



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

قسنطينة منتوري الإخوة جامعة Université de frères Mentouri Constantine

والحياة الطبيعة علوم كلية Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : بيولوجيا وايكولوجيا النبات

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale

Intitulé :

**Etude du comportement variétale de sept variétés de blé(*Triticum*) et orge (*Hordeum*)
cultivé au champ: stade épiaison**

Présenté et soutenu par: Benguedouar Amira

Ayed Nour Elhouda

Jury d'évaluation :

Président du jury
Rapporteur
Examineurs

Pr. BAKA M.
Dr. CHAIB G.(MCA)
Dr.DJEROUNI A.(MCB)

Université des Frers Mentouri Constantine1
Université des Frers Mentouri Constantine1
Université des Frers Mentouri Constantine1

Année universitaire

2018/ 2019

Remerciement

Nous remercions dieu le tout puissant et Miséricordieux d'avoir guidé nos pas et éclairé nos pensées, de nous avoir offert la source d'inspiration qui nous a permis d'arriver à faire ce travail.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à NOS PARENTS qui nous ont toujours entouré et motivé à sans cesse devenir meilleures.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadreur Mme. CHAIB GHANIA pour avoir proposé ce thème apporté son soutien, ses recommandations et son aide tout au long de notre travail.

Mr. SAKHRI MOUHAMED LEHADI directeur d'ITGC, Khroub Constantine, à qui nous donne la parcelle de l'essai.

Au même titre, nous transmettons nos vifs remerciements à Mr BAKA MBARAK Professeur à Université Mentouri Constantine pour avoir eu l'amabilité et la bienveillance de présider le jury, Aussi Mr DJERROUNI ISSA pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Notre tuteur et co-encadreur Mr. BOUDERSSA NABIL, nous disons MERCI pour sa totale servitude, son suivi, ses conseils et son sens d'humour aussi pour avoir nous supporté durant toute la durée de travail.

Nos sincères remerciements au personnel des laboratoires de biochimie, biologie végétal et de bio-mole de l'université Mentouri citant Mr. Housine et Mme. Madiha de nous avoir accueillie dans leurs laboratoires.

Nous remercions aussi les taff de l'ITGC pour leur contribution à la réalisation de ce travail.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nous revenant également à remercier tous ceux et celles qui ont servis de prés et de loin de notre formation.

Nour elhouda et Amira

DEDICACES

Je dédie ce travail à:

*L'âme de défunt mon cher oncle **AZOUZ** puisse Allah avoir pitié de lui*

*Mes très chers parents pour leurs encouragements et pour leurs énormes
Sacrifices durant mes études, je les remercie ;*

*Ma mère **FARIDA**, Mon père **MOHAMED***

*A ma grande mère **WARDA***

*Je ne serai jamais arrivée jusque là sans vous. Vous avez toujours été là et
m'avez toujours soutenue dans les moments difficiles.*

*Mes sœurs **KHAOULA** et **KHADIDJA** ,vous êtes toujours dans mon cœur et merci
pour votre aide.*

A mes frères,

ABDERAHMENE, FOUJIL, WALID

*Je veux les dire que je vous aime beaucoup et j'espère que vous trouverez vos
bonheurs dans les années à venir.*

*A toute ma honorable famille sans exception, sans oublier mes copines : **SALWA**,
MANEL, WISSEM et **AMEL** que dieu vous me protège.*

A Mon Très Cher fiancé,

***CHEMSSEDINE** qui m'a éclairé le chemin de la vie par son grand soutien et ses
encouragements et qui a toujours aimé me voir réussir ; Je vous
dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*Souvenant de notre sincère et profonde amitié et les moments agréables que nous
avons passés ensemble ; Une spéciale dédicace à une personne qui compte
beaucoup pour moi ma collègue copine et sœur : **AMIRA**; à qui je me confie, avec
qui j'ai partagé des moments de joie de faiblesse de folie, durant des quatre années
de connaissance.*

NOUR ELHOUDA

Dedicace

Je dédie ce modeste travail à : A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

*Ma mère **NASSIRA** qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutiens tous ces sacrifice consentis ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

*Mon père **LARBI** . qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*Ma sœur **NAILA** qui n'est cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*Mes frère **ISLAM** et **MOHAMED ACIL** à qui Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*Une spéciale dédicace a mes chères amies **SALWA** et **MANEL** Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur et je vous aime énormément.*

A ma deuxième famille « Mes ami(e)s » qui m'ont apporté la force, la joie, le bonheur, ils m'ont toujours comblé avec leurs présences, et Amour.

*Souvenant de notre sincère et profonde amitié et les moments agréable que nous avons passée ensemble ; Une spéciale dédicace a une personne qui compte beaucoup pour moi ma collègue copine et sœur : **NOUR ELHOUDA** ; à qui je me confie, avec qui j'ai partagé des moments de joie de faiblesse de folie, durant des quatre années de connaissance.*

AMIRA

Liste d'Abréviation

| | |
|----------------------|---|
| µg | Micro gramme |
| µl | Micro litre |
| ACP | Analyse Des Composants Principale |
| AS | AinAbid |
| BSA | Bovine sérum albumine = albumine de sérum de boeuf. |
| C ° | Degrés Celsius |
| CAH | Classification Ascendante Hiérarchique |
| Car | Caroténoïdes |
| Chl a | Chlorophylle (a) |
| Chl b: | Chlorophylle (b) |
| Chl tot /t | Chlorophylle totale |
| Cm | Centimètre |
| Do | La Densité Optique |
| EAG | Equivalent Acide Gallique |
| Fig | Figure |
| FLAVO | Flavonoides |
| H | Heur |
| HCl | Acide chlorhydrique concentré |
| HP | Hauteur de plante |
| ITGC | Institut Technique Des Grandes Cultures |
| Kg | Kilogramme |
| Km | Kilomètre |
| LB | Longueur De Barbe |
| LCE | Longueur Du Col D'épi |
| LE | Longueur D'épi |
| m | Mètre |
| m² | Mètre carre |

| | |
|-----------------|----------------------------|
| Mf | Matière Fraiche |
| Mg | Milligramme |
| ml | Millilitre |
| Mm | Milimetre |
| Mn | Minute |
| Ms | matiere seche |
| NK | Newman Keuls |
| Nm | Nanometre |
| Ph | Potentiel d'hydrogène |
| Pf | Poids frais |
| Pi | Poids initial de la plante |
| POLY | Polyphenols |
| PSF | Poids Spécifique Foliaire |
| SF | Surface Foliaire |
| SUC | sucre |
| Tal/Tall | Tallage |
| TDE | Taux deperdition d'eau |
| TE | Tallage epi |
| TH | Tallage herbacee |
| TRE | Teneur relative d'eau |
| Λ | Longueur d' honde |

Liste des figures

| N° | titre | page |
|-----------------------------|--|------|
| Fig. I₁ | <i>Triticum aestivum</i> , illustration botanique | 2 |
| Fig. I₂ | <i>Hordeum vulgare</i> : illustration botanique. | 3 |
| Fig. I₃ | Généalogie du blé dur | 4 |
| Fig. I₄ | La sortie de l'inflorescence ou épiaison | 7 |
| Fig. I₅ | Les différents stades de développement du blé (Zadoks et BBCH | 8 |
| Fig. I₆ | Les grandes productions végétales (Soltner, 1978). | 11 |
| Fig. II₁ | Localisation géographique de site expérimentale à l'El khroub | 21 |
| Fig. II₂ | Diagramme ombrothermique de la campagne agricole 2018-2019 | 22 |
| Fig. II₃ | Schéma de la parcelle | 22 |
| Fig. II₄ | Schéma du dispositif expérimental de l'essai | 23 |
| Fig. II₅ | Mesure de taux de déperdition d'eau | 25 |
| Fig. II₆ | Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes | 26 |
| Fig. II₇ | Dosage de la proline | 27 |
| Fig. II₈ | Dosage des sucres solubles | 27 |
| Fig. II₉ | Dosage des protéines totales | 28 |
| Fig. II₁₀ | Préparation de la matière sèche | 29 |
| Fig. II₁₁ | Les étapes à suivre pour la délipidation de la poudre | 29 |
| Fig. II₁₂ | Les étapes à suivre pour la dépigmentation de la poudre | 30 |
| Fig. II₁₃ | Les étapes à suivre pour l'extraction des extraits bruts méthanoliques | 30 |
| Fig. II₁₄ | Principe de la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965). | 31 |
| Fig. II₁₅ | Les étapes à suivre pour le dosage des phénols totaux | 31 |
| Fig. II₁₆ | Les étapes à suivre pour le dosage des flavonoïdes | 32 |

| | | |
|------------------------------|---|-----------|
| | | |
| Fig. III7 | Les étapes à suivre pour le dosage des tanins. | 33 |
| Fig. III1 | les stades phénologiques chez les sept variétés cultivées au champ. | 34 |
| Fig.III₂ | Nombre moyen des talles chez différents variétés de blé et l'orge cultivées au champ | 35 |
| Fig. III₃ | Hauteur moyenne de la plane au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 36 |
| Fig. III₄ | Longueur moyenne de l'épi au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 37 |
| Fig. III₅ | Longueur moyenne de barbes stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 38 |
| Fig.III₆ | Longueur du col de l'épi stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 39 |
| Fig. III₇ | La surface foliaire au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 40 |
| Fig. III₈ | Le poids spécifique foliaire au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 41 |
| Fig.III₉ | Taux de déperdition en d'eau au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 42 |
| Fig.III₁₀ | La Teneur Relative en Eau au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 43 |
| Fig.III₁₁ | Teneur en chlorophylle A au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 44 |
| Fig.III₁₁ | Teneur en chlorophylle A au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 45 |
| Fig. III₁₃ | Teneur en chlorophylle T au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 46 |
| Fig. III₁₄ | Teneur en caroténoïdes au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 47 |

| | | |
|------------------------------|--|-----------|
| Fig.III₁₅ | Teneur en sucres solubles au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 48 |
| Fig.III₁₆ | Teneur en proline au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 49 |
| Fig.III₁₇ | Teneur en protéines au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 50 |
| Fig.III₁₈ | Teneur en polyphénols au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 51 |
| Fig. III₁₉ | Teneur en tanins au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 52 |
| Fig. III₂₀ | Teneur en flavonoïdes au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ | 53 |
| Fig.III₂₁ | Cercle de corrélation entre les différentes variables chez les sept variétés étudiés | 56 |
| Fig. III₂₂ | Représentation des individus (les variétés) | 57 |
| Fig.III₂₃ | Cercle De Présentation Des Sept variétés en fonction de vingt variables mesurés | 57 |
| Fig.III₂₄ | Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) | 58 |

Liste des tableaux

| N° | Titre | page |
|-----------------------------|---|-------------|
| Tab. I₁ | Classification des trois especes ; Blé dur, Blé tendre et Orge | 4 |
| Tab. I₂ | Les principales bacteries phytopathogenes affectant les cultures des cereales | 17 |
| Tab.I₃ | Les principaux agents fongique spécifiques aux céréales | 18 |
| Tab.I₄ | Principaux virus décrits sur les céréales | 19 |
| Tab .II₁ | origine et caracteristiques des sept variétés étudiées. | 20 |
| Tab. II₂ | Donnés climatiques de la zone d'expérimentation | 21 |
| Tab.III₁ | analyse de variance des paramètres morphologique au stade épiaison | 40 |
| Tab.III₂ | analyse de variance des paramètres physiologique au stade épiaison | 47 |
| Tab. III₃ | analyse de variance des paramètres biochimique au stade épiaison | 51 |
| Tab. III₄ | analyse de variance des paramètres phytochimique au stade épiaison | 54 |
| Tab.III₅ | Matrice des corrélations entre les vingt variables mesurées | 55 |
| Tab. III₆ | matrice de similarité des sept variétés en fonction de vingt paramètres mesurés. | 58 |

Tableau des matières

| | |
|---|----|
| Remerciements | |
| Dédicaces | |
| Résumé | |
| Liste des abréviations | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des figures | |
| Table des matières | |
| Introduction générale..... | 1 |
| Chapitre 1 : Présentation des plantes..... | 2 |
| 1. Généralités des céréalicultures..... | 2 |
| 2. Description des espèces étudiées..... | 2 |
| 2.1. Le blé | 2 |
| 2.1.1. Le blé dur..... | 2 |
| 2.1.2. Le blé tendre..... | 2 |
| 2.2. L'orge..... | 3 |
| 3. L'origine génétique..... | 3 |
| 3.1. Blé..... | 3 |
| 3.2. Orge..... | 4 |
| 4. La classification des espèces étudiées..... | 4 |
| 5. Les exigences de la céréaliculture..... | 5 |
| 5.1. Le sol..... | 5 |
| 5.2. Les besoins nutritifs..... | 5 |
| 5.3. L'eau..... | 5 |
| 5.4. L'éclaircissement..... | 5 |
| 5.5. La température..... | 5 |
| 6. Importance de la culture des céréales..... | 6 |
| 6.1. Importance dans le monde..... | 6 |
| 6.2. Importance en Algérie | 6 |
| | |
| Chapitre 2 : Paramètres phénologiques, morpho-physiologiques, phytochimique et biochimiques | |
| 1. Paramètres phénologiques..... | 6 |
| 1.1.Période végétative..... | 7 |
| 1.2. Période reproductive..... | 7 |
| 1.3. Formation et de maturation du grain..... | 8 |
| 2. Paramètres morphologiques | 9 |
| 2.1. La hauteur de la plante..... | 9 |
| 2.2. La surface foliaire..... | 9 |
| 2.3. La longueur de l'épi..... | 9 |
| 2.4. Le col de l'épi | 10 |
| 2.5. La longueur de la barbe | 10 |
| 2.6. Nombre de talles herbacées par plante..... | 10 |
| 3. Les paramètres physiologiques..... | 12 |
| 3.1. La teneur relative en eau..... | 12 |

| | |
|--|----|
| 3.2. Taux de déperdition d'eau..... | 12 |
| 3.3. La teneur en chlorophylle total..... | 12 |
| 4. Paramètres biochimiques..... | 13 |
| 4.1. Glucides..... | 13 |
| 4. 2. Protides et protéines..... | 13 |
| 4. 3. Lipides..... | 13 |
| 5. Paramètres phytochimiques..... | 13 |
| 5.1. Composés phénoliques..... | 14 |
| 5.2. Flavonoïdes..... | 14 |
| 5.3. Tannins | 14 |
| Chapitre 3: Stress abiotique et biotique sur le blé et l'orge | |
| 1. Stratégies d'adaptation..... | 15 |
| 2. Mécanismes adaptatives au stress hydrique..... | 16 |
| 3.Le stress thermique | 16 |
| 4. Les principaux problèmes phytosanitaires des céréale..... | 16 |
| 4.1. Les Bio-agresseurs animaux | 17 |
| 4.1.1. Les Nématodes | 17 |
| 4.1.2. Les Oiseaux | 17 |
| 4.1.3. Les Rongeurs..... | 17 |
| 4.1.4. Les Insectes | 17 |
| 4.2. Les Micro-bioagresseurs..... | 17 |
| 4.2.1. Les Bactéries | 17 |
| 4.2.2. Les Champignons..... | 17 |
| 4.2.3. Les Virus et maladies à virus des plantes..... | 18 |
| 4. Résistance à la verse et aux maladies..... | 19 |
| Matériels et méthodes | |
| 1. Matériel végétale..... | 20 |
| 2. Site d'expérimentation..... | 20 |
| 2.1.Zone de l'expérimentation (I.T.G.C.) | 20 |
| 2.2.Donnés climatiques de la zone d'expérimentation..... | 20 |
| 3. Mise en place de l'essai..... | 20 |
| 4. Les paramètres étudiés..... | 21 |
| 4.1. Paramètres phénologiques | 21 |
| 4.2. Paramètres morphologiques..... | 24 |
| 4.2.1. Caractère de production..... | 24 |
| ✓ Nombre de talles herbacées (TH) | 24 |
| ✓ nombre de talles épiées (TE)..... | 24 |
| ✓ Poids spécifique foliaire (PSF « mg/cm ² »)..... | 24 |
| 4.2.2. Caractère d'adaptation | 24 |
| ✓ Hauteur de la plante (HP) | 24 |
| ✓ Longueur de l'épi (LE) | 24 |
| ✓ Longueur de barbe (LB) | 24 |
| ✓ Longueur du col de l'épi (LCE) | 24 |
| ✓ Surface Foliaire (SF) | 24 |
| 4.3. Paramètres physiologiques..... | 24 |
| 4.3.1. La teneur relative en eau (TRE « % ») | 24 |

| | |
|--|----|
| 4.3.2. Taux de déperdition d'eau (TDE « g.10 ⁻³ /cm ² /mn ») | 25 |
| 4.3.3. Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes..... | 25 |
| 4.4. Paramètres biochimiques..... | 26 |
| 4.4.1. Dosage de la proline « µg/mg MS » | 26 |
| 4.4.2. Dosage des sucres solubles «µg/mg MS | 27 |
| 4.4.3. Dosage des protéines totales | 28 |
| 4.5. Dosages des composés phénoliques..... | 29 |
| 4.5.2. Dosage des phénols totaux | 31 |
| 4.5.3. Dosage des flavonoïdes..... | 31 |
| 4.5.4. Dosage des tanins..... | 32 |
| 5. Etude statistique..... | 33 |
| A. Résultats..... | 34 |
| 1. Paramètres phénologiques..... | 34 |
| 2. Paramètres morphologiques | 34 |
| 2.1. Caractères de production | 34 |
| 2.2. Caractères d'adaptation..... | 36 |
| 3. Paramètres physiologiques | 41 |
| 4. Paramètres biochimiques..... | 48 |
| 5. Paramètres phytochimiques..... | 51 |
| 6. Etude de l'analyse des composantes principales | 54 |
| 7. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) | 58 |
| Discussion..... | 59 |
| Références | |

Introduction

Le blé et l'orge font partis des cultures céréalières les plus importantes. Ils jouent un rôle majeur dans la vie des peuples, et constituent toujours la source de nourriture de la plupart des habitants de la planète.

La fluctuation de la production de blé et d'orge en Algérie est liée aux conditions environnementales sévères. Les cultures d'hiver en Algérie sont soumises à un système de précipitations instable et faible qui coïncide avec les phases sensibles de la croissance des plantes, sans aucune humidité soit au début, au milieu ou à la fin de leur cycle de vie, qui limite ses capacités agricoles.

Dans ces différentes conditions, il existe de nombreux indicateurs d'ordre phénologique morphologique, de perturbations physiologiques, de modifications biochimiques et de désactivateurs moléculaires liés aux ressources biologiques adaptées aux conditions de l'agriculture pour la pénurie d'eau.

La distribution des métabolites primaires et secondaires peuvent varier pendant le développement de la plante. Ceci est lié aux conditions climatiques sévères (la température élevée, exposition solaire, sécheresse, salinité) et facteurs biotiques (bactérie, champignons) et, qui stimulent l'accumulation de certaines solutés primaires, appelés osmolytes tels que la proline, les sucres solubles et les alcools le sorbitol .Comme ils peuvent aussi causer la biosynthèse des molécules secondaires, appelés molécules de défense ou antioxydants tels que les polyphénols et les flavonoïdes.

Dans ce contexte, notre recherche s'articule autour du comportement variétal de sept variétés appartenant aux trois espèces céréalières blé dur (*Triticum durum* Desf), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordeum vulgare*) cultivées au champ. D'ou notre démarche s'appuie sur la comparaison de comportement de ces sept variétés céréalières, vis-à-vis aux conditions environnemental. Ceci par l'étude de quelques paramètres phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques au niveau de métabolisme primaire, plus phytochimiques au niveau de métabolisme secondaire sous les conditions climatiques naturelles, durant la phase épiaison.

Le but de notre expérimentation est de connaitre le comportement des ces variétés au champ sous les conditions climatiques naturelles durant la phase épiaison et de sélectionner la meilleur variété locale qui produit des rendements bons et abondants a la fin de son cycle biologique.

Chapitre 1 : Présentation des plantes

1. Généralités des céréalicultures

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques (Moule, 1971).

La plupart des céréales appartiennent à la famille des Graminées (ou Poacées). Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet et le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées : blé, orge, avoine et seigle; les autres à la sous-famille des Panicoïdées : maïs, riz, sorgho et millet.

Enfin, une céréale, le sarrasin appartient à une autre famille, celle des Poly-gonacées. (Moule, 1971).

2. Description des espèces étudiées

2.1. Le blé

2.1.1. Le blé dur

Le blé dur appartient au genre *Triticum* et à l'espèce *durum* (Desfontaines). Il fait donc partie du groupe des espèces tétraploïdes. C'est une céréale cultivée dans de très nombreux pays surtout sous le climat méditerranéen comme l'Afrique du Nord et les grandes plaines des États-Unis. Il se caractérise par un épi à rachis solide, à glumes carénées jusqu'à leur base, à glumelle inférieure terminée par une longue barbe colorée ; un grain très gros (45 à 60mg), de section sub-triangulaire, très riche en albumen, de texture vitreuse et par un appareil végétatif à tallage faible (souvent un seul épi par plante), à chaume long et souple, sensible à la verse (Bennasseur , 2003).

2.1.2. Le blé tendre

Le blé tendre (*Triticum aestivum*), une céréale d'hiver. C'est l'espèce la plus importante des blés cultivés dans le monde (Fig. I₁); il est apparu dans le croissant fertile entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (Doussinault *et al.*, 1992).

Cette espèce a été diffusé vers l'Afrique et plus anciennement vers le Maghreb à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (Bonjean, 2001 in Boulal *et al.*, 2007).



Fig. I₁: *Triticum aestivum*, illustration botanique. (Wikip, 2019)

2.2. L'orge

L'orge (*Hordeum vulgare*) est une céréale annuelle rustique, qui se reconnaît à ses épis à longue barbe et ses tiges qui feront de la paille. Cette plante herbacée, lorsqu'elle est jeune, en grains germés, est souvent qualifiée d'herbe à chat, par erreur. Elle se cultive depuis l'Antiquité pour l'alimentation humaine, un peu partout dans le monde puisqu'elle est peu exigeante sur les conditions climatiques (Fig. I₂).

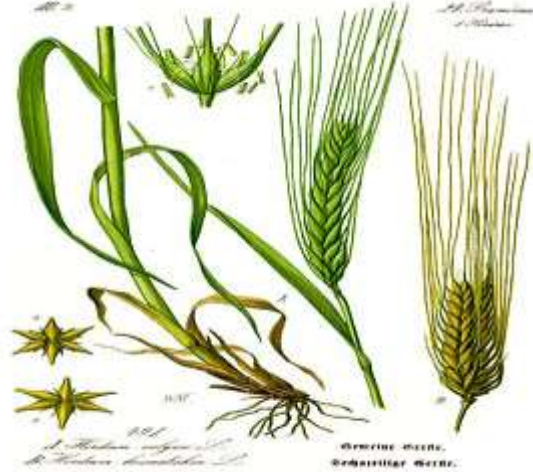


Fig. I₃: *Hordeum vulgare* : illustration botanique. (Wikipedia, 2019)

3. L'origine génétique

3.1. Blé

Le blé moderne est le résultat d'une construction génétique unique : il contient le génome complet de trois espèces différentes, les chromosomes de ces espèces ne se mélangeant pas lors de la méiose. Il est le résultat d'événements de polyploïdisation intervenus à la suite de croisements entre espèces : chaque génome fut entièrement conservé, ce qui explique l'augmentation de la ploïdie.

❖ Le premier événement est la fusion de deux espèces diploïdes présentant 7 paires de chromosomes : un blé sauvage (*Triticum urtatu*, génome AA) et un aegilops d'espèce encore inconnue (*Aegilops sp*, génome BB) ; elle a eu lieu il y a environ 500 000 ans et a conduit à l'apparition d'un blé tétraploïde sauvage (*Triticum turgidum*, génome AABB, 14 paires de chromosomes) qui a été domestiqué pour donner d'abord l'amidonniér puis le blé dur (Fig. I₄).

❖ Le second événement est une deuxième fusion qui a eu lieu au cours de la domestication, il y a environ 9 000 ans : un blé tétraploïde cultivé du type précédent et un égilope diploïde connu (*Aegilops tauschii*, génome DD). Elle a donné le blé tendre (*Triticum aestivum*, génome AABBDD, 21 paires de chromosomes) qui est donc hexaploïde (cnrs.fr, 2011).

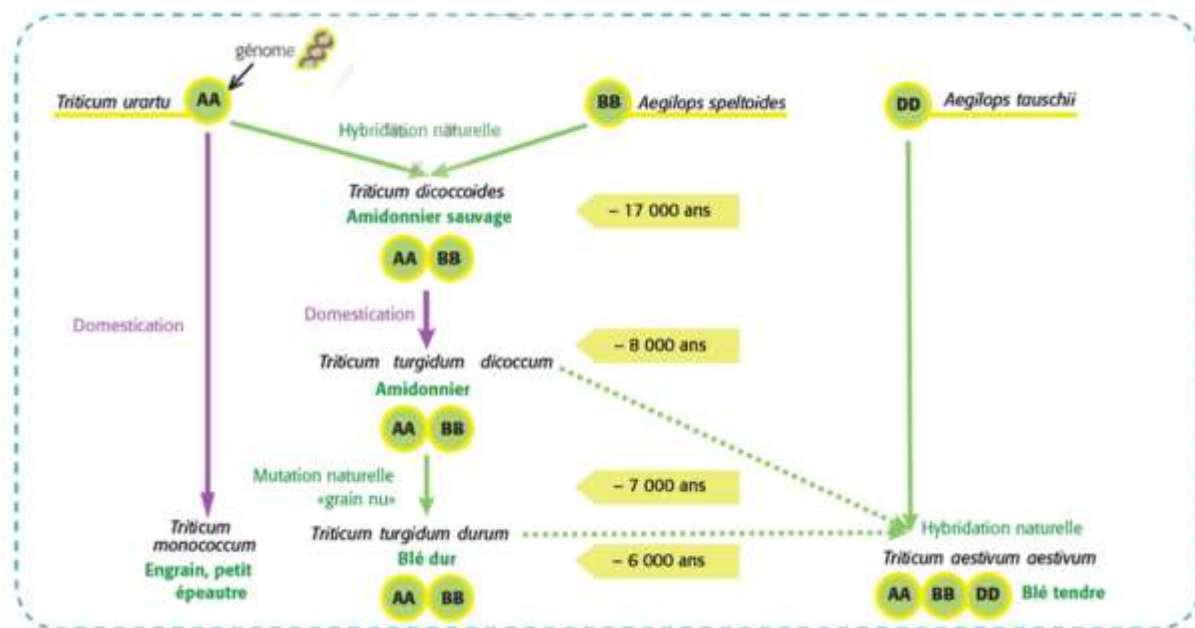


Fig. I₅: Généalogie du blé dur (ARVALIS Institut du Végétal)

3.2. Orge

Le génome de l'orge cultivée a été séquencé en (Mayer,2012) ,râce au efforts du consortium international de séquençage de l'orge (IBSC, 2016) et du consortium britannique de séquençage de l'orge (UBSC).

Ce génome est composé de sept paires de chromosomes nucléaires (désignations recommandées : 1H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H et 7H), d'un chromosome mitochondrial et d'un chromosome chloroplastique, avec un total de 5000 Mbp (NCBI, 2016).

4. La classification des espèces étudiées

L1 classification des trois especes étudiées blé dur, ble tendre et orge est présente par le tab. I₁ selon APG III,2009.

