Hopkins, 2003*). La modulation de la conductance stomatique demeure le principal mécanisme à court terme pour limiter les pertes d'eau, contribuant ainsi à maintenir le potentiel hydrique foliaire plus longtemps lorsque la fermeture des stomates est initiée précocement (*Maury et al, 2011*).

Une réduction de la croissance foliaire est avantageuse pour les plantes confrontées à un stress hydrique. Elle se manifeste par une diminution de la surface des feuilles et une réduction de la transpiration due à l'enroulement des feuilles (*Rugel F bonhomme R & Chartier M 1996 estimations simple de 4 surfaces foliaires de plante de maïs en croissance agronomie*). Habituellement, l'impact d'un potentiel hydrique bas est associé à une perte de turgescence des cellules dans les zones en croissance (*Nabors, 2008*).

Le processus de croissance cellulaire nécessite une entrée d'eau qui, après la relaxation de la paroi cellulaire, permet d'atteindre une pleine turgescence des cellules. Ainsi, une diminution de l'approvisionnement en eau conduit à une réduction de la croissance (*Hopkins, 2003*). Chez le blé, l'enroulement des feuilles dans certaines variétés peut être interprété comme un signe de perte de turgescence et simultanément comme un mécanisme d'évitement de la déshydratation, entraînant une réduction de la transpiration de 40 à 60% (*Amokrane et al, 2002*).

VII.3. Stratégies de tolérance

Cette stratégie vise à maintenir les fonctions essentielles des plantes telles que la croissance, la transpiration et la photosynthèse même en cas de déficit hydrique (*Jean-Pierre et al, 2006*). La tolérance à la déshydratation repose sur des mécanismes intracellulaires qui préservent l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus lorsque le potentiel hydrique baisse (*Laurent et Sané, 2007*). Un exemple de tel ajustement est l'ajustement osmotique, où des molécules solubles sont synthétisées pour maintenir une turgescence positive malgré des niveaux d'eau relativement bas (*Hopkins, 2003*). Ces molécules, appelées osmolytes, s'accumulent souvent dans le cytoplasme (*Nabors, 2008*), réduisant ainsi le potentiel osmotique cellulaire. Les principaux osmolytes accumulés en réponse aux stress osmotiques incluent des acides aminés (comme la proline, l'alanine), des sucres (comme le saccharose, le tréhalose), des bétaines (comme la proline-bétaïne), des ions inorganiques (comme le K⁺) ainsi que des acides organiques et des hormones comme l'acide abscissique (*Hopkinsw, 2003*). La nature spécifique des osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique varie généralement selon l'espèce étudiée. Ces solutés organiques, souvent désignés comme osmolytes compatibles, ont généralement peu d'impact sur le métabolisme cellulaire (*Radhouane, 2011*).

Au niveau cellulaire, la diminution du module d'élasticité permet aux cellules de maintenir un potentiel élevé malgré un fort dessèchement (*Tardieu & al, 2006*)

L'ajustement osmotique par l'accumulation de solutés dans la vacuole et la réduction de la taille des cellules permettent, pour une même quantité d'eau, une réduction du potentiel foliaire, assurant ainsi le maintien d'un gradient de potentiel hydrique significatif du sol vers la feuille (*Laurent & Sané, 2007*). Ce mécanisme combine des stratégies d'évitement et de tolérance (*Jean-Pierre & al, 2006*)

Chapitre II

Partie expérimentale

I. Le matériel végétal

La variabilité utilisée est d'une large base génétique. Elle est constituée de six (06) géotypes de blé tendre (*Triticumaestivum* L.) d'origines et de réponses au déficit hydrique diverses (Tab.01). On compte parmi la collection trois géotypes issus de populations locales et trois autres introduits d'IAO d'Italie.

Tableau 01: les Caractéristiques des géotypes utilisés

Géotypes	Abréviations dans le texte	Origine
HIDHAB	V1	Population locale
BOUMERZOUG	V2	Population locale
AKHAMOKH	V3	Population locale
ACHTAR*3/ /KANZ/Ks85-8-5 /4 /MILAN /KAUZ //PRINI / 3/BAV 92/5/	V4	IAO Italie
SOKOLL*2/TROST	V5	IAO Italie
GK ARON/AG SECO 7346//2180/4/2*MILAN/KAUZ/	V6	IAO Italie

II. Conduite de l'essai

Les grains désinfectés et pré germés ont été repiqués dans cylindres de 122cm de longueur et 22cm de diamètre, remplis d'un substrat constitué de sable, sol et matière organique (3 :1 :1) d'une capacité de rétention d'eau de 15.73%. Le nombre de plantules à l'installation était de trois (03) par cylindre et ramené à une seule après la levée. Les cylindres ont été répartis selon deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique selon un dispositif en split-plot (Fig.02). Au niveau de chaque traitement, chacun des six géotypes est concerné par trois répétitions. L'ensemble des cylindres des deux traitements hydriques ont été irrigués à la capacité au champ par apport quotidien de 500ml d'eau et ce jusqu'au stade fin tallage. A partir de cette phase, les cylindres du traitement SDH ont été maintenus à une humidité de 100% de la capacité au champ, tandis qu'au niveau du traitement ADH, on a procédé par un arrêt d'apport d'eau et leur irrigation s'est limitée à un arrosage hebdomadaire et qui a cessé à l'anthèse. L'eau d'irrigation s'est substituée d'une solution nutritive de type «Fertigofol» appliquée chaque semaine.

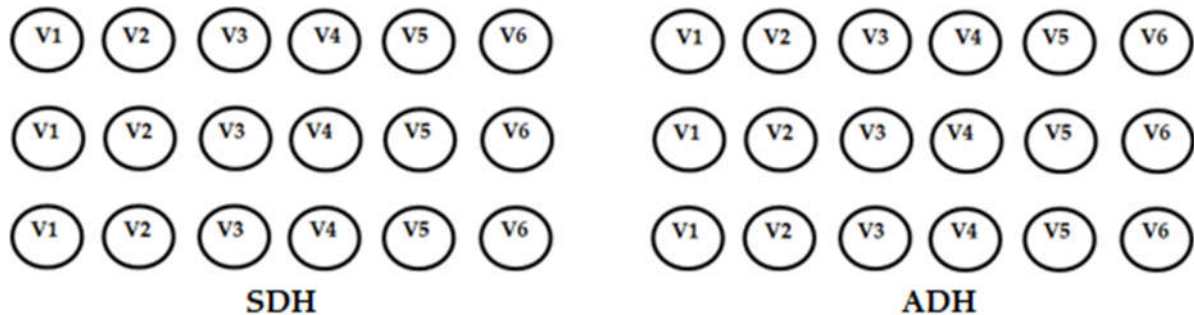


Figure 02 : le dispositif expérimental adopté pour la conduite de l'essai

III. Les mesures effectuées

III.1. Les paramètres physiologiques

III.1.1. La teneur relative en eau des feuilles

La teneur relative en eau des feuilles a été déterminée selon la méthode de (Pennisetum glaucum (L.) R.Br) . Les feuilles excisées à la base du limbe ont été pesées (Pi). Elles sont ensuite trempées par la partie sectionnée dans de l'eau distillée et placées à l'obscurité à une température de 4°C pendant 24 heures, après repesées pour déterminer le poids en pleine turgescence (Ppt). Leurs poids secs a été déterminé après étuvage à une température de 80°C durant 48 heures (Ps). La teneur relative en eau exprimée en %, a été déterminée par la formule suivante :

$$\text{Teneur Relative en Eau (\%)} = ((P_i - P_s) / (P_{pt} - P_s)) \times 100$$

Avec Pi : poids initial ; Ppt : poids en pleine turgescence ; Ps: poids sec.

