



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

Université de frères Mentouri Constantine

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

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 champs :stade tallage**

Présenté et soutenu par: Amireche Amira

Chibane Khawla

Jury d'évaluation :

Président du jury

Rapporteur

Examineurs

Dr. CHIBANI S. (MCA)

Dr. CHAIB G. (MCA)

Dr. ZAGHAD N. (MCB)

Université Constantine1

Université Constantine1

Université Constantine1

Année universitaire

2018/ 2019

Remerciement

Nous remercions Dieu pour nous avoir donné la force, la santé, la patience, les moyens et l'aide afin que nous puissions accomplir ce modeste travail.

*Louange à **ALLAH** de nous avoir guidés vers le droit chemin.*

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à **NOS PARENTS** qui nous ont motivé et encouragé à continuer vers un meilleur venir.*

*Nous voudrions remercier du fond du coeur notre chère encadreur **Mme CHAIB GHANIA**, qui a encadré cette étude au quotidien. Elle fut toujours présente, en particulier lorsque nous sommes confrontées au doute, nous lui serons reconnaissantes pour : sa grande disponibilité, son ouverture d'esprit, son dynamisme et son optimisme, ainsi que pour ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou tout simplement humains.*

*J'adresse tous mes remerciements à **Mr. SAKHRI Mohammed El Haddi** directeur d'ITGC el Kroub, Constantine qui nous a reçus à son Institut et a accepté de nous guider, de nous orienter. Ainsi que son équipe qui nous a facilité le travail*

*Au même titre, nous transmettons nos vifs remerciements à **Dr. CHIBANI SALIH.**, maitre de conférence A Université Mentouri Constantine pour avoir eu l'amabilité et la bienveillance de présider le jury, Aussi **Dr. ZAGHAD NADIA** pour avoir accepté d'examiné 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 chef départements Biologie et Ecologie Végétale **Mr. BAKA MEBAREK** sur ses conseils.*

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.

Toute nos gratitude à nos collègues de promotion ainsi qu'à d'autres étudiants.

Dédicace

C'est grâce à Allah que j'ai eu le courage et la force d'accomplir ce modeste travail.

Je dédie ce travail à celui que je ne pourrais jamais remercier assez, à mon **PAPA**, « **AZZOUZ** » Aucune dédicace ne serait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai toujours eu pour vous, ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu a consentis pour mon éducation et ma formation.

*Aucune dédicace ne serait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérite pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner. Affable, honorable, aimable : **MAMAN** « **FATIHA** » tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*Un spéciale Dédicace à ma grand mère **Mama Drifa** je pris Dieu de te protéger*

A Mon Très Cher fiancé,

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

A mon très cher frère

***YOUCEF** et très cher frère **OMAR** et mon neveu **AYHAM MOUATAZ BI ALLA** et ma belle sœurs **ASMA**, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.*

A Mes chères soeurs

***MERIEM, FADILA, AMINA** et leurs jeunes anges **HIBAT EL-RAHMANE, GHOUFRANE NADA, AHMED EL WASSIM, HIND MIREL** En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Malgré la distance, vous êtes toujours dans mon cœur. Je attachement, ton aide, tes conseils et tes encouragements m'ont permis de réussir mes études*

*un grand r **Dédicace** à mon baux père **RABEH AMIRECHE** et ma belle mère **DJAMULA AMIRECHE** , je pris Dieu de te protéger et de prendre soin .*

*un grand r **Dédicace** à mon baux frères **MOURAD, MOUAMEN, GHANOU** Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*Mes chères amies **ROUMAISSA, ROUMAISSA, BALKIS, MOUNA, NOR, AMIRA, SALWA, MANEL, RAYEN** et **SABRINA** Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur*

AMIRA

DEDICACES

Du profond de mon cœur , je dédie ce travail a tous ceux qui me sont chers

A ma cher **MERE** et mon cher **PÈRE**

Vous m'avez donné la vie ,tendresse et le courage pour réussir tout ce que je peux vous offrir ne pourra exprimer

L'amour et la reconnaissance que je vous porte.