Tab. I₁: Classification des trois especes ; Blé dur, Blé tendre et Orge (APG III, 2009).

| | Blé dur | Blé tendre | Orge |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Règne | <i>plantae</i> | <i>plantae</i> | <i>plantae</i> |
| Clade | Angiospermes | Angiospermes | Angiospermes |
| Clade | Monocodyledone | Monocotyledones | Monocotyledones |
| Clade | Commelinidées | Commelinidées | Commelinidées |
| Ordre | <i>poales</i> | <i>poales</i> | <i>poales</i> |
| Famille | <i>Poaceae</i> | <i>Poaceae</i> | <i>Poaceae</i> |
| Sous famille | <i>pooideae</i> | <i>pooideae</i> | <i>Pooideae</i> |
| Tribu | <i>Triticeae</i> | <i>Triticeae</i> | <i>Triticeae</i> |
| Sous tribu | <i>Triticineae</i> | <i>Triticineae</i> | <i>Hordeinae</i> |
| Genre | <i>Triticum</i> | <i>Triticum</i> | <i>Hordeum</i> |
| Espèce | <i>Triticum durum</i> Dsf. | <i>Triticum aestivum. L.</i> | <i>Hordeum vulgare L.</i> |

5. Les exigences de la céréaliculture

5.1. Le sol

Une terre optimale pour une bonne culture des blés et des orges, c'est une terre neutre, profonde et d'une texture équilibrée. (Soltner, 2005) détermine trois caractéristiques pour une bonne terre à blés :

- Une texture fine, limono-argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, et partant une bonne nutrition.
- Une structure stable, résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps.
- Une bonne profondeur, et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux gros rendements

5.2. Les besoins nutritifs

Les besoins du blé en éléments fertilisants sont compris entre 2.8 et 3.2 kg d'azote, 1 et 1.6kg de P_2O_5 ; 3 à 4.8kg de K_2O par quintal de production (grain+ paille) (Benaouda et Karrou, 1994 in Boulal *et al.*, 2007)

5.3. L'eau

L'eau est un élément essentiel dans la croissance des céréales dès la germination, ces besoins s'approchent d'environ 550mm en moyenne pendant son cycle évolutif ; le tallage est la phase dont la plante favorise une faible quantité d'eau. De plus, un sol très humide entrave la bonne pénétration et l'installation du système racinaire en profondeur. Par ailleurs, des besoins considérables en eau sont nécessaires pendant la période de montaison jusqu'à la floraison ou ils peuvent s'évaluer à 180mm (entre Mars et Mai). Un des mécanismes d'adaptation à la sécheresse (fortes températures) se manifeste après la floraison (Moule, 1980).

5.4. L'éclairement

Le blé d'hiver est le type de plante de jours longs, sa floraison est en effet favorisée par l'allongement du jour (Soltner, 2007) ; 12 à 14 heures selon l'espèce et la variété sont nécessaires pour permettre le démarrage de la phase reproductrice.

On désigne par photopériode, l'influence de la durée d'éclairement journalière sur le développement de la plante. Le blé et l'orge sont adaptés aux jours longs (donc la floraison s'effectue plus rapidement en jours longs).

5.5. La température

Selon Ruel (1996), la physiologie du blé a une relation directe avec la température dont la vitesse de son développement est proportionnelle à la température.

La température journalière intervient durant tout le cycle de développement des céréales et surtout pour l'accélération de la germination, et la formation de la matière sèche pendant la phase montaison. Alors qu'elle a des effets néfastes sur l'évolution des talles vers l'épiaison.

Les excès des vents chauds en phase de maturation (remplissage du grain) provoquent l'apparition de l'échaudage qui affecte la réduction de rendement qualitatif et quantitatif (Clément *et al.*, 1971).

Le traitement des graines de variétés non alternatives aux basses températures pendant 30 jours de 0 à 3°C au début de la germination, la technique de vernalisation, permet à l'espèce d'épier la même année de semis (Soltner, 2005).

6. Importance de la culture des céréales

6.1. Importance dans le monde

La majorité des terres labourables ouvertes dans le monde sont exploitées, lorsque le climat et le sol s'y prêtent, pour la culture des céréales.

Le blé (froment) est la variété de céréale la plus cultivée dans le monde. Tout au long de l'année, du blé est semé ou récolté quelque part sur la planète. Les plus gros producteurs de blé sont la Chine, l'Inde, les États-Unis, la France, la Russie et l'Australie (FAO, situation 2012). Quantitativement, les États-Unis, l'Australie et la Russie sont les plus grands exportateurs de blé.

6.2. Importance en Algérie

Les grandes cultures jouent un rôle socio-économique important en Algérie. Ces cultures sont à la base du modèle de consommation algérien caractérisé par la prédominance des céréales (blés dur et tendre, orge). La céréaliculture avec la jachère couvre plus de 6 millions d'ha soit près de 82 % de la totalité de la surface agricole utile. Les emblavures s'étendent chaque année sur 3 à 3,5 millions d'hectares. Les résultats, découlant de la sélection pratiquée depuis les années 70, mentionnent 44 variétés de blé dur dont 25 sont multipliées, 45 variétés de blé tendre dont 15 sont multipliées, 24 variétés d'orge dont 8 sont multipliées et 15 variétés de triticales dont 4 sont multipliées. Selon le bureau Gredaal conseil et développement durable, l'Algérie est reconnue comme étant un centre de diversité non négligeable pour plusieurs espèces céréalières dont le blé dur, l'orge, l'avoine, le blé tendre et les aegilops ainsi qu'une grande diversité des formes pour les orges et les blés sahariens ; toutefois l'introduction de variétés standardisées faisant suite aux soucis d'améliorer la productivité a entraîné une érosion génétique regrettable des ressources locales. On note, en revanche, l'absence d'inventaires et d'études sur l'état de conservation et de gestion de ces ressources génétiques locales (Dalida, 2019) .

Chapitre 2 : Paramètres phénologiques, morpho-physiologiques, phytochimique et biochimiques

1. Paramètres phénologiques

La phénologie étant l'étude de l'influence de l'environnement sur les phénomènes périodiques de végétation. Les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes auxquelles sont soumises les plantes (Ben Naceur *et al.*, 1999).

La précocité qui consiste en un développement phénologique rapide du cycle végétatif permet d'éviter la sécheresse et les hautes températures survenant à la fin du cycle de la culture (Monneveux, 1991 ; Brisson, 1996).

Dans les zones arides et semi-arides, le stress thermique peut intervenir en début du cycle. Selon (Karou *et al.*, 1998) suite aux effets des hautes températures automnales une forte réduction du nombre de plantes levées par unité de surface est observée.

Les différents périodes de cycle de vie de la plante ou son cycle de développement présentent la phénologie de la plante. Ce sont les trois phases connues végétative. Reproductive et maturation

1.1. Période végétative

✓ Germination

Correspond à l'entrée de la semence en vie active et au tout début de croissance de l'embryon.

✓ Levée

Cette période est caractérisée par le nombre de feuilles de la jeune plante et leur stade de développement (Giban *et al.*, 2003).

✓ Tallage

Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la 1ère feuille de la talle latérale puis d'autres talles naissent successivement, formant un plateau du tallage situé juste au niveau du sol. Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive (Hadria, 2006).

1.2. Période reproductive

✓ Montaison

Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle, c'est le stade gonflement (Giban *et al.*, 2003).

✓ Epiaison

C'est la période allant de l'apparition des premiers épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de la dernière feuille (Giban *et al.*, 2003).



Fig. I₆: La sortie de l'inflorescence ou épiaison (Google image, 2019).

✓ **Floraison**

La sortie des premières étamines hors des épillets au milieu de l'épi sur 50% des épis observé.

1.3. Formation et de maturation du grain

Cette période concerne les stades de grossissement des grains puis la maturation de ces mêmes grains.

✓ **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 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 peut provenir de réserves antérieures à la floraison (Boulelouah, 2002). A 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 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 non encore desséchées.

✓ **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 (Gate, 1995). 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 « rayable à l'angle » (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité).

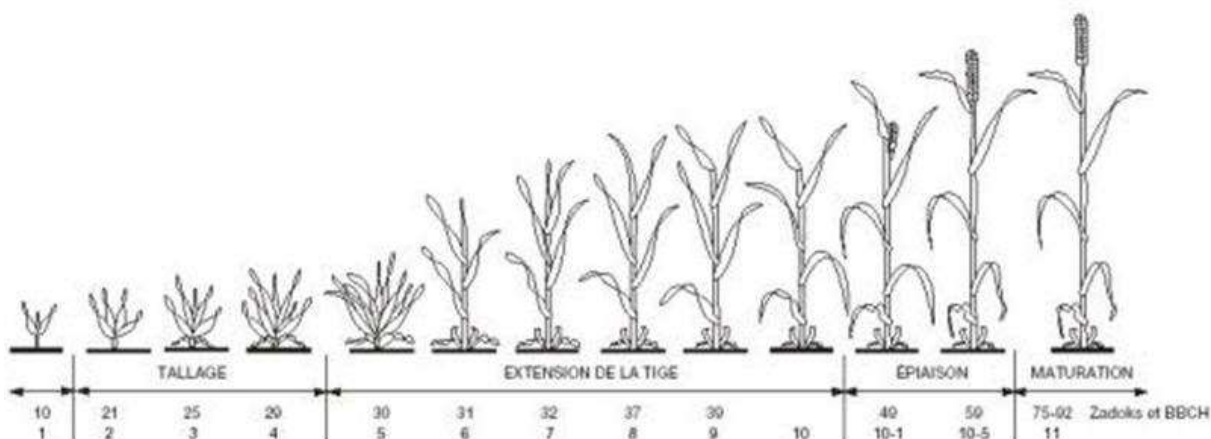


Fig. 1₅ : Les différents stades de développement du blé (Zadoks et BBCH google image, 2019).

2. Paramètres morphologiques

Ce sont les paramètres correspondant à une stratégie d'adaptation de la culture qui impliqueraient des mécanismes propres à la plante.

Le système racinaire est fasciculé assez développé si on le compare à celui des graminées prairiales (Soltner, 2005). Il comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forme plus tard a partir des nœuds a la base de la plante et constituent le système racinaire permanent qui assure la nutrition de la plante (Hammadache , 2001).

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unité biologique (talles) partant d'une zone située à la base de la plante appelé le plateau de tallage (moule, 1980).

Le rachis ou l'axe de l'épi (l'inflorescence du blé) porte de 15 à 25 épillets constitués chacune de 3 à 4 fleurs, le fruit est un caryopse ou fruit sec et indéhiscent dont la paroi est soudée à celle la graine.

Le phénomène d'échaudage physiologique, est un phénomène qui provoque l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et des tiges vers le grain (Soltner, 2005).

2.1. La hauteur de la plante

Ce paramètre apparaît comme un critère de sélection important. Une hauteur de paille importante est une caractéristique désirable en zone semi-aride, d'ailleurs Meklich *et al.* (1983) ont trouvé une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Ceci s'expliquerait par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond, ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure. Alors que d'autres auteurs, pour ne citer que Bouzerzour et Hafsi (1993) ont montré que les variétés de blé à paille courte ont une bonne adaptation et une meilleure productivité en zones sèches.

2.2. La surface foliaire

La feuille est l'organe le plus sensible à la contrainte hydrique, elle change de forme et d'orientation en présence d'un déficit hydrique (Gate *et al.*, 1993). La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Selon Adjab (2002), les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation et maintenir un potentiel hydrique élevé. Par contre, Kirkham *et al.* (1980), suggèrent qu'une surface foliaire réduite peut être avantageuse, du fait qu'elle réduit effectivement les pertes en eau totale de la plante. Pour ce même auteur, la perte d'eau est liée à la surface foliaire ; plus la surface est large, plus le taux de déperdition augmente.

Dans le même sens, Abbassenne (1997), rapporte qu'une variété avec une faible surface foliaire est capable de faire un bon rendement et que la diminution de la surface foliaire, est compensée par une durée de vie du feuillage plus longue.

2.3. La longueur de l'épi

La longueur de l'épi et le nombre de grains par épi sont des caractères qui se rapportent à l'aspect génotypique (Gherbali, 2003).

Durant un stress hydrique, l'épi sera obligé de faire l'organe qui contribue plus à la photosynthèse par rapport aux dernières feuilles. c'est le responsable majeur qui assure le remplissage du grain (Johnson et Moss, 1976; Ali Dib *et al.*, 1994 in Bammoun, 1993).

2.4. Le col de l'épi

La longueur du col de l'épi est un caractère variétal souvent proposé comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (Fisher et Maurer, 1978). En effet son rôle s'expliquerait par les quantités d'assimilats stockées dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportées vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (Gate *et al.*, 1992). La longueur du col de l'épi est proportionnelle à la quantité d'eau absorbée durant le cycle de développement (Annich Chiarico, (1993) cité par Ben Mimoun, (1994), in Guerfi , 2010).

2.5. La longueur de la barbe

Les longues barbes sont des éléments significatifs d'adaptation à des hautes températures et à la sécheresse, précisément dans la période de remplissage de grains L'aptitude photosynthétique des barbes est moins affectée que celle des feuilles (Hadjichristodoulou, 1993).

2.6. Nombre de talles herbacées par plante

Les talles sont des nouvelles pousses provenant d'une activation des bourgeons axillaires au niveau de l'aisselle des premières feuilles, cette zone est appelée : le plateau de tallage, les conditions environnementales n'ont aucune influence sur le développement des talles. (Aknouch et Laib, 2016).

Le nombre d'épis par plante s'établit en deux phases : une phase hivernale où des talles sont émises (période de tallage), et une phase printanière où les talles les plus jeunes régressent (montaison).

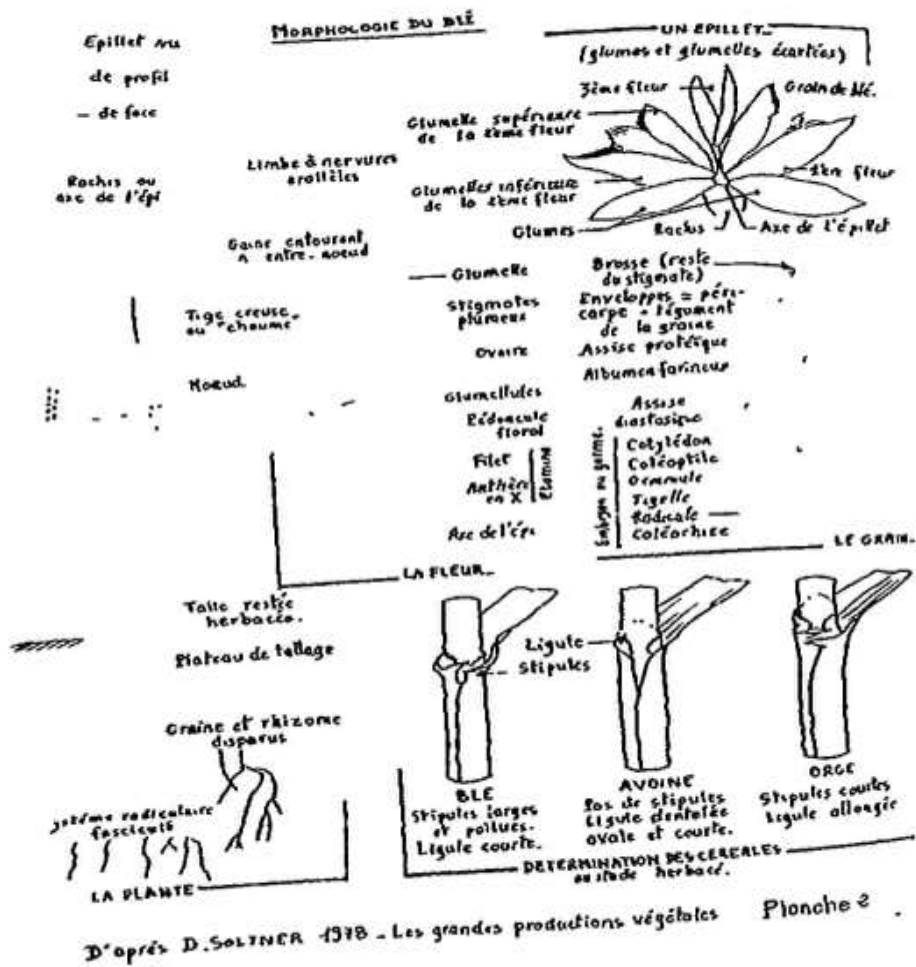


Fig. I₆ : Les grandes productions végétales (Soltner, 1978).

3. Les paramètres physiologiques

Parmi les facteurs physiologiques, nous avons retenu la teneur relative en eau et le taux de chlorophylle totale et le taux de déperdition d'eau.

3.1. La teneur relative en eau

L'eau est un facteur limitant, elle est nécessaire au maintien de l'hydratation du cytoplasme qui conditionne le fonctionnement cellulaire : lorsqu'il n'y a pas assez ou pas d'eau, les enzymes de la photosynthèse sont peu actives voire inactives. D'autre part, lorsque l'hygrométrie est insuffisante, les stomates qui règlent le débit des échanges gazeux (CO₂, O₂, vapeur d'eau...) se ferment partiellement ou totalement pour limiter les pertes en eau (Battinger, 2002).

La teneur relative en eau ou turgescence foliaire est une caractéristique génotypique qui est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'eau dans la feuille qui soit à même de garantir la continuité de l'activité métabolique dont entre autre la photosynthèse. La TRE est considéré comme étant le meilleur indicateur de statut hydrique d'une plante. En plus de sa relation avec le volume cellulaire, elle reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration, le potentiel osmotique et de turgescence (Nouri, 2002).

Le maintien d'un niveau élevé de la TRE serait probablement lié à une bonne capacité d'ajustement osmotique permettant la préservation de l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus (Blum, 1988). D'après Ykhlef (2001), le maintien de la turgescence des tissus foliaires entraîne une ouverture des stomates et contribue au maintien d'une activité photosynthétique importante.

Selon Kacperska (2004) et Arraouadi *et al.* (2011), le maintien d'une valeur assez élevée de la teneur relative en eau, en condition de stress peut résulter de deux mécanismes d'adaptation : maintien d'une élasticité élevée des tissus et ou diminution de la pression osmotique.

Scofield *et al.* (1988), notent que la teneur en eau diminue lorsque le stress augmente, mais elle diminue plus vite chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. Ainsi Semiani, (1997), conclut que la chute de la TRE en fonction du niveau de stress est un caractère dépendant du génotype.

3.2. Taux de déperdition d'eau

La consommation en eau d'un arbre pouvant varier du simple au décuplé selon son âge et les conditions dans lesquelles ils se trouvent. Les plantes, et plus particulièrement les arbres, perdent l'eau stockée par transpiration la journée et rechargent leur stock par l'extraction racinaire principalement la nuit. (<https://fr.m.wikipedia.org>)

3.3. La teneur en chlorophylle totale

La photosynthèse, appelée encore assimilation chlorophyllienne, n'est possible que par l'intervention de pigments assimilateurs, les chlorophylles. Elles font partie d'un groupe de pigments tétra-pyrroliques avec des fonctions et des éléments structuraux communs. On trouve ces pigments verts dans tous les organismes photosynthétiques (Battinger, 2002).

Aujourd'hui, on dénombre plus de 50 chlorophylles différentes. Les plus répandues et également les plus étudiées sont les chlorophylles a et b.

✓ La chlorophylle a

est présente chez l'ensemble des plantes supérieures et des algues, capables d'effectuer la photosynthèse aérobie.

✓ **La chlorophylle b**

est un pigment qui diffère de la chlorophylle a par un groupement aldéhyde remplacé d'un méthyl (Battinger, 2002). La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (Hikosaka *et al.*, 2006). L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhène, 1984). Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba *et al.*, 2009).

La diminution en chlorophylles perturbe la redistribution des assimilâtes stockés par la tige vers les différentes parties de la plante, ce qui perturbe sa croissance (Karima *et al.*, 2012).

4. Paramètres biochimiques

On a deux phases de métabolisme au niveau des céréales: le métabolisme primaire et le métabolisme secondaire à l'issue desquels résultent des groupes moléculaires différents (Kumar, 2011) dont les molécules issues du métabolisme primaire sont les glucides, les lipides et les protides (Jeantet *et al.*, 2007). Alors que les molécules issues du métabolisme secondaire sont les composées phénoliques, les flavonoïdes, les tannins ...et etc.

4.1. Glucides

Les glucides se présentent sous la forme de quelques sucres simples, mais surtout de composés plus ou moins complexes de ces mêmes sucres simples tels que le glucose et le pentose. Le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence, facilement digestible, et la cellulose qui est un glucide complexe.

4. 2. Protides et protéines

Ce sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acide aminés) et sous forme plus complexe (protéines). La teneur en protéines des céréales varie suivant les espèces, 12% pour le blé ,11% pour l'orge et seulement 10% pour maïs. Certains de ces acides aminés, telle la lysine, sont indispensables pour l'alimentation humaine et animale (substance nécessaire à la croissance).

4. 3. Lipides

Ce sont les matières grasses. Dans les céréales, elles sont fortement concentrées dans le germe.

5. Paramètres phytochimiques

L'étude phytochimique est l'étude des métabolites secondaires issus des plantes. Ces métabolites sont des composés phénoliques, qui correspondent à un vaste ensemble de molécules ayant en commun un noyau benzénique portant un ou plusieurs hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction. Ces molécules sont spécifiques des végétaux et notamment des angiospermes.

Les composés phénoliques interviennent dans différents aspects de la vie de la plante. Ils sont impliqués dans la physiologie de la plante (lignification, interactions symbiotiques....), et dans ses mécanismes de défense (interactions biotiques et abiotiques). Ils sont particulièrement intéressants par leur propriété antioxydant (Macheix *et al.*, 2005).

5.1. Composés phénoliques

Les polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présente dans le règne végétale. Ils ont en commun la présence d'un ou plusieurs fonctions hydroxyle, qui peuvent être méthylés, acylés ou glycosylés. Ainsi, ils constituent une vaste famille de métabolites secondaires comprenant plusieurs groupes, contenant chacun quelques dizaines à plusieurs milliers de molécules différentes. Ces derniers sont des substances naturellement présentes dans les fruits, les légumes, les graines, les fleurs et aussi les herbes, où ils contribuent à la couleur et aux propriétés sensorielles telles que l'amertume et l'astringence (Ribéreau, 1964). Ils sont présents aussi dans les racines, les tiges, les feuilles de tout les végétaux, en plus des fruits et légumes on les trouve dans les boissons (vin rouge, thé, café, jus de fruits), les céréales et les graines oléagineuses (Middleton *et al.*, 2000).

5.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal, appartiennent à la famille des polyphénols, ce sont des molécules aromatiques poly substituées. Ces dernières sont des pigments quasiment universels des végétaux (Guignard, 1996). En générale localisés dans les feuilles (dans l'épiderme ou entre l'épiderme et le mésophylle), dans les fleurs (cellules épidermiques) ou encore dans les fruits (tégument externe) (Bruneton, 1999).

On les trouve dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastides particuliers, les chromoplastes. Le terme flavonoïde regroupe une très large gamme de composés naturels polyphénoliques, on dénombre près de 6500 flavonoïdes répartis en 12 classes (Guignard, 1996).

Les flavonoïdes jouent un rôle essentiel dans la reproduction des plantes en recrutement des pollinisateurs et des dispersants de grains. Il sont également responsable de la belle présentation de la couleur automne dans de nombreux plantes, qui a récemment été suggérée pour protéger les cellules foliaires contre les dommages photo-oxydatifs (Feild *et al.*, 2001).

5.3. Tannins

Les tanins sont des polyphénols polaires de haut poids moléculaire (> 3000 Da) d'origine végétale existant dans presque toutes les parties de la plante: écorce, bois, feuilles, fruits et racines. Il est difficile de les séparer dans un extrait végétal parce que de nombreux isomères avec une base moléculaire très semblable coexistent. Ils sont divisés en 2 groupes :

- Tanins hydrolysables (qui donnent après hydrolyse soit de l'acide gallique, soit de l'acide ellagique).
- Tanins condensés ou catechiques (constitués de la condensation des dérivés flavane). Des tanins peuvent également être constitués par condensation d'unités quinone (Berthod *et al.*, 1999).

Chapitre 3: Stress abiotique et biotique sur le blé et l'orge

1. Stratégies d'adaptation

Selon Levitt (1982), l'adaptation des végétaux au déficit hydrique obéit à 3 formes distinctes ; l'esquive (drought scapers), l'évitement et la tolérance.

1.1. Esquive

Il est basé sur la plasticité de la phénologie de la variété. Elle consiste à réaliser le cycle pendant la période favorable en réduisant, voire en annulant les effets du stress hydrique qui se produit au cours d'une phase sensible ou critique. La précocité chez les céréales en zones méditerranéennes est un mécanisme largement exploité par les agriculteurs. Mais il n'est pas sans présenter des inconvénients (Blum, 1988). De nombreux travaux ont montrés l'existence d'une corrélation positive entre la longueur du cycle et le rendement potentiel. L'adoption d'une telle stratégie par l'utilisation de variétés précoces entraine le sacrifice d'une part de productivité.

1.2. Evitement

Il permet de maintenir par divers mécanismes un statut hydrique ou thermique élevé dans la plante, lui permettant de maintenir un statut hydrique interne nécessaire à un fonctionnement plus ou moins normal des fonctions physiologiques sans trop grande perturbation. Il est peut être obtenu par la limitation de la transpiration, par la fermeture des stomates ou par le phénomène d'enroulement foliaire. Ces derniers ont des incidences plus ou moins grandes sur la perte de turgescence (Hsiao et Bradford, 1984). El Hakimi (1992), mentionne la stratégie d'adaptation par le développement d'un système racinaire extensif et profond pour résister à la sécheresse de l'air.

1.3. Tolérance

Elle permet à la plante de contenir les effets du stress qui s'installe en assurant des fonctions physiologiques à un rythme plus réduit que la normale grâce à l'abaissement du potentiel osmotique. Cette stratégie permet le maintien de la turgescence cellulaire grâce à une diminution du potentiel osmotique qui permet de compenser la baisse du potentiel hydrique foliaire. C'est le phénomène de l'ajustement osmotique (Morgan, 1983 ; Blum, 1989)

L'ajustement osmotique permet une protection membranaire au niveau des organes jeunes surtout. Monneveux (1991), affirme que la tolérance à la déshydratation est l'aptitude plus ou moins grande du génotype à maintenir l'intégrité des structures membranaires et des fonctions physiologiques. L'adaptation peut avoir plusieurs origines (esquive, évitement, tolérance). Quelle que soit l'origine de son adaptation, une variété arrive à produire sous stress hydrique (Levitt, 1982). L'adaptation générale et spécifique renvoie aux notions de niveau et de régularité de rendement en grains (Finlay et Wilkinson, 1963). En effet une large adaptation de génotypes est associée à des rendements plutôt modestes, comparativement à ceux réalisés par des variétés dont l'adaptation est spécifique (Boragevique et Williams, 1982).

2. Mécanismes adaptatives au stress hydrique

Divers mécanismes physiologiques sont utilisés par les céréales pour s'adapter à son environnement (Fellah *et al.*, 2002). Selon Pelletier (2013), elles peuvent échapper au période de l'année où le stress se produirait en raccourcissant leur cycle de développement, achevant la phase de reproduction avant que le stress physiologique du déficit hydrique ne vienne la perturber, voire l'interrompre. Les variétés adaptées aux régions arides ont cette capacité de réaliser un cycle précoce et court, ce qui a cependant pour contrepartie de réduire le rendement. Elles peuvent éviter le stress, c'est-à-dire résister à un épisode sera minimisée par la fermeture des stomates, par un port dressé ou l'enroulement des feuilles pour limiter l'énergie lumineuse incidente. La densification des trichomes, poils de structure parfois complexe à la surface des feuilles, ou leur chute programmée dès qu'elles ont atteint l'âge adulte sont de nature à limiter fortement ces pertes. Les plantes vont également chercher à économiser l'eau et maximiser son absorption en recyclant des métabolites ce qui économise l'eau qui aurait été nécessaire à leur néo synthèse. La plasticité du système racinaire et ses capacités d'expansion en profondeur dans les couches du sol encore humides est particulièrement importante dans les zones semi-arides où l'essentiel des gains de productivité tient à l'amélioration génétique de ce trait.

Enfin les plantes vont tenter de tolérer le stress une fois établi. Certains ont développé un nombre de mécanismes qui leur permettent de retarder, voire de supporter la déshydratation de leurs tissus et à l'extrême, survivre à l'état déshydraté en accumulant certains métabolites solubles comme le tréhalose.