III.1.2. La perte d'eau par la feuille excisée

Les feuilles excisées par leurs bases ont été trempées dans l'eau distillée durant 24h à une température de 4°C et à l'obscurité pour obtenir un état hydrique de pleine turgescence. Les feuilles ont été pesées (Pi) et dressées dans les conditions du laboratoire et repesées après 1h et 2h. La surface foliaire a été ensuite déterminée par la méthode de (Rugel F, Bonhomme R. et Chartier M, .1996 . Estimation simple de 4 surfaces foliaires de plantes de maïs en croissance. Agronomie 16 ,553-562.) Selon la formule suivante :

Surface de la feuille= Longueur de la feuille x la largeur de la feuille x 0.71.

La perte d'eau par la feuille excisée (Relative Water Loss) a été déterminée par :

$$RWL = (P_i - P_t) / (SF \times \text{Temps})$$

Avec P_i : poids initial ; P_t : poids après d'eau d'exposition (60mn et 120mn) ; SF : la surface de la feuille ; Temps : temps d'exposition (60mn, 120mn).

III.1.3. L'évolution de la teneur en chlorophylles

Au stade fin montaison, on a procédé par l'évaluation de la teneur en chlorophylles de l'avant dernière feuille où 07 mesures ont été pratiquées à l'aide d'un chlorophyllomètre (SPAD) de type KONICA-MINOLTA.



Photo 03 : chlorophyllomètre (SPAD) type KONICA-MINOLTA

III.2. Les paramètres micromorphologiques

Les paramètres micromorphologiques retenus dans cette étude concernent la structure de l'épiderme des faces, supérieur et inférieur du limbe de la dernière feuille. Un ruban adhésif a été appliqué sur les deux faces pour nettoyer le site de prélèvement de l'empreinte et une fine couche de vernis à ce niveau a été appliquée. Après séchage, la couche de vernis a été prélevée par un ruban adhésif transparent et collé sur une lame porte-objet et observé par un microscope de type Optica à projection vidéo et muni d'un logiciel de mesure des grandeurs. Les mesures ont porté sur :

- La densité des stomates sur les deux faces de la feuille, supérieure et inférieure ;
- Le nombre de files de cellules bulliformes ;
- La longueur des cellules bulliformes ;
- Le diamètre des cellules bulliformes ;
- Le nombre de files de cellules épidermiques séparant deux files consécutives de cellules bulliformes.

III.3. Les paramètres morphologiques

La morphologie racinaire est l'un des principaux paramètres d'évitement de la sécheresse. Dans la présente étude et au stade remplissage des grains, la longueur des racines a été mesurée.

III.4. Les composantes du rendement

Les mesures ont concerné le nombre de talles-épis, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains. Ces deux dernières composantes ont été évaluées à la maturité physiologique des grains.

IV. L'analyse des données

Les résultats obtenus des différentes mesures ont l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) et de corrélations simples en utilisant le logiciel STATISTICA SOFT version 08.

Chapitre III

Résultats

I. Les paramètres physiologiques**I.1. Teneur relative en eau des feuilles**

L'étude des résultats de la teneur relative en eau des feuilles (Tab.02) démontre que ce paramètre hydrique est grandement influencé par la nature des génotypes conduits, la situation hydrique et de par leur interaction. En effet, l'application du déficit hydrique s'est accompagnée d'une diminution des valeurs de ce paramètre ($r=-0.61^{***}$). Toutefois, les génotypes expérimentés ont manifesté des comportements distincts à l'égard de ce stress et c'est qui se prouve par un effet d'interaction de ces deux facteurs, significatif sur l'expression de la teneur relative en eau (Tab.02).

Les résultats moyens (Tab.03) illustrent qu'au niveau du traitement conduit en situation hydrique optimale, le génotype V2 s'est distingué en inscrivant la valeur la plus élevée avec 84.82%. A l'opposé, le génotype V6 et sous les mêmes conditions hydriques a extériorisé la valeur la plus faible et équivalente à 78.87%.

Dans le traitement conduit en situation de déficit hydrique, les valeurs extrêmes ont été détenues par les génotypes V1 et V2 en inscrivant respectivement 55.03% et 79.11%.

Concernant l'évolution de la teneur relative en eau des feuilles entre les deux traitements hydrique optimale et déficiente, les génotypes se sont conduits de façons très différentes. Ainsi, les génotypes testés se distinguent en deux groupes. Un premier groupe inclus les génotypes les moins sensibles au déficit hydrique et représentés par V2, V3 et V4, car inscrivant les plus faibles réductions de la teneur relative en eau avec des teneurs respectives de 6.73%, 8.41% et 6.00%. Le second groupe est représenté par V1, V5 et V6, considérés comme plus sensibles en extériorisant des taux de réduction des valeurs de la teneur relative en eau respectives de l'ordre de 33.49%, 16.16% et 25.56%.

I.2. Les paramètres de la transpiration

Les différentes phases de la transpiration par la feuille ont été estimées par la technique de la perte par la feuille excisée. La première phase de transpiration (RWL1) estimée après 60mn et qui est considérée comme essentiellement stomatique, dépend étroitement de la nature du génotype, du traitement hydrique et de leur interaction (Tab. 03). En effet, l'application du déficit hydrique s'est accompagnée d'une augmentation de la transpiration durant cette phase. Toutefois, cet effet a eu des intensités changeantes parmi les génotypes testés où leurs réactions respectives s'annoncent différentes (Tab.04).

Les résultats moyens (Tab.04) illustrent que la moyenne génotypique de la perte d'eau au niveau du traitement irrigué est de l'ordre de $0.0312\text{mg/cm}^2/\text{mn}$, alors qu'elle progresse en conditions de déficit hydrique pour atteindre une valeur moyenne de $0.0452\text{mg/cm}^2/\text{mn}$.

Au niveau traitement irrigué, les géotypes V6 et V5 se distinguent en inscrivant des valeurs extrêmes respectives de $0.0203\text{g/cm}^2/\text{mn} \pm 0.005$ et $0.0425\text{mg/cm}^2/\text{mn} \pm 0.0009$. Sous les conditions de déficit hydrique les valeurs, minimale ($0.0261\text{g/cm}^2/\text{mn} \pm 0.0004$) et maximale ($0.0727\text{g/cm}^2/\text{mn} \pm 0.0051$) ont été enregistrées respectivement par les géotypes, V6 et V5.

La seconde phase de perte d'eau par la feuille excisée durant la deuxième phase (RWL2) et qui est considérée comme principalement cuticulaire, a été exclusivement dépendante de la nature du géotype et l'effet d'alimentation sur son expression était faible (Tab. 04).