Mon cher marie **FERES**

Tu es toujours préoccupé de moi en m'octroyant un soutien morale inestimable et apaisé.

Vous m'avez constamment annoncé de bonnes nouvelles.

Merci pour tout.

Et mon petit cher fis **AHMED YAZEN**

Que je l'adore

A mes frères,

AMINE et sa femme

Et mon frère **BORHANE**.

Je veux les dire que je vous aime beaucoup et j'espère que vous trouverez vos

bonheurs dans les années à venir.

A Ma petit sœur chérie **MARWA**

Ta présence a mes cotés m'a toujours donné l'ipression d'etre proche de toute la famille .

sans toi ma vie ne serait que simple.

Je voudrais t'exprimer à travers ces quelque lignes tout l'amour et toute l'affection

que j'ai pour toi.je t'aime petite sœur

Résumé

Notre étude a porté sur trois espèces céréalières, **blé dur** (*Triticum durum* Desf.), **blé tendre** (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordum Vulgare*), cultivés au champ sous conditions environnementales à l'I.T.G.C. Le matériel végétal est constitué d'une collection de cinq blés durs, un blé tendre et une orge, cultivés au champ. Le travail est basé sur le suivi et l'analyse comparative des paramètres phénologiques, morphologiques sur champs et la mesure des paramètres physiologiques (PSF, TRE, TDE, Chlorophylle et carotène), biochimiques (proline, sucres solubles et protéines) et phytochimiques (polyphénols, Flavonoïdes et Tanins) durant le stade tallage. Les résultats phénologiques classent les variétés en trois groupes : précoce, semi tardive et tardive. Les résultats des paramètres physiologiques représentent une dégradation en pois spécifique foliaire et la teneur de déperdition en eau chez tout les variétés, Par contre la chlorophylle a, b, total et la caroténoïde représentent une augmentation chez les sept variétés. les teneurs la plus élevé enregistrés chez les variétés Waha et Simeto de blé dur. Les résultats des paramètres morphologiques, nous permis de constater que Simeto est une variété semi naines. Les deux variétés Cirta et Gta dur sont des variétés hautes. La variété Cirta se caractérise par les moyennes maximales de la longueur d'épi, la longueur des barbes et la longueur de col d'épi . Les résultats des paramètres biochimiques déclarent que les deux variétés Barbarous et Gta dur s'expriment mieux aux paramètres proline, sucres solubles et protéines respectivement. Les résultats des paramètres phytochimiques notent que la variété Gta dur présente une meilleur teneur pour les trois métabolites secondaires. La part de la variabilité est mieux expliquée avec un total de 60,65%. L'axe 1 présente les paramètres physiologiques. Tandis que, l'axe 2 présente les paramètres morphologiques. La classification Ascendante Hiérarchique (CAH) partage les sept variétés en deux groupes bien distingués.

Mots clés :

blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordum Vulgare*), tallage, phénologiques, morphologiques, biochimiques, phytochimiques, physiologiques.

ملخص

شملت دراستنا ثلاثة أنواع من الحبوب: خمسة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)، صنف من القمح اللين (*Triticum aestivum*) وصنف من الشعير (*Hordeum Vulgare*) مزروعة في الحقل تحت الظروف الطبيعية بمحطة التجارب الحقلية للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى الخروب.. يركز العمل على متابعة الخصائص و التحليل المقارن للخصائص الفينولوجية، المورفولوجية، في الحقل و قياس الخصائص الفيزيولوجية (proline, sucres solubles et protéines) ، البيوكيميائية (PSF, TRE, TDE, Chlorophylle et carotène) و الفيتو كيميائية (polyphénols, Flavonoïdes et Tanins) خلال مرحلة التفرع. سمحت النتائج الفينولوجية بتقسيم الأنواع إلى ثلاثة مجموعات : مبكرة، متأخر وشبه متأخر. نتائج الخصائص المورفولوجية بينت أن Simeto صنف شبه قزم، لكن الصنفان Cirta و Gta هما صنفان طويلان. تميز الصنف Cirta بمعدلات قصوى للطول السنبلية، طول السفا و طول عنق السنبلية. تمثل نتائج الخصائص القيسيولوجية تذبذبا في كل من الوزن النوعي للورقة و النسبة المئوية لفقدان الماء في جميع الأصناف، في حين يسجل الكلوروفيل، ب، الكلي و الكروتينات محتويات معتبرة عند جميع الأصناف. تعلن نتائج البيوكيميائية ان الصنفين Barbarous و Gta dur يعبران بشكل أفضل عن المعيارين البرولين، السكريات الذائبة و البروتينات. تسجل النتائج الفيتو كيميائية أن الصنف Gta dur يمثل أحسن محتويات نواتج الأيض الثانوي الثلاث. تفسر نسبة التباين بشكل أفضل بمجموع 60,65%. يمثل المحور 1 الخصائص الفيسولوجية، في حيني مثل المحور 2 الخصائص المورفولوجية، La classification Ascendante Hiérarchique (CAH) يقسم الترتيب التنازلي التدريجي الأصناف السبعة إلى مجموعتين متميزتين.