Deux stratégie adaptation ; l'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies, la stratégie de l'évitement est principalement liée d'une part, à la réduction de la transpiration et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines la diminution de la transcription est principalement liée à la fermeture des stomates (Grieu *et al.*, 2008). La résistance ou la tolérance à la déshydratation est liée à une aptitude plus ou moins grande du génotype à maintenir l'intégrité de ses structures (membranes) et de ses fonctions (photosynthèse) (Monneveux, 1991).

3. Le stress thermique

Le blé convient à des températures tempérées modérées de 25°C pendant les phases de croissance initiales et à une chaleur modérée aux stades de maturité. Le blé a la capacité à germer à basse température et être lente germination et à chaque fois que la température monte à son sujet de 28 à 32° C, les plantes plus tôt apparaissent sur la surface de la Terre. L'effet de la température est approprié au cours des différentes phases de croissance, et est considérée comme la période de tallage à l'épiaison de l'une des pointes des périodes critiques dans la vie de la plante.

4. Les principaux problèmes phytosanitaires des céréales

Il est actuellement bien établi que les principaux facteurs intervenant directement et dans une large proportion dans la baisse des rendements des céréales sont essentiellement d'origine (biotique) animale et végétale (Agrios, 1997; Hamadache *et al.*, 1998; Le poivre, 2003;2005).

4.1. Les Bio-agresseurs animaux

Il s'agit généralement d'insectes, de nématodes, d'oiseaux et de rongeurs, pouvant entraîner des dépréciations plus ou moins importantes sur les cultures (Bakour et Bendifallah, 1990).

4.1.1. Les Nématodes

Parmi les nématodes phytophages des céréales *Anguina tritici* et *Heterodera avenae* Woll, sont les plus connus et les plus communs. Ils s'attaquent respectivement aux grains et aux racines.

4.1.2. Les Oiseaux

Ils sont spécialement à régime granivore, leurs dégâts peuvent être causés sur champ et même jusqu'au sein d'entrepôts, toutefois leurs attaques sur les champs peuvent être très graves.

4.1.3. Les Rongeurs

Ils peuvent être très nuisibles. En Chine plus de 33 millions d'hectares sont chaque année la proie des rongeurs. En Algérie les dégâts sont estimés de 5 à 10 % de la production totale des céréales.

4.1.4. Les Insectes

Les principaux insectes susceptibles de s'attaquer aux céréales sont fort nombreux et appartiennent à divers ordres entomologiques : homoptères (punaises des céréales, pucerons), orthoptères (sauterelles ; sauteriaux), lépidoptères (mineuses, tordeuses) etc.

4.2. Les Micro-bioagresseurs

4.2.1. Les Bactéries

Ce sont des pathogènes très courants sur les cultures, dans les matières organiques en décomposition et dans le sol (Tab.I 2).

Tab. I 2: Les principales bacteries phytopathogenes affectant les cultures des cereales (INA 1993)

| Maladies | Symptômes | Agent causal |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| Maladies à <i>Pseudomonas</i> | Nécrose bactérienne des céréales | <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> . <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>strafaciens</i> |
| | Nécrose bactérienne de l'avoine | <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>coronofaciens</i> |
| | Pourriture basale des glumes | <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> |
| Maladies à <i>Xanthomonas</i> | - Rayure bactérienne | <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>translucens</i> |
| Maladies à <i>Clavibacter</i> | - Brûlure du blé | <i>Clavibacter tritici</i> |
| | Gombose bactérienne des graminées | <i>Clavibacter rathayi</i> |
| | Gombose bactérienne des graminées | <i>Clavibacter michigenensi</i> subsp. <i>Tessellarius</i> |

4.2.2. Les Champignons

Les champignons sont des micro-organismes. La plupart d'entre elles existent sous forme de mycélium composé de cellules larges avec des parois chitineuses et des organes bien spécifiques (Le poivre, 2003 ; Nasraoui, 2006). Presque tous les champignons se reproduisent par des spores (forme imparfaite ou asexuée) soit se reproduisent sexuellement (forme parfaite). Les champignons sont adaptés à survivre à l'air, dans le sol et dans l'eau.

Il existe environ plus d'un millier d'espèces inféodées aux végétaux et aux animaux, et dont certaines peuvent être hautement spécialisées. D'autres, non spécifiques peuvent s'attaquer à d'autres espèces de végétaux ou d'animaux.

La plupart des champignons pathogènes sont des saprophytes facultatifs capables de croître sur cultures ou sur tissus de plantes mortes ; d'autres sont des parasites obligatoires qui existent seulement en association intime avec des plantes vivantes (Weise, 1987 ; Nasraoui., 2006).

La plupart des maladies (environ 80 %) des plantes cultivées, sont dues aux champignons microscopiques, ces derniers détruisent chaque année une bonne partie (environ ¼) des récoltes mondiales (Geigy *et al.*, 1985; Le poivre, 2003 ; Nasraoui, 2006). Les principaux agents fongiques spécifiques aux céréales sont résumés dans le Tab. I₃. Certaines maladies provoquent des fontes de semis, d'autres par contre se manifestent à partir de la montaison où même à l'épiaison alors que d'autres d'origines virales se manifestent de manière insidieuse.

Dans tous les stades de développement et dans tous les environnements naturels, les plantes des différentes céréales sont sujettes à des mécanismes variés, physiologiques, et de stress biologiques qu'interfèrent avec le développement et la croissance normale.

Les principaux agents biologiques causant les maladies du blé sont : les champignons, les virus, les bactéries et les nématodes ; ces agents sont des parasites provoquant des maladies infectieuses transmissibles d'une plante à une autre.

Tab.I₃: Les principaux agents fongique spécifiques aux céréales (Rappily *et al.*, 1971).

| Maladies | Agent causal |
|----------------------------|---|
| Les Rouilles | - Agent de la rouille noire ; rouille des tiges : <i>Puccinia graminis</i> . PERS - Agent de la rouille jaune ; rouille des glumes : <i>Puccinia striiformis</i> . W. |
| Les Charbons | - Agent du charbon couvert de l'orge : <i>Ustilago hordei</i> (PERS) LAGERM - Agent du charbon nu de l'orge : <i>Ustilago nuda</i> (JENS) ROTR |
| Les Caries | - La carie commune : <i>Tilletia caries</i> (D.C) TUL. - La carie lisse : <i>Tilletia foetida</i> (WALLR) URO. - La carie naine : <i>Tilletia brevifaciens</i> G.W FISH. |
| Les Septorioses | - Agents des fontes de semis sur blé : <i>Septoria nodurum</i> BERK. - Agents des fontes de semis d'avoine : <i>Septoria tritici</i> ROB et DESM. - Agent des fontes de semis sur orge : <i>Septoria avenae</i> FRANK, <i>Septoria passerinii</i> SACC |
| Les Piétins | - Agent du Piétin-Verse : <i>Cercospora herpotrichoides</i> FRON - Agent du Piétin-échaudage : <i>Ophiobolus graminis</i> SACC |
| L'Oidium | - Le blanc : <i>Erysiphe graminis</i> |
| L'Helminthosporiose | - Agent de l'helminthosporiose de l'orge : <i>Helminthosporium teres</i> SACC - Agent de l'helminthosporiose du blé, orge :et avoine : <i>Helminthosporium gramineum</i> . RAB0 = <i>Drechslera graminea</i> , <i>Helminthosporium tritici Repentis</i> , <i>Helminthosporium sativum</i> P.K.B. |
| Le Rhizoctone | - Agent de la rhizoctone sur blé, orge et avoine : <i>Rhizoctone solani</i> KUHN |
| La Rhynchosporiose | - Agent de la Rhynchosporiose sur orge et seigle : <i>Rhynchosporium secalis</i> (OUD) |

Les blés et orges peuvent être attaqués par un grand nombre de maladies économiquement importantes. Environ cinquante maladies ont été décrites, parmi lesquelles les viroses occupent une importance majeure dans le monde (Weise, 1987), et dans le Maghreb (M.El Yamani, 1992 ; Sayoud *et al.*, 1999).

4.2.3. Les Virus et maladies à virus des plantes

Les maladies à virus des plantes sont la cause des pertes considérables de la production agricole mondiale (Tab.I₄). Les virus occasionnent chez les plantes des maladies persistantes et incurables. Elles sont généralement à manifestation insidieuse ; leurs attaques se manifestent dans la plupart des cas par une décoloration du feuillage, un nanisme, parfois dessèchement et

mort des plants. Leurs symptômes varient avec l'environnement ; elles sont très sensibles à l'influence du milieu ; la nutrition l'éclairage, la température et l'hygrométrie interviennent indépendamment ou en complexe pour modifier les symptômes. Les causes de variations des symptômes sont donc multiples et si, pour une plante présentant des symptômes le simple examen visuel est suffisant, par contre une plante sans symptôme ne peut être considérée comme saine que si des tests appropriés à la recherche des virus ont été effectués avec soin. L'Épidémiologie des maladies à virus est aussi influencée par la persistance de l'infection. Pour les virus humains (Ex : Grippe), la souche ne peut se maintenir dans la nature que si elle trouve toujours de nouveaux individus sains à infecter, les individus contaminés et guéris, deviennent résistants pour un certain temps ; l'épidémiologie s'épuise assez vite. Par contre, le végétal malade reste une source de virus toute sa vie et l'épidémie se perpétue sans risque de s'éteindre. Aussi les méthodes de diagnostic font l'objet, depuis une trentaine d'années de recherches et d'améliorations constantes ; elles sont aujourd'hui à la base de toute lutte contre les maladies à virus. (Cornuet, 1987).

Tab.I 5: Principaux virus décrits sur les céréales (Cornuet, 1987)

| Maladie | Nom du Virus | Plantes Hôtes | Réservoir du virus | Vecteurs |
|---------------------------------|--------------|---------------|--------------------------|---|
| Mosaïque jaune de l'orge | BYMV | Orge | <i>Polymyxa graminis</i> | <i>Polymyxa graminis</i> (Champignon) |
| Mosaïque jaune du blé | WYMV | Blé | <i>Polymyxa graminis</i> | <i>Polymyxa graminis</i> (Champignon) |
| Mosaïque (commune) du blé | WSBMV | Blé | <i>Polymyxa graminis</i> | <i>Polymyxa graminis</i> (Champignon) |
| Mosaïque striée du blé | WSMV | Blé | Resemis des céréales | <i>Eryophiès tulipae</i> (Acarien) |
| Stries chlorotiques du blé | WCSV | Blé | Blé, Agropyrum | <i>Laodelphax striatellus</i> (Cicadelle) |
| Mosaïque striée de l'orge | BSMV | Orge, Blé | Graine | <i>Laodelphax striatellus</i> (Cicadelle) |
| Mosaïque jaune striée de l'orge | BYSMV | Orge, Blé | Resemis des céréales | <i>Laodelphax striatellus</i> (Cicadelle) |

4. Résistance à la verse et aux maladies

Les variétés locales d'orge s'avèrent très sujettes à la verse surtout en années pluvieuses (verse physiologique), avec apport d'engrais azotés. Ce problème peut être résolu par l'introduction de variétés possédant un gène de nanisme.

Les orges sont sensibles à pratiquement toutes les maladies : oïdium, helminthosporiose, rynchosporiose et rouilles. On a pu noter certains cas de virus (Barley Yellow Dwarf Virus) mais leur importance en est limitée. Malgré cette sensibilité aux maladies, le rendement n'est pas affecté d'une manière significative. Ceci est probablement lié à leur rusticité.

1. Matériel végétal

Notre étude a porté sur trois espèces de céréales : cinq variétés de blé dur (*Triticum durum*), une variété de blé tendre (*Triticum aestivum*) et une variété d'orge (*Hordeum vulgare*). Ces variétés proviennent des différentes régions d'Algérie et sont conservées à l'I.T.G.C. d'El Khroub-Constantine. L'origine géographique et les caractéristiques des sept variétés étudiées sont présentées au (Tab .II₁).

Tab .II₁ : origine et caractéristiques des sept variétés étudiées.

| Variété | Origine | Caractéristiques |
|----------------|------------------|--|
| Waha | Syrie | Port au tallage : demi-dressé à demi-étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Courte ; Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très Faible ; Pilosité du dernier nœud : Nulle ou très faible ; Glaucescence du col de l'épi : Moyenne ; Glaucescence d'épi: Faible ; Epoque d'épiaison : Précoce ; Rendement : Elevé ; Poids de M G : Elevé ; Qualité semoulière Très bonne ; Mitadinage : sensible |
| Cirta | Algérie | Port au tallage : demi-dressé à demi-étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible ; Pilosité du dernier nœud : faible ; Glaucescence du col de l'épi : Faible ; Glaucescence d'épi : Moyenne ; Epoque d'épiaison : Tardive ; Rendement : Elevé ; Poids de M G : Elevé ; Qualité semoulière : Bonne ; Mitadinage : Résistante |
| Wahbi | Algérie | Port au tallage : demi-dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible ; Pilosité du dernier nœud : Nulle ou très Glaucescence du col de l'épi : Forte ; Glaucescence d'épi : Faible ; Epoque d'épiaison : Précoce ; Rendement : Elevé ; Poids de MG : Elevé ; Qualité semoulière Bonne ; Mitadinage : Moyennement sensible |
| Simeto | Italie | Port au tallage : demi-dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible ; Pilosité du dernier nœud : Nulle ou très faible ; Glaucescence du col de l'épi : Forte ; Glaucescence de l'épi: Forte ; Epoque d'épiaison : Précoce ; Rendement : Elevé ; Poids de MG : Elevé ; Qualité semoulière : Très bonne ; Mitadinage : Résistante |
| Gta dur | Mexique (Cimmyt) | Port au tallage : demi-dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Pigmentation anthocyanique : Nulle ou très faible ; Pilosité du dernier nœud : Nulle ou très faible ; Glaucescence du col de l'épi : Moyenne ; Glaucescence de l'épi : Faible ; Epoque d'épiaison : Précoce ; Rendement : Elevé ; Poids de M G : Elevé |
| L'as(Ain Abid) | Espagne | Port au tallage : ½ dressé à ½ étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Epoque d'épiaison : Moyenne ; Glaucescence épi : Faible ; Resistance aux maladies : Rouille jaune, Rouille Brune et Rouille Noire |
| Barbarous | France (INRA) | Hauteur (tige, épi et barbes) : moyenne , Epoque d'épiaison : précoce. Resistance aux maladies : Fusariose, Oïdium, Helminthosporiose et Rhynchospirose. |

2. Site d'expérimentation

2.1. Zone de l'expérimentation (I.T.G.C.)

L'expérimentation est réalisée à la station de la recherche agronomique expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C.) d'El-khroub (Constantine), situé à 14 km au Sud - Est de Constantine, à une altitude de 640m, une latitude de 36°,25Nord et une longitude de 6°,67 Est situé, au site dénommé ELBAARAOUIA sur la parcelle en bas du Laboratoire Régional vétérinaire (espace abritant le programme d'amélioration des céréales). La station se trouve dans la région semi-aride, caractérisée par un climat méditerranéen.



Fig. II 1: Localisation géographique de site expérimentale à l'El khroub

(36,25° Nord ; 6,67° Est) (Google, 2019)

Le sol du site expérimental est caractérisé par une topographie plate, appartient au groupe des sols argilo-limoneux à profondeur de 120 cm.

2.1. Données climatiques de la zone d'expérimentation

Les conditions climatiques qui ont caractérisé la campagne agricole 2018/ 2019 sont mentionnées dans le tab. II 2 et illustrées par la fig. II2.

Tab. II 2 : Données climatiques de la zone d'expérimentation

| Mois | Pluviométrie (mm) | Température Moyenne T Moyenne(C°) | Température Maximale T Maxi (C°) | Température Minimale T Mini (C°) |
|----------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Décembre | 1,6 | 8,01 | 17,71 | 7,38 |
| Janvier | 130,2 | 5,65 | 6,42 | 4,76 |
| Février | 66,6 | 6,70 | 7,77 | 5,61 |
| Mars | 53,2 | 9,69 | 10,65 | 8,22 |
| Avril | 50 | 14,89 | 15,88 | 13,81 |
| Mai | 55,4 | 19,67 | 20,74 | 18,32 |
| juin | 3,8 | 26,41 | 27,64 | 25,01 |
| Total | 51,54 | 13 | 15,26 | 11,87 |

Durant la période expérimentale (**Fig. II 2**), Nous avons enregistré **51,54 mm** allant du mois de Décembre 2018 à Juin 2019, la répartition de la pluviométrie est aléatoire, elle est variable d'un mois à l'autre. Le mois de Janvier est le plus pluvieux (**130,2 mm**) par contre le mois de Décembre est le plus sec (**1,6 mm**). Concernant la température, nous constatons que Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de **5,65°C**. Le mois de juin est le mois le plus chaud avec une température moyenne de **26,41°C**.

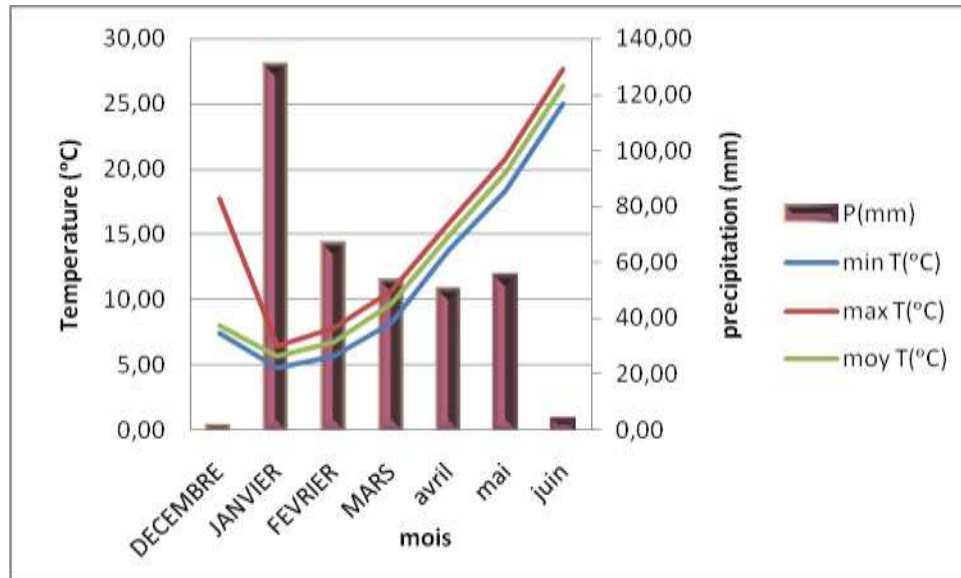


Fig. II 2: Diagramme ombrothermique de la campagne agricole 2018-2019

3. Mise en place de l'essai

L'essai réalisée durant l'année agricole 2018 / 2019. Le semis est effectué le 23 décembre 2018. Nous avons réalisé un semis manuel à une profondeur de semis régulière de 3 à 5cm en répartirons les grains de manière régulière selon des lignes parallèles (Fig. II₃ et Fig. II₄/A). Le dispositif expérimental adopté était un dispositif simple qui consiste à mettre les parcelles cote à cote. Chacune des parcelles élémentaires est de 3 mètres de longueur sur 1,2 mètres de largeur, 6 lignes distantes de 20 cm l'une de l'autre soit une superficie de 3,6 m², l'écartement entre parcelles est de 50 cm. la distance entre blé dur et blé tendre est 2 m, et entre blé tendre et l'orge est 5 m. Chaque parcelle élémentaire reçoit un traitement unique à une densité de 250 graines/m² (Fig. II₄).

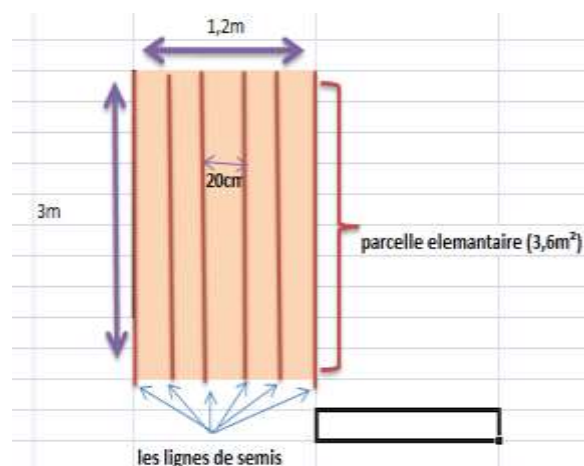
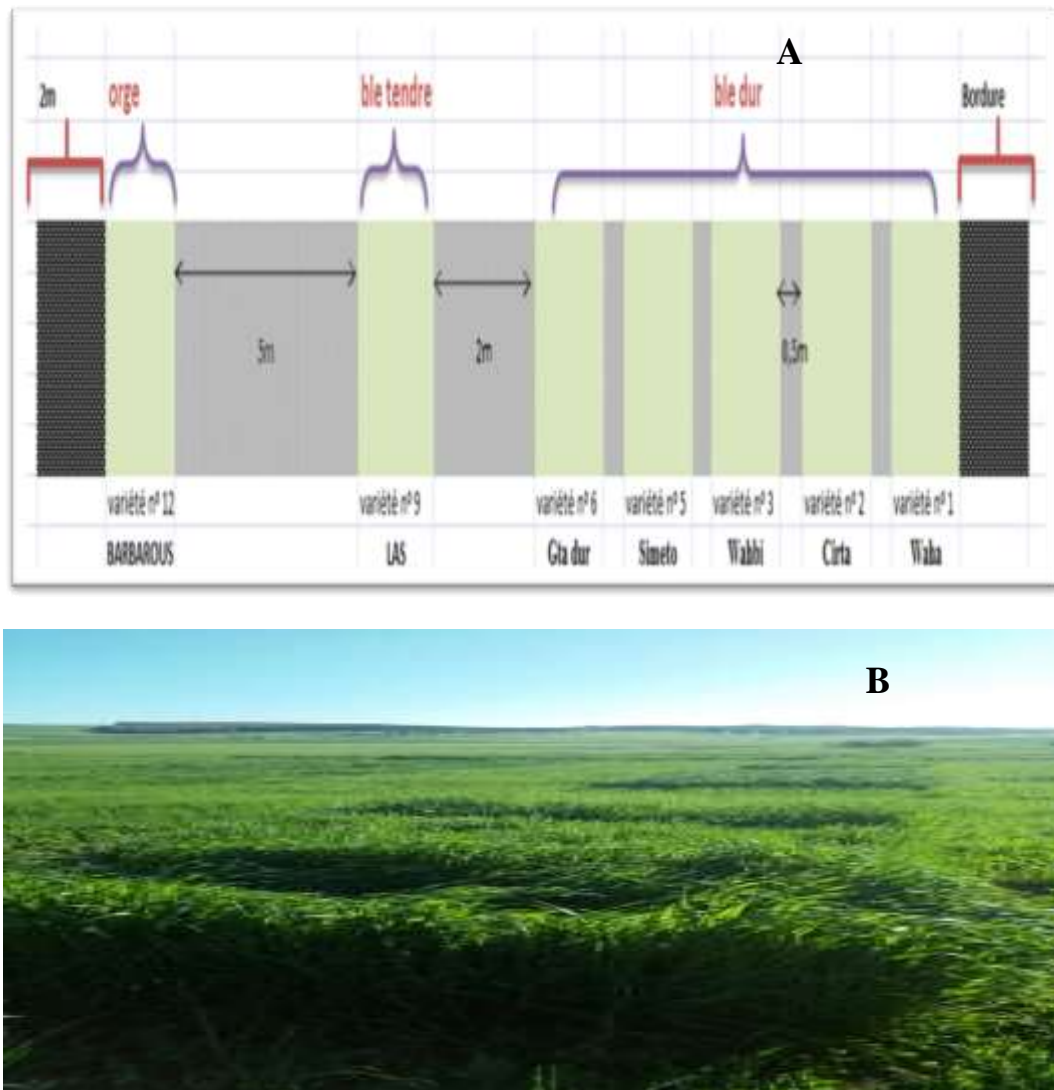


Fig. II₃ : Schéma de la parcelleFig. II₄: Schéma du dispositif expérimental de l'essai, A : Schématisé, B : sur terrain

4. Les paramètres étudiés

La caractérisation des variétés est basée sur cinq aspects présentés par la phénologie, la morpho-physiologie, la biochimie et la phytochimie de la plante. Les mesures sont effectuées durant le stade épiaison.

4.1. Paramètres phénologiques

Les notations sont effectuées au cours du développement des plantes dès l'apparition de la coléoptile jusqu'à la maturation de la plante. La durée est exprimée en nombre de jours lorsque 50% des plantes atteignent la phase à étudier ou souhaiter de chaque stade de cycle de développement de la plante. La durée des phases de cycle végétatif est comptée à partir du semis: semis-levée, semis-tallage, semis montaison, semis gonflement, semis-épiaison, semis floraison et semis-maturation. Nous nous intéressons au stade épiaison. Stade critique de la plante à s'exprimer.

4.2. Paramètres morphologiques

Les paramètres morphologiques mesurés sont les caractères de production et les caractères d'adaptation.

4.2.1. Caractère de production

- **Nombre de talles herbacées (TH)**

Le tallage herbacé, est déterminé par comptage direct de nombre de talles herbacées à l'exception du maître brin au stade quatrième feuille jusqu'au stade début montaison.

- **nombre de talles épiées (TE)**

Le tallage épi est déterminé par comptage direct du nombre d'épis au stade épiaison à l'exception le maître brin, au niveau des champs.

- **Poids spécifique foliaire (PSF « mg/cm² »)**

Les feuilles sont pesées immédiatement pour obtenir le poids frais (PF) puis avec les mêmes feuilles nous déterminons la surface foliaire (SF) selon la méthode de Paul et *al.* (1979). Le poids spécifique foliaire (PSF) est déterminé par la formule établie par Araus et *al.* (1998) in Zeghida et *al.* (2004) :

$$\text{PSF (mg/cm}^2\text{)} = \text{PF} / \text{SF}$$

4.2.2. Caractère d'adaptation

- **Hauteur de la plante (HP)**

Nous mesurons 10 échantillons aléatoires / espèce, au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'aux sommets des barbes de l'épi à l'aide d'une règle graduée. Elle est exprimée en cm.

- **Longueur de l'épi (LE)**

Nous mesurons l'épi (sans la barbe) de 10 échantillons aléatoires / espèce, au stade maturité à l'aide d'une règle graduée. Elle est exprimée en cm.

- **Longueur de barbe (LB)**

Nous mesurons la barbe de 10 échantillons aléatoires / espèce, 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 / espèce, au stade maturité à partir du dernier entrenœud jusqu'à la base de l'épi à l'aide d'une règle graduée (barbe non inclus). Elle est exprimée en cm.

- **Surface Foliaire (SF)**

Nous mesurons à l'aide d'un planimètre, les feuilles de 3 échantillons aléatoires/ variété au stade début remplissage du grain. Elle est exprimée en cm².

4.3. Paramètres physiologiques

4.3.1. La teneur relative en eau (TRE « % »)

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode de Barrs, (1968). les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leurs poids frais (PF). Par la suite, elles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés 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 mis à l'étuve réglée à 80°C pendant 48h et pesés à nouveau pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule de Clark et Mac-Caig, 1982) :

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS})] \cdot 100$$

4.3.2. Taux de déperdition d'eau (TDE « g.10⁻³/cm²/mn »)

C'est une méthode qui permet l'identification des génotypes de blé dur adaptés à des conditions défavorables. Elle permet d'évaluer le taux de déperdition d'eau des feuilles excisées de la manière suivante (Monneveux, 1991).

$$\text{TDE (g.10}^{-3} \text{/cm}^2 \text{/mn)} = [(\text{Pi} - \text{P2h}) / \text{PS}] \cdot [1 / \text{SF} \cdot 120 \text{mn}]$$

Avec : Pi : poids initial de la feuille, P2h: poids de la feuille (trempée dans l'eau distillée 2h), PS : poids sec de la feuille (48heure à 80°C), SF : la surface foliaire de la feuille.



