



Faculté des sciences
Département des Sciences Agronomiques
Mémoire Présenté en Vue de l'obtention du Diplôme de Master
Filière : Sciences agronomiques
Option : Sciences du sol

Intitulé

Etude de quelques expressions agro-morpho-physiologiques chez trois génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) cultivés sous conditions subhumides à Skikda.

Présenté par : - M^{lle} BOUACHA Yassamina
- M. BOUDINA Abdelfetah
- M. BOUGHAITA Fethi
- M^{lle} BOURAS Nadjat

Membre de jury :

M ^{me} SOUILAH Nabila	Présidente	Université 20 Aout 1955, Skikda
M. HAFSI Zakaria (MCB)	Promoteur	Université 20 Aout 1955, Skikda
M. FILALI Samir	Cp-promoteur	Université 20 Aout 1955, Skikda
M ^{me} LARID Sabah (MCB)	Examinatrice	Université 20 Aout 1955, Skikda

Remerciements

Nous remercions tout d'abord, **ALLAH**, Le Tout Puissant, d'avoir nous donné le courage pour mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement, nos superviseurs **M. HAFSI Zakaria** et **M. FILALI Samir** pour leurs précieux conseils, leur disponibilité et leur compréhension tout au long de la période de réalisation de ce projet.

Nos vifs remerciements s'adressent, également, aux membres du jury (**M^{me} SOUILAH Nabila** et **M^{me} LARIT Sabah**) pour avoir accepté avec un bon cœur d'évaluer cette étude.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont sincèrement apportés, d'une façon ou d'une autre, leur contribution au bon déroulement de ce présent mémoire.

Dédicaces

*Je tiens tout d'abord à remercier **DIEU** le tout puissant et miséricordieux. Qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère, mon père, ma famille, mes amis.

*À l'enseignante **BALA SIHEM** que j'admire profondément, je tiens à vous remercier pour vos paroles inspirantes et votre âme bienveillante. Vous avez toujours été une source d'inspiration pour moi et m'avez aidé à découvrir ma véritable passion et à la réaliser. Grâce à vos sentiments positifs et votre soutien inépuisable, j'ai pu surmonter les obstacles et poursuivre mes aspirations. Merci de votre merveilleux leadership et d'être une enseignante aimée de tous.*

*Enfin, au professeur **DAIF NOUREDDINE** que je considère comme le meilleur et que j'aime énormément, je souhaite vous exprimer ma profonde reconnaissance. Vous avez été pour moi une source d'inspiration. Vous avez toujours été disponible et prêt à m'aider à chaque fois que j'en avais besoin. Votre connaissance approfondie et votre amour infini pour l'enseignement ont réussi à transmettre le savoir de manière extraordinaire et à élargir mes horizons. Je vous remercie pour votre patience et votre compréhension infinies qui ne se sont jamais épuisées. Vous m'avez montré qu'il n'y a pas de limites à l'apprentissage et au développement, et que persévérer vers l'excellence est la clé du succès. Vous êtes plus qu'un simple professeur pour moi, vous êtes un ami et un enseignant aimé. Je vous remercie du fond du cœur pour tout le temps et les efforts que vous avez consacrés pour moi. Je porterai votre souvenir et votre impact positif avec moi tout au long de ma vie, et je m'efforcerai d'être comme vous, pour inspirer les autres et les aider à réaliser leurs rêves.*

YASMINE.



Dédicace

Au nom de **DIEU, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.**

DIEU dit : "Dieu élèvera en degrés ceux d'entre vous qui ont cru et ceux qui ont reçu le savoir."

À celle à qui **DIEU** a accordé le paradis sous ses pieds, à celle qui a veillé de longues nuits pour mon bien-être, à celle qui s'est réveillée à l'aube pour prier pour moi, à **MA MERE** bien-aimée, que **DIEU** prolonge sa vie et la comble de santé et de bien-être.

À celui qui m'a appris à donner sans rien attendre en retour, à celui qui porte mon nom avec fierté, à celui qui a travaillé dur pour que je puisse jouir du confort et du bonheur, à **MON CHER PERE, Moussa**, que Dieu le préserve et le guide.

À ceux qui sont mon refuge, ma fierté et ma fierté, je suis d'eux et ils sont de moi, mes sœurs **Ibtissem, Ahlem, Amira** et ma cousine **Israa**.

À mon frère, mon soutien, **Hussein**, que Dieu le préserve et le guide.

À la joie et à la gaieté de la famille, aux poussins **Baraa, Quds, Mu'taz et Afnan**.

À la bénédiction de la famille, ma grand-mère, que Dieu prolonge sa vie, et à la famille **Boures**.

À ceux avec qui j'ai savouré les plus beaux moments, mes amies **Wiam, Iman, Ines, Ahlam, Wassim et Houda**.

À mon amie et collègue de travail **Yasmine**, que Dieu te guide et te protège.

NADJET

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux deux êtres qui me sont très chers dans cette vie, à mon père et à ma mère. Je leur dis merci maman du fond du cœur pour ton éducation, ton sacrifice, ton assistance et pour ce tu m'as fait et qui m'a permis d'arriver à cette réussite et à ce bonheur, avec toute ma fidélité et tout mon amour pour mon père, je te dis merci mille fois mes parents.

A mes sœurs : Imen, Souhila et Amira

A mes nièces : Ibtihel Kenza, Raid, Med Siradj

A toute ma famille

A mes collègues et mes amies

BOUGHAITA Fethi

DEDICACE

Au nom de **DIEU**, je dédie humblement mes accomplissements et mes succès. Toute gloire et gratitude lui sont dues.

Je dédie les fruits de mes efforts à ceux qui ont fermé les yeux sur nos échecs et ont applaudi nos tentatives, nous encourageant gratuitement... **A MES PARENTS.**

À MA MERE, mon ciel, la prunelle de mes yeux, qui m'a guidée et soutenue.

À MON PERE, celui qui a cueilli des chardons sur mon chemin pour ouvrir la voie de la connaissance.

À MES FRERES ET MA SŒUR.

À ma famille et mes proches.

À mes chers amis et compagnes de route.

À tous ceux qui ont traversé mon cœur et y ont laissé une belle empreinte



ABDEFETAH

Liste des abréviations

ABA	L'acide Abscissique.
AFM	Analyses factorielles multiples
CE	Conductivité électrique.
CHA	Classification hiérarchique ascendante
CIMMYT	Centre international d'amélioration du maïs et du blé
Cm	Centimètre.
CO₂	Dioxyde de carbone.
g	Gramme.
ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures.
Km	Kilomètre.
Km²	Kilomètre carré.
M	Mètre.
M²	Mètre carré.
Mm	Millimètre.
Ph	Potentiel hydrogène.
PMG	Poids de 1000 grains.
SF	Surface Foliaire.
TRE	La teneur relative en eau.
WSC	Water Soluble Carbohydrates.

Liste des Tableaux

Tableau 1. Le pédigrée, l'origine géographique et les caractéristiques des trois variétés.....	20
Tableau 2. Températures moyennes mensuelles de la période d'expérimentation (2022 -2023) à Skikda.....	22
Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles de la Wilaya de Skikda (2022 -2023).....	22
Tableau 3. Résultats de l'analyse chimique et physique du sol.....	23
Tableau 4. Résultats de l'analyse chimique et physique du sol.....	23
Tableau 5. Corrélation des variables quantitatives (phénologiques, agronomiques et morphologiques et physiologiques)	36

Liste des figures

Figure 1. Cycle végétatif du blé tendre.....	6
Figure 2. Rouille jaune sur les feuilles de blé tendre	17
Figure 3. Rouille brune sur les feuilles de blé	18
Figure 4. Rouille noire sur les tiges de blé tendre	18
Figure 5. Septoriosose sur feuille du blé tendre.....	19
Figure 6. Carte de localisation géographique du site d'étude (Wilaya de Skikda)	21
Figure 7. Dispositif expérimental.....	23
Figure 8. Labour des parcelles	24
Figure 9. Fumure du fond.....	24
Figure 10. Traçage parcelles	25
Figure 11. Semis.....	25
Figure 12. Désherbage.....	26
Figure 13. La récolte.....	26
Figure 14. Durées d'épiaison chez les trois variétés.....	30
Figure 15. Les paramètres agronomiques étudiés.....	32
Figure 16. Les paramètres morphologiques.....	34
Figure 17. Variation de la teneur relative en eau des trois géotypes de blé tendre	35
Figure 18. Analyse factorielle multiple (AFM) des variables quantitatives : Carrée de liaison des variables (A), Cercle de corrélation des variables (B)	38
Figure 19. Analyse factorielle multiple (AFM) des variables quantitatives : Diagramme de dispersion des individus (C) et dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante (D et E).....	39

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Listes des figures

Liste des abréviations

Table des matières

INTRODUCTION.....01

CHAPITRE I. SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Origine génétique et géographique du blé tendre.....	03
2. Importance économique du blé tendre.....	04
2.1 Dans le monde.....	04
2.2 En Algérie.....	04
3. Biologie et cycle végétatif du blé tendre.....	05
4. Les exigences du blé.....	06
4.1 Les exigences climatiques.....	06
4.1.1 les températures	07
4.1.2 La pluviométrie	07
4.1.3 La lumière (photopériode)	07
4.2 Les exigences édaphiques.....	08
4.2.1 Caractéristiques physiques.....	08
4.2.2 Les caractéristiques chimiques.....	08
4.2.3 Les exigences en éléments minéraux :	09
5. Rendement.....	09
6. Contrainte environnementale de production.....	09
6.1 Stress hydrique.....	09
6.2 Stress thermique.....	10
6.2.1 Les hautes températures.....	10
6.2.2 Les basses températures.....	10
7. Mécanisme d'adaptation de la plante au stress hydrique.....	11
7.1 Adaptation phénologiques.....	11
7.2 Adaptations morphologiques.....	12
7.3 Adaptations physiologiques.....	12

7.3.1 Régulation stomatique.....	12
7.3.2 La teneur relative en eau.....	13
7.3.3 Température de la canopée.....	13
7.3.4 Le maintien de l'intégrité membranaire.....	14
7.3.5 Teneur en chlorophylle.....	15
7.3.6 L'ajustement osmotique.....	15
7.4 Adaptations biochimiques.....	15
7.4.1 Accumulation de la proline.....	15
7.4.2 Accumulation des sucres solubles.....	16
8. Maladies.....	17
8.1 Rouille jaune.....	17
8.2 Rouille brune des feuilles.....	18
8.3 Rouille noire des tiges.....	18
8.4 Septoriose.....	19

CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES

1. Matériel végétal.....	20
2. Site d'expérimentation.....	20
2.1 Cadre physique.....	20
2.2 Cadre climatique.....	21
2.2.1 Température.....	22
2.2.2 Pluviométrie.....	22
2.3 Cadre édaphique.....	23
2.4 Mise en place de l'essai.....	23
2.4.1 Dispositif expérimental.....	23
2.4.2 Itinéraire technique apportée à la culture.....	24
2.5 Conduite de l'essai (paramètres mesurés).....	26
2.5.1 Etude phénologique.....	26
2.5.2 Etude agronomique.....	27
2.5.3 L'étude morphologique.....	28
2.5.4 L'étude physiologique.....	29
2.6 Traitement et analyse statistique.....	29
2.6.1 Types des caractères.....	29
2.6.2 Statistiques descriptives.....	29
2.6.3 Tests de corrélation.....	29

2.6.4 Analyses factorielles.....	29
2.6.5 Logiciels appliqués.....	29

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Résultats.....	30
1.1 Etude descriptive.....	30
1.1.1 paramètres phénologiques.....	30
1.1.1.1 La durée d'épiaison (DEp.)	30
1.1.2 Paramètres agronomiques.....	30
1.1.2.1 Nombre de plante/m ²	30
1.1.2.2 Taux de germination.....	30
1.1.2.3 Talles herbacées.....	30
1.1.2.4 Talles épiées /plant.....	31
1.1.2.5 Efficience de transformation de talles herbacées en talles épis (%).....	31
1.1.2.6 Nombre d'épis par m ²	31
1.1.2.7 Nombre d'épillet par épi.....	31
1.1.2.8 Nombre de grains par épi (Nb G/E)	31
1.1.2.9 Poids de mille graines (PMG)	31
1.1.2.10 Rendement (Rdt)	31
1.1.3 Paramètres morphologiques.....	33
1.1.3.1 Hauteur de la plante HP.....	33
1.1.3.2 Longueur de l'épi (LE)	33
1.1.3.3 Longueur des barbes (LB)	33
1.1.3.4 Longueur du col de l'épi (LCE)	33
1.1.3.5 Surface Foliaire (SF)	33
1.1.4 Paramètres physiologiques.....	33
1.1.4.1 Teneur relative en eau (TRE%).....	33
1.2 Etude statistique.....	35
1.2.1 Test de corrélation.....	35
1.2.2 Analyse factorielle.....	37
2. Discussion.....	40
2.1 Analyse descriptive.....	40
2.1.1 Type phénologique.....	40
2.1.2 Type agronomique.....	40
2.1.3 Type morphologique.....	42

2.1.4 Type physiologique.....	44
2.2 Analyse comparative (statistique)	44
Conclusion	46

Références bibliographiques

Résumé

INTRODUCTION

Les céréales sont considérées comme la base des grandes civilisations et ont constitué l'une des premières activités agricoles, fournissant un moyen d'alimentation régulier, autour duquel l'activité humaine pouvait s'organiser (**Abis, 2012**). En Méditerranée, le blé occupe une place essentielle dans les sociétés et ses modes de consommation, dans les rapports entre le pouvoir et les populations, et dans les échanges commerciaux à l'œuvre au sein de cet espace (**Abis, 2012**).

Dans la plupart des pays en développement, le blé est cultivé sous des conditions pluviales ou d'irrigation restreintes où la culture affronte périodiquement des épisodes de pénurie d'eau pendant un ou plusieurs stades de sa croissance entraînant une diminution importante de son rendement en grains (**Pokharel et Pandey, 2012**). Sous de telles conditions, la perte de rendement perturbe l'équilibre de l'offre et de la demande, entraînant des problèmes de sécurité alimentaire (**Hellin et al., 2012**).

En Algérie, le blé avec ces deux types, dur et tendre, ainsi que l'orge constituent, une culture alimentaire irremplaçable. Selon différentes études, la superficie réservée à la céréaliculture en Algérie est, aujourd'hui, de 3,3 millions d'hectares. 40% de ses surfaces sont destinés à la production de blé dur, soit 1,35 millions d'hectares et les 20% restants sont réservés à la production du blé tendre lequel reste généralement faible. Malgré les efforts consentis, les rendements restent très bas puisqu'ils ne tournent qu'autour de 8 à 10 qx/ha. Leur faible niveau de production est souvent expliqué par l'influence des mauvaises conditions pédoclimatiques associées, entre autres, à une faible maîtrise des techniques culturales (**Selmir, 2000**). La culture du blé est cultivée exclusivement en conditions pluviales dans les plaines intérieures et plus particulièrement dans les hauts plateaux appartenant aux étages bioclimatiques semi arides. Ces zones sont souvent soumises aux effets des aléas climatiques à savoir une augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations qui se répercutent inévitablement sur la croissance et le développement des cultures et par voie de conséquence sur leur productivité (**Bouzerzour et al., 2000**).

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) occupe une place importante dans les habitudes alimentaires de la population algérienne, sa culture est confrontée à plusieurs contraintes d'ordre biotique et surtout abiotique (**Fellahi, 2013, 2017**). En présence des stress abiotiques variables en intensité et durée, le génotype désirable est celui qui donne une production

régulière et une bonne performance de rendement dans la région pour laquelle il est destiné (Kadi, 2012). Le rendement en grain est l'objectif final de tout programme d'amélioration quantitative des génotypes (Kara, 2015 ; Hannachi, 2017). Les variétés nouvelles sont le plus souvent sélectionnées sur la base de leur niveau de rendement sans tenir compte des caractères adaptatifs qui sont des régulateurs de la production en milieux variables (Laala, 2010). Ces variétés, si en milieux favorables ou sous irrigation, elles arrivent à exprimer leur potentiel de rendement, en pluviale et sous climat semi-aride, elles se montrent plus variables et souvent aussi, sinon moins, productives que les cultivars locaux qu'elles sont censées remplacer, suite à leur sensibilité aux stress (Benmahammed et al., 2010).

Face à cette situation diverses stratégies d'amélioration des rendements et d'adaptation peuvent être appliquées. Parmi ces stratégies la sélection de génotypes au potentiel productive acceptable qui se caractérise par une meilleure adaptation dans le but de limiter les pertes de rendement lors des années difficiles.

Le présent travail de recherche est proposé pour étudier le comportement de trois variétés du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Ain Abid, Arz et Hidhab dans la région de Skikda ; afin d'indenter les génotypes les plus performants et qui présentent une meilleure adaptation au bioclimat de région d'étude à travers des marqueurs agro-morpho-physiologiques.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres après une introduction :

- Un premier chapitre qui comporte une synthèse bibliographique qui s'articule essentiellement sur les généralités du blé tendre, les mécanismes et les stratégies d'adaptations de la plante au stress hydrique.
 - Un deuxième qui englobe la description du matériel végétal, les conditions de culture et les paramètres étudiés.
 - Et un troisième qui traite des résultats obtenus et leurs discussions.
- Enfin, ce mémoire se termine par une conclusion avec les perspectives souhaitables.

CHAPITRE I.

Synthèse bibliographique

1. Origine génétique et géographique du blé tendre

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum*, tribu des Triticées au sein de la famille des *Poaceae* et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot et al., 2009). C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000).

L'aire d'origine des blés est le proche Orient, dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie (Baldy, 1986). La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne. Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est apparu il y'a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (Nesbitt et Samuel, 1995). Les botanistes classent le blé tendre dans le groupe des blés *hexaploïdes* ($2n = 42$) (Bonjean, 2001). Le blé *hexaploïde* *Triticum aestivum* à génome (BBAADD) est très vraisemblablement apparu seulement après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes (Chantret et al., 2005).

Le génome actuel du blé tendre provient de 2 évènements majeurs d'hybridations successives. Un premier évènement résultant du croisement entre deux espèces diploïdes ($2n=14$), *Triticum urartu* (AA) et une espèce proche d'*Aegilops sepltoïdes* (BB), a permis l'apparition du blé dur sauvage (*Triticum turgidum ssp dicoccoïdes*) au génome AABB, à l'origine du blé dur actuel *Triticum durum*. Un second croisement entre le tétraploïde *Triticum turgidum* et le diploïde *Triticum tauschii* (aussi appelé *Aegilops tauschii* ou *Aegilops squarosa*, génome DD) a conduit à l'obtention de blés *hexaploïdes* tels que le blé tendre (*Triticum aestivum*) et l'épeautre (*Triticum spelta*) (Bednarek, 2012). Le génome de *Triticum aestivum* à une taille de 17 milliards de paires de bases, organisé en trois séries de 7 chromosomes appartenant aux génomes A, B et D soit 42 chromosomes au total (Paux et al., 2008).