Les résultats moyens (Tab.04) montrent que les valeurs génotypiques moyennes de la perte d'eau durant la phase 2 étaient de l'ordre de $0.0285\text{mg/cm}^2/\text{mn} \pm 0.0029$ et $0.0324\text{mg/cm}^2/\text{mn} \pm 0.0049$, inscrites respectivement dans les traitements sans déficit hydrique (SDH) et avec déficit hydrique (ADH). Dans le traitement irrigué (SDH), les valeurs de la perte d'eau sont comprises dans l'intervalle délimité par un maximum de $0.0346\text{mg/cm}^2/\text{mn}$ et un minimum de $0.0218\text{mg/cm}^2/\text{mn}$ enregistrés respectivement par les géotypes V3 et V5. Dans le traitement mené sous le déficit hydrique (ADH), les valeurs de la perte d'eau fluctuent entre un maximum de $0.416\text{mg/cm}^2/\text{mn}$ et un minimum de $0.0176\text{mg/cm}^2/\text{mn}$ relevés dans l'ordre chez les géotypes V4 et V6.

Tableau 02 : effets du génotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur la teneur relative en eau des feuilles et les paramètres de la perte d'eau par la feuille excisée

	Génotype		Situation hydrique		Génotype x situation hydrique	
	ddl	Test F	Ddl	Test F	ddl	Test F
Teneur relative en eau des feuilles	5	5.097**	1	38.171***	5	3.160*
Perte d'eau phase1 (RWL1)	5	12.538***	1	38.432***	5	6.954***
Perte d'eau phase2 (RWL2)	5	2.747*	1	2.176ns	5	2.196ns

Tableau 03 : résultats moyens de la teneur relative en eau des feuilles enregistrés chez les génotypes testés au niveau des deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique

Génotypes	Situation hydrique	Teneur relative en eau des feuilles (%)	Evolution de la teneur relative en eau des feuilles (%)
V1	SDH	82,73±1.91	33.49
	ADH	55,03±1.31	
V2	SDH	84,82±0.77	6.73
	ADH	79,11±3.30	
V3	SDH	80,76±0.09	8.41
	ADH	73,97±6.60	
V4	SDH	83,94±3.25	6.00
	ADH	78,91±3.21	
V5	SDH	81,40±1.63	16.16
	ADH	68,25±5.46	
V6	SDH	78,87±1.29	26.56
	ADH	57,92±7.04	

Tableau 04 : résultats moyens de la perte d'eau par la feuille excisée chez les génotypes testés au niveau des deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique

Génotypes	Situation hydrique	RWL1	RWL2
V1	SDH	0,0268±0.0028	0,0244±0.0008
	ADH	0,0410±0.0036	0,0328±0.0053
V2	SDH	0,0377±0.0063	0,0329±0.0060
	ADH	0,0426±0.0070	0,0337±0.0070
V3	SDH	0,0203±0.0057	0,0346±0.0010
	ADH	0,0410±0.0028	0,0288±0.0043
V4	SDH	0,0425±0.0009	0,0328±0.0027
	ADH	0,0479±0.0017	0,0416±0.0091
V5	SDH	0,0330±0.0022	0,0218±0.0030
	ADH	0,0727±0.0051	0,0402±0.0035
V6	SDH	0,0266±0.0002	0,0244±0.0040
	ADH	0,0261±0.0004	0,0176±0.0001

Un autre paramètre a été concerné par cette étude et qui se rapporte aux apports des deux phases de la transpiration sur la perte d'eau totale de la feuille excisée. L'étude des résultats obtenus (Tab.04) montrent que les deux rapports sont dépendants de la nature des génotypes testés, du traitement hydrique et de leur interaction. Cependant, l'influence de l'alimentation hydrique, quoique son influence est importante mais elle s'avère d'une tendance antagoniste sur les deux rapports. En effet, le rapport $RWL1/(RWL1+RWL2)$ augmente avec la déclaration du déficit hydrique où la dépendance est équivalente à 0.385^* . Un effet contraire a été observé sur l'expression du rapport de la deuxième phase ($RWL2/(RWL1+RWL2)$), où la déclaration du déficit hydrique s'est soldé par une nette diminution des valeurs obtenues. Ainsi la dépendance d'expression de ce rapport avec l'accentuation du déficit hydrique est de l'ordre de -0.386^* . Toutefois, l'expression de ces rapports est dissemblable chez les génotypes testés (Fig. 03; Fig. 04)

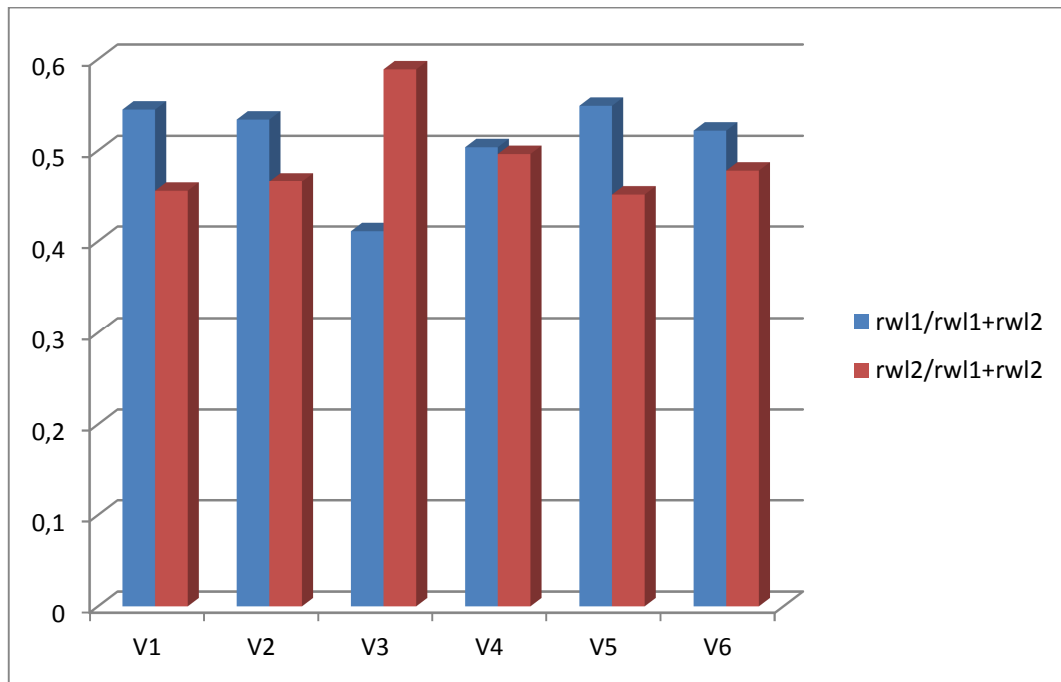


Figure 03: les rapports du RWL1 et du RWL2 et la somme des deux phases de perte d'eau par la feuille excisée dans le traitement sans déficit hydrique