Fig. II 5 : Mesure de taux de déperdition d'eau

4.3.3. Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes

Les teneurs en chlorophylle(a), chlorophylle (b), chlorophylle totale et caroténoïdes sont déterminées selon la méthode de Lichtenthaler (1987). Dans un tube à essai, on ajoute à 100 mg d'échantillon frais, coupé en petits fragments, 10 ml d'acétone à 95 %, l'ensemble est conservé à l'obscurité à 4°C pendant 48 heures.

La densité optique est lue à l'aide d'un colorimètre (TYPE SHIMADZU UV 1280). Trois mesures de densité optique sont effectuées à trois longueurs d'ondes différentes correspondant aux pics d'absorption de la chlorophylle à (663nm) et de la chlorophylle b (647nm) et caroténoïdes (470 nm). L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone 95%, les concentrations de caroténoïdes, chlorophylle (a), chlorophylle (b) et les chlorophylles totales sont calculées par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Chl a } (\mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}) &= [(12,25 \cdot \text{DO}_{663}) - (2,79 \cdot \text{DO}_{647})] \\ \text{Chl b } (\mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}) &= [(21,5 \cdot \text{DO}_{647}) - (5,10 \cdot \text{DO}_{663})] \\ \text{Chl tot } (\mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}) &= (7,15 \cdot \text{DO}_{663}) + (18,71 \cdot \text{DO}_{647}) \\ \text{Car } (\mu\text{g.ml}^{-1}) &= [1000 \cdot \text{DO}_{470} - 1,82 \cdot \text{Chl (a)} - 85,02 \cdot \text{Chl (b)}] / 198 \end{aligned}$$

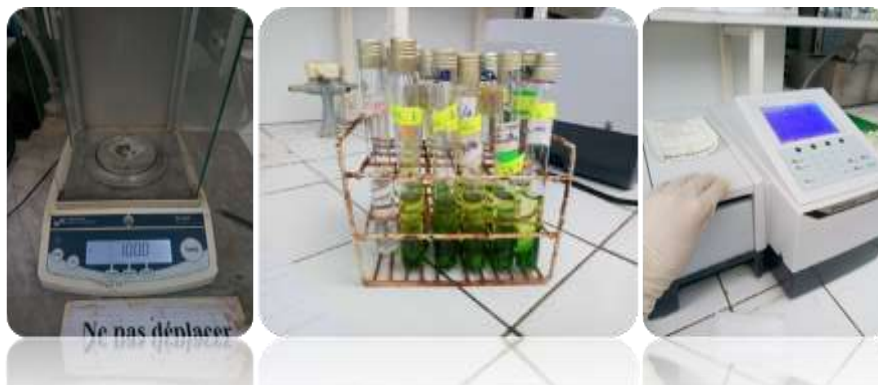


Fig. II 6 : Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes

4.4. Paramètres biochimiques

Les paramètres biochimiques consistent à mesurer les quantités des constituants des organes biologiques en général sucres solubles ; protéines totales ; acides aminées ; proline ; lipides ...etc.

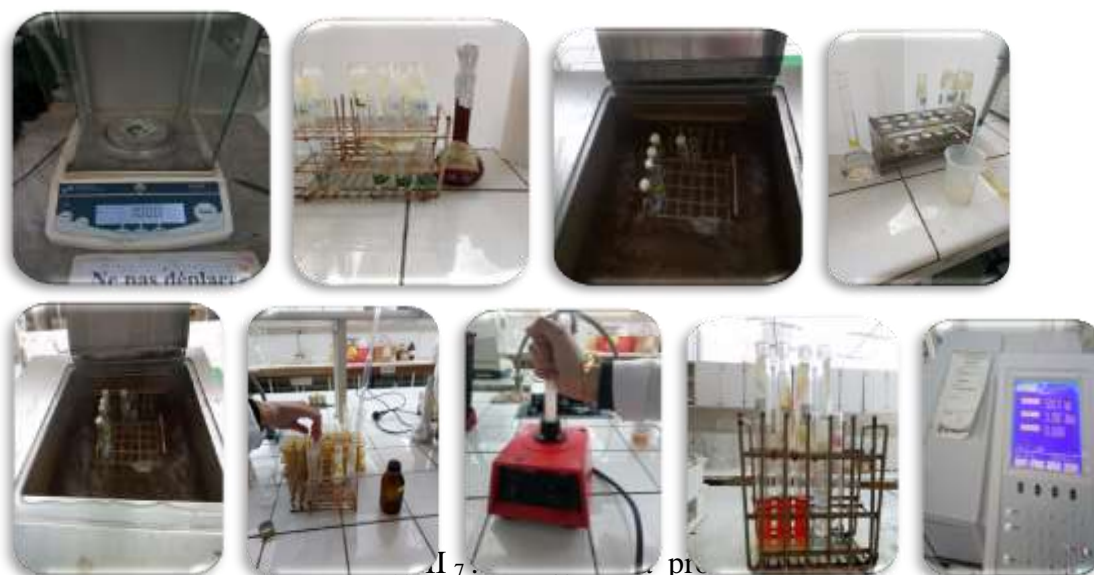
4.4. 1. Dosage de la proline « $\mu\text{g}/\text{mg MS}$ »

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). La méthode suivie est celle de Troll et Lindsey, (1955), simplifiée et mise au point par Rasio et *al.* (1987).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 60mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium ou fermés par des bouchons pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter : 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ; 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) et 1 ml de mélange contenant (120 ml d'eau distillée : 300 ml d'acide acétique : 80 ml d'acide orthophosphorique ($\text{H}_3\text{PO}_4, d=1.7$)) ;

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, sa couleur vire au rouge. Après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée : deux phases se séparent (une phase supérieure à une couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline).

Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de sulfate de sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). La densité optique (DO) est déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre (type SHIMADZU UV - 1280) à une longueur d'onde de 528 nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe étalon, préalablement établie à partir d'une série de solutions de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes. La détermination de la matière sèche pour la proline est obtenue en transférant les résidus de l'extraction dans une étuve à 80°C pendant 24 heures. La teneur en proline est calculée suivants l'équation de la courbe d'étalonnage obtenue : $Y = (0.019 X + 0.05)/MS$ (Boudersa ,2018). Y= DO : la densité optique ; MS : la matière sèche : mg ; X : teneur en proline $\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche.



4.4. 2. Dosage des sucres solubles « $\mu\text{g}/\text{mg MS}$ »

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et *al.*, (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres. On laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Mettre les tubes au bain-marie pendant 60mn à une température de 85°C, Jusqu'à ce que l'éthanol s'évapore. Ajouter 20ml d'eau distillée à l'extrait dans chaque tube. C'est la solution à analyser.

Dans des tubes à essais propres, on met 2 ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ; on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique 40% tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.) Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 490 nm. Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles (exprimés en glucose).



Fig. II 8 : Dosage des sucres solubles

La détermination de la matière sèche pour les sucres solubles est obtenue en transférant les résidus de l'extraction dans une étuve à 80°C pendant 24 heures. La teneur en sucre est calculée suivants l'équation de la courbe d'étalonnage obtenue : $Y = (0.003 X + 0.011) / MS$ (Boudersa, 2018). $Y = DO$: la densité optique ; MS : la matière sèche : mg ; X : teneur en sucre $\mu\text{g} / \text{mg}$ de matière sèche.

4.4.3. Dosage des protéines totales

- **Extraction**

La méthode adaptée, afin d'obtenir l'extrait protéique des feuilles de blé, est celle de Loggni et al., (1999). Les feuilles fraîches (1g) sont broyées à froid à l'aide d'un mortier dans un tampon phosphate (50 ml Na K, pH = 7,2) à raison de 5 ml du tampon Pour 1 g de feuilles. L'homogénat est ensuite filtrée à l'aide d'une toile adéquate avant de procéder à une centrifugation à froid à 12000x g pendant 20 mn (Hettich universal .320 R).

Les protéines totales sont dosées selon la méthode de Bradford (1976). Cette méthode est un dosage colorimétrique basé sur le changement de la couleur du bleu de Coomassie après sa liaison avec les acides aminés aromatiques (tryptophane, tyrosine et phénylalanine) et les résidus hydrophobes des acides aminés présents dans les protéines (Weckber et Cory ,1988). La densité optique est lue à $\lambda = 595 \text{ nm}$.

- **Préparation du réactif de Bradford**

100 mg de bleu de Coomassie G-250 sont ajoutés à 50 ml d'éthanol à 95%. Après une agitation magnétique pendant 2 heures, 100 ml d'acide orthophosphorique à 85% sont ajoutés et le volume est ajusté avec l'eau distillée à 1 litre. La solution obtenue est filtrée et conservée à froid et à l'abri de la lumière.

- **Dosage**

Prendre 100 μl d'échantillon à doser et ajouter 2 ml de réactif de Bradford après 5 min du développement de la réaction, la densité optique est lu à 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (SHIMADZU UV – 1280). Les valeurs obtenues sont converties en taux de protéines par le biais d'une courbe étalonnage, préalablement établie à partir d'une série de solutions de concentration en bovine sérum albumine (BSA) connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en protéines dans les feuilles des plantes selon l'équation $Y = 0.002 X + 0.070$ (Boudersa, 2018). $Y = DO$: la densité optique ; X : teneur en protéine $\mu\text{g} / \text{ml}$ de matière sèche.



Fig. II 9 : Dosage des protéines totales

4.5. Dosages des composés phénoliques

4.5.1. Extraction des extraits bruts méthanoliques

• Préparation de la matière sèche

La matière sèche va servir à l'extraction des composés phénoliques. Après récolte des feuilles, qui sont mises à sécher pendant 10 jours à température ambiante dans un endroit aéré à l'ombre pour mieux conserver les molécules sensibles à la chaleur et à la lumière. Nous les broyons à l'aide d'un moulin à café.



Fig. II 10 : Préparation de la matière sèche

L'extraction des composés phénoliques à partir de la poudre sèche comporte trois étapes : la délipidation, la dépigmentation et l'extraction.

• La délipidation de la poudre

L'élimination des lipides de la poudre est pratiquée sur la matière sèche broyée par la technique de **Hansen, (1998)**, modifiée par **Niemenak *et al.* (2006)** afin d'éviter toute interaction lors de l'extraction et du dosage des polyphénols.

La technique de la délipidation de la poudre consiste à mélanger 2 g de poudre avec 10 ml ou 20 ml d'Hexane, les macérer sous agitation pendant 24 heures puis Filtration du mélange sous vide et l'hexane favorise l'extraction des lipides dans l'Erlenmeyer du dispositif de filtration sous vide. La poudre humide restante dans le filtre Büchner constitue la poudre délipidée. Cette dernière est ensuite séchée pendant 2 h à la température ambiante.

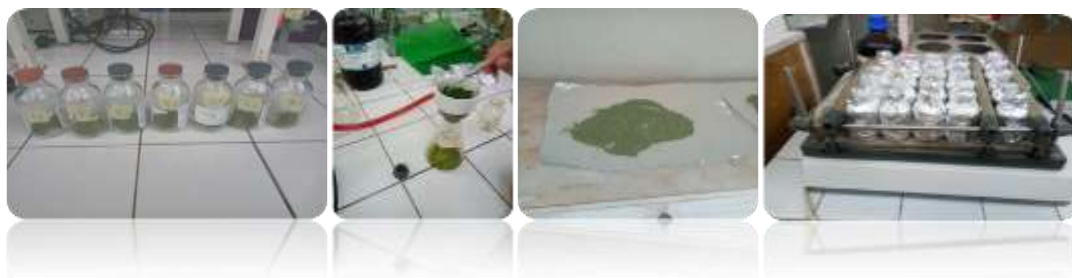


Fig. II 11. Les étapes à suivre pour la délipidation de la poudre

• La dépigmentation de la poudre

La macération de la poudre délipidée séchée dans le chloroforme pendant 6 heures pour but d'éliminer la chlorophylle selon la méthode de Matkowski et Piotrowska, (2006). La procédure est illustrée par le mélange de la poudre délipidée avec 20 ml de chloroforme, puis une macération sous agitation pendant 6 heures et en dernier une Filtration du mélange sous vide et le chloroforme favorise l'extraction de la chlorophylle dans l'Erlenmeyer du dispositif de filtration sous vide. La poudre humide restante dans le filtre Büchner constitue la poudre délipidée et dépigmentée. Cette dernière est ensuite séchée pendant 2 h à la température ambiante.



Fig. II12 : Les étapes à suivre pour la dépigmentation de la poudre

• Extraction

Après préparation de la matière avec une série des traitements séchage, broyage, délipidation et dépigmentation, vient l'étape d'extraction.

La technique de l'extraction des extraits bruts méthanoliques est la suivante :

- 1- Placer 1 g de la poudre délipidée et dépigmenté dans un erlenmeyer dans 20 ml méthanol pendant 24 h a fin de subir une macération.
- 2- Filtration, et éjection de la poudre + récupération d'extraits methanolique dans des récipients propres.
- 3- Evaporation des solutions méthanoliques à sec sous pression réduite dans un évaporateur rotatif (Type Rotavapor BUCHI R-210) à 60°C.
- 4- Les résidus secs pesés sont repris par 5 ml du méthanol.



Fig. II13 : Les étapes à suivre pour l'extraction des extraits bruts méthanoliques

4.5.2. Dosage des phénols totaux

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins. Le dosage des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu (Fig. II14) a été décrit dès 1965 par Singleton et Rossi. Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (Ribéreau-Gayon, 1968). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (Boizot et Charpentier, 2006).



Fig. II14. Principe de la réduction du réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965).

- Introduction de 200 μl de l'extrait brut méthanolique des feuilles dans des tubes à essai.
- Addition du mélange (1ml du réactif de Folin- Ciocalteu dilué 10 fois et 0,8 ml de carbonate de sodium à 7, 5%).
- Agitation des tubes, puis conservation durant 30 minutes à la température ambiante.
- L'absorbance est mesurée par un spectrophotomètre (Type SHIMADZU UV-1280) à 765 nm contre un blanc.



Fig. II15 : Les étapes à suivre pour le dosage des phénols totaux

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique, comme contrôle positif. Les résultats sont exprimés en microgramme (μg) équivalent d'acide gallique par gramme de la matière végétale sèche (μg EAG/g de MS).

4.5.3. Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes est effectuée par une méthode adaptée par Zhishen *et al.* (1999) avec le trichlorure d'aluminium et la soude. Le trichlorure d'aluminium forme un

complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe de couleur rose, absorbée dans le visible à 510 nm.

- Dilution de 500 μl de l'extrait brut méthanolique des feuilles avec 1500 μl d'eau distillée,
- Ajout de 150 μl de nitrite de sodium (NaNO_2) à 5%.
- Après 5 min, rajout de 150 μl de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) à 10% (m/v) au mélange.
- Après 6 min, addition de 500 μl d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4% .
- Agitation immédiate du mélange afin d'homogénéiser le contenu.



Fig. II16 : Les étapes à suivre pour le dosage des flavonoïdes

L'absorbance de la solution de couleur rosâtre est déterminée à 510 nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage, est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la quercétine comme contrôle positif. La teneur en flavonoïdes totaux, des extraits de plants étudiés est exprimée en milligramme (μg) équivalent de la catéchine par gramme de la matière végétale sèche ($\mu\text{g EC/g de MS}$).

4.5.4. Dosage des tanins

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide (Price *et al.*, 1978). Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide pour produire un complexe coloré mesuré à 500 nm. La réactivité de la vanilline avec les tanins, n'implique que la première unité du polymère. Les quantités des tannins sont estimées, en utilisant la méthode de vanilline décrite par Julkunen- Titto (1985).

- Ajout de 50 μl de l'extrait brut à 1500 μl de la solution vanilline/méthanol (4%, m/v).
- mélanger à l'aide d'un vortex,
- addition de 750 μl de l'acide chlorhydrique concentré (HCl).
- Le mélange obtenu est laissé réagir à la température ambiante pendant 20 min.
- L'absorbance est mesuré à 550 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre (Type SHIMADZU UV-1280).
- Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine comme contrôle positif.
- Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent de la catéchine par gramme de la matière végétale sèche ($\mu\text{g EC/g de MS}$).



Fig. II17 : Les étapes à suivre pour le dosage des tanins.

Remarque : toutes les mesures sont répétées trois fois pour toutes les analyses physiologiques, biochimiques et phytochimiques.

5. Etude statistique

Les résultats obtenus sont traités statistiquement avec une analyse de variance : ANOVA à deux facteurs, suivis par le test de comparaison des moyennes Newman Keuls. Une analyse factorielle, L'analyse des composantes principales (ACP), les matrices des corrélations et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Tous ces tests sont établis avec logiciel Excel Stat version 2014.

A. Résultats

1. Paramètres phénologiques

Le suivi des stades phénologiques chez différentes variétés étudiées de blé dur, blé tendre et orge au champ, détermine la préciosité des différentes variétés étudiées à partir de la durée de cycle de développement allant de semis à l'épiaison.

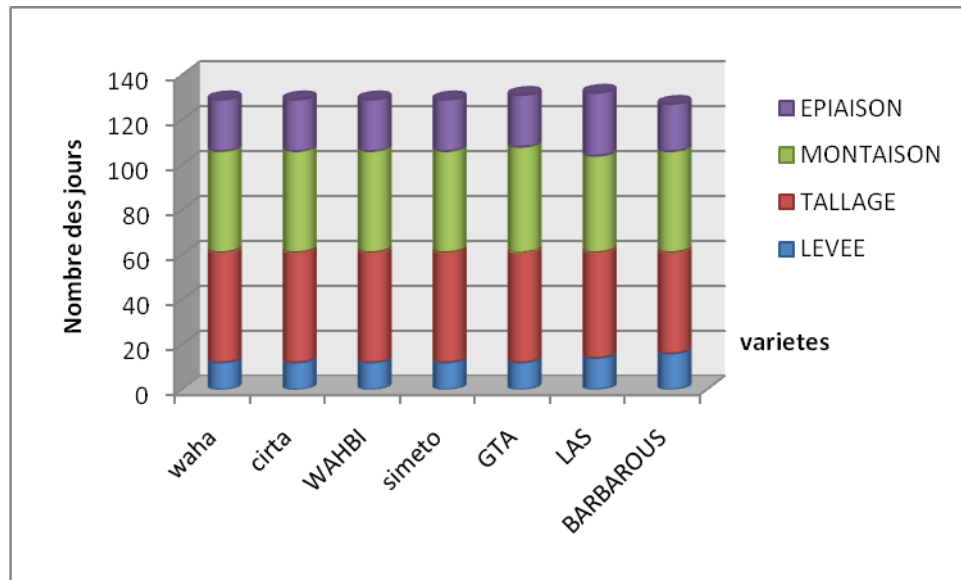


Fig. III1 : les stades phénologiques chez les sept variétés cultivées au champ.

La figure III1 présente une valeur maximale près de 134 jrs marquée par le blé tendre L'AS qu'est considéré comme une variété tardif par rapport aux autres variétés. L'orge Barbarous est classée comme une variété précoce par rapport à toutes les autres variétés étudiées avec une durée de 127 jrs. Cependant toutes les variétés de blé dur sont homogènes, leurs cycle est de 129 jrs depuis le semis jusqu' à l'épiaison. Ce sont des variétés semi-tardives.

2. Paramètres morphologiques

2.1. Caractères de production

Le Tallage herbacé et le tallage épi ont enregistré le même changement dans le nombre des talles entre les variétés.

Le nombre moyen de talles herbacées et de talle épi varie d'une variété à une autre, la variété Barbarous de l'orge, Gta et Waha de Blé dur et Las de blé tendre ont enregistré le nombre (herbacé et épi) le plus élevé avec une moyenne de 3 et 1,4 talles/plante successivement. Par contre, le nombre de talles, le plus faible est enregistré chez les deux variétés de blé dur Cirta, Wahbi avec une moyenne de 2 et 1,2 talles/plante. La variété restante de blé dur, Simto est marqué une moyenne intermédiaire de talle herbacés/ épi. (Fig.III₂)

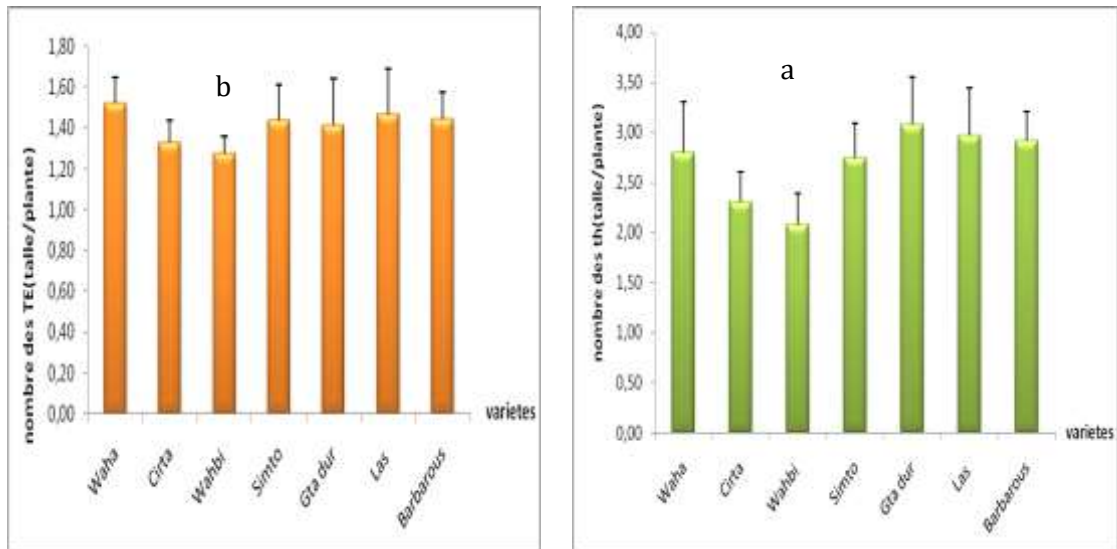


Fig.III₂: Nombre moyen des talles chez différents variétés de blé et l'orge cultivées au champ, a : talles herbacées (TH), b : de talles épiées (TE)

- L'analyse de variance ne révèle aucune différence significative ni entre espèces ni entre variétés chez le tallage épiées. Alors que elle montre une différence non significative entre espèces mais une hautement significative entres variétés chez le tallage herbacées.

Le test Newman Keuls repartit les espèces étudiées selon leur moyen des talles herbacées et talles épiées en un seul groupe A.

A ⇔ blé tendre ; orge ; blé dur ⇔ 1,468 ; 1,442 ; 1,396.

De cet effet le même test Newman Keuls partage les sept variétés selon leur moyen des talles épiés en un seul groupe A.

A ⇔ Waha ; Las ; Barbarous ; Simeto ; Gta; Cirta; Wahbi
 ⇔ 1,525; 1,468; 1,442; 1,440; 1,412; 1,330; 1,273.

Alors qu'Il (test NK) classe aussi les sept variétés selon leur moyen des talles herbacées en quatre groupes distingue. Les deux variétés Gta et Las se classent en premier groupe avec des moyennes maximales respectivement. Alors que le dernier groupe contient la variété Wahbi comme une moyenne minimale. les variétés Barbarous ;Waha ; Simeto et Cirta sont occupent les deux groupes intermédiaire AB et BC respectivement.

A>AB>BC>C ⇔Gta; Las> Barbarous; Waha; Simeto> Cirta> Wahbi ⇔
 3,08;2,97> 2,91; 2,8;2,75 >2,3>2,08

2.2. Caractères d'adaptation

A. Hauteur moyenne de la plante (HP)

La hauteur de la plante (HP) est très convergente chez la totalité des variétés. Elle varie de $106.74 \pm 3,73$ cm à $83.39 \pm 10,5$ cm, comme valeur maximale et minimale chez les deux variétés, Cirta et Barbarous successivement. Les autres variétés marquent des longueurs intermédiaires. (Fig. III₃)

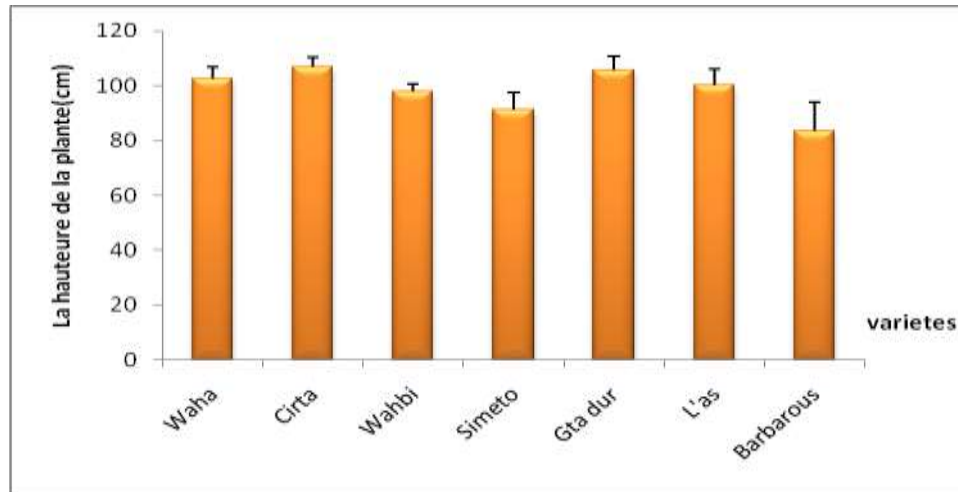


Fig. III₃ : Hauteur moyenne de la plante au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative soit entre les espèces ou entre les variétés.

Le test NK classe les espèces selon leurs hauteurs en deux groupes : le premier groupe comporte les espèces du blé et le deuxième groupe contient l'orge.

$$A > B \Leftrightarrow BT ; BD > \text{orge} \Leftrightarrow 103,8\text{cm} ; 100,56\text{cm} > 86,84\text{cm}$$

Le même test NK partage les sept variétés en cinq groupes distingués ; le premier groupe contient les variétés Cirta et Gta dur avec des moyennes maximales 106,74 cm et 105,52 cm respectivement. Tandis que la variété Barbarous d'orge occupe le dernier groupe avec une moyenne minimale de 83,39 cm. Les autres variétés sont distribuées à d'autres groupes.

$$A > AB > B > C > D \Leftrightarrow \text{Cirta ; Gta Dur} > \text{Waha ; L'as} > \text{Wahbi} > \text{Simeto} > \text{Barbarous} \\ \Leftrightarrow 106,74 \text{ cm} ; 105,52 \text{ cm} > 102,45 \text{ cm} ; 100,4 \text{ cm} > 98 \text{ cm} > 91,2 \text{ cm} > 83,39 \text{ cm}.$$

B. Longueur moyenne de l'épi (LE)

La longueur de l'épi (LE) varie en fonction de la variété. La longueur, la plus élevée est notée chez la variété LAS avec la moyenne $10.6 \pm 1,05$. En revanche la variété Simeto a marquée, le plus court épi avec la moyenne de $6.1 \pm 0,61$ cm respectivement. (Fig. III₄)

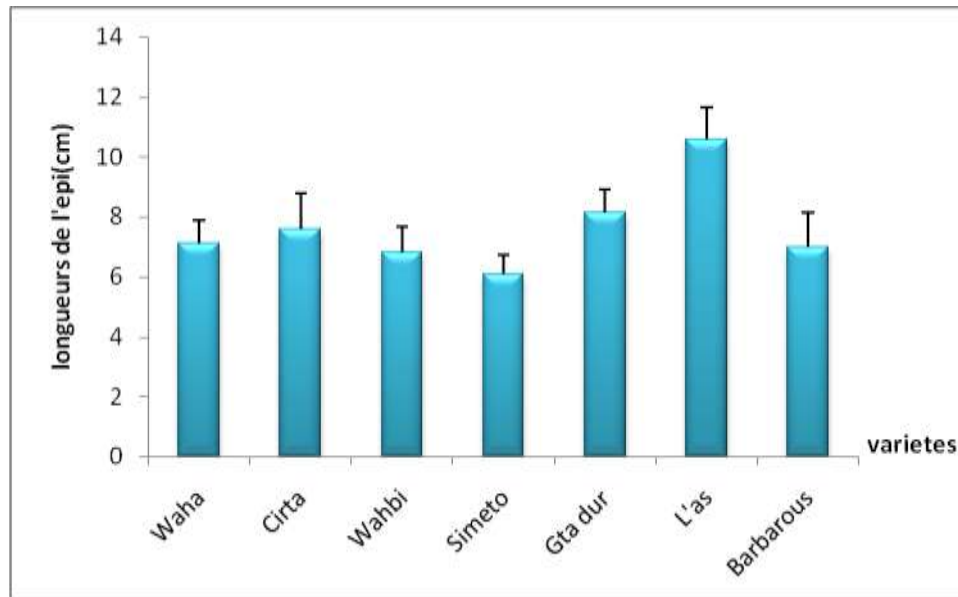


Fig. III₄ : Longueur moyenne de l'épi au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance montre une différence très hautement significative entre les espèces même qu'entre les variétés.