En Algérie, Léon Ducellier (1878-1937) en particulier, parcourant le blé, fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des français (Lery, 1982). Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (Henry et de Buyser, 2001).

2. Importance économique du blé tendre

2.1 Dans le monde

Le blé tendre est l'une des premières plantes domestiquées par l'homme, il est largement cultivé dans le monde (**Xiaojie et al., 2012**). Cette culture représente plus de 90% de la production mondiale des blés (**Ghennai et al., 2017**). Le blé tendre est principalement utilisé pour faire du pain, des nouilles, des biscuits et des gâteaux (**Lopes et al., 2012**).

Selon le Conseil International du Grain (**CIC, 2016**), la production mondiale du blé tendre est passée, de 611 à 736 millions de tonnes, au cours de la période allant de 2007-08 à 2015-16. Ce niveau de production dépasse largement les besoins de la population mondiale avec des stocks en hausses (**CIC, 2016**). La Chine, l'Union Européenne, l'Inde, la Russie et les USA sont les plus gros producteurs de blé tendre. Les pays exportateurs sont les USA, le Canada et l'Union Européenne ainsi que la Russie. Les gros importateurs sont la Chine et l'Egypte (**CIC, 2016**). L'Afrique participe pour 25% à la production mondiale du blé tendre (**CIC, 2016**).

2.2 En Algérie

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien (**Djermoun, 2009 ; Boukarboua et Boulkroun, 2016**). Le blé tendre représente 60% de la ration alimentaire du citoyen algérien, et ses habitudes alimentaires (pâte, biscuit, pain) font de lui un grand consommateur de cette denrée (**Bengriche et Tiliouine, 2017**).

La production algérienne en blé tendre reste très faible. Elle a atteint, au cours de la campagne 2014-15, les 0,63 millions de tonnes (INRAA, 2016). Du point de vue productivité, le rendement moyen de blé tendre enregistré au cours de la campagne 2014- 15 est de 1,26 t/ha (INRAA, 2016). La variation des rendements des céréales des zones semi-arides tire son origine en grande partie des effets de ces contraintes abiotiques (**Bouzerzour et al., 1994**).

Actuellement, l'Algérie est un grand importateur de blé notamment le blé tendre (**Djermoun, 2009**) et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (**Chellali, 2007 ; Benseddik, 2017**).

3. Biologie et cycle végétatif du blé tendre

Le cycle biologique de la vie de la plante se répartit aux stades suivants :

- **Germination et levée** : Au début de la germination, la semence de blé est sèche. Après humidification, il sort une radicule, puis une coléoptile. Une première feuille paraît au sommet de la coléoptile. La germination est uniquement déterminée par une somme de température $30C^{\circ}$ base $0C^{\circ}$ la levée commence quand la plantule sort de terre et que la première feuille pointe au grand jour son limbe (**Abdani et Bakhti 2017**).
- **Stade 3 feuilles** : Le stade 3 feuilles est une phase repère pour le développement du blé. Des bourgeons se forment à l'aisselle des feuilles et donnent des pousses appelées talles. Apparaissent alors, à partir de la base du plateau de tallage, des racines secondaires ou adventives, qui seront à l'origine de l'augmentation du nombre d'épis (**Abdani et Bakhti 2017**).
- **Tallage** : Il est marqué par l'apparition d'une tige secondaire, une talle (**Abdani et Bakhti 2017**).
- **Montaison** : Le bourgeon terminal se produit le début du développement de l'épi. Parallèlement, on assiste à l'allongement des entrenœuds (**Hadria, 2006 ; Bada, 2009**).

Pour la période reproductrice :

- **Épiaison** : Quand la graine éclatée l'épi qui va s'en dégager peu à peu, on peut voir un gonflement de la graine. À ce stade, le nombre total d'épis est défini, de même que le nombre total de fleurs par épi. Chaque fleur peut potentiellement donner un grain par exemple 25 grains par épi (**Abdani et Bakhti 2017**).
- **Floraison** : S'observe à partir du moment où quelques étamines sont visibles dans le tiers, en dehors des glumelles. (**Hadria, 2006 ; Bada, 2007**)

Pour la période de formation et de maturation du grain

- **Grossissement du grain** : Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de $\frac{3}{4}$ de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles.). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peuvent provenir de réserves antérieures à la floraison. À l'issue de cette phase, 40 à 50% des réserves se

sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore dans vert et mou, c'est le stade (grain laiteux). L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir. Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12% contre 25% chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais desséchées (**Gates, 1995**).

- **Maturation du grain :** La phase de maturation succède au stade pâteux (45% d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades. Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades (payable à l'angle) (20% d'humidité) puis (cassant sous la dent) (15-16% d'humidité) (**Gates, 1995**).

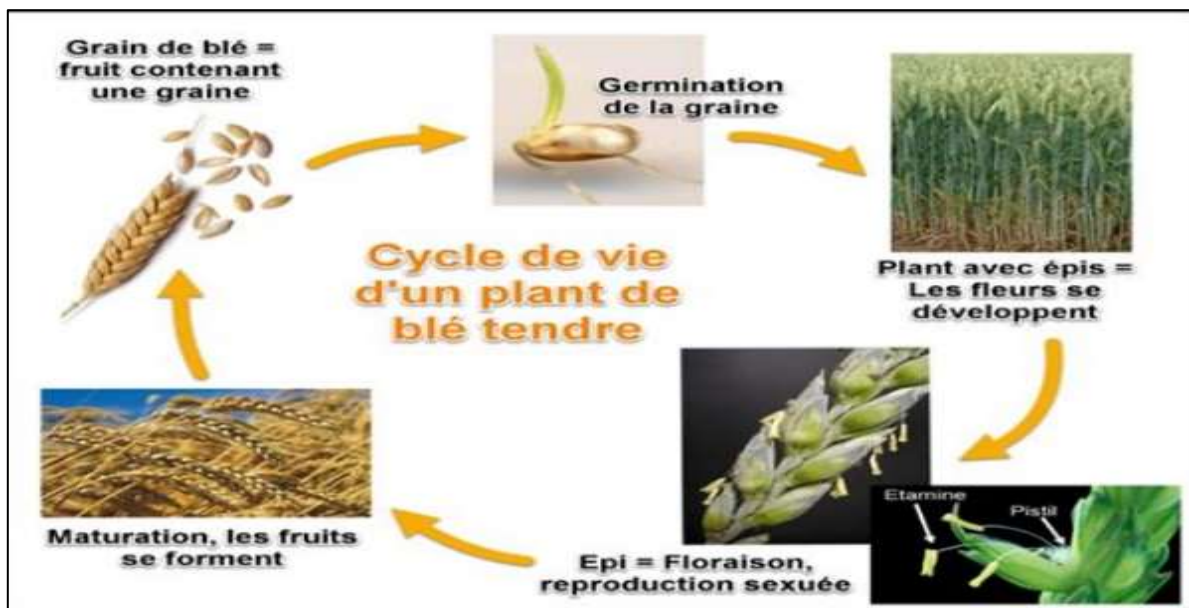


Figure 1. Cycle végétatif du blé tendre (Gate, 1995)

4. Les exigences du blé

4.1 Les exigences climatiques

Selon Clément et **Prats (1970)**, les facteurs climatiques ont une action, prépondérante sur les différentes périodes de la vie de bile.

4.1.1 Les températures

Pour chaque plante, la réalisation de chaque stade de développement nécessite des conditions de température précises pour le blé La température conditionne à tout moment sa physiologie selon (Makhlouf et *al.*, 2001) in (Chaffai, 2013). Baldy (1993) ajoute que les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine : les températures entre 25° et 32° C défavorisent l'allongement racinaire. L'optimum se situe entre 5 et 12°C. Alors que Clément et Prats (1970) voient que la température journalière intervient à divers moments du cycle du blé de plusieurs manières :

- Elle détermine la rapidité de la germination et le début du développement de la jeune plante.
- Elle intervient au moment de la montaison dans l'élaboration de la qualité de matière sèche, mais elle a un effet défavorable sur l'évolution des talles vers l'épiaison (conditions de déficit hydrique).

4.1.2 La pluviométrie

L'eau est l'élément moteur de la croissance et le développement de la plante. Toutes les composantes du rendement sont liées directement avec cet élément, il entre dans la constitution des cellules et dans la synthèse des glucides catalysées par la chlorophylle et le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute (**Prats et Clément-Grand Court, 1971**). Le coefficient de transpiration du blé c'est la quantité d'eau qui doit traverser la plante pour l'élaboration d'une certaine quantité de matière sèche. Pour le blé selon la variété la valeur du coefficient de transpiration varier entre 450 à 550g d'eau pour une gamme de matière sèche (**Prats et Clément -Grand Court, 1971**) Selon **Belaid (1987)** le rendement sera déterminé en fonction de la quantité d'eau disponible en fin de cycle

4.1.3 La lumière (photopériode)

Le blé est une plante à jours longs, c'est-à-dire qu'il ne forme les ébauches d'épillets que lorsque la durée d'éclairement journalière dépasse un seuil appelé période critique, qui diffère selon la variété de 12 à 14 heures, cependant les jours courts retardent beaucoup l'initiation florale qui pourrait coïncider avec une période sèche (**Hacen, 1988**).

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédent la montaison, l'intensité lumineuse agit beaucoup plus sur la photosynthèse et le rendement, dont dépend à la fois résistance des tiges à la verse et le rendement (**Soltner, 1987**) La lumière peut agir par croissance des racines, accélérant les phases de développement à

température et énergie constante la photopériode bloque le développement de nouvelles racines **(Scheib et Ellermann, 1967) in Hazmoune (1994)**. Les plantes de jours longs (par exemple les céréales) fleurissent d'autant plus rapidement et abondamment quand les jours sont plus longs **(Belaid, 1990)**.

4.2 Les exigences édaphiques

Parmi les opérations culturales permettant l'optimisation des rendements du blé, la préparation du sol, l'ITGC n'est une que les chutes des rendements attribuées aux mauvaises conditions de préparation du sol annuellement est entre 30 à 40%, et en vue d'améliorer la productivité de blé, elle montre que le travail amélioré du sol valorise un grain de productivité allant de 40 à 50% en condition pluviale **(Hamadache, 1996) in (Acila, 2003)**.

4.2.1 Caractéristiques physiques

Le sol doit respecter les conditions d'une bonne germination et d'une bonne levée humidité, aération, température, absence d'obstacles (cailloux, mottes) gênant le passage de la plantule Pour cela, il est nécessaire de préparer un lit de semence, c'est-à-dire de travailler la couche superficielle du sol qui accueille les graines avec un soin particulier **(Prévost, 1990) in (Kellil, 2009)**.

Selon **Soltner (1990)**, il y a des caractéristiques qui font une bonne terre à blé :

- Une texture fine, limono-argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact donc une bonne nutrition.
- Une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps ; **Belaid (1990)** signale aussi qu'en cas d'enracinement peu profond du fait d'un travail du sol superficiel l'échaudage des grains apparait à 28° C au lieu de 30° C.

4.2.2 Les caractéristiques chimiques :

Telles que :

- Le blé craint les sols tourbeux contenant de fortes teneurs en sodium, magnésium ou fer.
- Le pH optimal se situe dans la gamme de 06 à 08.

La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la CE ne doit pas dépasser 04 mhos/cm **(Clément, 1971)**.

Le blé réussit mieux dans les terres neutres profondes et de texture équilibrée, ce sont des limons argileux profonds, avec une porosité suffisante, le complexe absorbant important permet à la plante de se nourrir à partir des réserves chimiques du sol. Il est bien évident que ces critères ne sont pas toujours respectés, l'agriculteur peut être amené à semer du blé dans des terres se ressuyant mal au printemps, car les dégâts dus aux maladies cryptogamiques (piétins, fusariose...) risqueraient d'être considérables. Les terres très argileuses, très calcaires ou trop sableuses (acides) sont déconseillées pour cette culture (**Clément, 1971**).

4.2.3 Les exigences en éléments minéraux :

- Le Calcium : on peut trouver jusqu'à 70% du contenu en calcium d'une plante, il s'est révélé nécessaire au bon déroulement des mitoses.
- L'azote : participe dans l'élongation des feuilles et des tiges (croissance du thalle).
- Le phosphore : facteur de croissance et de précocité, de photophosphorylation.
- Le potassium : régulateur de la fonction vitale et de la croissance végétale qui est nécessaire pour l'efficacité de la fumure azotée (**Lahlah et Dahdouh, 2001**) in (**Chaff 2013**).

5. Rendement

Plusieurs chercheurs comme **Acevedo E.H. (1998)** et **Fereres A. (1993)** ont défini le rendement potentiel d'une culture comme le rendement d'un génotype bien adapté à un milieu donné, poussant avec des quantités adéquates en éléments nutritifs et en eau, dont les autres types de stress sont effectivement bien contrôlés. Evidemment, l'introduction des gènes responsables du nanisme aux nouvelles variétés, développées à partir de 1906 a été à l'origine de ce grand pas (**Cassman K.G., 1999**). Par ailleurs, le développement des blés hybrides peut aussi conduire à une augmentation de 10 % du potentiel du rendement actuel, malgré les dépenses supplémentaires et élevées de la production de leurs semences (**Cassman K.G. 1999**).

6. Contrainte environnementale de production

6.1 Stress hydrique

Le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalière dans les zones arides et semi-arides (qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations (**El Mourid et al., 1996**)). Le stress hydrique se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques,

physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles (Mefti *et al.*, 2000).

L'effet du déficit hydrique peut engendrer des pertes de rendement à n'importe quel stade de développement du blé (Semcheddine, 2008). Le nombre d'épi par plant, la fertilité des épis et le poids du grain qui intervient d'une façon prépondérante dans la détermination du rendement final, demeurent les composantes les plus importantes en présence d'un déficit hydrique (Fellahi *et al.*, 2013 ; Haddad *et al.*, 2016). Pendant la phase de remplissage de grain, un déficit hydrique affecte fortement le rendement en grains en limitant le poids final des grains (Bhouri khila *et al.*, 2015).

6.2 Stress thermique

6.2.1 Les hautes températures

L'élévation de la température, tard au cours du cycle de développement de la plante, et particulièrement après anthèse, est une contrainte à l'augmentation des rendements en zones semi-arides (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). Dans ces zones, beaucoup d'auteurs ont observé une réduction du rendement des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épi et du poids moyen du grain, causée par les effets des hautes températures (Wheeler *et al.*, 1996 ; Viswanathan et Khanna-Chopra, 2001 ; Tahir et Nakata 2005). L'effet pénalisant du stress thermique se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante, une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (Dakheel *et al.*, 1993). La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante. Wardlaw *et al.* (1989) montrent que la baisse du rendement due au stress terminal, est corrélée positivement à la réduction du poids moyen du grain et à la variation du nombre de grain/m². Ces auteurs observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température au-delà de 12 à 15 C°, température optimale pour le développement et le remplissage du grain.

6.2.2 Les basses températures

Le climat de type méditerranéen se caractérise par un hiver très froid et pluvieux, ce qui limite la croissance au moment où l'eau est disponible pour la plante et se traduit par un allongement du cycle pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (Chennafi *et al.*, 2006). Les dégâts causés par le gel tardif sont aussi très fréquents sur céréales, rendant l'adoption des variétés précoces dans ces régions trop risquée (Bouzerzour et Benmahammed, 1994). L'esquive est une stratégie souvent utilisée comme moyen pour échapper au stress thermique

de fin de cycle, toutefois, elle est peu opérante dans le cas où les génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistant au froid (**Mekhlouf et al., 2006**).

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire (**Levitt, 1982**).

La réversibilité du phénomène n'a lieu que si la structure cellulaire n'est pas fortement endommagée. Lors du dégel, les cellules intactes se réhydratent et redeviennent fonctionnelles (**Blouet et al., 1984**). La déshydratation des cellules s'accompagne d'une augmentation de la concentration en substances organiques, et en sels minéraux. D'après **Passioura (1996)**, si le froid persiste, il y a dessèchement foliaire. Les basses températures réduisent la croissance durant l'hiver alors que les plantes peuvent utiliser plus efficacement l'eau stockée dans le sol suite à la faible demande climatique qui caractérise cette période

7. Mécanisme d'adaptation de la plante au stress hydrique

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 (**Slama et 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 complémentaires (**Jones et al., 1980**). Ces mécanismes sont d'ordre phénologiques, morphologiques et physiologiques qui confèrent une certaine régularité à la production en milieux variables (**Bachtarzi et Bensaad, 2015 ; Oulmi et al., 2016**).

7.1 Adaptation phénologiques

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique (**Saraoui, 2011 ; Bouatrouse, 2013 ; Foudili et Gasmî, 2017**). La précocité constitue, de ce fait, un important mécanisme d'esquive du déficit hydrique de fin de cycle (**Reynolds et al., 2005 ; Mekhlouf et al., 2006**). Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (**Ben Naceur et al., 1999**). La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau (**Ferras, 2015**). En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les

génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (**Bajji, 1999**).

Le rendement en grains est négativement corrélé à la durée du cycle végétatif (**Gonzalez et al., 1999**). Les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitantes (**Poorter, 1989**). La précocité peut donc être utilisée comme critère de sélection de choix pour améliorer la production dans les zones sèches comme signalé par **Ali Dib et al. (1992)** et **Ben Salem et al. (1997)** (**Harbouch A, 2022**).

7.2 Adaptations morphologiques

L'adaptation peut prendre forme, suite à des modifications d'ordre morphologiques pour améliorer l'absorption de l'eau, et/ou diminuer la transpiration et la compétition entre organes pour les assimilés produits. Ainsi certaines variétés réduisent de la surface foliaire et le nombre de tiges, pour ajuster leur consommation en eau. Elles sont dites plantes économes (**Slafer et al., 2005**). D'autres possèdent la capacité d'enrouler le limbe foliaire pour minimiser la transpiration et réduire l'effet du stress lumineux (**Oulmi et al., 2019**). D'autres variétés investissent dans le développement d'un système racinaire profond, pour avoir accès à des horizons plus humides, et ainsi elles s'assurent une meilleure alimentation hydrique. Ces plantes sont dites dépendantes en eau (**Slafer et al., 2005**). La longueur des barbes est considérée aussi comme un paramètre morphologique qui peut améliorer le rendement en conditions de sécheresse par augmentation de la surface photosynthétique de l'épi (**Bouatrouse, 2013**).

7.3 Adaptations physiologiques

La recherche sur la tolérance physiologique aux stress a pour objectif d'améliorer les capacités génétiques de production des plantes sous des conditions qui sont amenuisant l'expression du potentiel des sujets.

7.3.1 Régulation stomatique

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (**Henchi, 1987 ; Benderradji et al., 2010**). L'augmentation de la production, dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau (**Bouatrous et al., 2009**). Le stress hydrique provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique (**Brisson et al., 1985**).