الكلمات المفتاحية :

القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) و الشعير (*Hordum Vulgare*) ، القمح اللين (*Triticum aestivum*)، فينولوجية، مورفولوجية، فيزيولوجية، بيوكيميائية و فيتوكيميائية.

ABSTRACT :

Our study focused on three species of cereals, durum wheat (*Triticum durum* Desf.), Common wheat (*Triticum aestivum*) and barley (*Hordum Vulgare*) cultivated at the experimental station of the El Khroub Field Crops Technical Institute. The plant material consists of a collection of seven hard wheat, Three soft wheat and three barley grown in the field. The work is based on the monitoring of phenological and morphological characters was followed during phase of the plant's life cycle Tallage. The physiological parametres (PSF, TRE, TDE, Chlorophylle et carotène), biochemical (proline,soluble sugars and protienes), phytochemical (polyphenols, Flavonoïdes et Tannins).The phenological results classify varieties in three groups: early, semi late, late. The study of the varietal behavior on the morphology we permit by observe Simeto is semi dwarf varietie. The two varieties Cirta and Gta dur was talls, The varieties Cirta be characteristic through the moyens maximal of the length spike, The length barber and the length collar spike. The results of the biochemical parameters declare that two varieties Barbarous and Gta dur express themselves better with the parameters proline,soluble sugars and protienes respectivements .The results of the phytochemical parametres indicate that the Gta dur vairy has a better content for the three secondary metabolites.The share of variability is best explained with a total of 60,65: Axis 1 presents the physiological parametres. The axis 2 presents the morphological parametres. The Ascending Hieratic Classification (CAH) shares the seven varieties into two distinct groups.

Key words: durum wheat, (*Triticum durum* Desf.), soft wheat (*Triticum aestivum*), barley (*Hordum Vulgare*), phenological, morphological, biochemical, phytochemical

Abréviations

D.J	Degrés jours
C°	Degrés Celsius
T1	La première talle
Qx	De quintaux
RWC	Test de la turgescence
G	Gramme
Cm	Centimètre
Min	Minute
VMJB	Virus de la mosaïque jaune du blé
VMB	Virus de la mosaïque du blé
JNO	La jaunisse nanisante de l'orge
TH	Nombre de talles herbacées
TE	Nombre de talles épiées
PSF	Poids spécifique foliaire
HP	Hauteur de la plante
LE	Longueur de l'épi
LB	Longueur de barbe
LCE	Longueur du col de l'épi
SF	Surface Foliaire
TRE	Teneur relative en eau
TDE	Taux de déperdition d'eau
Pi	Poids initial de la feuille
PS	Poids sec de la feuille
Chl a	Chlorophylle a
ACP	Analyse des composantes principales
Chl b	Chlorophylle b

Chl tot	Chlorophylle totale
Car	Caroténoïdes
SF	La surface foliaire de la feuille
DO	La densité optique
MS	La matière sèche
MI	Millilitre
LB	Longueur De Barbe
LCE	Longueur Du Col D'épi
LE	Longueur D'épi
HCl	Acide chlorhydrique concentré
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
µg	Micrograms