Le test NK classe les trois espèces en trois groupes bien distingués.

$$A > B > C \Leftrightarrow BT > orge > BD \Leftrightarrow 10,6\text{cm} > 8\text{cm} > 7,24\text{ cm.}$$

Le même test NK distingue les sept variétés en en cinq groupes indépendants. La variété AS occupe le premier groupe A avec une longueur de 10,6 cm. Le groupe B qui contient la variété Gta Dur avec une longueur de 8,16cm, suivi par les groupes BC et CD qui englobent les variétés Cirta et Waha ; Barbarous ; Wahbi avec une longueur varie entre 7,6cm et 6,8 cm respectivement. La variété Simeto se présente en dernier groupe D avec la longueur 6,1cm.

$$A > B > BC > CD > D \Leftrightarrow L'as > Gta > Cirta > Waha; Barbarous; Wahbi > Simeto \\ \Leftrightarrow 10,6\text{cm} > 8,16\text{cm} > 7,6\text{cm} > 7,1\text{cm}; 7\text{cm}; 6,8\text{cm} > 6,1\text{cm}$$

C. Longueur moyenne de barbes (LB)

La longueur de barbe varie en fonction de la variété, La barbe la plus longue est enregistrée chez la variété Gta Dur. Par contre, la barbe la plus courte est marquée chez la variété Las avec les longueurs $14.01 \pm 1,18$ et $8.3 \pm 2,64\text{cm}$ respectivement. Les trois variétés Waha, Cirta et Barbarous marquent des longueurs barbes similaires. (Fig. III₅)

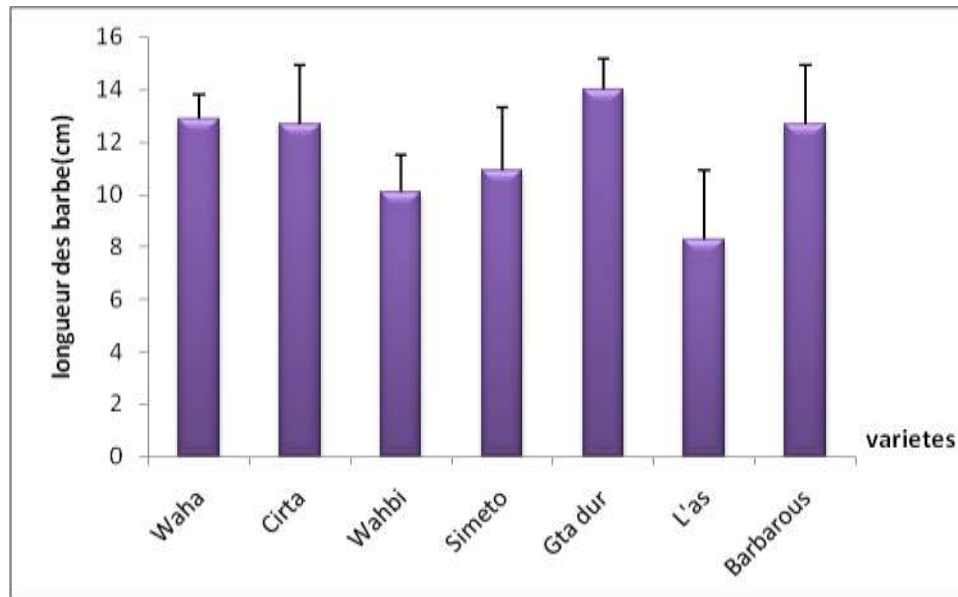


Fig. III₅ : Longueur moyenne de barbes stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ
L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les variétés aussi qu'entre les espèces.

Le test NK partage les espèces en deux groupes. Le groupe A englobe le blé dur et l'orge. Alors que le blé tendre occupe le deuxième groupe.

$$A > B \Leftrightarrow \text{blé dur ; orge} > \text{blé tendre} \Leftrightarrow 12,11\text{cm} ; 11,19\text{cm} > 8,6\text{cm}.$$

Le même test regroupe les sept variétés selon leurs longueurs des barbes en cinq groupes. Le premier groupe contient les variétés Gta Dur et Cirta avec une longueur maximale de 14,01cm et 13,11 cm. La variété L'AS a enregistré une longueur minimale de 8,3cm en dernier groupe. Tandis que, les variétés Barbarous ; Waha ; Simeto ; Wahbi sont distribuées aux groupes AB ; BC et C respectivement.

$$A > AB > BC > C > D \Leftrightarrow \text{Gta ; Cirta} > \text{Barbarous ; Waha} > \text{Simeto} > \text{Wahbi} > \text{L'as} \\ \Leftrightarrow 14,01\text{cm}; 13,11\text{cm} > 12,7\text{cm}; 12,7\text{cm} > 10,9\text{cm} > 10,1\text{cm} > 8,3\text{cm}.$$

D .Longueur du col de l'épi (LCE)

La longueur du col d'épi est très convergente chez toutes les variétés, sauf que la variété Cirta de blé dur manifeste le meilleur col d'épi avec une moyenne très élevée $43.41 \pm 2,05\text{cm}$. (Fig.III₆)

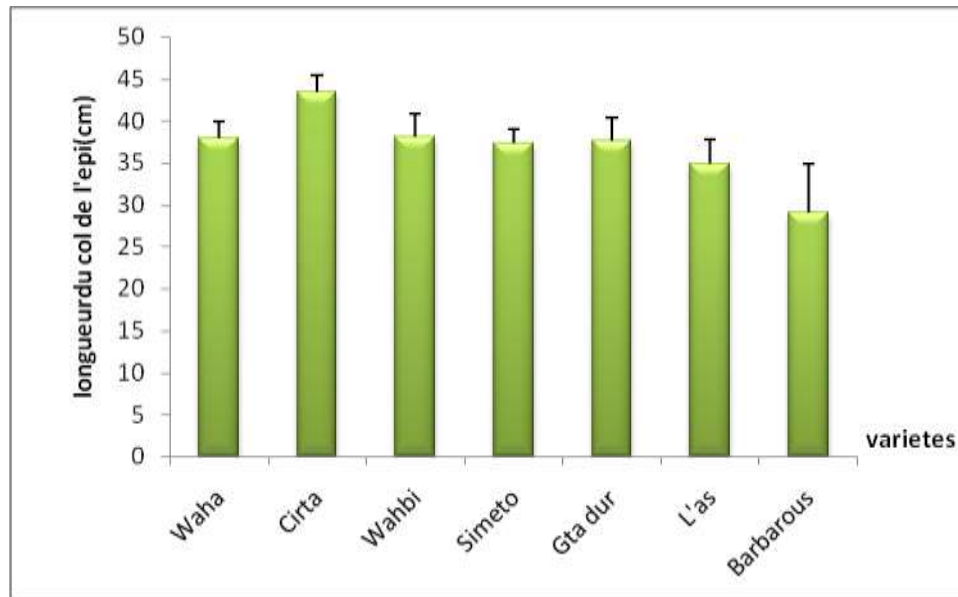


Fig.III₆ : Longueur du col de l'épi stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative soit entre les espèces soit entre les variétés.

Le test NK classe les espèces étudiées en trois groupes indépendants.

A>B>C ⇔ Blé Dur > Blé Tendre > Orge ⇔ 38,66cm > 35,7cm > 30,42cm

Le même groupe NK partage les sept variétés en trois groupes bien distingués. La variété Cirta se classe en premier groupe avec une longueur maximale 43,41cm, alors que la variété Barbarous se classe en dernier groupe avec une longueur minimale 29,05cm. Tandis que le deuxième groupe englobe les variétés : Wahbi ; Waha ; GTA dur ; Simeto ; L'AS avec des longueurs intermédiaires variant de 38,1cm à 34,95cm.

A>B>C ⇔ Cirta > Wahbi ; Waha ; Gta ; Simeto ; L'as > Barbarous
 ⇔ 43,41cm > 38,1cm ; 37,95cm ; 37,59cm ; 37,4cm ; 34,95cm > 29,05cm.

E. La surface foliaire (cm²)

La surface maximale et minimale sont enregistrées chez la variété L'AS de blé tendre et l'orge Barbarous avec les valeurs 52,63±2,03 et 13,05±0,58 cm² respectivement. Les autres variétés marquent des surfaces proches les unes des autres d'un intervalle varié de 40,39±1,61 à 30,22±3,69 cm². (Fig.III₇)

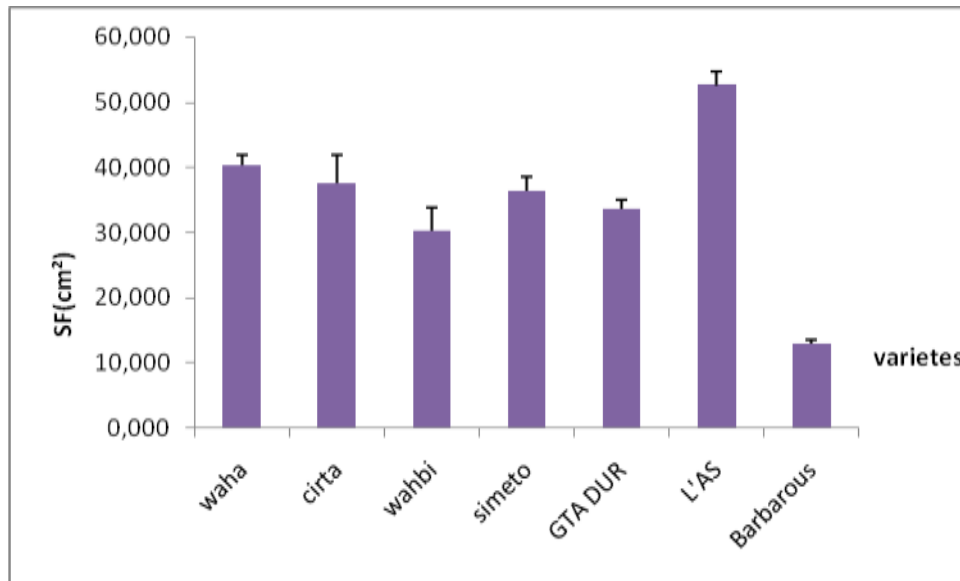


Fig. III17 : La surface foliaire au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance montre une différence très hautement significative entre les espèces et hautement significative entre les variétés.

Le test NK répartit les espèces étudiées en trois groupes bien distingués.

$$A > B > C \Leftrightarrow \text{blé tendre} > \text{blé dur} > \text{orge} \Leftrightarrow 52,63 \text{ cm}^2 > 35,66 \text{ cm}^2 > 13,05 \text{ cm}^2$$

De cet effet, le même test NK partage les sept variétés selon leurs surfaces foliaires en six groupes indépendants. La moyenne maximale est enregistré chez la variété L'as sous le groupe A, suivi par variétés Waha en deuxième groupe ; alors que les variétés Cirta et Simeto ; Gta et Wahbi sont englobés dans les groupes BC ; CD et D respectivement. Tandis que la variété Barbarous d'orge se classe en dernier groupe E avec une moyenne minimale.

$$A > B > BC > C > D \Leftrightarrow \text{LAS} > \text{Waha} > \text{Cirta}; \text{Simeto} > \text{Gta Dur}; > \text{Wahbi} > \text{Barbarous} \\ \Leftrightarrow 52,63 \text{ cm}^2 > 40,38 \text{ cm}^2 > 37,63 \text{ cm}^2 ; 36,36 \text{ cm}^2 > 33,71 \text{ cm}^2 > 30,22 \text{ cm}^2 > 13,05 \text{ cm}^2$$

Tab.III 1: analyse de variance des paramètres morphologique au stade épiaison

| Variation Paramètre | Source | ddl | SC | SC M | F de Fisher | Pr > F | Signification |
|---------------------|---------|-----|----------|----------|-------------|---------|---------------|
| HP | espèce | 2 | 2124,295 | 1062,148 | 30,701 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 2128,435 | 363,739 | 10,514 | <0,0001 | **** |
| LB | espèce | 2 | 60,116 | 30,058 | 9,278 | 0,000 | **** |
| | variété | 6 | 206,825 | 34,471 | 10,640 | <0,0001 | **** |
| LE | espèce | 2 | 53,773 | 26,886 | 31,491 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 78,366 | 13,061 | 15,298 | <0,0001 | **** |

| | | | | | | | |
|-----|---------|---|----------|----------|---------|---------|------|
| LCE | espèce | 2 | 714,234 | 357,117 | 36,150 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 406,896 | 67,816 | 6,865 | <0,0001 | **** |
| SF | espèce | 2 | 2383,979 | 1191,989 | 182,225 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 180,247 | 30,041 | 4,593 | 0,009 | *** |

3. Paramètres physiologiques

3.1. Poids spécifique foliaire (PSF mg /cm²)

Le Poids spécifique foliaire représente une fluctuation des teneurs entre les différentes variétés.

La teneur maximale est minimale sont enregistrées chez les deux variétés Wahbi et Barbarous respectivement avec 0.019 ± 0.0029 et 0.018 ± 0.0002 mg /cm².

Les cinq variétés restantes marquent des teneurs plus au moins similaires, varient de 0,015 - 0,023 à 0.017 ± 0.0004 mg /cm². (Fig. III₈)

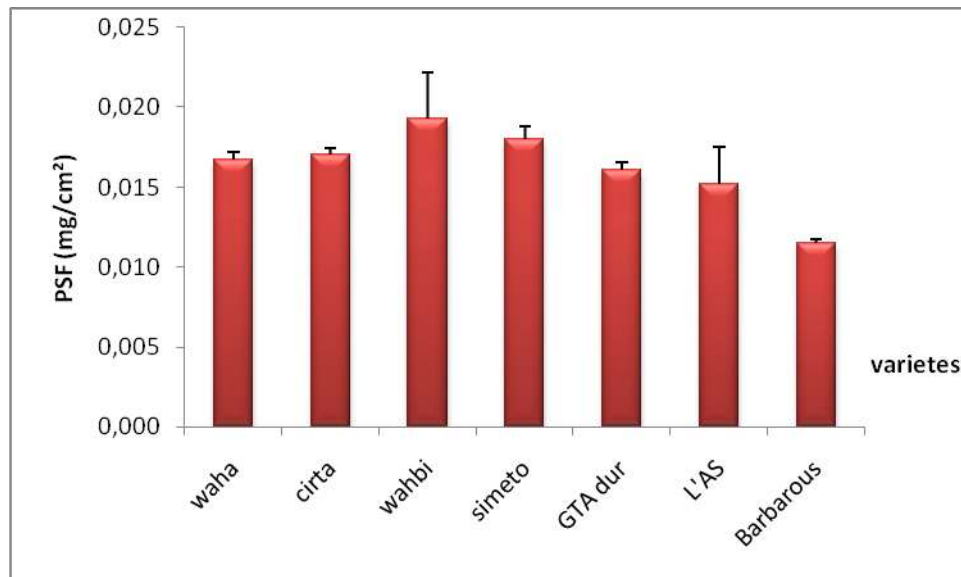


Fig. III₈ : Le poids spécifique foliaire au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance reflète une différence très hautement significative entre espèces, et aucune différence significative entre variétés.

Le test NK partage les trois espèces en trois groupes indépendants : le premier groupe contient l'espèce du blé dur avec la moyenne de $0,017 \text{ mg/cm}^2$, suivi par le groupe B et C : blé tendre et orge avec des moyennes $0,015 \text{ mg/cm}^2$ et $0,011 \text{ mg/cm}^2$ respectivement.

$$A > B > C \Leftrightarrow \text{Ble Dur} > \text{Ble Tendre} > \text{Orge}$$

$$\Leftrightarrow 0,017 \text{ mg/cm}^2 > 0,015 \text{ mg/cm}^2 > 0,011 \text{ mg/cm}^2$$

De cet effet, les sept variétés sont réparties selon le test N.K en quatre groupes, le premier groupe comporte la variété Wahbi avec une moyenne maximale 0,019mg/cm², le deuxième groupe englobe les variétés : Simeto ;Cirta ;Waha ;Gta avec des moyenne convergentes entre 0,018 mg /cm² et 0,016 mg /cm², suivi par le troisième groupe qui comporte la variété du blé tendre L'as avec une moyenne de 0,015 mg/cm², et en dernier le quatrième groupe contient la variété d'orge Barbarous avec la moyenne minimale 0,011mg/cm².

$$A > AB > B > C \Leftrightarrow \text{Wahbi} > \text{Simeto}; \text{Cirta}; \text{Waha}; \text{Gta} > \text{L'as} > \text{Barbarous}$$

$$\Leftrightarrow 0,019 \text{ mg /cm}^2 > 0,018 \text{ mg /cm}^2; 0,017 \text{ mg /cm}^2; 0,017 \text{ mg /cm}^2; 0,016 \text{ mg /cm}^2 > 0,015 \text{ mg /cm}^2 > 0,011 \text{ mg /cm}^2$$

3.2. Taux de déperdition d'eau (TDE)

Le taux de déperdition d'eau représente des différentes valeurs. Les plus fortes sont enregistrés chez les trois variétés de blé dur ;Waha, Simeto et Cirta avec les moyennes -0.014 ± 0.003 , -0.024 ± 0.020 et -0.026 ± 0.015 g.10⁻³/cm²/mn. Alors que, la faible teneur est attribuée à la variété Gta dur de blé dur avec une moyenne de -0.048 ± 0.016 g.10⁻³/cm²/mn. Les trois variétés WAHI de blé dur puis LAS de blé tendre marquent des teneurs intermédiaires (-0.036 ± 0.019) g.10⁻³/cm²/mn ensuite (-0.039 ± 0.016) g.10⁻³/cm²/mn successivement. (Fig.III₉)

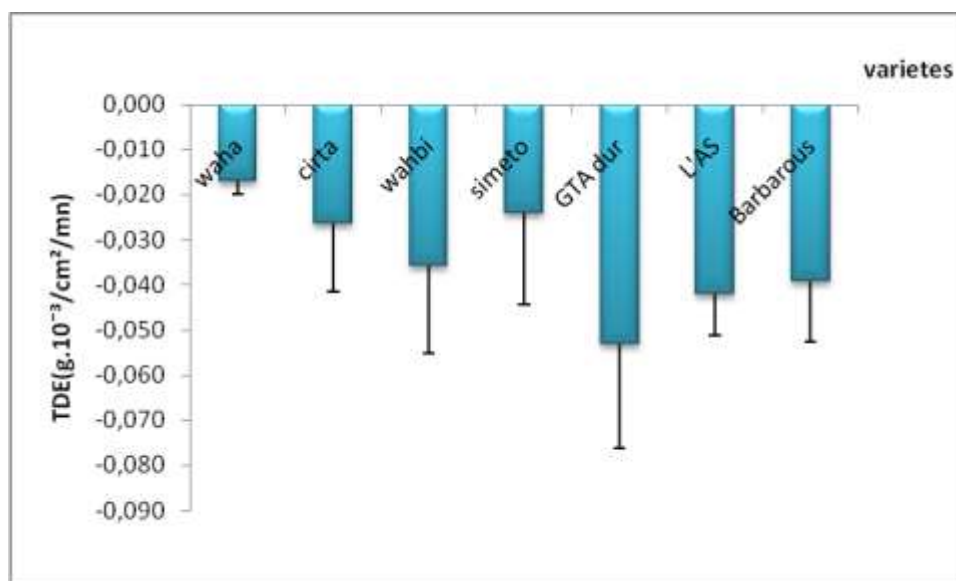


Fig.III₉ : Taux de déperdition en d'eau au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance ne reflète aucune différence significative soit entre espèces, soit entre les variétés. Le test NK répartit les espèces en un seul groupe.

A ⇔ blé dur ; orge ; blé tendre ⇔ $-0,029$ g.10⁻³/cm²/mn ; $-0,039$ g.10⁻³/cm²/mn ; $-0,042$ g.10⁻³/cm²/mn.

Le même test NK partage les variétés en trois groupes, le premier groupe contient la variété Simeto de blé dur comme une moyenne maximale ($-0,012 \pm 0,001$) $\text{g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$ et la variété Gta Dur en troisième groupe comme une moyenne minimale ($-0,053 \pm 0,023$) $\text{g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$. Les autres variétés sont enregistrées en deuxième groupe comme des moyennes intermédiaires convergentes.

$A > AB > B \Leftrightarrow \text{Simeto} > \text{Waha}; \text{Cirta}; \text{Wahbi}; \text{Barbarous}; \text{L'as} > \text{Gta Dur}$

$\Leftrightarrow -0,012 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn} > -0,017 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn} ; -0,026 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn} ; -0,036 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn} ; -0,039 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn} ; -0,042 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn} > -0,053 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$

3.3. Teneur relative en eau (TRE)

La teneur en eau est convergente chez la majorité des variétés. Elle varie de 92.470 ± 5.813 à $97.025 \pm 2.015\%$ chez L'AS et Simeto respectivement. A l'exception les deux variétés Wahbi et Barbarous présentent les teneurs les moins avec le pourcentage de 76.445 ± 10.827 et $71.260 \pm 7.381\%$. (Fig.III₁₀)

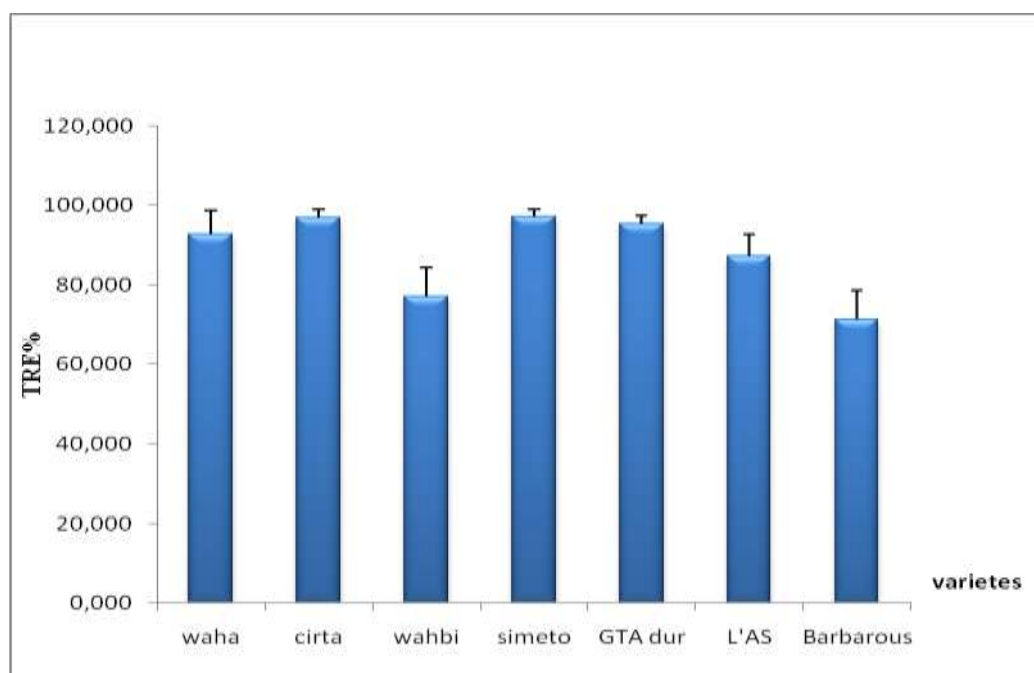


Fig.III₁₀ : La Teneur Relative en Eau au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les trois espèces, et une différence hautement significative entre les variétés.

Le test Newman Keuls répartit les trois espèces en deux groupes: Le premier groupe englobe les espèces blé dur et blé tendre avec les moyennes 91,83% et 87,24% respectivement. Et le deuxième groupe contient l'orge avec une moyenne minimale 71,26%.

$A > B \Leftrightarrow \text{blé dur} ; \text{blé tendre} > \text{orge} \Leftrightarrow 91,83\% ; 87,24\% > 71,26\%$.

D'autre part, le même test N.K englobe les sept variétés selon leur TRE en deux groupes.

$$A > B \Leftrightarrow \text{Simeto; Cirta; Gta; Waha; L'as} > \text{Wahbi; Barbarous} \\ \Leftrightarrow 97,07\% ; 96,84\% ; 95,44\% ; 92,65\% ; 87,24\% > 77,12\% ; 71,26\%$$

3.4. Chlorophylle a

Le teneur de la chlorophylle a est convergente chez la totalite des varietes. Elles varient de 'et 68,299±8,035 à (104,557±1,736 µg.ml⁻¹ MF chez Wahbi et Barbarous.a l'exception la variete Simeto marque la plus faible teneur en chlorophylle a(32,567±0,867) µg.ml⁻¹. (Fig.III₁₁)



Fig.III₁₁ : Teneur en chlorophylle A au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance reflète une différence hautement significative entre les trois espèces même qu'entre les sept variétés étudiées.

Le test NK classe les espèces en trois groupes. Le premiers groupe englobe l'espèce d'orge ;et le troisième groupe englobe le blé dur ; alors que le blé tendre se classe entre les deux groupe.

$$A > AB > B \Leftrightarrow \text{Orge} > \text{Ble Tendre} > \text{Ble Dur} \Leftrightarrow 104,56 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{mf} > 85,314 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{mf} > 71,73 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$$

Le test NK partage les sept variétés en deux groupe, le premier groupe contient la variété Barbarous ; Gta ; Cirta ; Waha ; Wahbi ; L'as. Le deuxième groupe englobe la variété simeto de blé dur.

$$A > B \Leftrightarrow \text{Barbarou; Gta; Cirta; Las; Waha; Wahbi} > \text{Simeto}$$

$$\Leftrightarrow 104,56 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}; 97,21 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}; 88,41 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}; 85,31 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}; 72,19 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}; 68,3 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 32,57 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$$

3.5. Chlorophylle B

Le taux de la chlorophylle b varie d'une variété à une autre. La plus forte teneur est marquée chez la variété **BARBAROUS** d'orge ($71,789 \pm 7,037$). Contrairement, la faible est attribuée à la variété **SIMETO** de ($10,983 \pm 0,263$ et $16,480 \pm 4,192$). Les cinq variétés **GTA dur**, **Cirta** Et **Waha** , **Wahbi** et **L'AS** enregistrent des valeurs intermédiaires. (**Fig. III₁₂**)

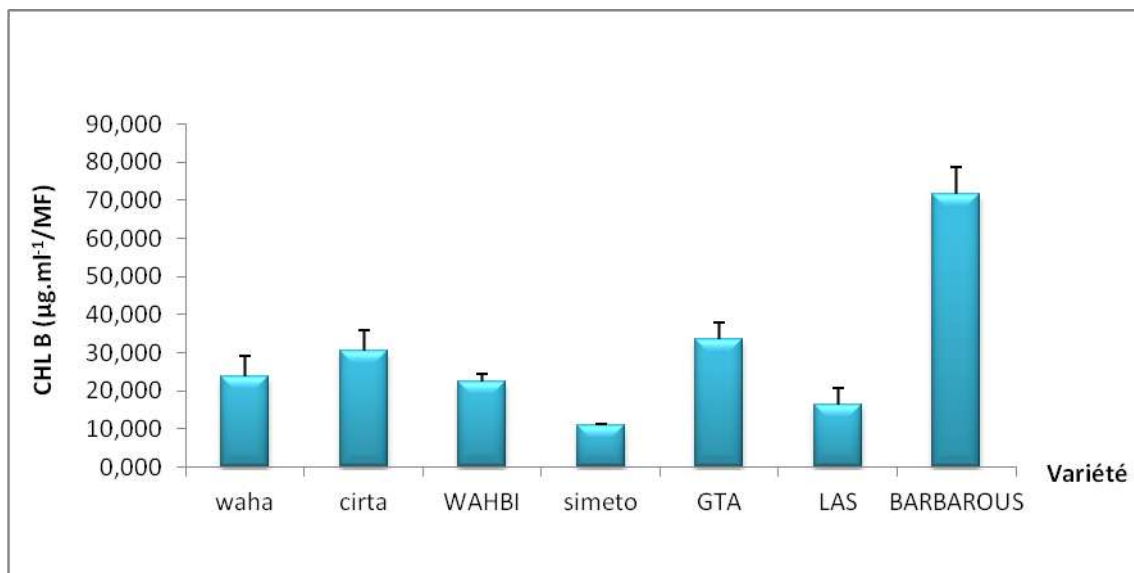


Fig.III₁₁ : Teneur en chlorophylle A au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les trois espèces, et une différence hautement significative entre les variétés.