Le déficit hydrique s'accompagne en plus de la perte de turgescence des cellules, d'une fermeture des stomates qui est une réponse automatique dont le but est de minimiser les pertes d'eau par transpiration (**Gueraiche, 2016**). Le signal déclenchant le contrôle stomatique est initié par l'accumulation de l'hormone végétale, l'acide Abscissique (ABA). Cette hormone est synthétisée au niveau des racines, organes qui perçoivent le stress hydrique, puis elle est véhiculée vers les feuilles. La fermeture des stomates provoque une augmentation de la température foliaire et une réduction de l'assimilation du CO₂ d'où une réduction de l'activité photosynthétique (**Bendradji, 2013 ; Neffar, 2013**).

7.3.2 La teneur relative en eau

La teneur relative en eau (TRE) correspond à une signification physiologique directe de l'état hydrique du végétal (**Collinson et al., 1997**). C'est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces vis-à-vis d'un stress hydrique (**Berka et Aid, 2009**). Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (**Turner, 1986**).

Les géotypes qui maintiennent leur TRE élevée lors du stress hydrique seront probablement les plus tolérants et seront les plus productifs (**Sassi et al., 2012**). La corrélation positive entre la teneur relative en eau et la biomasse accumulée indique, qu'en général, l'accumulation de la biomasse sous stress est dépendante du contenu foliaire en eau (**Benmahammed et al., 2008**). Les variétés de blé dur semblent présenter une meilleure résistance à la déshydratation foliaire que les variétés de blé tendre, et cette supériorité se manifeste essentiellement au stade de l'épiaison où la diminution de la teneur foliaire en eau chez le blé dur est significativement moins importante que celle enregistrée chez le blé tendre (**Alem et al., 2002**). La teneur relative en eau est considérée comme un critère fiable de criblage pour la sélection de lignées tolérantes à la contrainte hydrique (**Clarke et al., 1991**).

7.3.2 Température de la canopée

La température de surface du couvert végétal est une caractéristique physique de la plante influencée par la contrainte hydrique. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour estimer et mesurer la température d'un couvert végétal, cependant l'utilisation de la télédétection infrarouge thermique est celle qui semble offrir des voies prometteuses (**Pask et al., 2012**). Elle présente l'avantage de la rapidité et de la facilité d'acquisition, nécessaire pour un diagnostic hydrique. Ceci a conduit au développement de plusieurs indicateurs de stress hydrique basés sur la relation qui existe entre la température, les propriétés optiques des végétaux et leur état

hydrique (**Reynolds et al., 2012**). Selon **Dakheel et al. (1993)**, la capacité des plantes à maintenir une température foliaire basse est une indication de leur grande capacité à extraire l'eau du sol et à se rafraîchir par transpiration. Ces variétés maintiennent une activité photosynthétique élevée autorisant un rendement plus élevé, sous stress terminal. La mesure de la température de la canopée a bénéficié d'un certain intérêt comme technique de criblage pour la résistance au stress, particulièrement avec l'avènement du thermomètre infrarouge portable. **Dakheel et al. (1993)** trouvent que durant les premiers stades de développement, jusqu'au stade épiaison, quand la température de l'air est relativement basse, la température de la canopée est corrélée positivement avec le rendement en grains. A partir du stade épiaison et durant la période de remplissage du grain, la température foliaire est corrélée négativement avec le rendement en grains. Des températures basses du couvert végétal sont indicatives d'un potentiel hydrique foliaire élevé (**Blum et Pnuel, 1990 in Harbouch A, 2022**).

7.3.3 Le maintien de l'intégrité membranaire

D'autres mécanismes encore peuvent intervenir dans le maintien de la turgescence cellulaire, comme l'élasticité membranaire, la réduction de la taille des cellules (**Tyree et Jarvis, 1982**) et la résistance protoplasmique. Cette dernière dépend de la capacité des cellules à résister à un dommage mécanique et à la dénaturation des protéines au niveau membranaire ou cytoplasmique (**Gaff, 1980**). La tolérance des membranes cellulaires face à la contrainte hydrique est l'un des mécanismes de résistance à la sécheresse les plus efficaces chez les plantes. Il a été mis en relation avec la performance au champ des génotypes sur différentes espèces végétales (**Vasquez-Tello et al., 1990 ; Dhandra et Sethi, 2002**). Ces différents résultats montrent bien qu'une appréciation de l'intégrité des membranes en condition de stress constitue une approche indispensable pour l'évaluation de la capacité de tolérance à la sécheresse d'un matériel donné (**Annerose, 1990**).

Le maintien de l'intégrité membranaire constitue encore le mécanisme de tolérance à la sécheresse. Les différences variétales mises en évidence permettent de caractériser les variétés les plus tolérantes par leur capacité à conserver l'intégrité de leurs tissus en condition de sécheresse. L'intérêt de ce comportement n'est pas seulement d'améliorer la capacité de la plante à supporter une déshydratation mais il devrait aussi contribuer à favoriser ses capacités de reprise à l'arrêt de la sécheresse (**Annerose, 1990**).

La prise en compte des résultats obtenus à la fois aux niveaux cellulaires et de la plante entière apparaît nécessaire pour une meilleure compréhension de la complexité des mécanismes

permettant à la plante de résister au stress et constitue à nos yeux une stratégie essentielle dans ce type d'étude (**Bajji et al., 2000**) (**Harbouch, 2022**).

7.3.4 Teneur en chlorophylle

La diminution de la photosynthèse, qui fait suite à la réduction de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est causée par la réduction de la pénétration du CO₂. La diminution de la photosynthèse nette peut être attribuée à la diminution de la concentration interne du CO₂ sans que la capacité photosynthétique des tissus de la feuille ne soit endommagée (**El-jaafari et Paul, 1993**). Une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé tendre sous stress hydrique (**Bousba et al., 2009**). **Tahri et al. (1997)** montrent l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b). Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs en pigments chlorophylliens et vice versa (**Tahri et al., 1997**).

7.3.5 L'ajustement osmotique

L'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à la contrainte (**Munns et al., 2006**). Il apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation à la sécheresse. L'intérêt croissant qui lui est porté est lié à différents facteurs, car il maintient de la turgescence et de la croissance (**Munns, 2002 ; Grennan, 2006 ; Martinez et al., 2007**), retarde le développement et de la sénescence foliaire, et la régulation stomatique (**Ottow et al., 2005**). L'osmorégulation permet également une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes (**Ottow et al., 2005**).

7.4 Adaptations biochimiques

7.4.1 Accumulation de la proline

Parmi les acides aminés ayant un impact direct sur les stress hydriques et osmotiques, la proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes cultivées (**Ben Rejeb et al., 2012**). L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est en effet liée à l'osmorégulation cytoplasmique (**Acevedo et al., 1989**). Son accumulation dans les feuilles des plantes qui souffrent d'un manque d'eau a été décrite très anciennement (**Cornic, 2008**). On pense que l'accumulation se fait dans le cytoplasme. (**Samars et al., 1995**).

Un déficit hydrique plus grave amplifie davantage l'accumulation de la proline dans les tissus foliaires, atteignant pratiquement le double de celle du témoin (**Hireche, 2006**) (**Harbouch A, 2022**).

7.4.2 Accumulation des sucres solubles

Généralement, on pense que l'accumulation de sucres solubles peut avoir comme origine l'hydrolyse de réserves, mais aussi une modification du métabolisme carboné. La dégradation de polysaccharides est une réduction de l'utilisation de carbohydrates plus importante que la réduction de la photosynthèse en conditions de déficit hydrique (**Lepoivre, 2003**) (**Harbouch A, 2022**). Différents sucres solubles peuvent être présents dans des tissus bien hydratés, mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation (**Dubos, 2001**). **Berka et Aïd, (2009)** montrent que la teneur en sucres solubles dans les feuilles des plants stressés augmente régulièrement et d'une manière significative en fonction de la diminution de la teneur relative en eau.

La teneur en glucides ne dure cependant pas jusqu'à la fin du déficit hydrique. **Benlaribi, (1990)** à montrer sur deux lignées présumées tolérantes à la sécheresse que la teneur en sucres solubles des feuilles augmentent fortement en début de la phase de contrainte hydrique et diminue ensuite à mesure que s'accroît le déficit. Par ailleurs, les sucres protègent les membranes contre la déshydratation (**Schwab et Gaff, 1986**) en participent au maintien des réactions de phosphorylation et de production d'énergie. En plus de ce rôle protecteur des membranes, il protège les processus par lesquels les enzymes sont synthétisées, ce qui impliquerait une meilleure tolérance de la plante à la dessiccation et donc à une meilleure résistance à la sécheresse (**Duffus et Binnie, 1990**).

Chez le blé, les hydrates de carbone solubles ou WSC (Water Soluble Carbohydrates) s'accumulent surtout après l'anthèse dans les tiges et la translocation de ces sucres vers l'épi pendant le remplissage du grain contribue à la formation du poids du grain quand l'assimilation foliaire est réduite par la contrainte hydrique (**Blum et al., 1983**).

Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs (qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse (**Morgan, 1984 ; Zhang et al., 1999 ; Kameli et Losel, 1995 ; Sanchez et al., 1997**)).

8. Maladies

Comme toutes les autres plantes cultivées par l'homme, le blé à paille peut être attaqué par un grand nombre des organismes parasites macroscopiques et microscopiques. Les maladies se manifestent successivement au cours de développement de la plante. Il existe plusieurs contraintes pour la céréaliculture des stress biotiques et abiotiques (**Benbelkacem, 2001**). La forte présence de bios agresseurs peu affecté jusqu'à 30% des rendements. Et s'aggravent en raison des changements climatiques que connaît notre planète. Dépendant des conditions d'humidité, de température ainsi que de la présence des pathogènes, plusieurs maladies cryptogamiques attaquent les blés et provoquent différents dégâts (**Benbelkacem, 2001**). Ainsi, les maladies les plus importants qui attaquent le blé tendre sont les Rouilles et la Septoriose (**Moreau, 2011**).

8.1 Rouille jaune

La Rouille jaune est causée par l'agent pathogène *Puccinia striiformis* f.sp. *Tritici*. sur blé (**Amrani, 2013**). Elle peut provoquer des dégâts très importants à la culture. Son développement est lié à des conditions climatiques particulières (Printemps frais, couvert, humide et venteux) (**Moreau, 2011**).

Des pustules orangées apparaissent sur les feuilles et les tiges disposées en stries le long de nervures des feuilles. Elles sont souvent de petite taille (0,5 mm) (**Masson, 2012**). Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles et sur les épis et les grains. Ces pustules sont constituées de spores (urédospores). À la fin de la saison de croissance, ces pustules deviennent noires étant donné la formation de spores connues sous le nom de téléospores (**Aouali et Douici-Khalfi, 2013**).



Figure 2. La rouille jaune sur les feuilles de blé tendre (Aouali et Douici-Khalfi, 2013).

8.2 Rouille brune des feuilles

C'est une maladie qui apparaît généralement pendant et après l'épiaison (Avril-Mai), causée par l'agent pathogène : *Puccinia recondita* sp. *Triticis* sur le blé (Amrani, 2013). La Rouille brune est une maladie de plusieurs graminées dont : Blé, Seigle, Triticale, et le parasite attaque faiblement l'Orge, et pas du tout l'Avoine (Zillinsky, 1983).

Les symptômes se manifestent par des petites pustules, circulaires ou ovales de couleur orange ou brune, remplies de spores (urédospores), apparaissent sur la face supérieure ou inférieure des feuilles. En fin de saison ces pustules prennent une couleur noire (téleospores) (Aouali et Douici-Khalfi, 2013).



Figure 3. La rouille brune sur les feuilles de blé tendre (Aouali et Douici-Khalfi, 2013).

8.3 Rouille noire des tiges

Elle est causée par *Puccinia graminis* qui attaque le blé et d'autres céréales comme hôte principal et l'épine et vinette (*Berberis vulgaris*) comme hôte secondaire (Nasraoui, 2006).

Les pustules sont plus longues que celles de la Rouille brune, elles sont de couleur rouge-brique à marron foncé (Aouali et Douici-Khalfi, 2013). Elles sont elliptiques et se développent parallèlement à l'axe de la longueur de la tige, de la feuille et de la gaine. Les pustules peuvent apparaître aussi sur le col et les glumes de l'épi (Nasraoui, 2006).



Figure 4. La rouille noire sur les tiges de blé tendre (Lestum, 2017).

8.4 Septoriose

Septoriose est une maladie fongique qui affecte les plantes, en particulier les cultures telles que le blé, l'orge, le soja et la tomate. Elle est causée par le champignon *Septoria*, qui pénètre dans les feuilles de la plante et provoque des lésions brunâtres sur celles-ci.

Les symptômes de la septoriose varient selon la plante affectée, mais comprennent généralement des taches foliaires brunâtres ou noires, des décolorations des feuilles et des pertes de rendement. Si la maladie est grave, elle peut affaiblir la plante et la rendre plus susceptible à d'autres maladies ou à des attaques d'insectes.

La septoriose peut être contrôlée en utilisant des méthodes de lutte intégrée telles que la rotation des cultures, la suppression des débris végétaux infectés, l'utilisation de semences saines et la pulvérisation de fongicides. Cependant, la prévention reste le meilleur moyen de limiter les dommages causés par cette maladie.

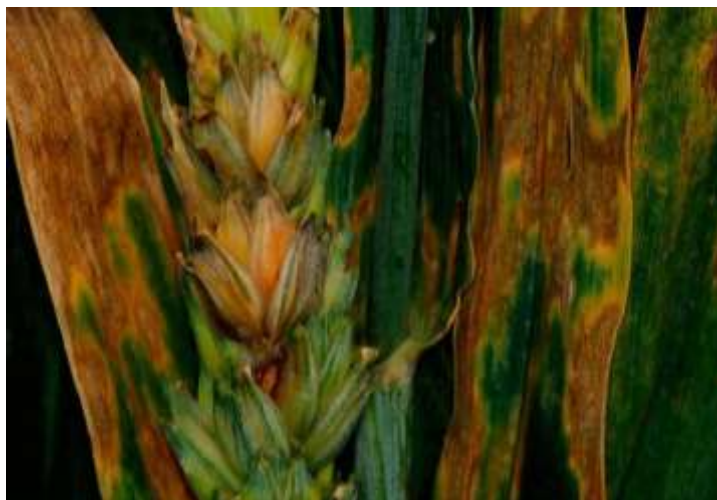


Figure 5. Septoriose sur feuille du blé tendre (Mouille, 1971).

CHAPITRE II

Matériels et Méthodes

1. Matériel végétal

Notre étude est orientée sur trois variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Ces variétés proviennent des différentes régions d'Algérie et sont conservées à l'I.T.G.C. d'El Khroub-Constantine. L'origine, le pédigrée et les caractéristiques des trois variétés étudiées sont présentées au tableau N°2.1 ci-dessous :

Tableau 1. Le pédigrée, l'origine géographique et les caractéristiques des trois variétés.

Variété	Pédigrée	Origine	Caractéristiques
ARZ A	Mayo54/LR64/IIT AC 'S'/3/LR64	Mexique	Port de tallage : dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : longue ; Epoque d'épiaison : précoce ; Glaucescence épi : faible ; Résistance aux maladies : Résistante, sur épi, Rouille jaune, Fusariose et Septoriose.
AIN ABID AS	AS 81189'A'	Espagne	Port au tallage : ½ dressé à ½ étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Epoque d'épiaison : Moyenne ; Glaucescence épi : Faible ; Résistance aux maladies : Rouille jaune, Rouille Brune et Rouille Noire.
HIDHA HD	HD 1220/*Kal/Nal CM 40454	Mexique (CIMMYT)	Port au tallage : dressé Hauteur (tige, épi et barbes) : longue Epoque d'épiaison : précoce à moyenne ; Glaucescence épi : Moyenne ; Résistance aux maladies : piétin verse et oïdium.

2. Site d'expérimentation

2.1 Cadre physique

L'expérimentation est réalisée sur la parcelle se trouvant à proximité de la serre au sein de l'université Skikda. Cette dernière se situe à 01 Km Nord - Est du chef -lieu de la wilaya de Skikda et dont les coordonnées géographiques sont, respectivement : 36°50'54"N6°33'44"E : (Figure 6).

La wilaya de Skikda est au Nord- Est algérien, sur le littoral méditerranéen, qui s'étend sur une superficie de 4137km² soit approximativement 1/432 de la surface de l'Algérie avec

140 km² de côte et d'une altitude de 0 à 300m avec quelques pics montagneux dépassant les 1000 mètres d'altitudes. La région est limitée au nord par la méditerranéenne, au sud par la wilaya de Mila, Constantine et Guelma, à l'est par la wilaya d'Annaba et à l'ouest par la wilaya de Jijel.

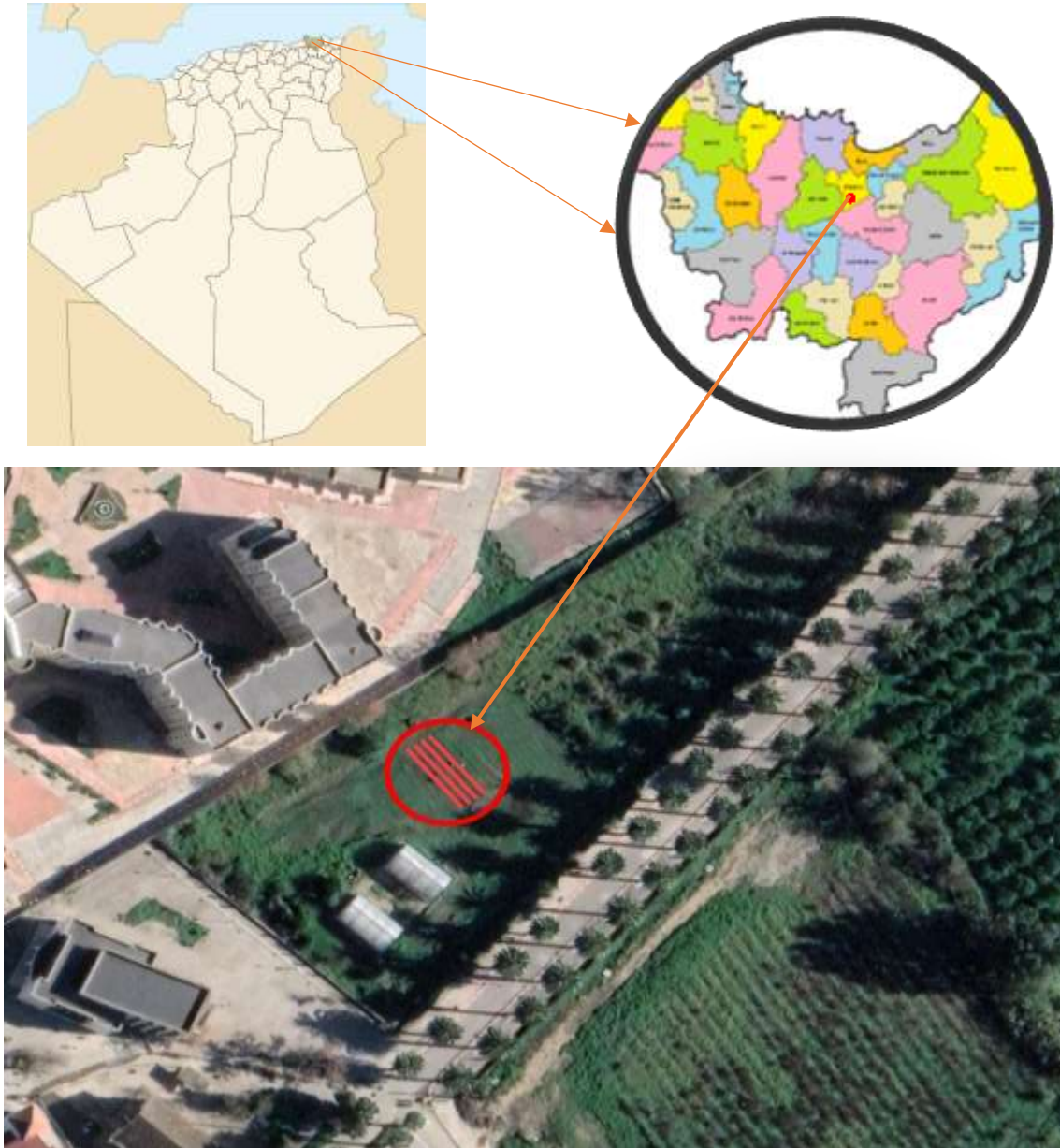


Figure 6. Carte de localisation géographique du site d'étude (Wilaya de Skikda).