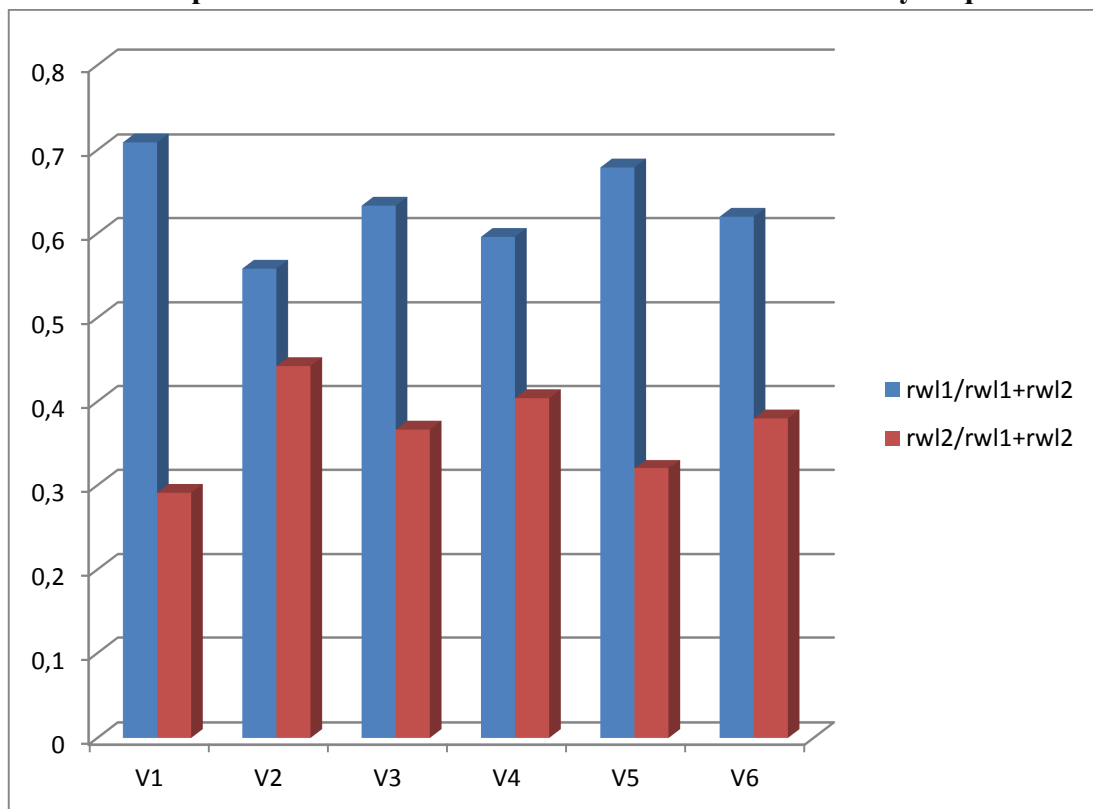


Figure 04: les rapports du RWL1 et du RWL2 et la somme des deux phases de perte d'eau par la feuille excisée dans le traitement avec déficit hydrique

I.3. L'évolution de la teneur en chlorophylles de la feuille

L'évolution de la teneur en chlorophylles ne présente aucune distinction notable au sein et entre les traitements hydriques, sauf pour le génotype V4 qui fait exception parmi la collection conduite. Ainsi chez ce dernier génotype on relève une augmentation de la teneur en ces pigments au cours des différentes dates de mesure et ce sous les deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique. Les données relevées chez les génotypes testés au niveau des deux traitements hydriques et au cours des différentes périodes des mesures sont comprises entre 41 et 52 unités. Chez le génotype V4, par conséquent une augmentation progressive de la teneur en chlorophylles a été constatée. Ainsi, au niveau du traitement SDH, les données obtenues évolue de 45.73 à 50.90 unités. Au niveau du traitement ADH cette évolution s'étale de 44.70 à 50.90 unités.

La stabilité des valeurs de la teneur en chlorophylles indiquent l'absence de la sensibilité des génotypes conduits vis-à-vis des variations des niveaux d'alimentation hydrique pour la synthèse et la préservation de ces pigments.