Le test NK classe les espèces étudiées en trois groupes indépendants.

$$A > B > C \Leftrightarrow \text{orge} > \text{blé dur} > \text{blé tendre} \Leftrightarrow 71,79 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 24,19 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 16,5 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$$

Le test NK partage les variétés en sept groupes. la variété **BARBAROUS** représente le premier groupe avec une moyenne maximale, alors que la moyenne minimale se représenter par la variété **SIMETO** en dernier groupe.

$$A > B > BC > BCD > CD > DE > E \Leftrightarrow \text{Barbarous} > \text{Gta} > \text{Cirta} > \text{Waha} > \text{Wahbi} > \text{Las} > \text{Simeto}$$

$$\Leftrightarrow 71,79 \mu\text{g.ml}^{-1} > 33,42 \mu\text{g.ml}^{-1} > 30,45 \mu\text{g.ml}^{-1} > 23,84 \mu\text{g.ml}^{-1} > 22,28 \mu\text{g.ml}^{-1} > 16,5 \mu\text{g.ml}^{-1} > 10,98 \mu\text{g.ml}^{-1}$$

3.6. Chlorophylle totale

Le taux du chlorophylle t est caractérisé par une fluctuation entre les valeurs. La valeur maximale est marquée par la variété **BARBAROUS** (176.346 ± 8.551) $\mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$ et la valeur minimale par la variété **Simeto** (43.550 ± 1.126) $\mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$. Le reste des variétés enregistrent des

valeurs intermédiaires de L'AS et GTA dur avec l'intervalle de $(101.794 \pm 26.937) \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$ et $(130.638 \pm 19.283) \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$ respectivement (Fig. III₁₃).

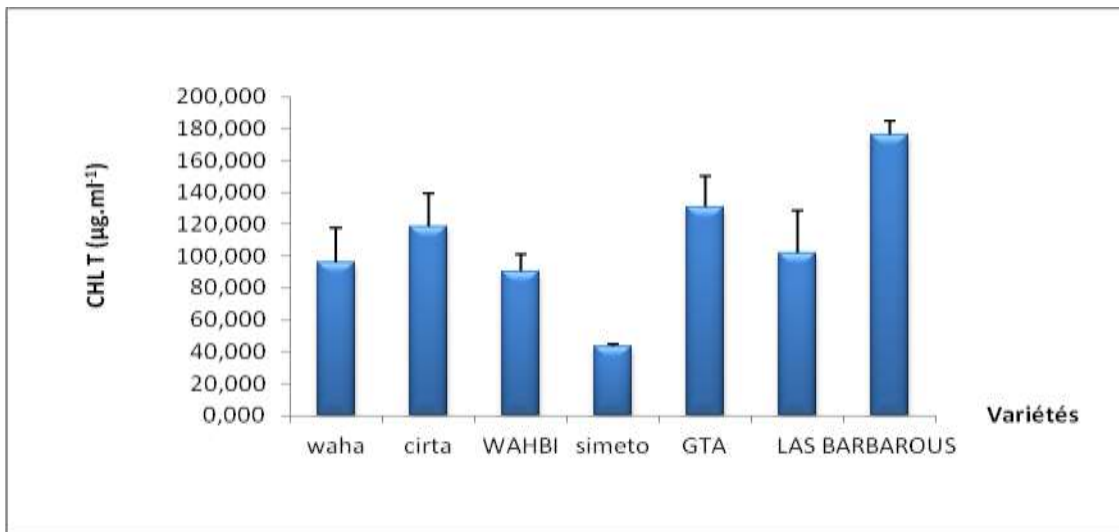


Fig. III₁₃ : Teneur en chlorophylle T au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance reflète une différence très hautement significative entre les espèces et une différence hautement significative entre variétés.

Le test NK classe les espèces en deux groupes, le premier contient l'orge, et deuxième groupe englobe le blé tendre et le blé dur successivement.

A>B ⇔ orge>blé tendre ; blé dur ⇔ $176,35 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 101,79 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$; $95,93 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$

Le test NK répartit les variétés en trois groupes, le premier groupe contient la variété Barbarous avec une moyenne maximale ($176,346 \pm 8,55 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$), suivi par le deuxième groupe englobe les variétés GTA ;Cirta ;L'AS ;Waha ;Wahbi respectivement, et enfin la variété Simeto de blé dur en groupe C avec une moyenne minimale ($43,550 \pm 1,13 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$).

A>B>C ⇔ Barbarous>Gta; Cirta; L'as; Waha; Wahbi>Simeto

⇔ $176,35 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 130,64 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$; $118,85 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$; $101,79 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$; $96,03 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$; $90,58 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 43,55 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$

3.7. Les caroténoïdes

Le taux du carotène est caractérisé par une fluctuation entre les valeurs. La valeur maximale est marquée par la variété BARBAROUS ($35.328 \pm 3.108 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$) et la valeur minimale par la variété Simeto ($6.179 \pm 0.166 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$). Le reste des variétés enregistrent des valeurs

intermédiaires de L'AS et GTA dur avec l'intervalle de $9.777 \pm 2.345 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$ et $18.389 \pm 2.505 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$ respectivement (Fig. III₁₄).

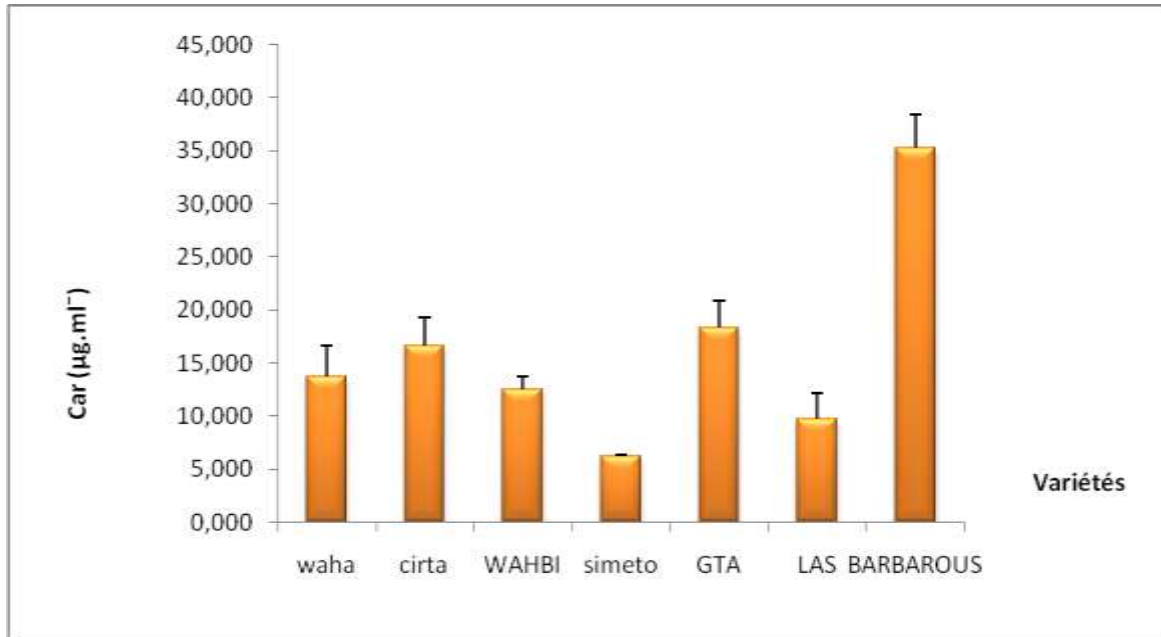


Fig. III₁₄ : Teneur en caroténoïdes au stade épisaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les espèces ; et une différence hautement significative entre les variétés.

Le test NK partage les espèces étudiées en trois groupes indépendants.

A>B>C ⇔ orge>blé dur>blé tendre ⇔ $35,33 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 13,5 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 9,78 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$

Le même test NK répartit les sept variétés en sept groupes, le premier groupe contient la variété d'orge « Barbarous » avec une moyenne maximale ($35,328 \pm 3,108$), tandis que la variété « Simeto » de blé dur en dernier groupe avec une moyenne minimale ($6,179 \pm 0,166$).

A>B>BC>BCD>CD>DE>E ⇔ Barbarous>Gta>Cirta>Waha>Wahbi>L'as>Simeto.

⇔ $35,33 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 18,39 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 16,68 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 13,70 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 12,55 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 9,78 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF} > 6,18 \mu\text{g.ml}^{-1}/\text{MF}$

Tab.III₂ : analyse de variance des paramètres physiologique au stade épisaison

| Variation Paramètre | Source | ddl | Somme des carrés | Carré moyen | F de Fisher | Pr > F | Signification |
|---------------------|---------|-----|------------------|-------------|-------------|---------|---------------|
| PSF | espèce | 2 | 0,000 | 0,000 | 21,560 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 0,000 | 0,000 | 1,474 | 0,257 | N.S. |

| | | | | | | | |
|-------------|---------|---|-----------|----------|---------|---------|------|
| TRE | espèce | 2 | 1060,922 | 530,461 | 19,920 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 847,781 | 141,297 | 5,306 | 0,005 | *** |
| TDE | espèce | 2 | 0,001 | 0,000 | 1,494 | 0,258 | N.S. |
| | variété | 6 | 0,003 | 0,001 | 2,634 | 0,064 | N.S. |
| Chla | espèce | 2 | 2862,219 | 1431,110 | 7,666 | 0,006 | *** |
| | variété | 6 | 7419,861 | 1236,644 | 6,625 | 0,002 | *** |
| Chlb | espèce | 2 | 6292,668 | 3146,334 | 148,485 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 907,812 | 151,302 | 7,140 | 0,001 | *** |
| Chlt | espèce | 2 | 16313,230 | 8156,615 | 26,371 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 13507,284 | 2251,214 | 7,278 | 0,001 | *** |
| Cart | espèce | 2 | 1330,475 | 665,238 | 122,063 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 265,633 | 44,272 | 8,123 | 0,001 | *** |

4. Paramètres biochimiques

4.1. Les sucres solubles

La teneur en sucres solubles présente des fluctuations entre les sept. Les trois variétés Waha, L'AS et Barbarous marquent des teneurs minimales et convergentes de l'ordre $6,63 \pm 0,302$; $7,363 \pm 0,307$ et $6,840 \pm 0,599$ $\mu\text{g}/\text{mg MS}$ respectivement. La teneur maximale est attribué a la variété Gta dur ($16,12 \pm 1,31$ $\mu\text{g}/\text{mg MS}$).(Fig.III₁₅)

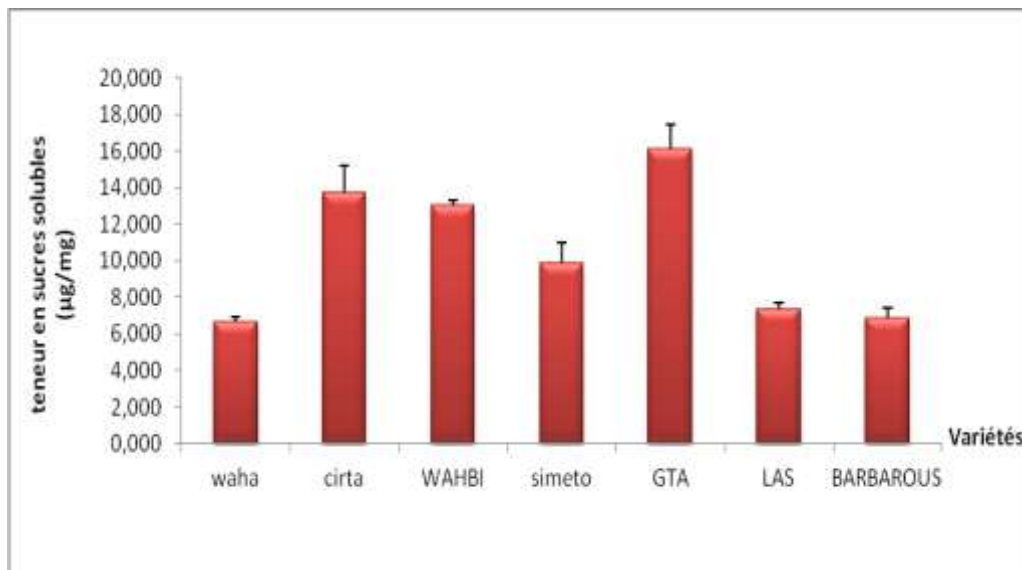


Fig.III₁₅: Teneur en sucres solubles au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance reflète une différence très hautement significative entre les trois espèces aussi qu'entre les sept variétés différentes.

Le test NK partage les trois espèces étudiées en trois groupes.

$$A>B>C> \Leftrightarrow \text{blé dur}>\text{blé tendre}>\text{orge} \Leftrightarrow 11,87 \mu\text{g/mg} > 7,63 \mu\text{g/mg} > 2,1 \mu\text{g/mg}$$

Le même test NK classe les sept variétés selon leur teneur en sucres solubles en cinq groupes.

$$A>B>C>D<E \Leftrightarrow \text{Gta}>\text{Cirta}; \text{Wahbi}>\text{Simeto}>\text{Las}; \text{Waha}>\text{Barbarous}.$$

$$\Leftrightarrow 16,12 \mu\text{g/mg} > 13,72 \mu\text{g/mg}; 13,028 \mu\text{g/mg} > 9,854 \mu\text{g/mg} > 7,36 \mu\text{g/mg}; 6,63 \mu\text{g/mg} > 2,1 \mu\text{g/mg}$$

4.2. Teneur de la Proline

Le teneur en proline présente une grande divergence entre les variétés. Les plus fortes teneurs sont enregistrées chez les variétés de blé dur Cirta ($2.268 \pm 0.031 \mu\text{g/mg}$) suivie par Barbarous d'orge ($1.927 \pm 0.036 \mu\text{g/mg}$) après Simeto de blé dur ($1.761 \pm 0.353 \mu\text{g/mg}$). Alors que, les faibles teneurs sont attribués chez les variétés de blé tendre L'AS ($0.960 \pm 0.083 \mu\text{g/mg}$) et Waha (0.258 ± 0.052). Les deux variétés Wahbi et GTA d blé dur marquent des teneurs en proline intermédiaire ($1.120 \pm 0.231 \mu\text{g/mg}$) et ($0.902 \pm 0.096 \mu\text{g/mg}$) successivement. (Fig.III₁₆)

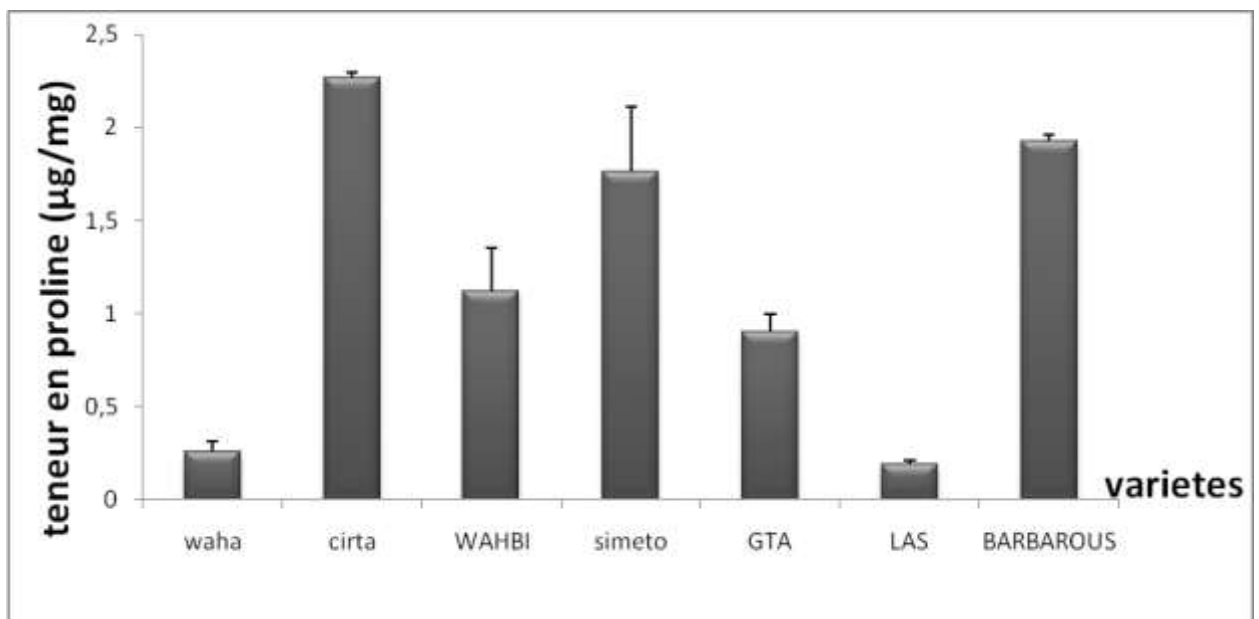


Fig.III₁₆ : Teneur en proline au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative soit entre les espèces ou entre les variétés (tab12)

Le test NK classe les trois espèces en trois groupes indépendants.

A>B>C ⇔ orge> blé dur>blé tendre ⇔ 1,927 µg/mg >1,262 µg/mg >0,960 µg/mg

Le même test NK répartit les sept variétés en quatre groupes différemment distingués.

A>B>C>D ⇔ Cirta>Barbarous; Simeto>Wahbi; L'as; Gta>Waha

⇔2,27 µg/mg >1,93 µg/mg ; 1,761 µg/mg >1,12 µg/mg; 0,96 µg/mg ; 0,9 µg/mg >0,26 µg/mg

4.3. Teneur en protéine

Les teneurs en protéines sont trop convergentes chez la totalité des variétés Elles varient de 14,404±0,767 à 16,684±3,584 µg /g MF chez Waha et Barbarous successivement. A l'exception la variété LAS témoigne avec UNE teneur maximale égale à 21,333±1,437 µg /g MF.(**Fig.III₁₇**).



Fig.III₁₇: Teneur en protéines au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance révèle une différence très hautement significative entre les trois espèces et aucune différence significative entre les variétés.

Le test NK partage les espèces étudiées en deux groupes, le premier groupe contient le blé tendre avec une moyenne maximale 26,33 µg /g MF. Tandis que le deuxième groupe englobe l'orge et le blé dur avec les moyennes 16,68 et 14,78 µg /g MF successivement.

A>B ⇔ blé tendre > orge ; blé dur ⇔26,33 > 16,69; 14,78 µg /g MF

De cet effet, Le même test NK classe s`les variétés en deux groupes distingue. Le blé tendre en premier groupe, Alors que le deuxième groupe englobe les variétés de deux espèces orge et blé dur respectivement.

A >B ⇔ Las> Barbarous; Simeto; Gta; Wahbi; Cirta; Waha.

⇔ 26,33µg /g MF >16,68 µg /g MF; 15,35 µg /g MF; 14,8 µg /g MF; 14,79 µg /g MF; 14,65 µg /g MF;14,40 µg /g MF

Tab. III₃ : analyse de variance des paramètres biochimique au stade épiaison

| Variation Paramètre | Source | ddl | SC | SCM | F de Fisher | Pr > F | Signification |
|------------------------|---------|-----|---------|---------|-------------|----------|---------------|
| Suc | espèce | 2 | 260,051 | 130,025 | 154,000 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 162,981 | 27,164 | 32,172 | <0,0001 | **** |
| Proline | espèce | 2 | 1,543 | 0,772 | 27,203 | < 0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 7,252 | 1,209 | 42,605 | < 0,0001 | **** |
| Prot | espèce | 2 | 333,761 | 166,880 | 67,133 | < 0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 1,129 | 0,188 | 0,076 | 0,998 | N.S. |

5. Paramètres phytochimiques

5.1. Teneur en Polyphénols

La teneur en polyphénols est convergente chez la totalité des variétés. La plus haute teneur est marquée par la variété Waha ($909.764 \pm 87.363 \mu\text{g EAG/g de MS}$), tandis que la faible teneur est observée chez la variété L'as ($676.430 \pm 7.715 \mu\text{g EAG/g de MS}$). Les variétés restantes marquent des teneurs très proches les unes des autres avec un intervalle qui s'étale de 757.240 ± 14.649 à $852.862 \pm 68.407 \mu\text{g EAG/g}$. (**Fig.III₁₈**)

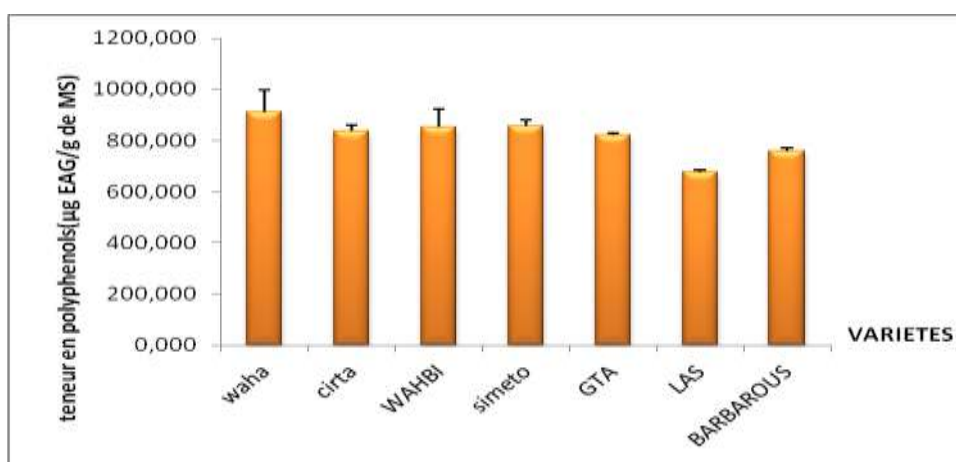


Fig.III₁₈: Teneur en polyphénols au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance de la teneur en polyphenols montre une différence très hautement significative entre les espèces et non significative entre les variétés.

Le test NK partage la teneur en polyphenols chez les espèces étudiées en trois groupes différents

$$A > B \Leftrightarrow \text{Blé dur} > \text{Orge} > \text{Blé tendre} \Leftrightarrow$$

$$855,82 \mu\text{g EAG/g de MS} > 757,23 \mu\text{g EAG/g de MS} ; 676,43 \mu\text{g EAG/g de MS}$$

Le test NK classe les teneurs en polyphenols chez les sept variétés en quatre groupes, le premier groupe contient la variété WAHA de blé dur avec une moyenne maximale ($909,76 \pm 87,36$) μg EAG/g de MS, suivie par le deuxième groupe englobe les variétés Simeto ; Wahbi ; Cirta ; GTA varie entre ($858,24$ et $820,54$) μg EAG/g de MS. Le troisième groupe Barbarous ; et en dernier la variété L'AS du blé tendre avec une moyenne minimale ($676,43 \pm 14,64$) μg EAG/g de MS.

A > AB > B > C \Leftrightarrow Waha > Simito; Wahbi; Cirta; Gta > Barbarous > Las.

$\Leftrightarrow 909,76 \mu\text{g}$ EAG/g de MS > $858,24 \mu\text{g}$ EAG/g de MS; $852,86 \mu\text{g}$ EAG/g de MS; $837,71; 820,53 \mu\text{g}$ EAG/g de MS > $757,24 \mu\text{g}$ EAG/g de MS > $676,43 \mu\text{g}$ EAG/g de MS

5.2. Teneur en tanins

Le teneur des tanins varie de 16.667 ± 12.019 à $240 \pm 12.019 \mu\text{g}$ EAG/g MS chez les deux variétés LAS et Wahbi respectivement. Les cinq variétés restantes marquent des teneurs intermédiaires de $23,842 \pm 5,189$ à 228.889 ± 50.918) μg EAG/g de MS (**Fig. III₁₉**)

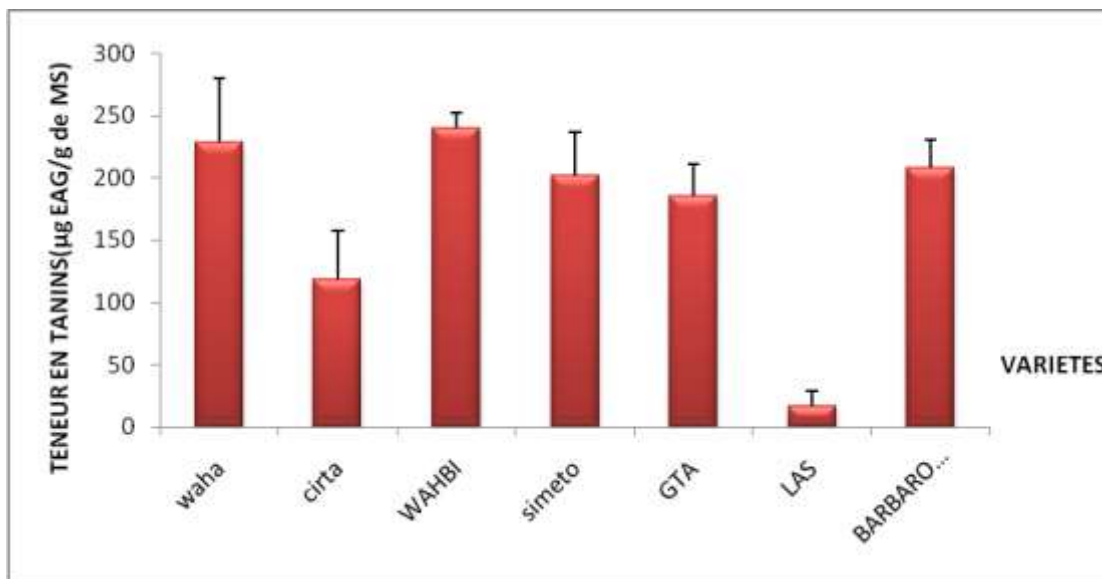


Fig. III₁₉: Teneur en tanins au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance de la teneur en tannins montre une différence très hautement significative entre espèces, et une différence hautement significative entre les variétés.

Le test NK regroupe les espèces étudiées en deux groupes :

A > B \Leftrightarrow orge ; blé dur > blé tendre. $\Leftrightarrow 207,78; 195,11 > 16,67 \mu\text{g}$ EAG/g de MS.

Le même test NK classe les sept variétés selon leurs teneurs en tanins en trois groupes ; groupe A englobe les variétés Wahbi ; Waha ; Barbarous ; Simeto ; Gta Dur respectivement. Alors que le groupe C contient la variété L'AS avec une moyenne minimale, tandis que Cirta se classe en deuxième groupe avec une moyenne intermédiaire.

A > B > C \Leftrightarrow Wahbi ; Waha ; Barbarous ; Simeto ; Gta Dur > Cirta > L'as.