2.2 Cadre climatique

Le climat de la zone d'étude fait partie du climat de Skikda, il est de type méditerranéen qui se caractérise par un hiver doux et humide, et un été sec et chaud avec des précipitations variant entre 600 et 800 mm/an, et des températures varient entre 4 et 40 °C.

2.2.1 Température

La température est influencée par la topographie du milieu à savoir l'altitude, le relief, la pente et l'exposition, qui interviennent de façon déterminant dans la différenciation au sein d'un même méso climat et/ou de microclimat particuliers (Alainet Robert, 1996).

Tableau 2. Températures moyennes mensuelles de la période d'expérimentation (2022 - 2023) à Skikda.

Paramètre mensuel	2022		2023				
	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
M (°C)	22,8	22,4	16,5	16,5	20,7	21,9	12,9
m (°C)	14,9	13,8	8,7	8,9	11,4	13,0	15,9
T (°C)	18,9	18,1	12,6	12,7	16,0	17,5	19,5

Du mois de Janvier au mois de Mai, les températures moyennes mensuelles augmentent d'une façon significative. Les mois les plus frais durant cette campagne sont Janvier et Février, avec des températures moyennes respectivement 12,6°C et 12,7°C. Le mois le plus chaud est le mois de Mai 2023 avec une valeur moyenne de 19,5° C.

2.2.2 Pluviométrie

L'eau provient des précipitations (pluie, neige et grêle), des phénomènes physiques et physiologiques respectivement l'évaporation et transpiration. En Algérie, la pluviosité augmente avec l'altitude ce qui nous mène à dire que les pluies sont d'origine orographique. Elles sont aussi soumises à l'influence de la continentalité et la latitude en allant vers de la mer (Seltzer, 1946 ; in Rebai et Bourahla, 2006).

Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles de la Wilaya de Skikda (2022 -2023).

Paramètre mensuel	2022		2023				
	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
P en mm	110,6	12,2	119,4	27,6	27,0	28,6	90
P₂₄ (Mx en 24hres)	29,0	6,0	26,0	9,0	11,0	16,0	37
Date	28	11	26	8	2	2	

D'après le tableau 3, le niveau pluviométrique le plus élevé est enregistré durant la période Novembre- Janvier (242,2mm). La période la plus pluvieuse est celle du mois de Janvier (119,4 mm). Elles diminuent durant les mois suivants jusqu'au 27 °C. Par suite, le niveau pluviométrique s'élève fortement à 90 mm le mois de mai.

2.3 Cadre édaphique

Les analyses effectuées pour notre sol du terrain d'expérimentation sont les suivantes :

- Le pH, qui indique la nature de la réaction chimique du sol.
- La conductivité électrique, qui nous permet de savoir si le sol est salin ou non.
- La matière organique, qui nous donne d'information sur la fertilité du sol.
- La granulométrie, qui nous renseigne sur la texture du sol utilisé dans notre essai.

Tableau 4. Résultats de l'analyse chimique et physique du sol.

Paramètre	Sol
PH	7.55 (type basique)
CE (mmhos/cm)	1.35 (Salé)
Matière organique MO (%)	2.72 (Moyenne)
Granulométrie (G)	27.3 % (Argile)
	10.33 % (Limon)
	54.57 % (Sable grossier)
	7.81 % (Sable fin)

2.4 Mise en place de l'essai

2.4.1 Dispositif expérimental

L'essai s'est mené sur 09 parcelles élémentaires d'une dimension de 1,44 m² (1.2 m x 1.2 m) avec un espace inter-variété de 50 cm et interligne de 25 cm, chaque parcelle élémentaire abrite 05 lignes espacées de 25 cm. L'expérimentation a été conduite dans un dispositif en blocs complètement randomisés avec 3 répétitions, avec un seul facteur (Variétés) à 3 niveaux. Voir figure 7 ci-après :

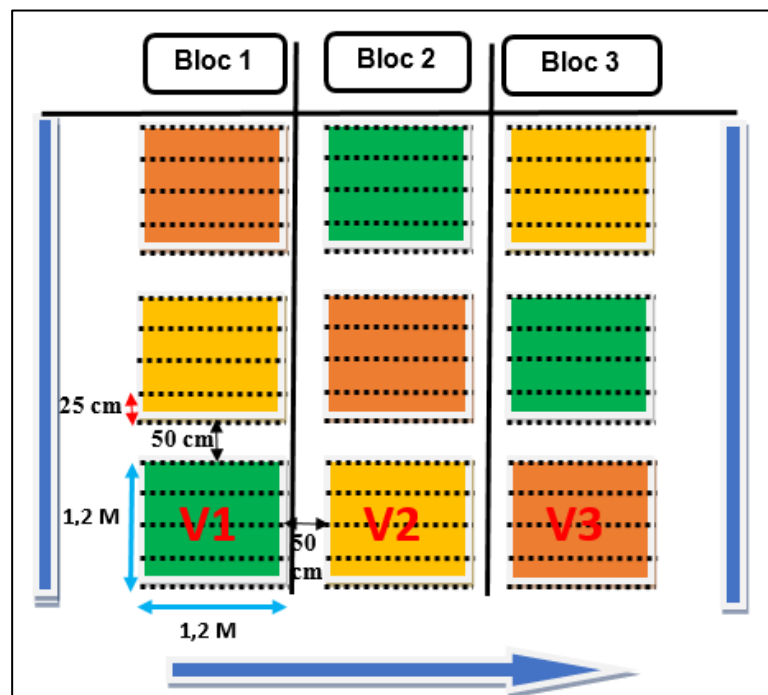


Figure 7. Dispositif expérimental

2.4.2 Itinéraire technique apportée à la culture

- **Labour** : Un labour superficiel a été réalisé vers la fin de septembre 2022 avec une charrue à soc assurant une profondeur de 30 cm (figure 8).



Figure 8. Labour des parcelles.

- **Fumure du fond** : Epanchage d'engrais de fond « Northweat » juste avant le semis (Azote total (N) :10%, Anhydride phosphorique (P_2O_5):30%, Oxyde de potassium (K_2O) :10% sous forme de sulfate de potassium, Anhydride sulfurique (SO_3) : 9%) à raison 1 quintal/ha (figure 9).



Figure 9. Fumure du fond.

- **Traçage des parcelles** : le traçage des parcelles a été effectué le ; 19/11/2021 (figure 10).



Figure 10. Traçage des parcelles.

- **Semis** : Les grains sont semés manuellement à une profondeur régulière de 2 ± 4 cm en les répartissant de manière régulière selon des lignes parallèles (05 lignes/m²) en respectant la densité de semis de 250 graines au mètre carré à raison de 50 graines par mètre linéaire (figure 11).

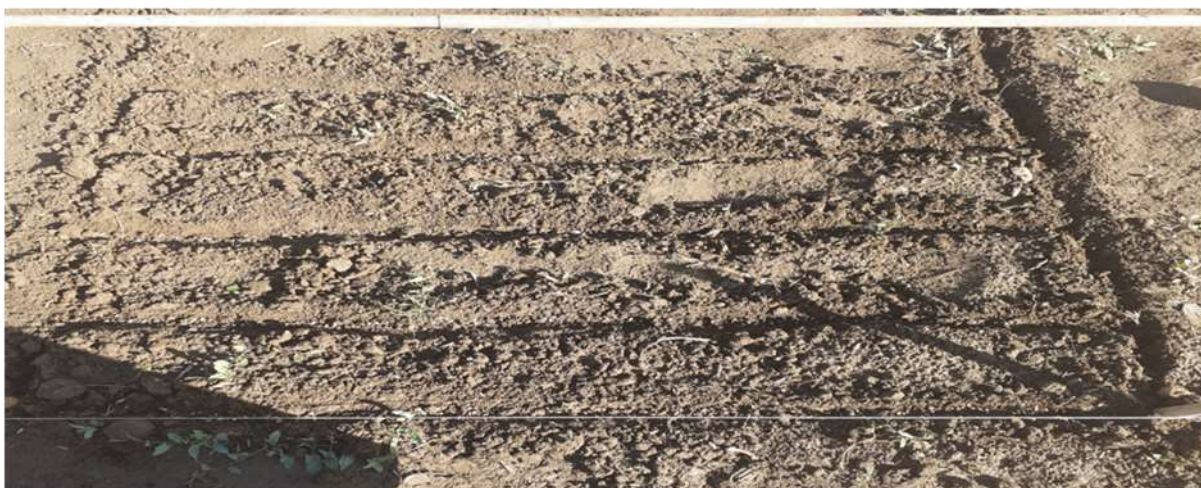


Figure 11 Semis

- **Fumure d'entretien** : Un apport d'azote à raison de 90 U/ha (Urée 46 %) a été fractionné en trois apport au stade deux feuilles vraies, tallage et montaison.
- **Désherbage** : C'est une opération qui consiste à supprimer les plantes adventices dans le but d'éviter la concurrence nutritionnelle et le développement des parasites. il a été réalisé manuellement, Chaque fois qu'il est nécessaire (figure 12).



Figure 12. Désherbage

- **Récolte** : Elle a été réalisée manuellement, le 25/05/2023 (figure 13).



Figure 13. La récolte.

2.5 Conduite de l'essai (paramètres mesurés)

2.5.1 Etude phénologique

Le suivi des stades phénologiques chez différentes variétés de blé tendre sous conditions climatiques naturelles, détermine la préciosité des différentes variétés étudiées à partir de la durée de cycle de développement allant du semis à la maturation.

- **Date d'épiaison (D Epi)** : La date d'épiaison est le nombre de jours du semis jusqu'à la formation de l'épi, quand 50% des plantes sont arrivées à ce stade de maturité.

2.5.2 Etude agronomique

Durant l'expérimentation, les données des caractéristiques agronomiques mesurables ont été déterminées et enregistrées en plein champ sur chacune des parcelles élémentaires, au fur et à mesure de la croissance et du développement de la plante.

- **Nombre de plants levés / m² :** Il est déterminé au stade levé par comptage direct de toutes les plantes levées par m² de chaque parcelle élémentaire puis on en déduit la moyenne.
- **Pourcentage de germination (PG %) :** C'est le rapport entre le nombre de grains germés (plants levés) sur le nombre de grains semés en utilisant la relation suivante :

$$PG (\%) = \frac{\text{Nombre de grains qui ont germés}}{\text{Nombre de grains semés}} \times 100$$

- **Nombre de talles herbacées/ plant :** Le tallage herbacé, est déterminé par comptage direct de nombre de talles herbacées (à l'exception de maitre brin) de stade quatrième feuille jusqu'au stade début montaison sur 12 plantes pour chaque parcelle élémentaire et nous calculons après la moyenne.
- **Nombre de talles épiées/plant :** Le tallage épi est déterminé par comptage direct du nombre d'épis au stade épiaison à l'exception le maitre brin sur 12 plantes pour chaque parcelle élémentaire et nous calculons après la moyenne.
- **Efficienc e de transformation de talles herbacées en talles épis (%) :** C'est le rapport entre le nombre de talles épiées sur le nombre de talles herbacées en utilisant la relation suivante :
 $X = (E \times 100\%) / V$

Où : E : nombre de talles épiées et V : nombre de talles herbacées

- **Nombre d'épis par mètre carré (Nb E/m²) :** Il est déterminé par comptage du nombre d'épis à l'intérieur d'un cadre de surface connue (01 m²) de chaque parcelle élémentaire et nous calculons après la moyenne.
- **Nombre d'épillets par épi (Nb Eplt/ E) :** Après la récolte, le nombre d'épillets est compté sur 10 épis prélevés de chaque parcelle élémentaire et nous calculons après la moyenne
- **Nombre de grains par épi (Nb G/E) :** Après la récolte, les grains sont comptés sur 10 épis prélevés de chaque parcelle élémentaire et nous calculons après la moyenne
- **Poids de mille graines (PMG) :** Il est déterminé par une pesée des grains des trois échantillons aléatoires, de chaque variété, à l'aide d'une balance de précision.

- **Rendement (Rdt)** : Il est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Rdt} = \frac{\text{Nb E/m}^2 \times \text{Nb G/E} \times \text{PMG}}{1000}$$

Le rendement est exprimé en g/ m² puis en qx/ha.

2.5.3 L'étude morphologique

- **Hauteur de la plante (HP)** : Nous mesurons 10 échantillons aléatoires de chaque parcelle élémentaire et nous calculons après la moyenne, au stade maturation à partir du ras du sol jusqu'aux sommets de l'épi à l'aide d'une règle graduée, barbes non incluses. Elle est exprimée en cm.
- **Longueur de l'épi (LE)** : Nous mesurons un échantillon de 10 épis par variété et par parcelle élémentaire, au stade maturité à partir de la base de l'épi (1er article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal. Elle est exprimée en cm.
- **Longueur des barbes (LB)** : Nous mesurons la barbe de 10 échantillons aléatoires par variété et par parcelle élémentaire puis on en déduit la moyenne, au stade maturité à l'aide d'une règle graduée. Elle est exprimée en cm.
- **Longueur du col de l'épi (LCE)** : Nous mesurons 10 échantillons aléatoires par variété et par parcelle élémentaire puis on en déduit la moyenne, au stade maturité à partir du dernier entre-nœud jusqu'à la base de l'épi à l'aide d'une règle graduée (barbe non incluse). Elle est exprimée en cm.
- **Surface Foliaire (SF)** : La longueur et la plus grande largeur de la feuille étendard ont été mesurées sur un échantillon de 5 feuilles, du brin maître, prises au hasard au stade épiaison. La surface moyenne de la dernière feuille entièrement développée a été estimée selon Spagnoletti-Zeuli et Qualset (1990) :

$$SF_{FE} (\text{cm}^2) = 0,607 (L \times l)$$

Où SF_{FE} = surface moyenne de la feuille étendard (cm²), L = longueur moyenne de la feuille étendard (cm), l = largeur moyenne de la feuille étendard (cm), et 0.607 = coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit ($L \times l$).

2.5.4 L'étude physiologique

- **Teneur Relative en Eau (TRE) :** La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par Barrs. (1968). Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF). Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placées à l'obscurité dans un endroit frais, après 24h les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve réglée à 80°C pendant 48h et pesées pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule de Clark et McCaig, 1982).

$$\text{TRE (\%)} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \times 100$$

2.6 Traitement et analyse statistique

2.6.1 Types des caractères

Dans le cadre de notre étude, les caractères sont de type quantitatif (mesurable).

2.6.2 Statistiques descriptives

Les statistiques élémentaires ont été calculées pour les variables quantitatives : moyenne et écart-type.

2.6.3 Tests de corrélation

Le coefficient de corrélation « r » avec sa valeur comprise entre -1 et 1, a été appliqué pour visualiser la liaison entre les variables quantitatives.

2.6.4 Analyses factorielles

L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée pour les variables quantitatives avec les variables édapho-climatique. Dans cette analyse, le cercle de corrélation permet de visualiser les liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées, alors que, la carte factorielle des individus ainsi que la classification hiérarchique ascendante (CAH), permettent de voir la ressemblance entre les trois variétés.

2.6.5 Logiciels appliqués

L'ensemble de ces tests a été effectué à l'aide des programmes suivants : STATISTICA 12 et R 4.1.0.

CHAPITRE III.

Résultats et discussions

1. Résultats

1.1 Etude descriptive

1.1.1 Paramètres phénologiques

Le suivi des stades phénologiques chez différentes variétés de blé tendre sous conditions climatiques naturelles, détermine la préciosité des différentes variétés étudiées à partir de la durée de cycle de développement allant du semis à la maturation.

1.1.1.1 La durée d'épiaison (DEp.)

Nous avons enregistré que la durée d'épiaison de la variété Ain Abid a été assez longue et estimée à 140 jours par rapport aux deux autres variétés, qui étaient respectivement de 117 jours pour Arz dur et 115 jours pour Hidhab. Les valeurs de la durée d'épiaison pour les trois variétés sont représentées dans la figure 14 ci-après :

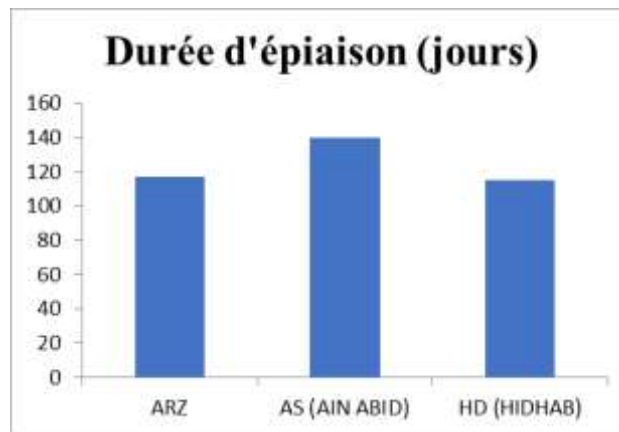


Figure 14. Durées d'épiaison chez les trois variétés.

1.1.2 Paramètres agronomiques

1.1.2.1 Nombre de plante/m²

Les valeurs moyennes du NP/m² varient de 195 pour la variété Arz à 198.33 pour la variété Ain Abid (Figure 15), la valeur intermédiaire est celle de la variété Hidhab avec 196,66 plantes/m². L'ensemble oscille autour d'une moyenne générale de 196.66 plants/m². Réussissant un taux de germination de 78,66 % (196/250 graines), qui est fortement acceptable.