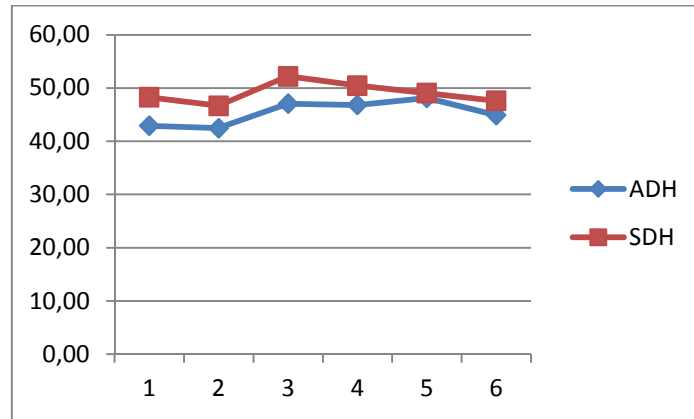


Figure 05 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V1

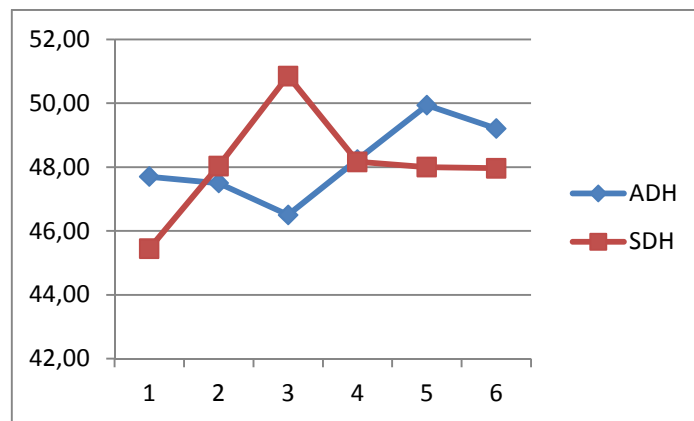


Figure 06 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V2

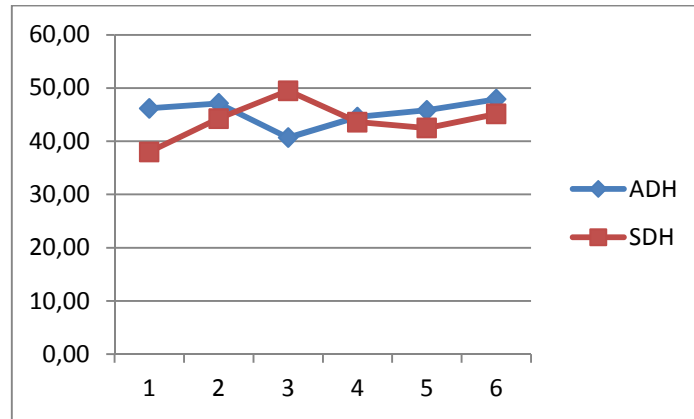


Figure 07 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V3

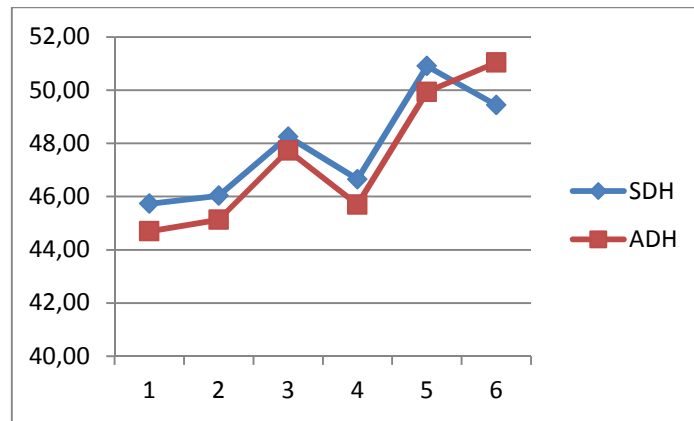


Figure 08 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V4

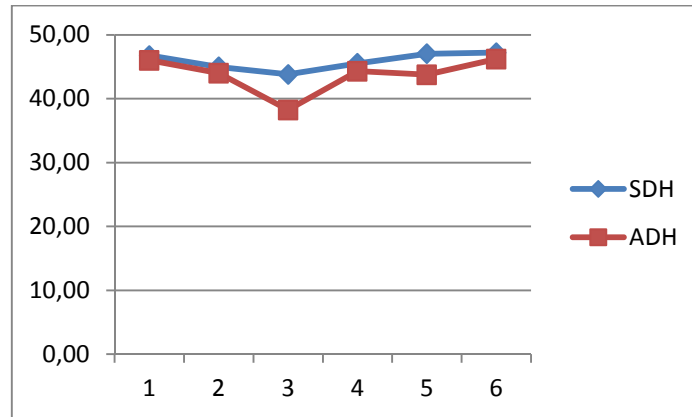


Figure 09 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V5

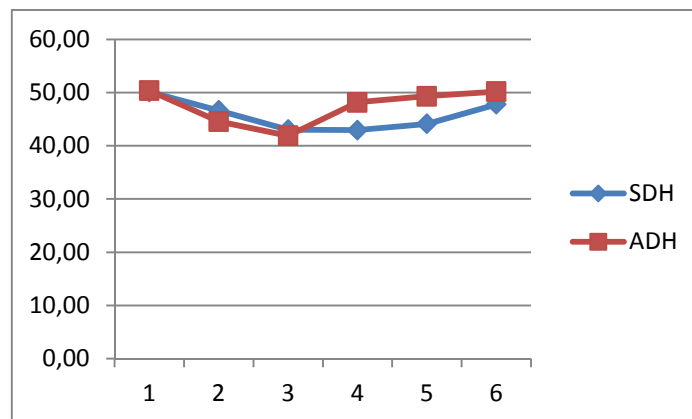


Figure 10 : évolution de la teneur en chlorophylles au niveau des deux traitements hydriques, SDH et ADH chez le génotype V6

II. Les paramètres micro-morphologiques de la feuille

Les paramètres retenus dans cette étude se rapportent à la structure d'épiderme des deux faces d'épiderme du limbe de la sixième feuille.

II.1. La densité des stomates

La différenciation de la densité des stomates au niveau des deux faces du limbe de la feuille, se réalise indépendamment de la variabilité conduite et de l'alimentation hydrique adopté (Tab.06). En effet l'influence de ces deux facteurs sur ce paramètre micro-morphologique s'annonce très faible.

Concernant la densité des stomates sur l'épiderme de la face supérieure du limbe, la valeur moyenne génotypique est de 42 où les extrêmes sont détenus par les génotypes V6 et V4 avec respectivement 46 et 37. La moyenne génotypique pour ce paramètre au niveau du traitement ADH est de l'ordre de 40 où les données distinctes oscillent entre 42 et 38 extériorisés dans l'ordre par les génotypes V1 et V3.

Tableau 05 : effets du génotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur la densité des stomates au niveau des faces, supérieure et inférieure du limbe de la feuille

	Génotype		Traitement hydrique		Génotype x traitement hydrique	
	ddl	Tet F	ddl	Test F	Ddl	Test F
Densité des stomates face supérieure	5	0.770ns	1	2.421ns	5	1.738ns
Densité des stomates face inférieure	5	1.684ns	1	1.493ns	5	0.078ns

Tableau 06 : résultats moyens de la densité des tomates des deux faces du limbe dans les deux traitements hydriques, SDH et ADH

Génotypes	Traitement hydrique	Densité des stomates face supérieur	Densité des stomates face inférieur
V1	SDH	42,67±1.20	33,00±0.58
	ADH	41,67±0.33	33,33±1.53
V2	SDH	42,67±2.85	32,33±5.36
	ADH	39,67±0.33	43,67±2.96
V3	SDH	44,33±2.85	40,33±6.94
	ADH	38,00±2.31	36,33±4.33
V4	SDH	37,33±2.91	32,67±5.78
	ADH	42,00±3.61	35,33±2.03
V5	SDH	40,00±2.52	30,67±1.45
	ADH	39,67±1.67	36,67±2.33
V6	SDH	46,00±0.58	34,33±3.71
	ADH	40,33±1.45	33,00±2.33

II.2. Les caractéristiques des cellules bulliformes**II.2.1. Nombre de files de cellules bulliformes par site**

Les caractéristiques retenues se rapportent au nombre de files des cellules bulliformes par site, leur longueur et leur diamètre. L'analyse des résultats obtenus (Tab. 07) Démontre que le nombre de cellules bulliformes par site, dépend beaucoup plus de l'alimentation hydrique que de la nature des génotypes expérimentés. Leur interaction n'influe que faiblement sur cette caractéristique indiquent ainsi des comportements similaires des génotypes testés vis-à-vis des variations du traitement hydrique sur l'élaboration de ce paramètre.

Les données obtenues (Tab.08) Montrent que dans le traitement SDH, le nombre de files des cellules bulliformes chez 4 génotypes est de 4, sauf pour le génotype V6 où il atteint une valeur de 5. Dans les conditions de déficit hydrique, ce nombre équivaut également à 4 sauf chez le génotype V5 où il est d'une valeur de 3.

II.2.2. La longueur des cellules bulliformes

L'analyse des résultats obtenus (Tab. 07) démontre que la différenciation de la longueur des cellules bulliformes n'est faiblement influencée par la nature du génotype et du traitement hydrique adopté. On relève une distinction des génotypes conduits à l'égard des variations d'alimentation hydrique appliquée.

Les résultats moyens issus des mesures de ce paramètre (Tab. 08) dévoile qu'au niveau traitement SDH, la valeur moyenne génotypique est de l'ordre de 189.54µm. Les valeurs enregistrées des différents génotypes s'étale entre un minimum de 150.57µm observée chez V1 et un maximum de 237.46µm fourni par V5. Dans le traitement conduit en situation de déficit hydrique (ADH), la moyenne génotypique est de l'ordre de 201.41µm représentant une légère augmentation relative par rapport au lot irrigué estimée à 6%. Sous les mêmes conditions hydriques, les valeurs dégagées par les génotypes testés sont comprises dans un intervalle délimité par des extrêmes de 155.42µm et 273.69µm observés respectivement chez V5 et V2.