$\Leftrightarrow 240 \mu\text{g}$ EAG/g de MS ; $228,89 \mu\text{g}$ EAG/g de MS ; $207,78 \mu\text{g}$ EAG/g de MS ; $202,22 \mu\text{g}$ EAG/g de MS ; $185,56 \mu\text{g}$ EAG/g de MS > $118,89 \mu\text{g}$ EAG/g de MS > $16,67 \mu\text{g}$ EAG/g de MS

5.3. Teneur en flavonoïdes

Les teneurs en Flavonoïdes marquent des fluctuations entre eux, sauf les deux variétés Gta dur et LAS ont des teneurs presque similaires. La teneur maximale est attribuée à la variété Waha avec une valeur équivalente à 4937.5 ± 12.5 $\mu\text{g EAG/g de MS}$ (**Fig. III₂₀**)

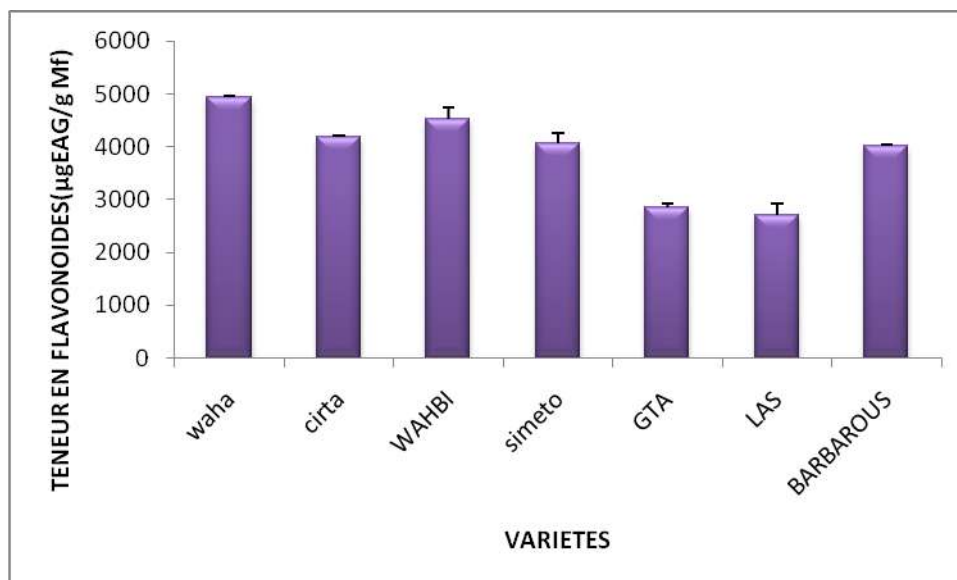


Fig. III₂₀: Teneur en flavonoïdes au stade épiaison chez les sept variétés cultivées au champ

L'analyse de variance de la teneur en flavonoïdes reflète une différence très hautement significative soit entre espèces ou entre les variétés.

Le test NK classe la teneur en Flavonoïdes chez les espèces en deux groupes ; le premier groupe représente le blé dur et l'orge, et le deuxième groupe contient le blé tendre.

$A > B \Leftrightarrow$ blé dur ; orge $>$ blé tendre. $\Leftrightarrow 4110,17; 4010 > 2703,33 \mu\text{g EAG/g de MS}$

Le même test NK classe les sept variétés selon leur teneur en tanins en quatre groupes. Groupe A contient la variété Waha avec une moyenne maximale de 4937,5 alors que le dernier groupe D englobe les variétés Gta dur et L'AS avec des moyennes minimales ($2846,67 \pm 81,29$ et $2703,3 \pm 225,9$) $\mu\text{g EAG/g de MS}$ respectivement.

$A > B > C > D \Leftrightarrow > \text{Wahbi} > \text{Cirta}; \text{Simeto}; \text{Barbarous} > \text{Gta}; \text{Las}.$

$\Leftrightarrow 4937,5 > 4523,3 > 4186,67; 4056,67; 4010 > 2846,67; 2703,33 \mu\text{g EAG/g de MS}$

Tab. III 4 : analyse de variance des paramètres phytochimique au stade épiaison

| Variation Paramètre | Source | ddl | SC | SCM | F de Fisher | Pr > F | Signification |
|------------------------|---------|-----|-----------|-----------|-------------|---------|---------------|
| Poly | espèce | 2 | 92587,170 | 46293,585 | 23,817 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 13492,093 | 2248,682 | 1,157 | 0,382 | N.S. |
| Flavo | espèce | 2 | 4994333,5 | 2497166,7 | 124,905 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 7381001,7 | 1230166,9 | 61,631 | <0,0001 | **** |
| Tanins | espèce | 2 | 84230,476 | 42115,238 | 43,591 | <0,0001 | **** |
| | variété | 6 | 27322,963 | 4553,827 | 4,713 | 0,008 | *** |

6. Etude de l'analyse des composantes principales

6.1. Etude de la corrélation des variables

L'analyse de la matrice de corrélation des variables (Tab. III₅) nous a permis de relever :

- une corrélation fortement positive entre TDE et les variables poly et Flavo ($r_1 = 0,806$ et $r_2 = 0,608$) respectivement. Une corrélation moyennement positive est marquée entre TRE et les trois variables morphologiques LCE, HP et SF ($r_1 = 0,722$, $r_2 = 0,649$ et $r_3 = 0,620$ respectivement.) Par contre elle est moyennement négative entre TRE et les Chl b et les Car ($r_1 = -0,629$ et $r_2 = -0,614$) respectivement.
- Une forte corrélation négative est marquée entre SF et CHL B et Car (-0.825 ; -0.807) successivement.
- Il existe une corrélation fortement négative entre PSF et les trois variables physiologiques Chl b ; Car et Chl t ($r_1 = -0,837$, $r_2 = -0,828$ et $r_3 = -0,813$) respectivement. Et fortement positive entre PSF et LCE ($r = 0,792$).
- il y a une corrélation fortement positive entre Chl a et Chl t ($r = 0,939$).
- Une corrélation fortement positive entre Chl b et les deux autres variables physiologiques Car et Chl t ($r_1 = 0,998$ et $r_2 = 0,912$) respectivement.
- Il existe une corrélation fortement positive entre Chl t et Car ($r = 0,931$)
- Une corrélation fortement positive entre Prot et LE ($r = 0,865$). Par contre une corrélation fortement négative entre Prot et les deux variables Poly et Tanins ($r_1 = -0,878$ et $r_2 = -0,843$) respectivement.

- On remarque une forte corrélation positive entre Poly et les deux autres variables phytochimiques Tanins et Flavo ($r_1 = 0.761$ et $r_2 = 0.756$) successivement, et négative entre Poly et LE ($r = -0.774$).
- on observe une corrélation fortement négative entre FLAV et LE (-0.757)
- Une corrélation fortement négative entre TANIN et LE (-0.880)
- Une corrélation fortement positive entre HP et LCE (0.805).
- Une corrélation fortement positive entre TH et LE ($r = 0.807$)

Tab.III₅ : Matrice des corrélations entre les vingt variables mesurées

| Matrice de corrélation (Pearson (n)): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------|---------------|---------------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------|--------|-------|--------------|----|
| Variables | TDE | TRE | SF | PSF | PROLINE | SUC | CHLA | CHLB | CHLT | Car | PROT | POLY | FLAV | TANNI | HP | LCE | LB | LE | TH | TE |
| TDE | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TRE | 0,277 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SF | 0,147 | 0,620 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PSF | 0,373 | 0,516 | 0,474 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROLINE | 0,041 | -0,078 | -0,416 | -0,228 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUC | -0,403 | 0,351 | -0,028 | 0,454 | 0,183 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| CHLA | -0,571 | -0,372 | -0,291 | -0,684 | 0,034 | 0,089 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| CHLB | -0,299 | -0,629 | -0,825 | -0,837 | 0,345 | -0,160 | 0,717 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| CHLT | -0,483 | -0,527 | -0,576 | -0,813 | 0,189 | -0,026 | 0,939 | 0,912 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Car | -0,313 | -0,614 | -0,807 | -0,828 | 0,314 | -0,135 | 0,751 | 0,938 | 0,931 | 1 | | | | | | | | | | |
| PROT | -0,337 | -0,159 | 0,525 | -0,334 | -0,135 | -0,430 | 0,178 | -0,158 | 0,027 | -0,164 | 1 | | | | | | | | | |
| POLY | 0,608 | 0,366 | -0,133 | 0,619 | -0,171 | 0,257 | -0,462 | -0,240 | -0,389 | -0,230 | -0,878 | 1 | | | | | | | | |
| FLAV | 0,806 | -0,132 | -0,313 | 0,320 | 0,015 | -0,221 | -0,355 | 0,031 | -0,193 | 0,025 | -0,649 | 0,756 | 1 | | | | | | | |
| TANNI | 0,261 | -0,216 | -0,649 | 0,199 | -0,118 | 0,108 | -0,252 | 0,229 | -0,035 | 0,223 | -0,843 | 0,761 | 0,680 | 1 | | | | | | |
| HP | -0,019 | 0,649 | 0,655 | 0,536 | -0,351 | 0,543 | 0,123 | -0,511 | -0,179 | -0,480 | -0,042 | 0,228 | -0,153 | -0,307 | 1 | | | | | |
| LCE | 0,360 | 0,722 | 0,502 | 0,752 | 0,038 | 0,593 | -0,295 | -0,623 | -0,480 | -0,536 | -0,348 | 0,526 | 0,211 | -0,078 | 0,805 | 1 | | | | |
| LB | 0,010 | 0,226 | -0,490 | -0,187 | 0,064 | 0,335 | 0,358 | 0,491 | 0,452 | 0,514 | -0,736 | 0,511 | 0,216 | 0,509 | 0,142 | 0,114 | 1 | | | |
| LE | -0,498 | 0,051 | 0,616 | -0,259 | -0,270 | -0,086 | 0,455 | -0,148 | 0,195 | -0,125 | 0,865 | -0,774 | -0,757 | -0,880 | 0,383 | -0,081 | -0,439 | 1 | | |
| TH | -0,377 | 0,138 | 0,077 | -0,589 | -0,298 | -0,325 | 0,267 | 0,220 | 0,265 | 0,219 | 0,373 | -0,403 | -0,594 | -0,245 | -0,162 | -0,541 | 0,195 | 0,352 | 1 | |
| TE | 0,196 | 0,194 | 0,236 | -0,401 | -0,447 | -0,697 | -0,020 | 0,028 | 0,002 | 0,023 | 0,306 | -0,120 | -0,123 | -0,136 | -0,166 | -0,414 | 0,087 | 0,220 | 0,807 | 1 |

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

6.2. Analyse en composantes principales (ACP)

La part de la variabilité est mieux expliquée par l'axe 1 et 2 respectivement 27.68 % et 34.70 % avec un total de 62,38%.(Fig. III₂₁)

- Les variables PSF, Chl b, Chl t ; Car et LCE sont très bien représentés dans le plan 1-2 ($r^2 < 800$).
- Les variables TRE , Chl a et Poly sont bien représentées dans le plan 1-2 ($600 < r^2 < 800$).

- Les TDE, SF, HP et TH sont moyennement représentées dans le plan 1-2 ($400 < r^2 < 600$).
 - Les variables Suc, Prot, Flavo, LE et TE sont mal présentées dans le plan 1-2 ($200 < r^2 < 400$).
 - Les variables Proline, Tanins et LB sont médiocrement présentées dans le plan 1-2 ($r^2 < 200$).
- ❖ Donc L'axe1 est bien présenté par les variables PSF, Chl b, Car ; Chl t et LCE, ce qui indique que les variétés projetées de ce côté seraient caractériser par une PSF, Chl b, CAR, CHLT. La signification de l'axe1 serait donc un axe reflétant les paramètres physiologiques.
- ❖ L'axe 2 est présenté par Prot, Tanin, Flavo, Poly et SF. La signification de l'axe2 serait donc un axe reflétant les paramètres phytochimiques

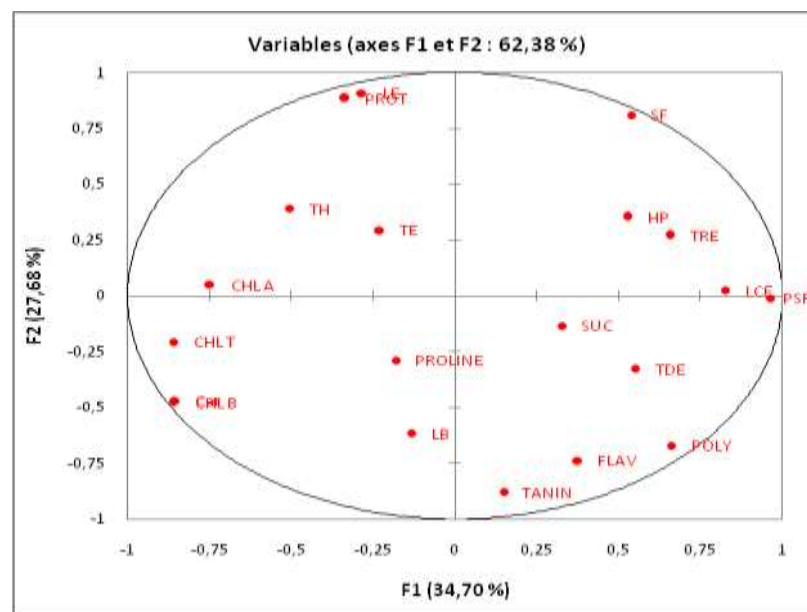


Fig.III₂₁ : Cercle de corrélation entre les différentes variables chez les sept variétés étudiés

6.3. Etude des individus (les variétés)

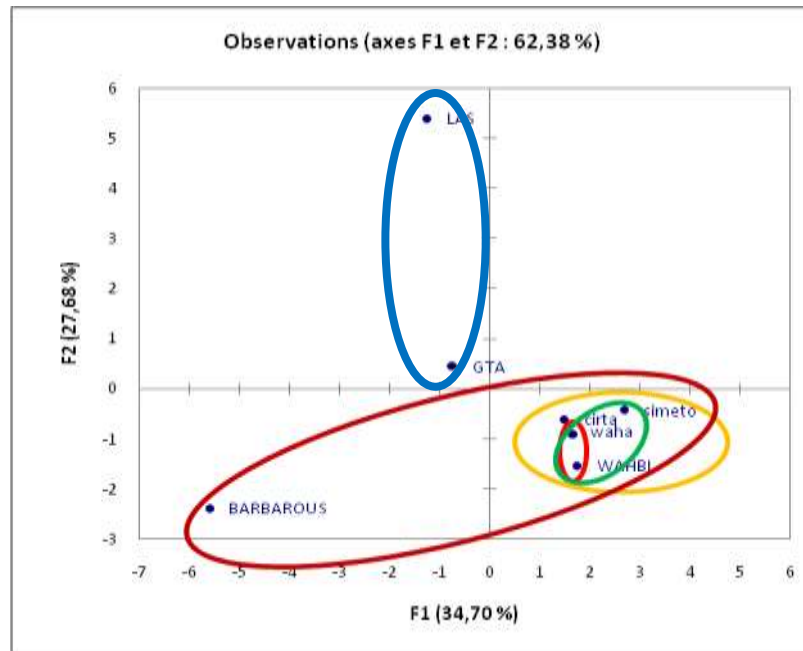


Fig. III₂₂: Représentation des individus (les variétés)

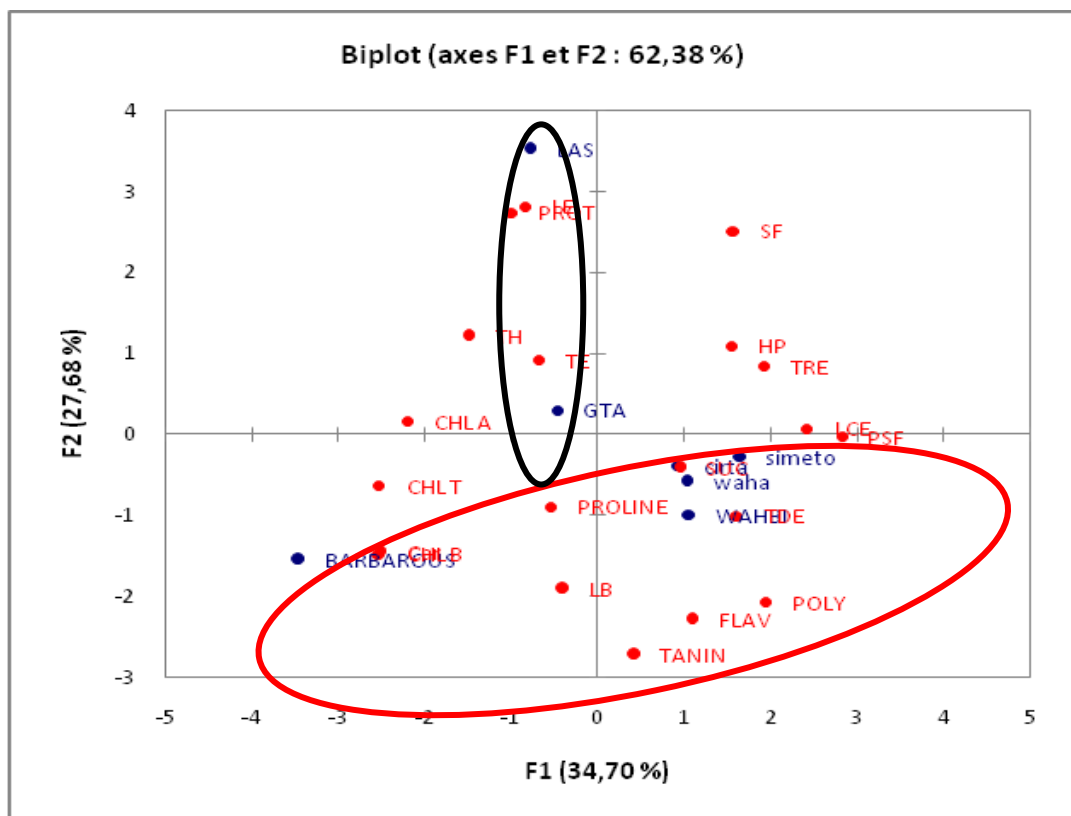


Fig. III₂₃ : Cercle De Présentation Des Sept variétés en fonction de vingt variables mesurés

7. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La matrice de proximité de similarité entre les sept variétés en fonction de leurs comportement vis-à-vis aux vingt paramètres mesurés révèle une similarité totale à 100% entre les trois variétés du blé dur avec l'orge Barbarous. Et une similarité de 99,80% entre les deux variétés Las blé tendre et Gta dur (Tab. III₆).

Tab. III₆ : matrice de similarité des sept variétés en fonction de vingt paramètres mesurés.

| Matrice de proximité (Coefficient de corrélation de Pearson) : | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-----------|
| | waha | cirta | WAHBI | simeto | GTA | LAS | BARBAROUS |
| waha | 1 | | | | | | |
| cirta | 1,000 | 1 | | | | | |
| WAHBI | 1,000 | 1,000 | 1 | | | | |
| simeto | 1,000 | 0,999 | 1,000 | 1 | | | |
| GTA | 0,995 | 0,996 | 0,995 | 0,997 | 1 | | |
| LAS | 0,997 | 0,998 | 0,997 | 0,998 | 0,998 | 1 | |
| BARBAROUS | 1,000 | 0,999 | 1,000 | 0,999 | 0,995 | 0,997 | 1 |

On se basant sur la matrice de similarité, la classification Ascendante Hiérarchique (CAH) partage les sept variétés étudiées en deux groupes (Fig.III₂₅). Le premier groupe comporte les quatre variétés de blé dur Waha, Wahbi, Simito et Cirta avec une similarité de 99,98 % entre eux avec la variété d'orge Barbarous qui se similaire de 99.93 % avec les quatre variétés blé dur.

Le deuxième groupe englobe les deux variétés Gta dur blé et Las blé tendre avec une similarité de 99.75 %.(Fig.III₂₄)

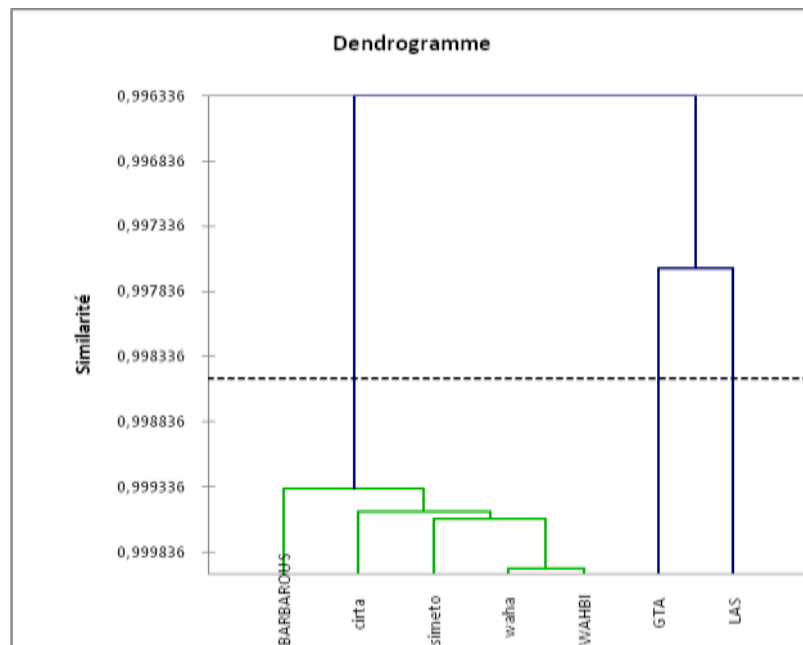


Fig.III₂₄ : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

En conclusion les deux études statistiques ACP et CAH donne la même répartition pour les sept variétés avec plus de précision avec CAH.

B. Discussion

- **Paramètres phénologiques**

L'ensemble des variétés de Blé dur présentent une durée d'épiaison de 120 à 124 jrs, c'est presque la même durée estimée par Bouraine (2010), qui a enregistré 129 jrs chez les variétés de blé dur.

Comparativement à nos variétés, la variété Las présente la durée d'épiaison la plus longue. Contrairement la variété Barbarous qui présente la durée la plus courte.

L'épiaison détermine la durée des phases de développement, auquel il joue un rôle important dans l'élaboration des composantes du rendement et dans l'évitement des effets climatiques défavorables. Selon Hadjchristodoulou, (1989), l'épiaison est souvent utilisée comme indicateur de précocité et également considérée comme un important caractère qui influence les rendements des céréales, particulièrement dans les zones où la distribution de la pluviométrie et de la variabilité des températures affectent la longueur du cycle de développement.

Donc la variété Las est la plus tardive avec une durée de 134 jrs, contrairement Barbarous est dite précoce avec une durée de 127 jrs. Cette comparaison déduit que notre étude a visé la variété la plus précoce par rapport aux autres déjà étudiées.

La précocité au stade épiaison est une composante importante d'évitement des stress de fin de cycle chez le Blé dur. L'adoption de variétés à cycle relativement court est nécessaire dans les régions arides à semi-aride compte tenu de la distribution temporelle des précipitations (Mekhlouf *et al.*, 2006). Selon Van-oosterom *et al.* (1993), les variétés assez tardives permettent d'éviter les périodes de gel tardif ; en revanche, elles subissent les effets de la sécheresse et des hautes températures de fin de cycle.

En revenant aux conditions climatiques dont nous avons réalisé notre expérimentation, l'ensemble de variétés étudiées présentent une certaine stabilité dans l'émission des tiges herbacées. Le tallage est un caractère variétal, qui en conditions favorables, pourrait renseigner sur le potentiel des variétés (Bennaceur *et al.*, 1997).

- **Paramètres morphologiques**

Les résultats obtenus pour l'ensemble des paramètres étudiés marquent la présence d'une variabilité.

D'après nos résultats la hauteur de la plante et la surface foliaire varient en fonction de la variété. La variété Cirta est notée la variété la plus longue et la variété L'as est notée la variété à grande surface foliaire. Par contre la variété Barbarous est marquée la variété la plus courte et à petite surface foliaire. La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement dans les zones arides, ceci s'expliquerait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond, ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure (Bagga *et al.*, 1970). Les plantes à enracinement superficielle et peu dense

souffrent plus du déficit hydrique que ceux à enracinement profond (El hassani et Persoons, 1994).

Les sélectionneurs ont longtemps admis que les variétés de céréales les plus tolérantes étaient des variétés à paille haute. L'existence d'une liaison positive entre la hauteur de la plante et la tolérance à la sécheresse peut s'expliquer d'une part, par l'aptitude des génotypes à paille haute à remplir le grain en cas de déficit hydrique terminal par la quantité d'assimilats stockés dans la tige et la capacité de remobiliser ces réserves (Blum, 1988).

Blum *et al.* (1991), Bahlouli *et al.* (2005), Annichiarico *et al.*, (2005) , Ehdaie *et al.* (2006) et Menad, (2009) trouvent qu'une hauteur de paille importante est une caractéristique désirable en zone semi-aride, suite à ses effets bénéfiques lors des années sèches. Ces effets sont attribués à la capacité de stockage et de transfert des substrats glucidiques pour la finition du grain. Bouzerzour et Monneveux (1992) observent que les variétés, les plus hautes, produisent un grain plus gros et elles sont plus tardives à l'épiaison. Rebetzke *et al.*, (2002) trouvent que l'importance de la hauteur sous stress est liée à la capacité de croissance du système racinaire en profondeur. De ce fait, une paille haute est souvent associée d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une meilleure capacité d'extraction de l'eau du sol. Selon (Johnson *et al.*, 1973; Adjab, 2002), les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation et maintenir un potentiel hydrique élevé. Par contre, Kirkham *et al.*, (1980), suggèrent qu'une surface foliaire réduite peut être avantageuse, du fait qu'elle réduit effectivement les pertes en eau totale de la plante. Selon Abbassenne (1997), une variété avec une faible surface foliaire est capable de faire un bon rendement grâce à une meilleure efficacité d'utilisation de l'énergie lumineuse par unité de surface foliaire

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. (Cooper *et al.*, 1983; Benmahammed *et al.*, 2008). Les résultats de Mouellef (2010) montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction de la surface foliaire. En milieux variables, la diminution de la surface foliaire peut avoir des effets bénéfiques en réduisant de la surface évaporante et celle soumise à la radiation solaire. (Cooper *et al.*, 1983 ; Benmahammed *et al.*, 2008 ; Belkherchouche *et al.*, 2009).

La corrélation entre les caractéristiques de l'épi (longueur de l'épi et la longueur des barbes) est très faible négativement, en effet, la variété Las présente la longueur de l'épi la plus élevée et la longueur de barbe très courte. Et la variété Gta dur marque une longueur de barbe très longue et la variété Simeto présente la longueur de l'épi la plus élevée.

D'après Monneveux et This, (1997), l'épi et les barbes sont des facteurs déterminants dans la tolérance au stress hydrique chez le blé par le rôle de l'épi dans la photosynthèse et de la transpiration. Quant à l'étude réalisée par Kahali, (1995), il s'avère que le rendement est lié positivement à la longueur de l'épi. En conditions de déficit hydrique, le rôle de l'épi et des barbes devient plus important que celui des dernières feuilles (Johnson et Moss, 1976) du fait de la sénescence de ces dernières; cela est particulièrement vrai chez le blé dur comme signalé par Gate *et al.*, (1993).

D'après nos résultats la longueur du col de lépi marque la plus longue chez la variété Cirta mais Barbarous est noyée la plus courte. Ce qui concorde avec Fisher et Maurer (1978), qui suggèrent que la longueur du col de l'épi a souvent été proposée comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique.

Ce caractère a toutefois un déterminisme génétique plus complexe que celui de la hauteur de la plante (El- Hakimi, 1992). Le rôle de ce caractère s'expliquerait par les quantités d'assimilats stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (Gate *et al.*, 1992). Les caractéristiques de l'épi (épi court à barbes peu développées) contribuent également à une limitation des pertes en eau (Febrero *et al.*, 1990). L'épi assure une activité photosynthétique importante au cours du remplissage du grain et sa contribution à la photosynthèse de la plante serait comprise entre 13 et 76% (Biscope *et al.*, 1975). En cas de déficit hydrique, la photosynthèse de l'épi participe relativement plus au remplissage que la feuille étendard (Bammoun, 1997).