1.1.2.2 Taux de germination

Le pourcentage de germination est très similaire et très élevé pour tous les variétés ; ou nous avons enregistré une valeur de 79.33% pour la variété Arz ; 78.66% pour la variété Hidhab et pour la variété Ain Abid nous avons enregistré une valeur de 78%. (figure15).

1.1.2.3 Talles herbacées

La meilleure capacité du tallage est observée chez les variétés Arz et Hidhab avec une moyenne de 2.98 suivie par la variété Ain Abid avec une moyenne de 2.92 talles/plant. (Figure 15).

1.1.2.4 Talles épiées /plant

La moyenne de nombre des talles épiées/plant la plus haut est noté chez la variété Arz (0.73) suivi par la variété Hidhab avec (0.66). Tandis que la valeur la plus faible qui est de 0,61 talle épi/plante est celle de la variété Ain Abid (figure 15).

1.1.2.5 Efficience de transformation de talles herbacées en talles épis (%)

La variété Arz se distingue par une capacité de transformation élevée des talles herbacées en talles épis avec une valeur 24,49 % par rapport aux autres variétés Ain Abid et Hidhab qui montrent une faible capacité de transformation avec des valeurs respectives 21,01 et 22,17 % (figure 15).

1.1.2.6 Le nombre d'épis par m²

Le nombre des épis/m² le plus élevé est noté chez la variété Arz (308.33épis) suivi par la variété Hidhab (288.33épis). En revanche le nombre des épis/m² le plus faible est enregistré chez la variété Ain Abid (275épis) (figure 15).

1.1.2.7 Nombre d'épillets par épi

Le nombre d'épillets par épi le plus élevé est noté chez la variété Arz (19,22) suivi par la variété Ain Abid (18,91) par contre le nombre le plus faible est signalé chez la variété Hidhab avec 17,22 épillets par épi (figure 15).

1.1.2.8 Nombre de grains par épi (Nb G/E)

La moyenne du nombre de grains par épi la plus élevée est notée chez la variété Arz 44,12 grains par épi suivie par la variété Ain Abid avec 43,28grains par épi. Tandis que la moyenne du nombre de grains par épi la plus basse est notée chez la variété Hidhab avec 37,92 grains par épi (figure 15).

1.1.2.9 Poids de mille graines (PMG)

Le poids de mille grains le plus élevé est noté chez la variété Arz avec 46,05 gr suivi par la variété Ain Abid avec 45,5 gr. Tandis le poids de milles grains le plus bas est noté chez la variété Hidhab avec 44,79 gr. (figure 15).

1.1.2.10 Rendement (Rdt)

Nous avons enregistré que la variété Arz a montré une bonne extériorisation du rendement et estimée 62,64 q/ha par rapport aux deux autres variétés, qui étaient respectivement de 54,55 q/ha pour Ain Abid et 48,97 q/ha pour Hidhab. Il est à noter que toutes les variétés étudiées ont présenté un rendement en grains acceptable (figure 15).

CHAPITRE III. Résultats et discussion

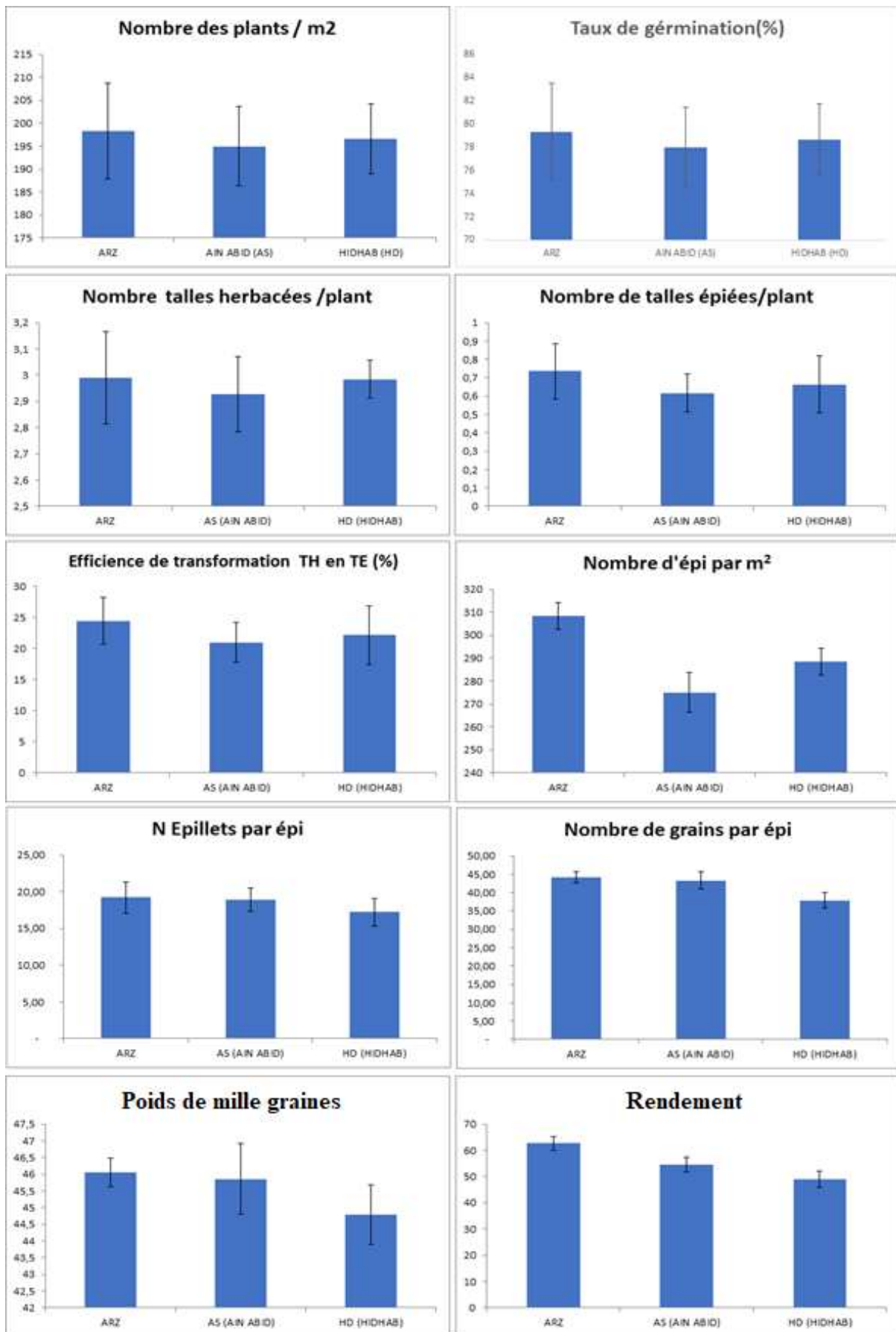


Figure 15. Les paramètres agronomiques étudiés

1.1.3 Paramètres morphologiques

1.1.3.1 Hauteur de la plante HP

La hauteur moyenne des plants la plus haute est notée chez la variété Ain Abid 104.41 cm suivi par la variété Arz 97.43 cm par contre la hauteur la plus faible est signalée chez la variété Hidhab avec 95.5 cm (figure 16).

1.1.3.2 Longueur de l'épi (LE)

La longueur moyenne des épis est très similaire et très élevée pour tous les variétés ; ou nous avons enregistré une valeur de 10,63 cm pour la variété Arz ; 10,43 cm pour la variété Ain Abid et pour la variété Hidhab nous avons enregistré une valeur de 10,02 cm (figure 16).

1.1.3.3 Longueur des barbes (LB)

La variété Hidhab se distingue par une moyenne de la longueur des barbes la plus élevée avec une valeur 10,37 cm par rapport aux autres variétés Ain Abid et Arz qui montrent une faible longueur des barbes avec des valeurs respectives 5,98 et 7,29 cm (figure 16).

1.1.3.4 Longueur du col de l'épi (LCE)

La moyenne de la longueur col épi (figure 16) la plus haute est notée chez la variété Hidhab avec 38.66 cm suivi par la variété Arz avec 33 cm. Tandis que la moyenne la plus faible de la longueur col épi noté chez la variété Ain Abid avec (31.66 cm).

1.1.3.5 Surface Foliaire (SF)

L'intervalle de ce paramètre (figure 16) pour les trois variétés varie de 36,62 à 25,75 chez les deux variétés Arz et Hidhab respectivement.

1.1.4 Paramètres physiologiques

1.1.4.1 Teneur relative en eau (TRE%)

Nous remarquons une nette perturbation dans les valeurs obtenues au paramètre de la teneur en eau touche la totalité des variétés étudiées.

L'intervalle de ce paramètre varié d'un minima de 57,94 % à un maxima de 78, 20% respectivement pour les variétés Arz et Ain Abid (figure 17).

CHAPITRE III. Résultats et discussion

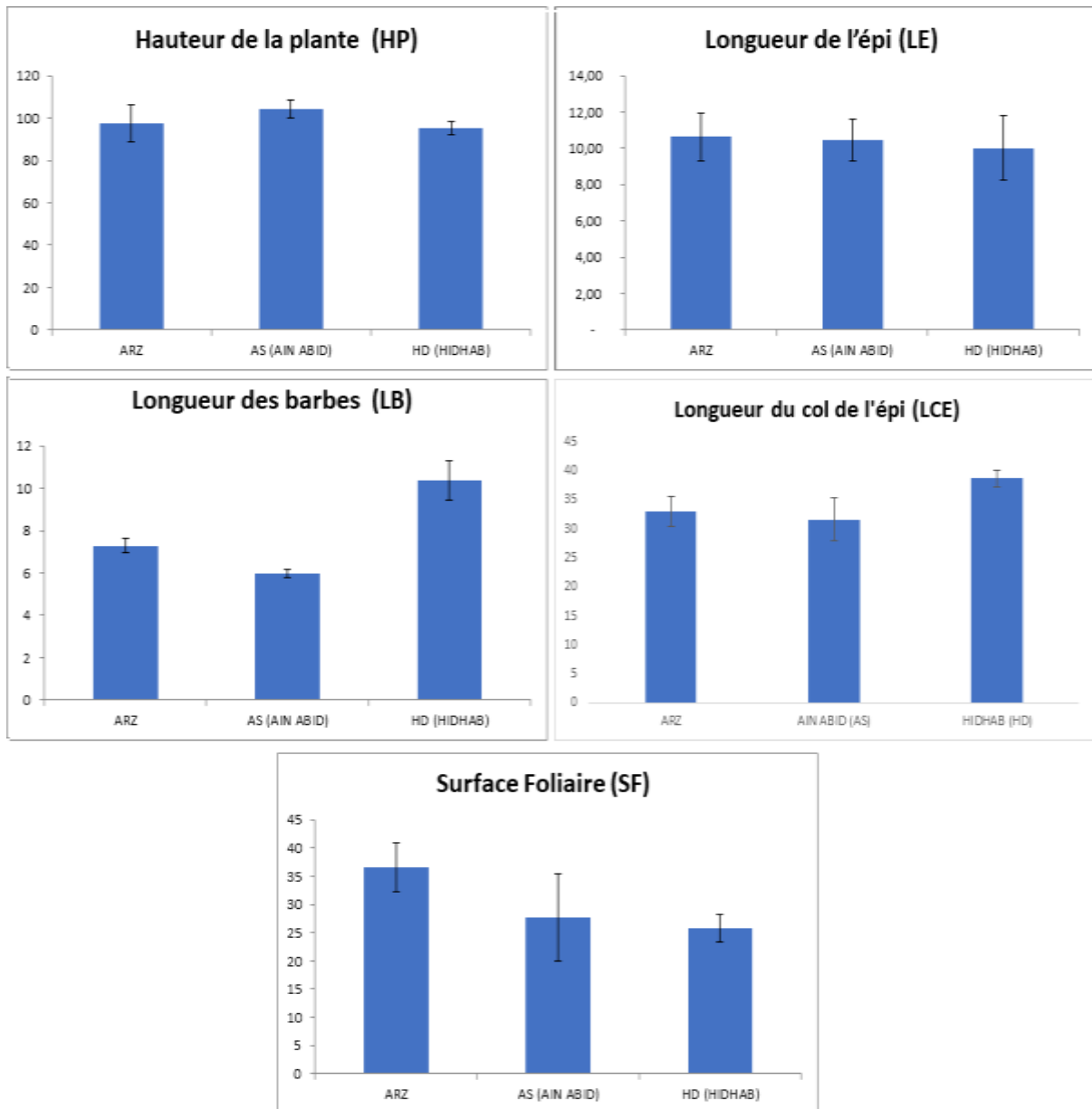


Figure 16. Les paramètres morphologiques.

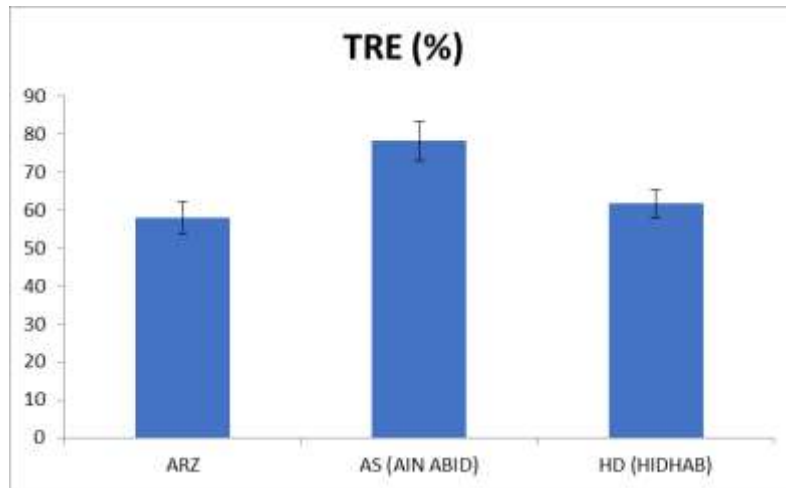


Figure 17. Variation de la teneur relative en eau des trois géotypes de blé tendre.

1.2 Etude statistique

1.2.1 Test de corrélation

Les corrélations entre des différentes variables quantitatives sont illustrées dans le tableau 4. Des liaisons fortes ($r > 0.5$) et significatives ($p < 0,05$) sont enregistrées essentiellement entre :

- DCV (jrs) et NG/E, L.E et L.B avec des valeurs de r (0,69 ; 0,62 et -0,60, respectivement). Ce dernier est lié avec NG/E, L.C.E et N.E pillets/E.
- NP.M2 est liée parfaitement avec PG (0.99) et NT.H /PLANT (-0.89).
- NT.H/PLANT avec NT.E/PLANT (0.77) et Eff Transf (0.66)
- NE.M2 avec Rdt (0.59) et TRE (-0.78).
- NG/E avec PMG, Rdt et L.B avec des valeurs de $r \geq 0.62$.
- S.F avec TRE dont la valeur de r est égale à -0,57.

Le reste des variables ont enregistré des corrélations, quelquefois significatives, mais, faibles ($r < 0.5$).

CHAPITRE III. Résultats et discussion

Tableau 4. Corrélations des variables quantitatives (phénologiques, agronomiques et morphologiques et physiologiques)

Variables	DCV (jrs)	NP.M2	PG	NT.H /PLANT	NT.E /PLANT	Eff Transf	NE.M2	NG/E	PMG	Rdt	H.P	L.E	L.C.E	N.Epillets /E	L.B	S.F	TRE
DCV (jrs)	1,00	-0,39	-0,39	0,10	0,30	0,34	-0,10	0,69*	0,34	0,48	0,38	0,62	-0,46	0,13	-0,60	0,08	0,35
NP.M2		1,00	0,99*	-0,86*	-0,54	-0,44	0,29	-0,12	0,21	0,10	-0,44	0,29	0,02	0,41	0,01	-0,22	-0,15
PG			1,00	-0,86	-0,54	-0,44	0,29	-0,12	0,21	0,10	-0,44	0,29	0,02	0,41	0,01	-0,22	-0,15
NT.H/PLANT				1,00	0,77*	0,66	0,06	-0,05	-0,21	-0,04	0,31	-0,43	0,17	-0,48	0,16	0,38	-0,23
NT.E/PLANT					1,00	0,99*	0,34	0,01	0,10	0,20	0,13	0,01	0,18	-0,30	0,00	0,35	-0,30
Eff Transf						1,00	0,38	0,02	0,15	0,23	0,09	0,12	0,16	-0,25	-0,03	0,31	-0,30
NE.M2							1,00	0,15	-0,01	0,59	-0,38	0,27	0,24	0,01	0,20	0,41	-0,87*
NG/E								1,00	0,62	0,87*	0,32	0,41	-0,48	0,39	-0,68*	0,40	0,18
PMG									1,00	0,60	0,13	0,26	-0,20	0,53	-0,62	0,24	0,37
Rdt										1,00	0,07	0,46	-0,25	0,37	-0,48	0,53	-0,24
H.P											1,00	-0,21	-0,37	-0,44	-0,44	-0,22	0,52
L.E												1,00	0,02	0,18	-0,11	-0,23	-0,08
L.C.E													1,00	-0,53	0,87*	-0,34	-0,46
N.Epillets/E														1,00	-0,57	0,52	0,18
L.B															1,00	-0,36	-0,57
S.F																1,00	-0,31
TRE																	1,00

Seuil de signification * $P \leq 0.5$

1.2.2 Analyse factorielle

Dans l'analyse en composantes principales, le plan factoriel (1x2) a permis une meilleure interprétation des résultats. Il explique une inertie totale de 56.57 % de sorte que la première donne 34.87 %, alors que l'autre résume 21.70 % de l'inertie totale (tableau 16 et 17).

- **La carrée des liaisons (figure 18A)** montre la qualité de représentation de chaque groupe actif de variables quantitatives (agronomiques Gc1, phénotypique Gc2, morphologiques Gc3 et physiologiques Gc4). Les groupes de variables Gc1 et Gc3 fournissent grandement des coordonnées avec la première dimension avec des valeurs de r (0.70 et 0.76), contrairement au groupe Gc2 qui est corrélé avec la deuxième (0.60). Il reste le groupe Gc4 qui montre un équilibre entre les deux contributions (0.51 x 0.43) de façon parfaite.
- **La projection des variables (figure 18B)** montre une corrélation bien répartie plus au moins sur les deux dimensions sorte que : les deux variables agronomiques DCV. jrs et physiologiques TRE sont fortement corrélés avec l'axe 1. Pour les variables phénologiques, elles sont majoritairement corrélées avec l'axe 2. En ce qui concerne celles morphologiques, trois sont liées à la première (HB, LCE et LB) et deux à la deuxième (SF et LE).
- **Le digramme de la projection (figure 19 C)** des individus trois variétés ont montré une nette séparation de deux groupes distincts. Ce sont le même groupe révélé par la classification hiérarchique ascendante en composante principale (CAHC) dans la figure (19 D et E). La population d'Ain Abid (As) s'isole en formant un groupe unique (G2) qui se distingue par rapport aux deux autres variétés (Arz A et Hidhab HD). Et par conséquent, cela peut indiquer qu'elle présente des caractéristiques morphologiques et physiologiques spécifiques qui la distinguent.