II.2.3. Le diamètre des cellules bulliformes

Le diamètre des cellules bulliformes est également de son côté, peu dépendant de la variabilité génétique conduite et des traitements hydriques menés (Tab. 08). L'effet de leur interaction est pareillement peu perceptible. Les valeurs moyennes des géotypes (Tab.08) sont peu variables et s'étale entre 24.78µm et 25.80µm relevé dans l'ordre dans les traitements, SDH et ADH.

Dans les conditions d'alimentation hydrique optimale les données enregistrées oscillent entre un minimum de 22.7µm et 27.32µm, extériorisés distinctivement par les géotypes V3 et V4. A l'opposé et sous les conditions hydriques déficientes (ADH), les valeurs obtenues fluctuent dans un intervalle limité par un maximum de 27.37µm (V6) et 24.68µm (V1).

Tableau 07 : effets du géotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur les caractéristiques des cellules bulliformes

	Géotype		Traitement hydrique		Géotype x traitement hydrique	
	ddl	Test F	ddl	Test F	Ddl	Test F
Nombre de files de cellules bulliformes	5	0.733ns	1	5.333*	5	1.733ns
Longueur des cellules bulliforme	5	1.0976ns	1	0.4498ns	5	2.01904ns
Diamètre des cellules bulliformes	5	0.124ns	1	0.442ns	5	0.571ns

Tableau 08 : résultats moyens de nombre, longueur et diamètre des cellules bulliformes au niveau des deux traitements hydrique

Génotypes	Traitement hydrique	Nombre de files de cellules bulliformes par site	Longueur des cellules bulliformes	Diamètre des cellules bulliformes
V1	SDH	4	150,57±10.74	25,39±0.75
	ADH	4	195,86±36.17	24,68±3.86
V2	SDH	4	193,18±20.87	26,41±2.74
	ADH	4	273,69±3.60	25,94±2.34
V3	SDH	4	155,09±23.35	22,70±4.55
	ADH	4	223,21±63.81	26,74±3.87
V4	SDH	4	226,43±39.73	27,32±0.83
	ADH	4	187,31±37.24	24,78±2.78
V5	SDH	4	237,46±23.61	24,08±2.09
	ADH	3	155,42±10.84	25,28±0.31
V6	SDH	5	174,50±25.46	22,80±2.37
	ADH	4	172,98±22.45	27,37±0.79

III. Les paramètres morphologiques

Les paramètres morphologiques retenus concernent la longueur de l'axe racinaire et la longueur du col de l'épi.

III.1. La longueur de l'axe racinaire

La longueur de l'axe racinaire a été significativement influencée par la nature des génotypes, du traitement et de leur interaction (Tab. 09). Chez les génotypes expérimentés et à l'exception du génotype V5, le déficit hydrique s'est accompagné d'une augmentation de la longueur de l'axe racinaire. Chez le génotype V5, une situation contraire a été relevée où l'application du déficit hydrique a provoqué un raccourcissement des racines.

Les résultats moyens (Tab. 10) indiquent qu'au niveau du traitement SDH, la longueur moyenne génotypique est de l'ordre de 147.12cm, alors qu'au niveau du lot soumis au déficit hydrique cette valeur est 167.92cm, se soldant ainsi par un taux d'élongation moyen de 12%.

Parmi les génotypes testés, V3, V4 et V2 ont inscrit les taux d'élongation les plus élevés avec des valeurs respectives de 25%, 21% et 17%. Les génotypes V1 et V6 ont extériorisé des faibles taux d'élongation avec des valeurs dans l'ordre de 6% et 2%. A l'opposé, le génotype V5 s'est distingué par un axe racinaire plus court sous les conditions

hydriques déficientes en comparaison avec celui donné dans le traitement SDH et avec une grandeur de l'ordre de -3%.

III.2. La longueur du col de l'épi

L'analyse des résultats obtenus (Tab. 09) démontre que la longueur col de l'épi est grandement dépendante de la variabilité conduit, du traitement hydrique et de leur interaction. D'une façon générale, le déficit hydrique a provoqué une diminution de la longueur de cet organe, à l'exception du génotype V2 où l'alimentation hydrique déficiente s'est accompagnée d'une augmentation de sa grandeur. Toutefois, l'effet de la modification d'alimentation a été perçu de manières très significativement différentes par les génotypes expérimentés.

Les résultats moyens obtenus (Tab. 10) illustrent qu'au niveau du traitement SDH, la longueur du col de l'épi est comprise entre un minimum de 14.25cm et un maximum de 26.25cm relevé respectivement chez les génotypes V2 et V6. Dans le traitement conduit sous le déficit hydrique, ces valeurs extrêmes sont de l'ordre de 14.5cm et 18.75cm inscrites dans l'ordre, par les génotypes V5 et V3.

L'application du déficit hydrique s'est accompagnée d'une réduction de la longueur de l'épi où les taux les plus élevés ont été relevés chez les génotypes V1, V5 et V6 avec des valeurs respectives de 29%, 41% et 31%. On note que seul le génotype V2 a inscrit une longueur du col de l'épi au niveau du traitement ADH, supérieure de 12% par rapport à celle donnée au niveau du traitement SDH.

Tableau 09 : effets du génotype, du traitement hydrique et de leur interaction sur les paramètres morphologiques

	Génotype		Traitement hydrique		Génotype x traitement hydrique	
	ddl	Tet F	ddl	Test F	Ddl	Test F
Longueur du col de l'épi	5	5.137***	1	41.024***	5	7.468***
Longueur de l'axe racinaire	5	3.18**	1	84.51***	5	14.29***

Tableau 10 : résultats moyens des paramètres morphologiques enregistrés par les génotypes testés au niveau des deux traitements avec et sans déficit hydrique

Génotypes	Traitement hydrique	Longueur des racines	Evolution (%)	Longueur du col d'épi	Evolution
V1	SDH	154,17	+6	22,75	-29
	ADH	164,17		16,25	
V2	SDH	146,50	+17	14,25	+12
	ADH	176,83		16,00	
V3	SDH	134,83	+25	19,00	-1
	ADH	179,83		18,75	
V4	SDH	141,83	+21	19,75	-18
	ADH	179,67		16,25	
V5	SDH	162,17	-3	24,75	-41
	ADH	156,83		14,50	
V6	SDH	146,83	+2	26,50	-31
	ADH	150,17		16,25	

IV. Les composantes du rendement

IV.1. Le nombre de talles-épis par plant

L'effet de la nature du génotype, du traitement et de leur interaction est important sur l'élaboration du nombre de talles-épi par plant (Tab. 11). Le déficit hydrique diminue de façon significative ce nombre chez l'ensemble des génotypes testés, sauf que d'une acuité variable chez ces derniers.

Les résultats moyens obtenus (Tab.12) affichent que chez les plants irrigués à la capacité au champ, le nombre de talles-épi varie entre un maximum de 24 et un minimum de 13 inscrits respectivement chez les génotypes V6 et V2. Dans le traitement conduit sous déficit hydrique, le nombre de talles-épi fluctue entre 6 et 8. Ainsi, les génotypes, V1, V2 et V4 ont inscrit une valeur de 8 talles-épi par plant et les autres génotypes (V3, V5, V6) n'ont fourni que 6 talles-épi.