- **Paramètres physiologiques et biochimiques**

Les résultats qu'on a obtenus étaient très différents entre les variétés et aussi entre les espèces au stade d'épiaison, l'orge est enregistré la plus grande valeur d'accumulation de proline alors que le ble tendre est le plus faible. d'après nos résultats, la teneur en proline ne dépasse pas (2 µg/mg MS) ce qui concorde avec les résultats de Balaaribi et Chaib 2006,. Chaib Et al 2016) est confirme que nos plantes sont cultivées dans des conditions favorables et qu'elles n'ont subit aucun stress hydrique.

L'accumulation rapide de proline dans ses tissus est souvent observée chez les plantes sensibles. (Martinez et al ; 1996).

On pense que l'acide aminé contribue à l'ajustement osmotique et au maintien du gradient d'eau approprié pour protéger la production cellulaire (Bry, 1997) et que l'accumulation de proline dans la cellule en réponse à la chute d'eau au milieu, permettant l'augmentation de la tension osmotique dans la cellule végétale pendant le stress.(Kavikishor,1995)

Il convient de noter que les propriétés d'accumulation de plantes stressantes peuvent souvent être considérées comme une mesure de la tolérance à la sécheresse de certains chercheurs, cette tolérance augmentant avec l'âge de la plante (Martinez1996).qui ce n'est pas notre cas durant la période de dosage de notre paramètres. Egalement c'est le même cas pour les deux autres osmotocums sucres solubles et protéines.

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Mouellef., 2010). Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez le blé. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules (Hireche., 2006). Cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats des chercheurs qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles (Zerrad et al., 2006). Différents sucres solubles peuvent être présents dans les tissus bien

hydratés, mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation. (Dubos, 2001 ; Sairam et tyagi, 2004)

La majorité de nos variétés présentent une TRE maximale, de l'intervalle 71% à 97%, ce qui explique un bon statut hydrique aux niveaux des cellules de nos plantes, qui vivent dans des conditions favorables au stade épiaison.

La caractérisation du statut hydrique d'une plante pourrait passer par la seule évaluation de la teneur relative en eau. Clarke et Mc Craig, (1982) attirent l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress. Scofield et al., (1988) notent que la teneur en eau diminue lorsque le stress augmente, mais elle diminue plus vite chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. La TRE en plus de sa relation avec le volume cellulaire reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration, le potentiel osmotique et de turgescence (Nouri, 2002).

- **Paramètres Phytochimiques**

Les résultats des paramètres phytochimiques notent que les teneurs en poly phénols et en flavonoïdes sont très convergents entre les sept variétés étudiées. La variété Waha contient plus de composés phénoliques et des flavonoïdes que les variétés de blé tendre et l'orge. Ces résultats sont proches à ceux de Amarwicz et *al.*, 2002.

Les résultats de l'étude phytochimique relèvent que nos variétés ont bien répondues par une nette accumulation des métabolites secondaires comme mécanisme de défense à cause de leurs compétitions avec les mauvaises herbes qui les entourent et leur attirent les insectes et les différents facteurs biologiques en leur causant un stress oxydatif. Ceci est dû à l'absence de traitement de sol et la protection sur champ.

Conclusion

Notre étude a porté sur trois espèces céréalières, blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordum Vulgare*), cultivées au champ à la station de l'Institut Technologiques des Grandes Cultures à el Khroub (I.T.G.C.).

Le matériel végétal est constitué de sept variétés : cinq variétés de blé dur, une variété de blé tendre et une variété orge.

Le travail est basé sur le suivi et l'analyse comparative de quelques paramètres phénologiques, morphologiques (caractères de production et d'adaptation) sur champs et la mesure des paramètres physiologiques (PSF, TRE, TDE, Chlorophylle et carotène), biochimiques (proline, sucres solubles et protéines) et phytochimiques (polyphénols, flavonoïdes, tanins) durant le stade épiaison.

Les résultats obtenus sur le plan phénologique, déterminent la préciosité chez les variétés. L'orge Barbarous est la seule variété précoce avec un cycle de vie de 127 jours. Cependant, la variété L'AS de Blé tendre est la variété tardive avec un cycle de vie de 134 jours. Alors que les cinq variétés de blé dur sont des variétés semi tardive avec un cycle de vie de 129 jours.

Les résultats morphologiques obtenus, signale que la variété LAS est la variété semi naine avec les caractéristiques d'une longueur d'épi, plus haute et une grande surface foliaire. Cirta est la variété la plus haute comparativement aux autres variétés qui sont de taille moyenne. Le tallage herbacée est marqué par une augmentation en nombre des talles par rapport au tallage épi qui est assez faible malgré les conditions climatiques favorables probablement du non traitement de la parcelle.

Par ailleurs, les résultats biochimiques montrent que les teneurs en protéine sont très convergentes entre les variétés sauf que LAS contribue avec une teneur maximale. Mais, la variété Cirta s'exprime mieux en vers les deux autres osmotocumes ; la teneur en proline et en sucres solubles.

La majorité des paramètres physiologiques (Chl a, Chl b, Chl t, TDE, TRE) ne présentent aucune anomalie ou différence entre la totalité des variétés soit les blés ou l'orge. Ils contribuent avec des teneurs élevées, ce qui marque une compagne agricole favorable, et donne probablement un bon rendement.

Les résultats des paramètres phytochimiques notent que les teneurs en poly phénols et en flavonoïdes sont très convergents entre les sept variétés étudiées. Tandis que la teneur en tanins présente une variation interspécifique et inter variétal. La variété Waha est la meilleure variété exprimant des teneurs importantes pour les trois métabolites secondaires.

La matrice de corrélation de l'ACP relève une corrélation fortement positive entre TDE et les deux variables poly et Flavo ($r_1 = 0,806$ et $r_2 = 0,608$) respectivement. Une forte corrélation négative est marquée entre SF et CHL B et Car (-0.825 ; -0.807) successivement.

Une corrélation fortement négative est observée entre PSF et les trois variables physiologiques Chl b ; Car et Chl t ($r_1 = -0.837$, $r_2 = -0.828$ et $r_3 = -0.813$) respectivement. Alors qu'elle est fortement positive entre PSF et LCE ($r = 0.792$).

Parallèlement, Une autre corrélation fortement positive est marquée entre Chl t et les deux variables Chl a et Car ($r_1 = 0,939$ et $r_2 = 0,931$) Et aussi entre Chl b et les deux autres variables physiologiques Car et Chl t ($r_1 = 0.998$ et $r_2 = 0.912$) respectivement.

Une corrélation fortement positive est marquée entre LE et prot ($r = 0.865$). Et fortement négative avec les Poly, flavo et Tanins ($r_1 = -0.878$; $r_2 = 0.756$ et $r_3 = -0.843$) respectivement,

Conclusion

La part de la variabilité est bien expliquée par les deux axes avec un total de 62,38%. L'axe 1 reflète les paramètres physiologique (Chl b ; Chl t ; Car et PSF) et l'axe 2 reflète les paramètres phytochimiques (Poly, Flavo et Tanins).

La classification Ascendante Hiérarchique (CAH) partage les sept variétés en deux groupes bien distingués : Le premier groupe comporte les quatre variétés de blé dur Waha ; Wahbi ; Simeto et Cirta avec similarité de 99,98% et les variétés GTA DUE et LAS est présenté dans le deuxième groupe avec une similarité de 99.75%.

Abbassenne F., (1997). Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse magister, INA Alger, 81p.

Adjab M., (2002). Recherche des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au stress hydrique chez différents géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister, faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 84 p.

Agrios, G.N. (1997) Control of Plant Diseases. In: Plant Pathology, 4th Edition, Academic Press, San Diego, 200-216.

Araus J. L., Ali Dib T. et Nachit M. 1998. Some insights into morphological traits associated with cereal yield increases in Mediterranean environments. In: Proceeding of SEWANA, ICARDA: 139-157.

Arraouadi S., Badri M., Zitoun A., Huguet T., and Aouani M. E., (2011). Analysis of NaCl Stress Response in Tunisian and Reference Lines of *Medicago truncatula* Russian Journal of Plant Physiology. 58, 316–323 p.

B. Nasraoui. , 2006 . Les champignons parasites des plantes cultivées. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 456p.

Barrs H. (1968). Determination of water deficit in plant tissues. In: water deficit and plant

Battinger R., (2002). La photosynthèse , Educagri éditions, Dijon .

Ben Naceur M., Gharbi M.S. et Paul R., (1999). L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. Sécheresse.10 :27- 33 p.

Berthod A; Billardello B; Geoffray S. (1999). Polyphenols in countercurrent chromatography. An example of large scale separation1 analysis. Analysis, 27, 750-757.

Blum A., (1988).Plante breeding for stress environments.CRC Press. Eds., 223

Boizot N., and Charpentier .J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. Le cahier des techniques de l'Inra. pp 79-82. (cited in DjemaiZoueglache S, 2008).

Bonjean A, Picard E., 1991. Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé ; Poitiers : Aubin imprimeur, 1991.Poitiers

Boudjouraf, Bouchakout, bouchamaet Benyaani , 2018, laboratoire de biochimie

Boulelouah N. (2002). Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.

Boulelouah N. (2002). Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.

Bousba R., Ykhlef N., et Djekoun A., (2009). Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.- Karima K., Louhichi B., (2012). Réponse Physiologique au Stress Hydrique de Variétés de Blé Tendre (*Triticum Aestivum* L.) Cultivées en Algérie.

Bouzerzour H. et Hafsi M., (1993). Diagnostic du comportement variétal du blé dur dans les hautes plaines sétifiennes. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier, France. Ed. INRA, Paris, 64: 205-215 p.

Brisson N., (1996). Bien remplir le grain. Sécheresse : la tolérance variétale. Colloque perspectives blé dur. Toulouse Labège, 152p .

Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. médicales internationales Editions Technique et documentation, Cachan, (S.I). pp647-673 .

Clarck J.M & Mac-Caig T.N. 1982. Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Canada Journal Plant Science* 62, 571-576.

Clement Grancourt et Prats. (1971). Les céréales. Ed. J.B. Bailliers et Fils, 360p. (Monneveux, 1991 ; Brisson, 1996).

cnrs.fr, 15 novembre 2011

Cornuet P., 1987. Eléments de virologie végétale .INRA ,145 rue de l'Université ,75007 Paris. 206p

Dalida. B, 2019 les grandes cultures en algerie ,un centre des diversité non négligeable, publié dans le magreb 17_11_2019).

doussinault G., Kaan F., Lecomte C. et Monneveux P. 1992. Les céréales à paille présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp. 13- 21

El Hakimi (1992), Hakimi M. 1993. L'évolution de la culture de l'orge : le calendrier climatique traditionnel et les données agro météorologiques modernes. *In the agrometeorology of rainfed barley-based farming systems. Proceeding of an International symposium. Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D. 157 – 166.* (Morgan, 1983 ; Blum, 1989)

El Jaafari, S. et Paul, R. (1993). Accumulation foliaire de proline et résistance à la sécheresse chez le blé *Triticum aestivum* L.). *Arch. Int. Physiol. Biochem. Biophys.*, 101 : B8

El Yamani M., 1992. Etude de la jaunisse nanisante de l'orge et description synoptique des maladies à virus des céréales au Maroc. Mémoire pour le concours de l'ingénieur en chef. INRA – Maroc. 67p.

Feild TS; Lee DW; Holbrook NM. (2001). Why leaves turn red in autumn. The role of anthocyanins in senescing leaves of red-osier dogwood. *Plant Physiol* , 127:566-574

Fellah A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Djekoun.2002. Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*T. durum*Desf.). *Actes de l'IAVHIII*,**64**: 35-42 .Pelletier (2013),

Finlay KW, Wilkinson GN (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust J Agric Res* 14, 742-754.

fr.m.wikipedia.org

Gate P. (1995). Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.

Gate P. (1995). Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.

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

Geigy C., et Nathan, A. 1985. Maladies des céréales et du Mais. Edition. Agri-Nathan. France. 96 pp.Weise, 1987 ; Nasraoui., 2006

Gherbali D., 2003. Effet du stress abiotique sur les caractéristiques phénomorphologiques de l'orge (*Hordeumvulgare*L.). *Céréaliculture*,n°39.PP45-48

Giban, M., Minier, B., Malvosi, R. 2003. Stades du blé ITCF.ARVALIS. Institut du végétale. Pp 68.

Grain yieldresponses. *Aust, J, Agri, Res, 29: 105-912.*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.

Growth. Koslowski t. (Ed). Academy Press, New York, pp: 235-238.

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.

Hadria, R. 2006. Adaptation et spatialisation des modèles strics pour la gestion d'un périmètre céréalier irriguée en milieu semi aride. Thèse de doctorat. univ Cadi AYYAD Samlalia.

Hamadache A.M., (2001). Manuel illustré des grandes cultures à l'usage des valorisateurs .

Hansen, J., M. Sato, J. Glascoe, and R. Ruedy, 1998: A common sense climate index: Is climate changing noticeably? *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **95**, 4113-4120
Hikosaka *et al.*, 2006).

Hikosaka K., Ishikawa K., Borjigidai A., Muller O. et Onoda Y., (2006). Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* **57** : 291-302 p.

Hopkins William G., (2003). *Physiologie végétale*. Deuxième édition. 460-464 p .

https://f(Battinger, 2002).

I.T G.C. 2018 El Khroub, Constantine

Jeantet, R., Croguenne, T., PSchuck, P and Gerard Brulé.2007 : *Science des aliments : Biochimie Microbiologie, procédés produits* Pp138-159.

Johnson R.R. et Moss D.V. (1976). Effect of water stress on photosynthesis and transpiration of flag leaves and spikes of barley and wheat. *Crop. Sci.*, **14**(5): 728-731.

Kacperska A., (2004). Sensor types in signal transduction pathways in plant cells responding to abiotic stressors: do they depend on stress intensity *physiologia plantarum* **122**, 168 p.

Kanoun K. (2011). Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhene) de la région de Tlemcen (Honaine). Thèse de magister de l'université de Tlemcen.

Karou M., El hanfid R., Smith D.H. et Samir K., (1998). Physiological attributes associated with earlyseason drought resistance in spring durum wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.*, **78**, 227-237 p.

Karou, M., Haffid, R., Smith, D. N., & Samir, K. (1998). Roots and growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early-season drought. *Agronomy*, **18**: 181- 186.

Kirkham M.B., Smith E.L., Dhansobhan C. and Drake T.I., (1980). Resistance to water loss of winter wheat flag leaves. In: Genotypic variability in physiological characters and its relation to drought tolerance in durum wheat (Gummurus). *Can. J. Plant sci* (1989), **69**: 703-711

Le poivre P. et Semal J., 1989. *Cultures de tissus et phytopathologie. Traité de pathologie végétale*". pp 455-464. Presse Agronomique de Gembloux.

Le poivre P., 2003. *Phytopathologie*. Edition De Boeck Université, Belgique, 427 p.

Macheix JJ ; Fleuriet A ; Jay-allemant C. (2005). les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique , 1^{ère} édition , presses

polytechniques et universitaires romandes , lausanne bio ed 54-65. □ Ribéreau-Gayon P. (1964). Les composés phénoliques du raisin et du vin. Les flavonosides et les anthocyanosides. Ann. Physiol. Vég., 6: 211-242.

Marrakech., Gherbali D., 2003. Effet du stress abiotique sur les caractéristiques phénomorphologiques de l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Céréaliculture, n°39. PP45– 48

Matkowski, A. (2006). Plant phenolic metabolites as antioxidants and antimutagens. In: Blume Y, Smertenko P, Durzan DJ (eds.) UV Radiation, Nitric Oxide and Cell Death in Plants. NATO Life Science Monographs, Vol. 376, IOS Press, Amsterdam, pp: 129-148.

Mayer, 2012 (Klaus F. X. Mayer, Robbie Waugh, Peter Langridge, Timothy J. Close, Roger P. Wise, Andreas Graner et Takashi Matsumoto, « *A physical, genetic and functional sequence assembly of the barley genome* », *Nature*, vol. 491, 29 novembre 2012, p. 711–716).

Mekliche H.L., (1983). Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tender cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El Harrach, 150 p.

Meyer M., 1989. Les viroses de l'orge .Phytoma .Défenses des végétaux .411, pp.21-23

Middleton EJ; Kandaswami C; Theoharides TC .(2000) .The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol Rev* 52: 673-751. □ Guignard JL. (1996). Abrégé de biochimie végétale, Ed. Masson, Paris, p : 160 .

Monneveux P (1991) Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? In: L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides AUPELF - UREF, ed) John Libbey Eurotext, Paris, 165-186

Moule, C. 1980. Les céréales. Ed. La maison rustique, pp57.

Moule,« les céréales ».maison rustique,1980,235p.

Nasraoui B., 1996. Choix des variétés. In : Cultures du blé et de l'orge dans les régions semi-arides de la Tunisie. E.S.A.K 1996 : 5-6.

Niemenak N., Rohsius C., Elwers S., Ndoumou D.O., Lieberei R. (2006): Comparative study of different cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones in terms of their phenolics and anthocyanins contents. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 612–619.

Nouri L., Ykhlef N. et Djekoun A., (2002).Ajustement osmotique et comportement hydrique chez certain variétés du blé dur ; relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire IIIèmes journées scientifiques sur le blé. Univ. Mentouri Constantine Algérie.

PP 233 – 243.

Rappily ,F., Lemaire, J. M.et Cassini, R. 1971. Les principales maladies cryptogamiques des cereales. INRA, Dept. Path. Vege ; 189 pp.

Ribéreau-Gayon P. (1964). Les composés phénoliques du raisin et du vin. Les flavonosides et les anthocyanosides. Ann. Physiol. Vég., 6: 211-242.

Ribéreau-Gayon p., 1968. Les composés phénoliques des végétaux, Dunod Éd. Paris.

Sayoud, R., Ezzahiri, B et Bouznad, Z., 1999. Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. ITGC, Alger

Scofield T., Evans J., Cook M. G. et Wardlow I. F., (1988). Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. Australian Journal of Plant physiology. the rate and duration of grain filling in wheat. Australian Journal of Plant physiology. 4: 785 - 797 p

Semiani M., (1997). Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de 2 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Rech. Agr., 23-32 p, INRA

Siakhène N., (1984). Effet du stress hydrique Sur quelques espèces de luzerne Annuelle. Mémoire ing Agr. INA. El Harrach : 90 p.

Singleton VL, Rossi JA 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Viticult 16: 144-158.

Soltner D., 2005 - Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles.

Soltner, D.2005. les grandes productions végétales.20ème.Ed.CCTA .Pp20-140

Soltner., 2007,les bases de la production végétales

UBSC (mapview, «*Hordeum vulgare (barley)* », sur National Center for Biotechnology Information (NCBI) (consulté le 18 novembre 2016).). université mentouri constantine

Weckber G. ,Cory J.G. ;1988 : Ribonucleotide reductase activity and growth of glutathion depleted mouse leukemia L 1210 cells in vitro ; 40 :257-264p

Ykhlef N., (2001). Photosynthèse, Activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* ; Desf). Thèse de doctorat. Univ. Mentouri . Constantine.

Zhishen, J., Mengcheng ,T., Jianming, W., (1999): The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, Food Chem, 64: 555- 559.

Résumé

Notre étude est menée au champ à la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures à el Khroub. Les différents dosages sont effectués au laboratoire de Biochimie Université Frère Mentouri Constantine. L'étude a porté sur cinq variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*), une variété de blé tendre (*Triticum aestivum*) et une orge (*Hordum Vulgare*). Le travail se base sur le suivi des caractères phénologiques, morphologiques (caractères de production et d'adaptation), physiologiques (PSF, TRE, TDE, Chlorophylle et carotène), biochimiques (proline, sucres solubles et protéines) et phytochimiques (polyphénols, Flavonoïdes et Tanins) durant le stade épiaison. Les résultats phénologiques déterminent la précocité des différentes variétés. La variété Barbarous d'orge est la variété précoce. Cependant, la variété LAS de blé tendre est la variété tardive. Alors que les restes des variétés de blé dur sont des variétés semi tardives. L'étude du comportement variétale sur la morphologie des céréales révèle que la variété L'AS, semi naine se caractérise par la longueur d'épi, la plus haute et la grande surface foliaire. A propos des résultats biochimiques, La variété Cirta s'exprime mieux en vers les deux autres osmotocums ; la teneur en proline et en sucres solubles. Par contre, la variété Waha est la meilleure variété exprimant des teneurs importantes des trois métabolites secondaires. La part de la variabilité est bien expliquée par les deux axes avec un total de 62,38%. L'axe 1 reflète les paramètres physiologiques et l'axe 2 reflète les paramètres phytochimiques. La classification Ascendante Hiérarchique (CAH) classe les sept variétés étudiées en deux groupes ; le premier groupe comporte les quatre variétés de blé dur Waha, Wahbi, Simeto et Cirta avec similarité de 99,98% et les variétés Gta dur et LAS est présenté dans le deuxième groupe avec une similarité de 99,75%.

Mots clés : Blé dur (*Triticum durum Desf.*), Blé tendre (*Triticum aestivum*), Orge (*Hordum Vulgare*), Phénologiques, Morphologiques, Biochimiques, Phytochimiques, Physiologiques, Epiaison.

ABSTRACT

Our study is conducted in the field at the experimental station of the Technical Institute of Field Crops in El Khroub. The different dosages are carried out at the laboratory of Biochemistry University Brother Mentouri Constantine. The study covered five varieties of durum wheat (*Triticum durum Desf.*), A variety of common wheat (*Triticum aestivum*) and a barley (*Hordum Vulgare*). The work is based on the monitoring of phenological, morphological (production and adaptation characteristics), physiological (PSF, TRE, TDE, Chlorophyll and carotene), biochemical (proline, soluble sugars and proteins) and phytochemical (polyphenols, Flavonoids) characters. and Tannins) during the heading stage. The phenological results determine the precocity of the different varieties. Barbarous variety of barley is the early variety. However, the LAS variety of soft wheat is the late variety. While the remains of durum varieties are semi-late varieties. The study of the varietal behavior on the morphology of cereals reveals that the variety AS, semi-dwarf is characterized by the length of ear, the highest and the large leaf surface. About the biochemical results, the variety Cirta expresses itself better towards the two other osmoticumes; the content of proline and soluble sugars. On the other hand, the variety Waha is the best variety expressing important contents of the three secondary metabolites. The share of variability is well explained by the two axes with a total of 62.38%. Axis 1 reflects the physiological parameters and Axis 2 reflects the phytochemical parameters. The Hierarchical Ascending Classification (CAH) classifies the seven varieties studied into two groups; the first group comprises the four varieties of Waha, Wahbi, Simeto and Cirta durum wheat with similarity of 99.98% and the Gta hard and LAS varieties is presented in the second group with a similarity of 99.75%.

Key Words: Hard Weat(,(*Triticum durum*)Common Weat(*Triticum aestivum*), Barley(*Hordum Vulgare*), Phenological, Morphological, Physiological, Biochemical, Phytochemical, Wheat, Heading Stage

ملخص

أجريت دراستنا في الحقل في المحطة التجريبية للمعهد الفني للمحاصيل الحقلية في الخروب، تم إجراء مختلف التحاليل في مختبر الكيمياء الحيوية بجامعة الإخوة منتوري قسنطينة. تمت الدراسة على خمسة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum*)، صنف من القمح اللين (*Triticum aestivum*) ، وصنف من الشعير (*Hordum vulgare*). اعتمد العمل على المعايير الفينولوجية ، المرفولوجية (خصائص الإنتاج والتأقلم)، الفيسيولوجية (TDE , Chlorophylle, carotène) ، البيوكيميائية (proline, Sucres solubles , Protéines) والكيمياء النباتية (Tanins, Flavonides, Polyphenoles) خلال مرحلة الأسبال. تحدد النتائج الفينولوجية تكبير الأصناف المختلفة، الصنف الشعير Barbarous هو الصنف المبكر. و القمح اللين L'AS هو الصنف المتأخر، في حين أن أصناف القمح الصلب هي الشبه متأخرة.

تكشف دراسة سلوك الصنف على مورفولوجيا الحبوب أن الصنف L'AS نصف قزم ، يتميز بطول السنبلة وأكبر مساحة ورقية.

بالنسبة للنتائج البيوكيميائية، يعبر الصنف Cirta عن نفسه بشكل أفضل اتجاه الأسموزيين الآخرين، محتوى البرولين و السكريات الذائبة. و يكون صنف Waha أفضل صنف بمحتوياته لتزويده على مهمة من نواتج الأيضات الثانوي.

وضح التباين بشكل جيد من قبل المحورين بإجمالي 62.38%. يمثل المحور 1 المعلمات الفيسيولوجية ويعكس و يمثل المحور 2 المعلمات الكيميائية النباتية.

يصنف التصنيف التصاعدي الهرمي CAH الأصناف السبعة المدروسة إلى مجموعتين تشمل المجموعة الأولى على أربعة أصناف من القمح الصلب Waha ، Wahbi ، Simeto و Cirta و الشعير Barbarous بتشابه بنسبة 99.98% بينما يتم ضم الأصناف dur Gta و L'AS في المجموعة الثانية بنسبة تشابه 99.75%.

الكلمات المفتاحية : قمح صلب *Triticum Durum* ، قمح لين *Triticum aestivum* ، شعير *Hordum vulgare* ، الفينولوجي، المورفولوجي، البيوكيميائي، الكيمياء النباتية، الفيسيولوجي، الأسبال

Année universitaire : 2018/2019

Présenté par : BENGUEDOUAR AMIRA

AYED NOUR ELHOUDA

Intitulé :

Etude du comportement variétale de sept variétés de blé(*Triticum*) et orge (*Hordeum*) cultivé au champ : stade épiaison

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biodiversité et physiologie végétale

Résumé

Notre étude est menée au champ à la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures à el Khroub. Les différents dosages sont effectués au laboratoire de Biochimie Université Frère Mentouri Constantine. L'étude a porté sur cinq variétés de **blédur** (*Triticum durum* Desf.), une variété de **blétendre** (*Triticum aestivum*) et une **orge** (*Hordum Vulgare*). Le travail se base sur le suivi des caractères phénologiques, morphologiques (caractères de production et d'adaptation), physiologiques (PSF, TRE, TDE, Chlorophylle et carotène), biochimiques (proline, sucres solubles et protéines) et phytochimiques (polyphénols, Flavonoïdes et Tanins) durant le stade épiaison. Les résultats phénologiques déterminent la précocité des différentes variétés. La variété Barbarous d'orge est la variété précoce. Cependant, la variété LAS de blé tendre est la variété tardive. Alors que les restes des variétés de blé dur sont des variétés semi tardives. L'étude du comportement variétale sur la morphologie des céréales révèle que la variété L'AS, semi naine se caractérise par la longueur d'épi, la plus haute et la grande surface foliaire. A propos des résultats biochimiques, La variété Cirta s'exprime mieux en vers les deux autres osmotocums ; la teneur en proline et en sucres solubles. Par contre, la variété Waha est la meilleure variété exprimant des teneurs importantes des trois métabolites secondaires. La part de la variabilité est bien expliquée par les deux axes avec un total de 62,38%. L'axe 1 reflète les paramètres physiologiques et l'axe 2 reflète les paramètres phytochimiques. La classification Ascendante Hiérarchique (CAH) classe les sept variétés étudiées en deux groupes ; le premier groupe comporte les quatre variétés de blé dur Waha, Wahbi, Simeto et Cirta avec similarité de 99,98% et les variétés Gta dur et LAS est présenté dans le deuxième groupe avec une similarité de 99.75%.

Mots clés : Blé dur (*Triticum durum* Desf.), Blé tendre (*Triticum aestivum*), Orge (*Hordum Vulgare*), Phénologiques, Morphologiques, Biochimiques, Phytochimiques, Physiologiques, Epiaison.

Laboratoire de recherche : Développement et Valorisation des Ressources phytogénétique

Jury d'évaluation :

Président du jury
Rapporteur
Examineurs

Pr. BAKA M
Dr . CHAIB G (MCA).
Dr . DJEROUNI A (MCB).

Université FMC 1
Université FMC 1
Université FMC 1

Date de soutenance : 14/07/2019