CHAPITRE III. Résultats et discussion

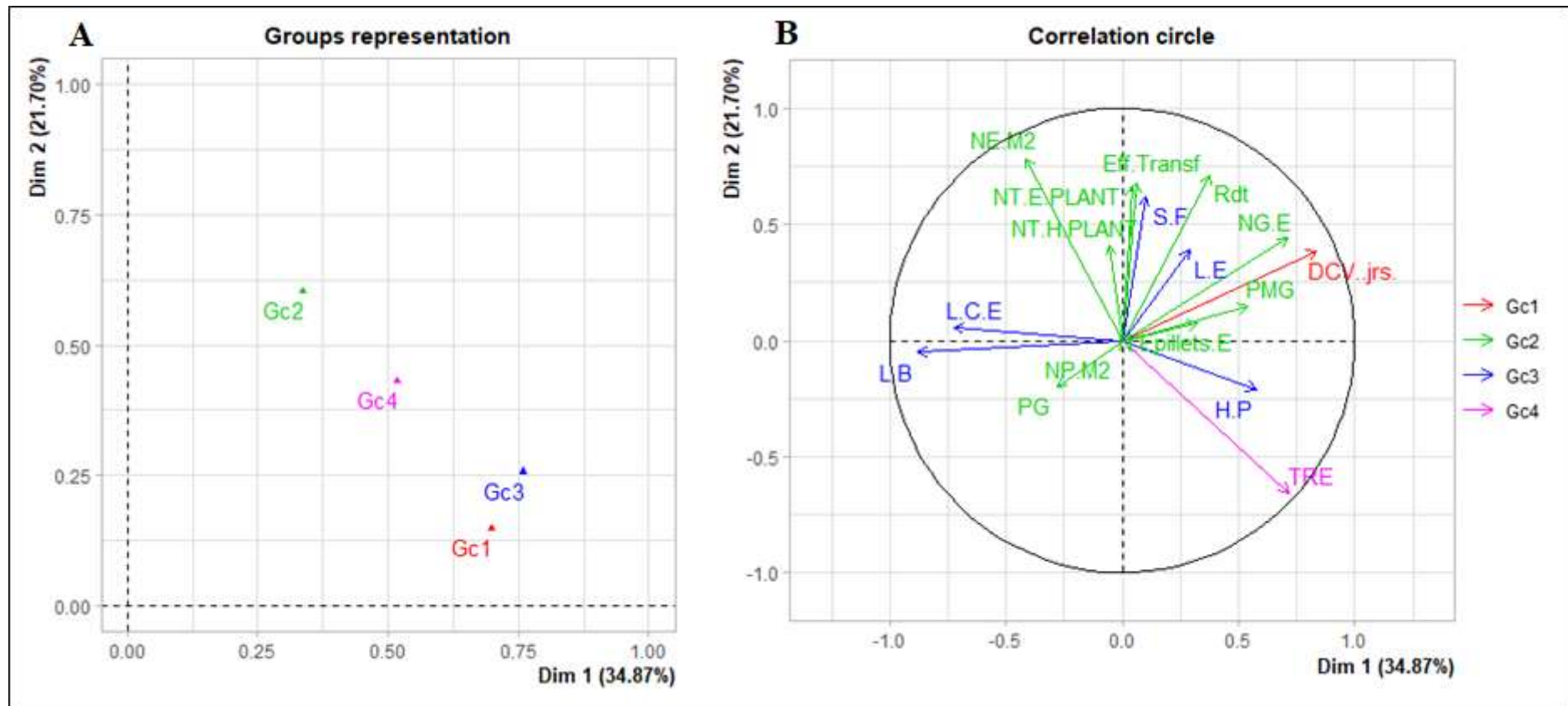


Figure 18. Analyse factorielle multiple (AFM) des variables quantitatives : Carrée de liaison des variables (A), Cercle de corrélation des variables (B).

CHAPITRE III. Résultats et discussion

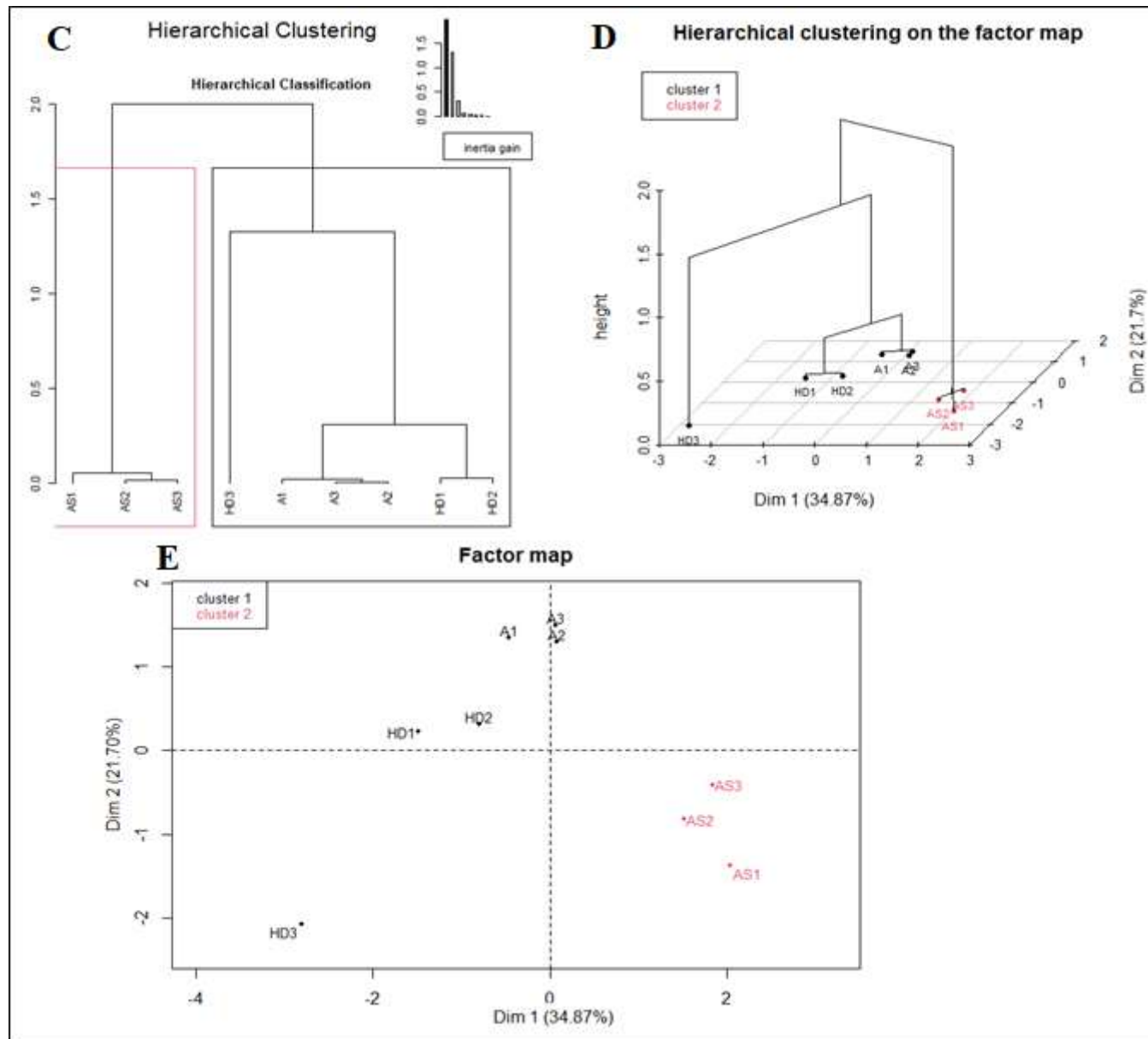


Figure 19. Analyse factorielle multiple (AFM) des variables quantitatives : Diagramme de dispersion des individus (C) et dendrogramme de la classification hiérarchique ascendante (D et E).

2. Discussion

Cette section reprend l'ensemble des résultats obtenus. Elle débat essentiellement les données obtenues par rapport à celles publiées dans la littérature de notre espèce (étude comparative).

2.1 Analyse descriptive

2.1.1 Type phénologique

La phénologie intervient dans l'adaptation parce qu'elle aide à un meilleur ajustement du cycle de développement de la plante pour l'assortir au climat de l'environnement de production (**Mekhlouf et al., 2006**).

Selon **Uptmour (2017)**, la précocité à l'épiaison présente un critère de sélection et est désignée comme un mécanisme des plus importants de l'esquive ou de l'échappement des contraintes climatiques. Néanmoins, l'augmentation de la précocité des céréales, bien qu'elle ait donné des résultats incontestables, n'est toutefois pas sans inconvénients. Elle contribue, entre autres, à la réduction de la productivité et ne convient que pour une sécheresse tardive et de courte durée (**Melki et Dahmane, 2008**).

L'analyse de cette dernière dégage une variabilité intraspécifique au sien de nos variétés. La comparaison des valeurs obtenues chez les trois variétés avec celles de **Soltner (2005)** montre bien que ces variétés sont de type alternatif.

2.1.2 Type agronomique

Selon **Hamadache (2013)**, le nombre de plants par mètre carré est influencé par deux conditions principales : la faculté germinative et l'énergie germinative des graines, ainsi que les conditions extérieures telles que l'eau, l'oxygène, la température et le sol. La germination des graines se caractérise par l'émergence de coléorhize, de racines séminales et de coléoptiles. La levée effective des plantes se produit lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles à la surface du sol (**Gate, 1995**).

Pendant la phase de semis levée, l'alimentation de la plante dépend principalement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine. Les facteurs édaphiques tels que la chaleur, l'aération et l'humidité jouent un rôle important dans la réalisation de cette phase (**Eliard, 1979**). De plus, la taille des graines et la composition de leurs réserves, notamment la teneur en protéines, influencent la vitesse de germination et de levée (**Masle-Meynard, 1980; Evans et Rawson, 1975**).

La capacité de tallage, qui représente la capacité d'une plante à produire de nombreuses tiges herbacées, est considérée comme un trait de plasticité important en réponse à des conditions environnementales différentes (**Mossad et al., 1995; Acevedo et al., 2002**). Cependant, un tallage excessif peut entraîner une consommation d'eau élevée sans une production conséquente d'épis et de grains, ce qui diminue l'efficacité de l'utilisation de l'eau par la plante en cas de contrainte hydrique.

Des études, telles que celles menées par **Blum et Pnuel (1990)** et **Benbelkacem et al. (1984)**, ont montré une relation entre la capacité de tallage et le nombre d'épis, mais aussi une augmentation de la mortalité des plantes lorsque le nombre de talles herbacées augmente. **Bouziani et al. (2015)** ont souligné que le peuplement en épis dépend principalement du potentiel génétique de la variété, de la densité de semis, de la puissance de tallage et de la nutrition azotée.

Le nombre de grains par épi est influencé par plusieurs facteurs, notamment le nombre d'épis par mètre carré, les caractéristiques variétales, la disponibilité en eau et la nutrition azotée et phospho-potassique (**Belaid, 1986**). D'autre part, **Bouzerzour et al. (2002)** ont constaté que la sécheresse pendant la phase de différenciation des épillets peut réduire le nombre d'épillets fertiles et, par conséquent, le nombre de grains par épi.

Le poids de 1000 grains est un paramètre important qui décrit la capacité d'accumulation des substances de réserve dans des conditions environnementales optimales. Il est influencé par les conditions d'alimentation en eau pendant la phase de remplissage des grains, les translocations et les conditions de température après le palier hydrique (**Megherbi et al., 2012**).

Plusieurs facteurs agronomiques et climatiques peuvent influencer le poids des grains. Par exemple, le stress thermique pendant la phase de remplissage du grain peut réduire le poids des grains, tout comme les faibles températures lors de la maturité précoce des grains (**Castro et al., 2007; Bhullar et Jenner, 1985**). De plus, un manque d'eau combiné à des températures élevées peut entraîner un échaudage des grains et une diminution du poids de 1000 grains (**Zouaoui, 1993 ; Chaker, 2003**).

Le rendement en grain est un caractère agronomique complexe qui dépend de plusieurs composantes et est influencé par des facteurs génétiques, environnementaux et agronomiques (**Li et Gill, 2004**). Les conditions stressantes peuvent réduire la croissance et la production des cultures, affectant ainsi les processus physiologiques et chimiques des plantes (**Ribot et al., 2012**).

2.1.3 Type morphologique

Dans leurs recherches, **Khan et al. (2010)** montrent que la hauteur des plantes est fortement influencée par le milieu notamment les facteurs limitant de la croissance qui sont liés aux paramètres climatiques, tels que la pluviométrie et la variabilité des amplitudes thermiques qui peuvent contrarier la croissance et le développement des plantes.

En effet, l'avènement des hautes températures dès le printemps, le plus souvent associé au déficit hydrique, accélère le développement de la plante au détriment de la croissance (**Bahlouli et al., 2006**). **Mekliche et al. (2003)** signalent que le déficit hydrique a un effet très néfaste sur ce caractère. Selon **Annichiarico et al. (2005)**, la longueur de la tige considérée comme un caractère clé de l'adaptation au stress lié à la sécheresse terminale. **Allam et al. (2015)** indiquent que les variétés de céréales, les plus tolérantes à la sécheresse sont des variétés à paille hautes. Selon le même auteur, cette tolérance est induite par un développement racinaire important en profondeur permettant l'extraction de l'eau des horizons profonds.

Steliana et al. (2018) rapportent que la stabilité de certains paramètres tels que la hauteur de la plante est très importante dans le processus de sélection, l'influence des variations climatiques doit donc être réduite par la réponse génétique des variétés.

La recherche fondée par **Lounes et Guerfi (2010)**, sur la longueur de l'épi résultante d'une moyenne comprise de 8.67cm, considéré comme la plus élevée, d'autre part valeur minimale est de 5cm, dans ce constat en ressort que nos variétés ne sont pas dans le même intervalle, ce qui peut s'expliquer par l'effet environnemental et le facteur génétique. Selon **Jonard (1964)**, la longueur de l'épi est une caractéristique variétale peu influencée par les variations du milieu plus précisément, elle est fonction de quantité d'eau réservée durant le cycle végétatif. Aussi **Agoun et al. (2000)** indique qu'une amélioration de la pluviosité influe sur la longueur de l'épi. Cela concorde avec le cas de la longueur d'épis de nos variétés pour une année agricole bien irriguée. Cette caractéristique peut être influencée aussi par la densité de semi (**Achouri, 1985**). **Lounes et Guerfi (2011)**, rapportent qu'il y a une corrélation positive liant le rendement en grain à la longueur de l'épi, l'épi assure une activité photosynthétique importante au cours du remplissage du grain.

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble être étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé dur (**Hadjichristo doulou, 1987**). C'est un caractère d'adaptation lié avec la variabilité génotypique, mais aussi provoqué essentiellement par les conditions de l'environnement, cela est indiqué par **Salama et al.**

(2005), les barbes peuvent améliorer le rendement en condition de la sécheresse par augmentation de la surface photosynthétique de l'épi.

Gate et al. (1993) ont mentionné qu'après l'épiaison, quand la dernière feuille devient sénescence, les derniers organes chlorophylliens (glumes et barbes) jouent un rôle prédominant dans le remplissage du grain.

La longueur du col de l'épi est un caractère variétal, il a souvent été proposée comme critère de sélection de génotype tolérants au déficit hydrique (**Ficher et Maurer ,1978**). Comparativement aux travaux de **Lounes et G. (2010)**, sur la longueur de col épis, nos variétés étudiées sont mieux caractérisées par rapport aux autres travaux précédemment cité. Pour les températures enregistrées dans les mois de mars jusqu'au mois mai, nous remarquons qu'elles sont ambiantes et qu'elle ne conduit pas à un stress thermique provoquant le stress hydrique. Car une longueur du col de l'épi élevée est souvent associée à une meilleure tolérance au déficit hydrique (**El hakimi ,1992**).

Donc nous constatons que nos variétés à col long résistent même aux périodes de stress. Le taux pluviométrique assimilé pendant la campagne 2022/2023, provoque l'allongement du col d'épi, c'est prouvé par (**Annich chiarico, 1993**) longueur du col de l'épi est proportionnellement à la quantité d'eau absorbée durant le cycle de développement ; cité par **Ben Mimoun ,1994**).

Le paramètre de la surface foliaire constitue un indicateur sensible de la tolérance des variétés aux stress de l'environnement. Selon **Belkharchouche et al. (2009)**, la surface foliaire détermine progressivement à la fois les quantités d'eau utilisées par la plante sous forme de transpiration et les quantités de carbone fixées par voie photosynthétique. Elle conditionne la résistance à la sécheresse, vu qu'une surface foliaire élevée perdra plus d'eau qu'une faible surface foliaire. En milieux variables, la diminution de la surface foliaire peut avoir des effets bénéfiques en réduisant de la surface évaporant et celle soumise à la radiation solaire.

Benmahammed et al. (2008) indiquent également que suite à la variabilité climatique des hauts plateaux et à l'intensité des stress de fin de cycle, la stratégie d'évitement est théoriquement la plus intéressante, car la plante évite le stress au lieu de le contrer. De ce fait, une surface foliaire réduite comme celle observée chez nos variétés perdra moins d'eau, donc ces derniers adoptent une stratégie d'évitement, qui permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante, les résultats de cette étude étaient semblables à ceux obtenus par (**Salmi, 2015 ; Messaoudi et al., 2021**).

2.1.4 Type physiologique

L'analyse du teneur relatif en eau permet de décrire d'une manière globale, la capacité de la plante à se maintenir hydratée en conditions déficitaires (**Pirzad *et al.*, 2011**). Elle est une approche alternative intéressante parce que ce trait est examiné facilement et rapidement (**Oukarroum, 2007**).

Selon Shao *et al.* (2006), le maintien d'une TRE élevée en condition de stress peut résulter de deux mécanismes d'adaptation : le maintien d'une élasticité élevée des tissus ou une diminution de la pression osmotique. Les aléas environnementaux (manque d'eau, haute température...) sont des éléments déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Ils induisent chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (**Albouchi *et al.*, 2000**).

L'abaissement de la teneur relative en eau sous la contrainte a été signalé par de nombreux auteurs sur plusieurs espèces, telles que *Vigna unguiculata* et *Phaseolus vulgaris* (**Cruz *et al.*, 1998**) et le blé dur (**Bajji *et al.*, 2000**). Ce dernier auteur a rapporté en 2001 que la teneur en eau des feuilles diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue dans le sol.

D'autre part, **Bayoumi *et al.* (2008)** ont attribué l'abaissement de ce paramètre sous les conditions défavorables soit aux différences entre les variétés dans le pouvoir de pompage de l'eau du sol par les racines, soit au pouvoir du contrôle stomatique des pertes d'eau par les surfaces évaporèrent. Il peut être aussi attribué à des différences entre les variétés dans le pouvoir d'accumulation des métabolites et de l'ajustement osmotique pour le maintien de la turgescence cellulaire et les activités physiologiques.