VI.2. Le nombre de grains par épi

Suivant l'analyse des résultats (Tab.11), il se démontre que cette composante et sous ces conditions, dépend principalement de la nature du génotype. L'influence de l'alimentation hydrique sur son expression s'avère juste significatif. L'interaction de ces deux facteurs exerce un effet très important, démontrant ainsi des comportements distincts

des géotypes testés à l'égard de l'alimentation hydrique pour l'élaboration de cette composante.

Les résultats moyens (Tab. 12) illustrent qu'au niveau du traitement SDH, le nombre de gains par épi fluctue dans l'intervalle délimité par des valeurs extrêmes de 37 et 52 relevées dans l'ordre chez les géotypes V2 et V6. Dans le traitement soumis au déficit hydrique les données de cette composante varient mais de manière moins sensible. Ainsi, les données inscrites oscillent entre 30 et 55 grains par épi, constaté chez les géotypes V5 et V3. Toutefois, on constate que les moyennes géotypiques sont de l'ordre de 44 et 41 grains par épi successivement dans les traitements sans et avec déficit hydrique.

VI.3. Le poids de mille grains

L'étude statistique des résultats dégagés (Tab.12) Prouve que le poids de mille grains est une composante vigoureusement conditionnée par l'alimentation hydrique et la nature de la variabilité génétique utilisée. Cette étude démontre également que les distinctions des géotypes vis-à-vis des variations d'alimentation n'est que faiblement perceptible.

Tableau 11 : effets du géotype, du traitement hydrique et de leur interaction sur les composantes du rendement

	Géotype		Traitement hydrique		Géotype x traitement hydrique	
	ddl	Test F	ddl	Test F	Ddl	Test F
Nombre de talles-épis	5	70.41***	1	3301.79***	5	105.16***
Nombre de grains/épi	5	12.299***	1	5.704*	5	18.120***
Poids de mille grains	5	12.985***	1	459.512***	5	3.014*

* : significatif au seuil de 5% ; *** : significatif au seuil de 0.1%

Tableau 12 : résultats moyens des composantes du rendement (nombre de talles-épis par plant, le nombre de grains par épi, le poids de mille grains) enregistrés par les génotypes testés au niveau des deux traitements avec et sans déficit hydrique

Génotypes	Traitement hydrique	Nombre de talles-épis	Nombre de grains/épi	Poids de mille grains
V1	SDH	22	42	36,19
	ADH	8	52	20,05
V2	SDH	13	37	49,24
	ADH	8	41	28,66
V3	SDH	19	45	45,64
	ADH	3	55	24,97
V4	SDH	16	44	47,17
	ADH	8	34	26,41
V5	SDH	15	44	46,81
	ADH	6	30	17,67
V6	SDH	24	52	39,14
	ADH	6	35	18,41

Tableau 13 : relations entre le déficit hydrique et les paramètres hydriques de la plante

	situation hydrique	RWC	RWL1	RWL2	rw1/rw1+rw2
situation hydrique					
RWC	-0,607431				
RWL1	0,490273	-0,149193			
RWL2	0,206821	0,183811	0,571650		
rw1/rw1+rw2	0,385929	-0,331507	0,521649	-0,349169	
rw2/rw1+rw2	-0,385929	0,331507	-0,521649	0,349169	-1,00000

L'effet du déficit hydrique sur l'élaboration des paramètres micro-morphologiques s'avère faible, à l'exception du nombre de files des cellules bulliformes par site. En effet, cette dernière relation présente un grand intérêt pour la détermination des critères d'évitement de la sécheresse. Cette relation démontre que la déclaration du déficit hydrique s'accompagne d'une nette réduction du nombre de files des cellules bulliformes par site au niveau de l'épiderme de la face supérieure ou ventrale du limbe. Cette transformation contribuerait à la perte d'eau par transpiration et qu'elle ne serait impliquée dans la motricité conditionnant l'enroulement foliaire.

Tableau 14 : relations entre le déficit hydrique et les paramètres micro-morphologiques

	SH	DSFV	DSFD	NFCB	NCECB	LCB
SH						
DSFV	-0,2493					
DSFD	-0,2086	0,4296				
NFCB	-0,3578	-0,0643	-0,1159			
NCECB	0,0407	-0,2914	0,0230	0,1293		
LCB	0,1049	-0,5228	-0,2372	0,1352	0,3673	
DCB	0,1259	-0,3794	-0,1604	-0,0262	0,1001	0,0175

SH : situation hydrique ; DSFV : densité des stomates de la face ventrale ; DSFD : densité des stomates de la face dorsale ; NFCB : nombre de files de cellules bulliformes ; NCECB : nombre de files de cellules épidermiques séparant les sites des cellules bulliformes ; LCB : longueur des cellules bulliformes ; DCB : diamètre des cellules bulliformes.

La déclaration du déficit hydrique s'est accompagnée d'une nette élongation de l'axe racinaire (Tab. 15). Ce remodelage morphologique des racines détient un grand intérêt dans l'évitement des contraintes générées par le déficit hydrique. L'exploration des couches profondes plus humides du substrat à la déclaration d'un déficit hydrique est assurée par une dynamique racinaire à travers sa croissance en longueur. Le col de l'épi, organe demeurant longtemps photosynthétique à la sénescence des feuilles suite à la sécheresse est également réduit par le déficit hydrique. Sauf qu'au sein de l'espèce blé tendre il existe une variabilité génétique assez élevée pour sélectionner sur la base de critère.

Tableau 15 : effets du déficit hydrique sur les paramètres morphologiques

	situation hydrique	longueur des racines
longueur des racines	0,6568	
longueur col de l'épi	-0,5660	-0,1830

Le déficit hydrique a eu également un effet défavorable le nombre de talles-épis et surtout le poids du grain. Son effet sur le nombre de grains par épi s'est avéré faible du fait la différenciation de cette composante se réalise prématurément à la fin du tallage et début montaison, période survenant avant l'application du déficit hydrique au cours de cet essai.

Tableau 16 : effets du déficit hydrique su les composantes du rendement

	situation hydrique	nombre de talles	nombre de grains/épi
nombre de talles	-0,8863		
nombre de grains/épi	-0,1771	0,2413	
Poids de mille grains	-0,9030	0,7020	0,1536

Conclusion

conclusion

Le déficit hydrique a eu un effet négatif sur la teneur relative en eau des feuilles. Il réduit ainsi significativement les grandeurs de ce paramètre. Ces effets s'expliquent principalement par l'abaissement du potentiel hydrique du substrat suite à la diminution de la teneur en eau du sol. La transpiration contribue également à la baisse du niveau d'hydratation de la plante. Ces propos se prouvent par une relation positive entre la déclaration du déficit hydrique et la perte d'eau par la feuille excisée durant la première phase et qui représente particulièrement le ratio de la transpiration stomatique. Le rapport de la perte d'eau par la feuille excisée de la phase 2 et la transpiration la perte d'eau globale est diminuée par la déclaration du déficit hydrique. On retient ainsi que lorsque la transpiration cuticulaire détient une part plus faible de la perte d'eau globale, la tolérance de la plante pour la préservation d'un état d'hydratation optimale augmente.