2.2 Analyse comparative (statistique)

- **Analyse corrélative** : Elle met en évidence des relations significatives entre plusieurs paramètres agronomiques, morphologiques et physiologiques. Ces corrélations permettent de mieux comprendre les interactions entre les différentes caractéristiques étudiées et peuvent être utiles pour évaluer et sélectionner les variétés les plus adaptées aux conditions de croissance spécifiques.

En utilisant ces corrélations, il devient possible d'évaluer et de sélectionner les variétés qui sont les plus adaptées aux conditions de croissance spécifiques. Par exemple, si l'on sait que le rendement est fortement corrélé avec le nombre de grains par épi et le poids de mille grains, il est possible de prioriser ces caractéristiques lors de la sélection des variétés pour

maximiser le rendement. De même, si l'on sait que la teneur relative en eau est négativement corrélée avec la surface foliaire, on peut tenir compte de cette relation pour choisir des variétés qui présentent une meilleure adaptation à des conditions de faible disponibilité en eau.

- **Analyse factorielle :** D'après les données fournies, la population d'Ain Abid (As) forme un groupe unique distinct des deux autres variétés (Arz A et Hidhab HD). Cette distinction peut être observée à travers plusieurs paramètres agronomiques, morphologiques et physiologiques.
 - Sur le plan agronomique, la variété Ain Abid présente une durée d'épiaison plus longue par rapport aux autres variétés, ce qui pourrait lui conférer une certaine adaptation aux conditions environnementales spécifiques. De plus, la densité de plantes par mètre carré est légèrement plus élevée pour la variété Ain Abid, ce qui peut indiquer une capacité de peuplement plus efficace.
 - En ce qui concerne les paramètres morphologiques, la variété Ain Abid se distingue par sa plus grande hauteur de plante et sa longueur d'épi légèrement supérieure, ce qui peut être avantageux en termes de production de biomasse et de potentiel de rendement.
 - Du point de vue physiologique, il y a une perturbation notable dans la teneur relative en eau des trois variétés, mais la variété Ain Abid présente une valeur relativement basse par rapport aux autres, ce qui peut suggérer une meilleure adaptation à des conditions de stress hydrique.

Conclusion

A travers cette étude, nous avons tenté d'évaluer et de caractériser la productivité et l'adaptabilité de blé tendre (*triticum aestivum* L.), par le biais d'un ensemble de caractéristiques associées à la productivité et à l'adaptation, ainsi que le comportement global des géotypes vis-à-vis de la variation environnementale, et dans le but d'identifier les variétés les plus intéressantes et les plus pertinentes, qui seraient en grande partie à l'origine du choix des géotypes adaptés aux conditions environnementales de la zone d'étude.

La présente étude révèle la présence d'une variabilité génotypique notable pour l'ensemble des caractères étudiés. Les différentes variétés ont utilisé pratiquement les mêmes stratégies de réponses aux conditions climatiques extrêmes, mais avec des degrés différents de sorte que l'analyse descriptive nous a montré le suivant :

- L'examen de la phénologie et notamment la date d'épiaison révèle l'existence d'une variation intra-spécifique au sein des variétés testées. Les variétés Arz et Hidhab montrent la durée d'épiaison la plus précoce contrairement à la variété Ain Abid qui est la plus tardive.
- Le rendement varie avec la hauteur de la plante et la précocité, le plus élevé est obtenu par les géotypes précoces. Donc les variétés étudiées développent un mécanisme adaptatif en réduisant leur période d'épiaison en présence des conditions de croissance défavorables.
- La variété Ain Abid, la plus haute et la plus tardive, enregistre la teneur relative en eau TRE la plus élevée mais avec un rendement le plus faible, ce qui signifie que ce paramètre physiologique ne contribue pas au rendement. Le maintien d'une TRE élevée est donc une forme remarquable de résistance. Ce géotype s'avère donc le plus tolérant au stress hydrique.
- La variété ARZ se caractérise par un rendement et par les composantes du rendement élevées à savoir PMG, NGE, NE/M2 et RDT.

Alors que l'analyse statistique et comparative montre les corrélations identifiées entre les différentes variables étudiées permettant de mieux comprendre les interactions entre les différentes caractéristiques étudiées et peuvent être utiles pour évaluer et sélectionner les variétés les plus adaptées aux conditions de croissance spécifiques. Aussi, elle révèle des différences observées dans les caractéristiques agronomiques, morphologiques et physiologiques qui peuvent expliquer pourquoi la population d'Ain Abid forme un groupe distinct (G2) par rapport aux variétés Arz A et Hidhab HD.

Globalement, dans notre étude, l'ensemble des variétés ont montré un comportement intéressant pour la plupart des caractères étudiés. Donc, il serait crucial d'appliquer les résultats obtenus dans le cadre de la sélection variétale, en vue de développer de nouvelles variétés qui soient à la fois performantes et mieux adaptées aux changements climatiques.

Des perspectives intéressantes émergent de cette étude. Tout d'abord, il serait bénéfique d'approfondir la variabilité génétique de blé tendre étudié, en ajoutant d'autres variétés avec d'autres critères. En outre, il serait pertinent d'explorer l'impact d'autres facteurs environnementaux, tels que la fertilité du sol et la gestion de l'eau, etc., sur la performance de ces variétés.

Références bibliographiques

- Abbe P.E., Andrade F.H., Lazaro L., Bariffi J.H., Berardocco H.G., Inza V.H. & Marturano F. .1998. Grain Yield Increase in Recent Argentina Wheat Cultivars, *Crop Sci.*38: 1203-1209.
- Abbe P.E., Andrade F.H., Lazaro L., Bariffi J.H., Berardocco H.G., Inza V.H. & Marturano F. .1998. Grain Yield Increase in Recent Argentina Wheat Cultivars, *Crop Sci.* 38: 1203-1209.
- Abdani I. et Bakhti A. 2017. Composition biochimique et nutritionnelle de différentes variétés de blé commercialisé en Algérie P5.
- Abis, S. 2012. Le blé en Méditerranée sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales CIHEAM, Paris.
- Acevedo H. & Goldfarb A. 1989. Augmentation des effets de l'entraînement sur le lactate plasmatique, le seuil ventilatoire et l'endurance. *Médecine et science du sport et de l'exercice* 21(5), 563 -568, 1989.
- Acevedo, E. 1987. Assessing crop and plant attributes for cereal improvements. In J.P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma, eds. *Drought Tolerance in Winter Cereals*, p. 303-320. Willey in
- Acevedo, E. 1987. Assessing crop and plant attributes for cereal improvements. In J.P. Srivastava, E. Porceddu, E. Acevedo and S. Varma, eds. *Drought Tolerance in Winter Cereals*, p. 303-320. Willey in.
- ACHOURI .I ,1985 - Fertilisation azotée et densité de peuplement d'une variété de blé dur dans la Mitidja Thèse d'INGINA .EL-Harrach 62 p.
- Adda, A., Sahnoune, M., Kaid-Harch, M. & Merah, O. 2005. Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Compte Rendu Biologies* 328 : 918-927.
- Ait-Kaki S. (2008). Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie. Thèse de doctorat, Univ Badji Mokhtar Annaba, 174p.
- Albouchi A, Sebei H, Mezni M. Y, EL Aouni M. H. 2000. Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. *Annales de l'INRGREF*. 4 : 138- 61.
- Alem C., Labhilili M., Brahmi K., Jlibene M., Nasrallah N. & Filali-Maltouf A. 2002. Adaptations Hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C. R. Biologies* 325, 1097-1109. Laamara(2019), Étude de comportement variétale du blé tendre (*Triticumaestivum* L) mémoire Master de fin d'étude.
- Allam A, Tirichine A, Madani H, Benlamoudi W, Attali Y. 2015. Évaluation agro morphologique des cultivars locaux de blé dur : *Triticum durum* Desf. Cultivés dans les palmeraies de la vallée d'oued Righi (sud-est algérien). *Revue des Bio Ressources*. 5 (2) : 67- 76.
- Annichiarico P, Bellah F, Chiari T. 2005. Defining sub regions and estimating benefits for a specific adaptation strategy by breeding programs: a case study. *Crop Science*. 45 : 1741-1749.
- Aucamp U., Labuschagne M. T. & van Deventer C. S. 2006. Stability analysis of kernel and milling characteristics in winter and facultative wheat. *South African Journal of Plant and Soil* 23(3), 152-156.
- Bahlouli F, Bouzerzour H, Benmahammed A, Assous K. L. 2006. Etude des liaisons entre le rendement, la durée de vie de la feuille étendard, la vitesse de remplissage et la remobilisation des assimilés de la tige du blé dur (*Triticum durum* L.). *Annales de l'institut national agronomique- El- Harrach*. 27 : N° 1et 2.
- Bajji M., Lutts S. & Kinet J.M, 2000. La résistance au stress hydrique chez le blé dur : Comparaison des comportements au niveau cellulaire et au niveau de la plante entière. *Options Méditerranéennes series A*. 40 : 227-231.

- Baldy C. 1986. Comportement des blés dans les climats méditerranéens. *Ecologia Mediterranea*, (12), 73- 88.
- Barrs HD. 1968. Determination of water deficits in plants tissues. *Water Deficit and Plant Growth*. 235-368.
- Bayoumi T. Y., Manal H. & Metwali E. M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology*. 14 : 2341-2352.
- Bednarek J. 2012. Analyse fonctionnelle de TaGW2, une E3 ligase de type RING, dans le développement du grain de blé tendre (*Triticum aestivum*) Sciences agricoles. Université Blaise Pascal – Clermont Ferrand II, Français, 187p.
- Belaid D.1986. Aspect de la céréaliculture algérienne. Edition- O.P.U. p 217.
- Belkharchouche, H., S. Fellah, H. Bouzerzour, A. Benmahammed, N, Chellal. 2009. Vigueur de croissance, translocation et rendement grain du blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sous conditions semi arides. *Courrier du Savoir*. 09 : 17-24.
- Ben Mimoune .1994. Caractérisation physiologique et organique de huit variétés de blé tendre en vue d'une sélection dans la zone sub humide. Thèse ING Blida ,54p.
- Ben Rejeb J. Ferhani S. 2012. Consommation d'énergie, croissances de CO2 : preuves à partir de donnée panel pour la région MENA. *Journal international de l'économie et de la politique de l'énergie*. 2(2).
- Benbelkacem, A., Mekni, M.S. & Rasmusson, D.C. 1984. Breeding for high tiller number and yield in barley. *Crop Sci.*, 24 : 968-972.
- Benlahreche B & Boumetred L. 2018. Etude de quelques caractères morpho-physiologiques des variétés des blé dur waha et bousslem et blé tendre arz et hidhab soumis à stress hydrique p16-17.
- Benlaribi M. Monneveux Ph. Grignac P. 1990. Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation déficit hydrique chez le blé dur (*triticum durum* Desf). *Agronomie* 10 - 305- 322.
- Benmahammed A., Bouzerzour H., Mekhlouf A., Benbelkacem A. 2008. Variation de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la biomasse et l'efficacité d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var *durum*) conduites sous contraintes hydrique. *Recherche Agronomique, INRA*. 21: 37-47.
- Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A. & Bouzerzour, H. 2010. Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement* 14 : 177-186.
- Berka S. & Aid F. 2009. Réponses physiologiques des plantes d'*Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique.
- Berka S. & Aïd F. 2009. Réponses physiologiques des plants d'*Arganiaspinosa* (L.) Skeels soumis à un Déficit hydrique édaphique. *Sécheresse* 20, 296-30.
- Bhourri khila, S., Douh, B., Mguidiche, A. & Boujelben, A. 2015. Effets de la contrainte hydrique et des changements climatiques sur la productivité du blé dur en conditions climatiques semi arides de tunisie. *Larhyss Journal*, 23 : 69-85.
- Blouet, A., Gaillard, B. & Masse, J. 1984. Le gel et les céréales. *Perspectives Agricoles* 85 :0-25.
- Blum A. 1989. Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress.*Crop. Sci*, 29 : 230-233.
- Blum A. Mayer & J. Golan G. 1983. La dessiccation chimique des plants de blé comme simulateur du stress post-anthèse : II Relation avec le stress hydrique. 6, 149 -155,1983
- Blum et Pnuel (1990). *Plant Breeding for Stress Environment*. CRC. Press (éds), Boca Raton, Florida, USA. p 123.

- Bodega J.L. & Andrade F.H. 1996 - The Effect of Genetic Improvement and Hybridization on Grain and Biomass Yield of Bread Wheat, *Cereal Res. Com.*, 24 : 171-177.
- Bodega J.L. & Andrade F.H. 1996. The Effect of Genetic Improvement and Hybridization on Grain and Biomass Yield of Bread Wheat, *Cereal Res. Com.*, 24 : 171-177.
- Bolot S., Abrouk M., Masood-Quraishi U., Stein N., Messing J., Feuillet C. & Salse J. 2009. The “inner circle” of the cereal genomes. *Current opinion in plant biology* 12(2), 119-125.
- Bonjean A. 2001. Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L). In : S. Le Perchec, P. Guy, A. Fraval: *Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l’environnement de l’INRAA* 21, 29-37.
- Bourad D. (2009). Étude du potentiel technologique de la farine de blé dur : panification. Mémoire de Magister, Univ Abderrahmane Mira-Bejaïa, 70 p.
- Bouzerzour H , BENMAHAMMED A ;BENBELKACEM A , ;HAZMOUNE T , ;MIMOUN, H ,BOURMEL S , ;MEKHLLOUF A. 2000.Stabilité des performance et caractéristique phéno – morphologique de quelque variété de blé dur (*triticum durum* Desf) issues d’ une sélection multi locale ;proc .du premier symposium international sur la Filière blé –Enjeux et stratégies. Alger . 7_9 Février 2000.Pages 178-184.
- Bouzerzour, H. & Benmahammed, A. 1994. Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algeria. *Rachis* 12 : 11-14.
- Bouzerzour, H. & Benmahammed, A. 1994. Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algeria. *Rachis* 12 : 11-14.
- Bouziani Y, Benmoussa M. 2015. Impact de l'interaction génotype-environnement sur le rendement et ses composantes d'une gamme variétale de blé tendre (*Triticum eastivum* em thell). *Revue agro biologica*. 7 : 51-56.
- Brocklehurst P.A., Moss J.P. & Williams W. 1978 - Effects of Irradiance and Water Supply on Grain Development in Wheat, *Ann. Appl. Biol.*, 90 : 265-276.
- Brocklehurst P.A., Moss J.P. & Williams W. 1978. Effects of Irradiance and Water Supply on Grain Development in Wheat, *Ann. Appl. Biol.*,90 : 265-276.
- Campbell K. G., Bergman C. J., Gualberto D. G., Anderson J. A., Giroux M. J., Hareland, G., Fulcher R. G., Sorrells M. E. & Finney P. L. 1999. Quantitative trait loci associated with kernel traits in a soft x hard 4 wheat cross. *Crop Science* 39(4), 1184-1195.
- Cassman KG. 1999 - Ecological Intensification of Cereal Production Sysems: Yield Potential, Soil Quality and Precision Agriculture, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 96 : 5952-5959.
- Castro M., Peterson C. J., Rizza M. D., Dellavalle P. D., Vazquez D., Ibanez V. & Ross A. 2007. Influence of heat stress on wheat grain characteristics and protein molecular weight distribution. *Wheat Production in Stressed Environments* 12, 365-371.
- Chaker A. 2003. Etude de l’effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magistère, Univ Annaba.
- Chantret N., Salse J., Sabot F., Rahman S., Bellec A., Laubin B., Dubois I., Dossat C., Sourdille P., Joudrier P., Gautier M. F., Cattolico L., Beckert M., Aubourg S., Weissenbach J., Caboche M., Bernard M., Leroy P. & Chalhoub B. 2005. Molecular basis of evolutionary events that shaped the hardness locus in diploid and polyploid wheat species (*Triticum* and *aegilops*). *The plant cell* 17(4), 1033-1045.
- Chennafi, H., Aidaoui, A., Bouzerzour, H. & Saci, A. 2006. Yield response of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. *Asian Journal of Plant Sciences* 5: 854-860.

- Clarke J. M, McCaig T. N. 1982. Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*. 62(3) : 571-578.
- Collinson S., Clawson E., Azam-Ali S. & Black C. (1997). Effects of moisture deficits on the water relations of Bambara groundnut (*Vigna subterranean* L. Verdc.). *Journal of Experimental Botany* 48, 877-84.
- Cruz de Carvalho M.H, Laffray D, Louguet P. 1998. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 40 (3):197-207.
- Dakheel, A. J., Nasi, I., Mahalakshmi, V. & Peacock, J. M. 1993. Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* 34 : 297-307.
- Dubos C. 2001. Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse de doctorat en biologie forestière, Université Henri Poincaré, Nancy I : 54-55, 2001.
- Duffus CM. & Binnie J. 1990. Relations du saccharose au cours du développement de l'endosperme et de l'embryon chez le blé. *Physiologie et biochimie végétales (paris)*. 1990
- El- Hakimi. 1995. Sélection sur la base physiologique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse du blé.
- El Mourid, M., Karrou, M. & El Gharous, M. 1996. La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement. *Al Awamia* 92 : 69-81.
- Eliard J L. 1979. Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Bailière, Paris, 344 p, in Bourak.k(2018) sélection assistée par marqueure SNP et Étude phénotypique du blé tendre (*Triticum aestivum* L) mémoire Master de fin d'études.
- Evans L T, Rawson H M. 1975. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and Components of ear during grain development in wheat. *Aust.J. Biol.* 223- 245. Bourak.k (2018) sélection assistée par marqueure SNP et Étude phénotypique du blé tendre (*Triticum aestivum* L) mémoire Master de fin d'études.
- Feillet P. 2000. Le grain de blé composition et utilisation. INRA, Paris, 308p.
- Fellahi Z. (2017). Analyse génétique d'un croisement line x testeur, réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous condition semi-aride, thèse de doctorat en science, Univ. Ferhat Abbas Sétif 1, 227p.
- Fellahi Z. 2013. Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Magister, Département des Sciences Agronomiques. Université Saad Dahlab de Blida, 124p.
- Fellahi Z., Hannachi A., Ferras K., Oulmi A., Boutalbi W., Bouzerzour H. & Benmahammed A. (2017). Analysis of the phenotypic variability of twenty F3 biparental populations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Evaluated under semi-arid environment, *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 9(1), 102- 118.
- Fellahi Z., Hannachi A., Guendouz A., Bouzerzour H. & Boutekrabi A. 2013. Genetic variability, heritability and association studies in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Electronic Journal of plant breeding* 4(2), 1161-1166.
- Fellahi, Z. (2013). Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab - Blida, 136 p.
- Fellahi, Z. 2013. Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab - Blida, 136 p.

- Fellahi, Z. 2017. Analyse génétique d'un croisement line x tester, réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous condition semi arides. Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 230 p.
- Fischer R.A. & Maurer R. 1978. Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield responses. *Aust, J, Agri, Res*, 29: 105-912.
- Fischer R.A. & Maurer R., 1978: Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield responses. *Aust, J, Agri, Res*, 29: 105-912.
- Fisher R.A. 1985 - Number of Kernels in Wheat Crops and the Influence of Solar Radiation and Temperatures, *J. Agric. Sci., (Cam)*, 105 : 447-461.
- Fisher R.A. 1985. Number of Kernels in Wheat Crops and the Influence of Solar Radiation and Temperatures, *J. Agric. Sci., (Cam)*, 105 : 447-461.
- GAT E.P.H., 1995.- Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351 p.
- Gate P, 1995. Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture. Lavoisier, Paris. 429 p.
- 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. In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne (diversité génétique et amélioration variétale). Ed. INRA France, les colloques n° 64. PP 61 – 73.
- Gate, Ph., 1995. *Écophysiologie de blé*, édi. Lavoisier 365p. Bourak.k(2018) sélection assisté par marqueur SNP et Étude phénotypique du blé tendre (*Triticum aestivum* L) mémoire Master de fin d'études.
- Gate, P et Couvreur, F. 1993. le gel constitue t-il un risque important ? perspectives agricoles, n°178-mars, pp 46-82.
- Groos C., Robert N., Bervas E. & Charmet G. 2003. Genetic analysis of grain protein content, grain yield and thousand-kernel weight in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 106(6), 1032-1040.
- Haddad L., Bouzerzour H., Benmahammed A., Zerargui H., Hannachi A., Bachir A., Salmi M., Oulmi A., Fellahi Z., Nouar H. & Laala Z. 2016. Analysis Of Genotype x Environment Interaction For Grain Yield In Early and Late Sowing Date On Durum Wheat (*Triticum durum* Desf) Genotypes. *Jordan Journal Of Biological Sciences* 9(3), 139-146.
- Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, A., Salmi, M., Oulmi, A., Fellahi, Z., Nouar, H. & Laala, Z. 2016. Analysis of Genotype × Environment Interaction for gain yield in Early and Late Sowing Date on Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes. *Jordan Journal of Biological Sciences* 9(3) : 139-146.
- Hadjichristodoulou A., 1993. Barley genotypes satisfying different needs in Drylands, Marginal lands and uncultivated Areas. In the agrometeorology of Rainfed Barley- based Farming systems. Proceedings of an International symposium (6 – 10 march 1989, Tunis). Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D. PP 233 – 243.
- Hadouche L., Mekliche I., 2004. étude comparative entre quelques populations de blé dur. *Céréaliculture* N° 50. edd I.T.G.C .50p :10-15.
- Hamadache A., 2013. Grandes cultures : principaux itinéraires techniques des principales espèces de grandes cultures pluviales cultivées en Algérie et en Afrique du nord (agriculture conventionnelle), le blé, Tome 1, 1ère édition : 256p.
- Hannachi, A. 2017. Aptitude à la combinaison, sélection mono et multi caractères et adaptabilité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux conditions semi arides. Thèse de Doctorat. Université Farhat Abbas-Sétif 113 p.

- Hellin, J., Shiferaw, B., Cairns, J. E., Reynolds, M., Ortiz-Monasterio, I., Banziger, M., Sonder, K. and Rovere, L. R. 2012. Climate change and food security in the developing world : Potential of maize and wheat research to expand options for adaptation and mitigation. *J. Develop. Agric. Eco.*, 4(12) : 311-321.
- Henry Y. & Buysier J. 2001. L'origine des blés. De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, P:69-72.
- Hireche Y. (2006). Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire université El Hadj Lakhder de Batna. P 83.
- Hopkins W. 2003. Les relations hydriques dans la plante entière. In : Physiologie Végétale. Ed. De book & Larcier. Bruxelles. 44-58p.
- INRAA (2006). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétique pour l'alimentation et l'agriculture, pp : 12-17.
- Islam T.M.T. & Sedgely R.H. (1981). Evidence for Uniculm Effect in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) in a Mediterranean, *Euphytica*,3 : 277-282.
- Islam T.M.T. & Sedgely R.H. 1981: Evidence for Uniculm Effect in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) in a Mediterranean, *Euphytica*, 3: 277-282.
- Jean-Pierre A. Philippe D. Bernard I. Gilles L. Bernard S. François T. & Alban T. 2006. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA. France. 72 p.
- Jonard .P, 1964 : étude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Annal de l'amélioration des plantes*, pp101-130.
- Kadi, Z. 2012. Sélection de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour la tolérance aux stress abiotiques. Thèse de Doctorat en Science. Université Ferhat Abbas-Sétif-1, 126p.
- Kameli A. & Dorothy M Losel. 1995. Contribution des glucides et autres solutés à l'ajustement osmotique des feuilles de blé sous stress hydrique. *Journal de physiologie végétale* 145 (3), 363 - 366, 1995.
- Kara K. (2015). Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique. Thèse de doctorat en sciences, Univ Des Frères Mentouri Constantine, 171p.
- Kara, K.2015. Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique. Thèse de Doctorat, Université des Frères Mentouri-Constantine, 145 p
- Kara, Y. 2000. Etude des caractères morpho-physiologiques d'adaptation à la sécheresse du blé dur et de quelques espèces apparentées, intérêt potentiel de ces espèces pour l'amélioration de ces caractères. Thèse de Doctorat. Université de Constantine.
- Khan A.J, Azam F, Ali A. 2010. Relationship of morphological traits and yield in recombinant inbred wheat lines grown under drought conditions. *Pakistan Journal of Botanic*. 42(1): 259-267.
- Kirouani, A., Henkrar, F., Udupa, S.M., Boukhalfoun, L. & Bouzerzour, H. 2018. Genetic diversity in algerian durum wheat varieties (*Triticum turgidum* L. var. durum) using microsatellite markers. *Bioscience Journal, Uberlândia* 34(6), 1575-1583.
- Laala, Z. 2010. Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semiarides. Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas, Sétif-1, 97p.
- Laamara .(2019). Étude de comportement variétale du blé tendre (*Triticumaestivum* L) mémoire Master de fin d'étude.
- Lamaze, T. (1994). Résistance de plantes à la sécheresse : mécanismes physiologiques. *Le sélectionneur Français* ,45 : 75-85p.
- Laurent H. & Sané P. 2007. Transfert d'eau et d'énergie. In : Bioclimatologie. Concept et application. Ed. Quae. Paris. 246p.

- Levitt, J. 1982. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press. New York San Francisco – London : 607p.
- Li W, Gill B .S. 2004. Genomics for cereal improvement. In : P.K. Gupta, R.K. Varshney (Eds), Cereal Genomics, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands. 585-634.
- Lounes A., Guerfi Y., 2011 Contribution à l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur en vue de leur inscription au catalogue officiel national. Mémoire d'ingénierie, option phytotechnie, université de Tizi ouzou.
- Masle-Meynard J. 1980. L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence De différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de L'azote et de la lumière. Thèse de docteur-ingénieur. INA-PG, Paris, 274p. Laamara(2019), Étude de comportement variétale du blé tendre (*Triticum aestivum* L) mémoire Master de fin d'étude.
- Mefti, A., Abdelguerfi, A. & Chebouti, A. 2000. Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). *Field Crops Research*. 66 : 165-174.
- Megherbi A, Mehdadi Z, Toumi F, Moueddene K, Bouadjra S. E. B. 2012. Tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et identification des paramètres morpho-physiologiques d'adaptation dans la région de Sidi Bel-Abbès (Algérie occidentale). *Acta Botanica Gallica*. 159(1) : 137-143.
- Mekhlouf A, Bouzerzour H, Bemahammed A, Hadj Sahraoui A, Harkati N. 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi- aride. *Sécheresse*. 17 (4) :507-513.
- Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Bemahammed, A., Hadj Sahraoui, A. & Harkati, N. 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) au climat semi- aride. *Sécheresse* 17 (4) :507-513.
- Mekliche A, Boukecha D, Hanifi-mekliche L. 2003. Etude de la tolérance a la sècheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.).1. effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologique, morphologiques et physiologiques. *Annales de l'Institut National Agronomique*. El-Harrach. 24 :1 et 2.
- Melki M, Dahmane A, 2008. Identification de quelques mutants de blé dur performants en conditions de sécheresse naturelle. *Sécheresse* 19 (1) : 47-53.
- Messaoudi N. 2021. Etude des mécanismes de tolérance aux stress abiotiques chez quelques variétés de blé (*Triticum* sp.) (Doctoral dissertation, Université MOHAMED Boudiaf-M'SILA). p 109.
- Messaoudi N., Laid B., Hammene B., Ammar B. & Faiçal, B. 2021. Agronomic and Morpho-Physiological Characterization of Some Advanced Lines being selected in Durum Wheat Cultivated in Semi-Arid Conditions. *Food Science and Engineering*. 51-64.
- Moule C. 1971. Céréales Tom 2. La Maison Rustique –Paris. 95p.
- Nabors M. 2008. Réponse des plantes aux hormones et aux stimuli environnementaux. In : biologie végétale. Structure, fonctionnement, écologie et biotechnologie. Ed. Pearson Education. France. 247p.
- Nouar H., Bouzerzour H., Haddad L., Menad M., Hazmoune H. & Zerargui H. 2012. Genotype x Environment Interaction Assessment in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf) using AMMI and GGE Models. *Advances in Environmental Biology* 6, 3007-3015.
- Ortiz-Monasterio, J.I., Dhillon, S.S., Fischer, R.A. 1994. Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crops Res.* 37, 169–184.
- Ortiz-Monasterio, J.I., Dhillon, S.S., Fischer, R.A., 1994. Date of sowing effects on grain yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crops Res.* 37, 169–184.

- Oukarroum A. 2007. Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse de Doctorat, Université Genève. p 196.
- Passioura, J. B. 1996. Drought and drought tolerance » Plant growth regulation, 20 : 79- 83.
- Paux E., Sourdille P., Salse J., Saintenac C., Choulet F., Leroy P., Korol A., Michalak M., Kianian S. & Spielmeyer W. 2008. A physical map of the 1 -gigabase bread wheat chromosome 3B. Science 322(5898), 101-104.
- Pirzad A, Shakiba M.R., Zehtab-salmasi S, Mohammadi S.A., Darvishzaden R. & Samadi A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. Journal of Medicinal Plants Research. 5(12) : 2483-2488.
- Pokharel, D. and Pandey, M. 2012. Genetic variability of drought adaptive traits in Nepalese wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm. *Hydro Nepal: J. Water Energy Environ.*, 11(1): 64-68.
- Preston K. R., Kilborn R. H., Morgan B. C. & Babb J. C. (1991). Effects of Frost and Immaturity on the Quality of a Canadian Hard Red Spring Wheat. *Cereal Chemistry*, 68(2), 133-138.
- Radhouane L. 2011. Comportement physiologique de deux espèces de tabac au stress salin. *Revue des régions aride. Institut des régions arides-Médenine-Tunisie.* 5 : 3-14p.
- Ribot G.G, Paola S, Edmundo A. 2012. Morphological and Physiological Traits of Assistance in the Selection of High Yielding Varieties of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. sp. Durum) for the Rainfed Mediterranean Environments of Central Chile. *American Journal of Plant Sciences.* 3 : 1809-1819.
- Ribot G.G., Paola S. & Edmundo A. 201. Morphological and Physiological Traits of Assistance in the Selection of High Yielding Varieties of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. spp. durum) for the Rainfed Mediterranean Environments of Central Chile. *American Journal of Plant Sciences* 3, 1809-1819.
- Sassi, K., Abid, G., Jemni, L., Dridi-Al Mohandes, B., & Boubaker, M. 2012. Étude comparative de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis du stress hydrique. *Journal of Animal & Plant Sciences.* Vol.15, Issue 2 :2157-2170.
- Sayre K.d, S.Rajaram and Fisher R.A. (1997) Yield potential progress in short bread wheats in northwest Mexico. *Crop Sci.* 37 :36-42.
- Sayre K.d, S.Rajaram and Fisher R.A. 1997. Yield potential progress in short bread wheats in northwest Mexico. *Crop Sci.* 37 :36-42.
- Schweb K. & Gaff D. 1986. Teneur en sucre et en ions des tissus foliaires de plusieurs plantes tolérantes à la sécheresse en situation de stress hydrique. *Journal de physiologie des plantes* 125(3-4), 257-265, 1986.
- Selmi R. 2000. Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. *Revue Afrique Agriculture.* N° 280.P.30-23. IN : Evaluation de la qualité d'un germolplasma de blé dur (*Triticum durum* Desf): appréciation de l'aptitude technologique et biochimique. Ait Kaki.S. (2001). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba.
- Semcheddine, N. (2008). Utilisation de la discrimination isotopique du carbone comme critère de sélection du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en relation avec le bilan hydrique. Mémoire de magister, Université Sétif.
- Shantha N., Tripathi S., Singh G. P. & Chaudhary H. B. 2007. Effect of genotype and environment on quality traits and grain yield of wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 67(2), 149-152.
- Shao H.B, Chen X.Y, Chu L.Y, Zhao X.N, Wu G, Yuan Y.B, Zhao C.X, Hu Z.M. 2006. Investigation of the relationship of proline with wheat anti-drought under soil water deficits. *Colloids and Surfaces B : Biointerfaces.* 50 : 113-119.

- SLAMA, A., Bensalem, M., BenNaceur, M et Zid ezzidine. 2005. les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance » ;16(3), pp 225-229.
- Soltner D. 2005. Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. p 472.
- Steliana P.B, Aurel G, Daniel C, Călina P.C. 2018. The Influence of Climatic Variations on the Stability of Wheat Plant Height. Sciendo. 508-514.
- Tahir, I. S. A. & Nakata, N. (2005). Remobilization of nitrogen and carbohydrate from stems of bread wheat in response to heat stress during grain filling. Journal of Agronomy and Crop Science 191 : 106-115.
- Uptmoor R, Pillen K, Matschegewski C. 2017. Combining genome-wide prediction and a phenology model to simulate heading date in spring barley. Field Crops Research. 202 : 84-93.
- Viswanathan, C. & Khanna-Chopra, R. 2001. Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. Journal of Agronomy and Crop Science 186 : 1-7.
- Wardlaw, I. F., Dawson, I. A. & Munibi, P. M. 1989. Tolerance of wheat to high temperature during reproductive stage. Australian Journal research 46 : 15-24.
- Wheeler, D. M. & Power, I. L. 1996. Comparison of plant uptake and plant toxicity of various ions in wheat. Plant and Soil 172 : 167-173.
- Yokota, A., Takahara, K. & Akashi, K. 2006. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, Dordrecht, p. 15-39.
- Zanetti S., Winzeler M., Feuillet C., Keller B. & Messmer M. 2001. Genetic analysis of bread-making quality in wheat and spelt. Plant Breeding, 120(1), 13-19.
- Zouaoui G. 1993. Etude en F1 et F2 des hybrides issus du croisement de 05 variétés de blé dur : détermination génétique des principaux caractères a intérêt agronomique. Mémoire Ing. D'Etat. I.N.R.A El Harrach. Alger.

M^{lle} BOUACHA Yassamina
M. BOUDINA Abdelfetah
M. BOUGHAITA Fethi
M^{lle} BOURAS Nadjet

Thème : Etude de quelques expressions agro-morpho-physiologiques chez trois géotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) cultivés sous conditions subhumides à Skikda.

Résumé :

L'étude a été menée dans une parcelle près d'une serre à l'université de Skikda dans le but d'étudier les caractéristiques agro-morpho-physiologiques de trois variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Ain Abid, Arz et Hidhab.

L'étude s'est appuyée sur une approche expérimentale combinant des mesures sur le terrain et des analyses en laboratoire. Un nombre total de dix-sept variables quantitatives ont été évaluées.

Cette étude a fait l'objet d'une analyse statistique. Les résultats obtenus ont montré que les trois variétés sont précoces, productives et adaptées aux conditions édapho-climatique de la région étudiée. Cependant, la variété Arz s'est révélée plus productive et plus adaptative, la variété Hidhab était plus précoce avec une production de grains moyenne, alors que, la variété Ain Abid était semi-précoce avec une adaptation moyenne par rapport aux autres variétés.

Enfin, les paramètres étudiés fournissent des informations essentielles pour évaluer la croissance, la productivité et l'adaptation des variétés de blé à leur environnement.

Mots clés : Skikda, blé tendre, géotype, agronomique, morphologique, physiologique.

Title: Study of selected agro-morpho-physiological traits in three genotypes of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated under subhumid conditions in Skikda.

Summary:

The study was conducted in a plot near a greenhouse at Skikda University to investigate the agro-morpho-physiological characteristics of three varieties of bread wheat (*Triticum aestivum* L.): Ain Abid, Arz, and Hidhab. The study employed an experimental approach, combining field measurements and laboratory analyses. A total of seventeen quantitative variables were evaluated.

This study underwent statistical analysis. The results showed that all three varieties were early maturing, productive, and adapted to the edapho-climatic conditions of the studied region. However, the Arz variety exhibited higher productivity and adaptability, while Hidhab was earlier maturing with moderate grain production. Ain Abid was a semi-early variety with average adaptation compared to the other varieties.

In conclusion, the studied parameters provide essential information for evaluating the growth, productivity, and adaptation of wheat varieties to their environment.

Keywords: Skikda, bread wheat, genotype, agronomic, morphological, physiological.

الموضوع: دراسة بعض الصفات الزراعية والمورفولوجية والفسولوجية في ثلاثة أنماط وراثية من القمح اللين (*Triticum aestivum* L.) المزروعة تحت ظروف رطوبة معتدلة في سكيكدة

ملخص:

تمت الدراسة في قطعة أرض قرب البيت الزجاجي لجامعة سكيكدة بهدف دراسة الخصائص الزراعية والمورفولوجية والفسولوجية لثلاثة أصناف من القمح اللين (*Triticum aestivum* L.) وهي: عين عبيد وأرز وهضاب. اعتمدت الدراسة على نهج تجريبي يجمع بين قياسات الميدان وتحاليل المختبر حيث تم تقييم إجمالي سبعة عشر متغيراً كمياً.

تم إجراء تحليل إحصائي لهذه الدراسة وأظهرت النتائج أن الأصناف الثلاثة تتميز بكونها مبكرة النضج، منتجة ومتكيفة مع الظروف المناخية والتربة في المنطقة المدروسة حيث، تبين أن الصنف أرز هو الأكثر إنتاجية وتكيفاً، في حين هضاب كان سريع النضج مع إنتاجية متوسطة للحبوب بينما كان عين عبيد متوسط النضج ومتكيف وسطاً بالمقارنة مع الأصناف الأخرى.

أخيراً، يمكن القول ان الخصائص المدروسة توفر معلومات أساسية لتقييم نمو، إنتاجية وتكيف أصناف القمح مع

بيئتها.

الكلمات الرئيسية: سكيكدة، القمح اللين، صنف وراثي، زراعي، مورفولوجي، فسيولوجي.