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques

« A »

ADDA A, SAHNOUNE M, KAID HARCHE M, MERAH O. (2005). Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Comptes rendus de biologies* 328, 10-11, 918-927.

AROUS ALI, ZEMOUR KAMEL, MEHDEB DJAMILA, LABDELLI AMINA, ZEMOUR HADIFH, CHOUHIM KADA MOHAMED AMINE, ADDA AHMED, BELKHOUDJA MOULAY. Morphological, physiological and anatomical traits in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) as affected by semi-arid conditions. *Journal of agricultural and applied biology* 2024, Vol. 5, No. 1, 97 - 109 <http://dx.doi.org/10.11594/jaab.05.01.08>

AMOKRANE ET AL, (2002).Caractérisation des variétés locales , Syriennes et européennes de blé dur évaluée Constantine , numéro spécial . : 33 -38 p.

« B »

BENHAMOU, (2009) . La résistance chez les plantes. Principes de la stratégie défensive et applications agronomiques . Ed TEC et DOC . Paris . 213-218P.

BOUTIGNY.L, (2007)- Etude de l'effet de composés du grain de blé dur sur la régulation de la voie de biosynthèse des trichothécènes B : purification de composés inhibiteurs, analyse des mécanismes impliqués. 58 p.

« C »

CLARKE, J.M., NORVELL, W.A., CLARKE, F.R. ET 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.

CLARKE,(1986) . Evaluation of techniques for screening for drought resistance in Wheat . *CropSci .*, 22 :503-506p.

CLEMENT - GRANCOURT ET PRATS, (1971). Les céréales. Ed.J.B. Bailliers et Fils, 360p.

« D »

DEBAEKE ET AL. (1996) . Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique .I . étude en lysimètres . *agronomie* 16, 3-23

Références Bibliographiques

« F »

FEILLET P, (2000). Le grain de blé composition et utilisation.1ère édition. INRA. Paris,303p.

FELOUAH OC, AMMAD F, ADDA A, BOUZID A, GHANAOUT L, EVON P, MERAH O. . (2024). Morpho-Anatomical Modulation of Seminal Roots in Response to Water Deficit in Durum Wheat (*Triticum turgidum* var. durum). *Plants* 2024, 13(4), 487; <https://doi.org/10.3390/plants13040487>

FELLAHI Z , (2017) . Analyses génétique d'un croisement line X tester, réponse a la sélection et tolérance de stresse du blé tendre (*Triticum astivum*) sous conditions semi-arides . thèse, Université Ferht Abbas Sétif 1 .

« J »

JACKSON ET AL, (2000) cité dans Ainaoui et Lafala, 2016). Etudes comparatives de l'effet du stress hydrique sur le comportement de quatre génotypes de blé dur (*triticum durum* desf) . Mémoire de master , Université des frères Mentouri Constantine.

« H »

HAMADACHE, (2013) In : Salmi, 2015 . Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf) sous conditions semi-arides.

HOPKINS ,(2003) , W . G. introduction to plant physiology fourth Edition . Published by John Wiley and Sons , New York , 512 pages

« G »

GATE P., BOUTHIER A., CASABIANCA H. & DELEENS E. (1993).Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). Les colloques. 64.Inra. Paris.

GATE, (1995) . Ecophysiologie du blé , Edit . Lavoisier , paris , Technique et documentation, 429 , p .

GOUACHUI D ., BANCAL P.2, DE SOLAN B.1 , G .P. (2014) -. Tolérance du blé tendre aux stress abiotique Gouach. innovation Agronomiques 35,P 75-87 .

Références Bibliographiques

« k »

Kellou R. , 2008 : analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité Quali-Méditerranée . le cas des coopératives sud céréales , groupe coopératif occitan et Audeccop . série (master of science) Master of science du CIHEAM -IAMM n° 93 . 39 ; 48 p

« L »

LABERCHE, (2004). La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod . 2^e (éd) . Paris : 154-163p.

LAWLOR B (2003) . Abstracting and information Services . serials Review , 29(3) , 200-209

LAMARA & BENGUEDOUDJ ,(2019) . étude du comportement variétal du blé tendre (triticum aestivum L) vis-à-vis du stress hydrique dans la région de Sétif . Mémoire Master Université BBA

LAURENT ET SANE, (2007) . Transfert d'eau et d'énergie . In : bioclimatologie . Concept et application . Ed . Quae .Paris .246p.

« M »

MOSINIAK M, PRAT P ET ROLAND J.C., (2006). Biologie et multimédia.Université Pierre et Marie Curie.

MADHVA RAO & RAO , K.V ., RAGHAVENDRA , A.S. AND JANARDHAN REDDY , K. (Eds) (2006) . Physiology and Molecular Biology of stress Tolerance in Plants. Springer Netherlands .p .337.

MASLE J., (1980), L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. L'influence de différentes caractéristique de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière, thèse de docteur ingénieur en agronomie, Ina-PG ,273p .

MAURY ET AL, (2011). Ecophysiologie et génétique de la tolérance a la sécheresse chez les tournesols . Innovations Agronomiques .14 :123-138 .16p.

MORGAN ET CODON (1986). Morgan , j.m , gordan , a.g. 1986. Water use, grain yield and osmoregulation in water .aust jplant physiol ; 13 :523-32p.

Références Bibliographiques

MOSTEFAOUI W ., ET MOHAMEDI A . (2019). Etude de la diversité morphologique de quelque variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) Mémoire master . Univ Msila

MOUELLEF A, (2010). Caractères physiologiques et biochimique de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf) au stress hydrique . Mémoire de magistère . Univ Mentouri . Constantine.

Références Bibliographiques

« N »

NAVILLE M., (2005). La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé, Paris: Université Paris XI, Paris, 20p.

Nabors, (2008). Réponse des plantes aux hormones et aux stimuli environnementaux .In : Biologie végétal . Structure , fonctionnement , écologie et biotechnologie . Ed . Pearson Education . France .247p.

« R »

RADHOUANE. (2011). Comportement physiologique des deux espèces de tabac au stress salin . Revue des région arides . Institut des régions arides Médenine –Tunisie . 5 :3-14p.

RUGET F, BONHOMME R. ET CHARTIER M .(1996) . Estimation simple de 4 surfaces foliaires de plantes de maïs en croissance. Agronomie 16 ,553-562.

« S »

SLAMA ET AL. (2005). Les céréales en Tunisie : production , effets de la sécheresse et mécanisme de résistance (Inrat) . 16(3) : 225-229

SHEWRY PR, TATHAM AS, FORDE J, KREIS M, MIFLIN BJ. (1986). The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: A reassessment. Journal of Cereal Science 4, 97-106.

« T »

TARDIEU & AL, (2006) .Régulation des échanges gazeux par les plantes soumises a la sécheresse . In : L'eau dans l'espace rural . Production végétale et qualité de l'eau .Ed INRA . France . p 41-59.

TURNER ET AL, (2001) cité dans **AINAOUI ET LAFALA, (2016)** . osmotic adjustment of sorghun and sunflower crops in respence to déficits a dits influence on the water potentiel at with stomatal close . Aust .J. plant physiologic Weat , 5 :P 597-608

« V »

VERVILLE J.L, (2003). Le blé, le seigle et le triticale. 18p.