Liste de figure

Fig. I₁ : Epi d'orge à deux rangs (a) et à six rangs (b) (Leonard et Martin.....	3
Fig. I₂ : Morphologie des graminées : exemple du blé.....	4
Fig. I₃ : Morphologie de blé tendre.....	5
Fig. I₄ : Morphologie d'une plante orge	5
Fig. I₅ : Phase de semis-levée.....	6
Fig. I₆ : Stade levée-début tallage.....	7
Fig. I₇ : Stade de tallage.....	8
Fig. I₈ : Stade Début tallage-Début montée.....	9
Fig. I₉ : Autofécondation chez le blé dur.....	10
Fig. I₁₀ : Période reproductrice du chez le- blé.....	10
Fig. I₁₁ : Cycle de développement du blé.....	11
Fig. I₁₂ : la production de céréales en volume au niveau mondial durant les années agricoles.....	13
Fig. I₁₃ : Les symptômes de l'oïdium sur les feuilles d'orge.....	24
Fig. I₁₄ : Virus de la jaunisse nanissante d'orge (Photos: Diseases of field crops in Canada)	24
Fig. I₁₄ : Les symptômes de ramulariose sur les feuilles d'orge.....	25
Fig. I₁₅ : Les symptômes Rhynchosporiu.....	25
Fig. II 1 : Localisation géographique de site expérimentale à l'El khroub.....	30
Fig. II₂ : Données climatiques de la zone d'expérimentation.....	30
Fig. II₃ : Schéma de la parcelle.....	31
Fig. II₄ : Schéma du dispositif expérimental de l'essai, A : Schématisé, B : sur terrain	32
Fig. II₅ : Mesure le taux de déperdition d'eau.....	34
Fig. II₆ : Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes.....	34
Fig. II₇ : Dosage de proline.....	35
Fig. II₈ : Dosage des sucres solubles.....	36

Fig. II 9: Dosage des protéines totales.....	37
Fig. II10: Les étapes à suivre pour la délipidation de la poudre.....	37
Fig.1 II11: Les étapes à suivre pour la dépigmentation de la poudre.....	37
Fig. II12 : l'extraction des extraits bruts méthanoliques.....	38
Fig. II13: Dosage des phénols totaux.....	38
Fig. II14 : Dosage des flavonoïdes.....	39
Fig. II2: Dosage des tanins.....	40
Fig. III1: les stades phénologiques chez différente variétés étudiées sous des conditions climatiques naturelles.....	40
Fig. III2: Nombre moyen des talles chez les sept variétés cultivées au champ. A : talles herbacées (TH), B: de talles épiées(TE).....	42
Fig. III3: Hauteur moyenne de la plante chez les sept variétés cultivées au champ.....	43
Fig. III4: La longueur de l'épi de sept variétés cultivées au champ.....	43
Fig. III5: La longueur des barbes de sept variétés cultivées au champ.....	44
Fig. III6: La longueur du col épi de sept variétés cultivées au champ.....	45
Fig. III7 : La surface foliaire chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	45
Fig. III8: Le poids spécifique foliaire chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	47
Fig. III9: Le teneur en eau chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	48
Fig. III 10: Taux de déperdition en d'eau chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	48
Fig. III 11 : Teneur en chlorophylle a et b chez sept variétés étudiées cultivées au champ au stade tallage.....	49
Fig. III 12 : Teneur en chlorophylle totale chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	49

Fig. III₁₃ : Teneur en carotène chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	50
Fig. III₁₃ : Teneur en sucres solubles chez sept variétés cultivées au champ aux stade tallage.....	52
Fig. III₁₄ : Teneur en proline chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	52
Fig. III₁₅ : Teneur en protéines chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	53
Fig. III₁₆ : Teneur en polyphénols chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	55
Fig. III₁₇ : Teneur en Flavonoïdes chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage.....	55
Fig. III₁₈ : Teneur en tanins chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage	
Fig. III₁₉ : La matrice de corrélation de dix-huit variables étudiés	58
Fig. III₂₀ : Cercle de corrélation entre les différentes variables chez les sept variétés étudiées.....	59
Fig. III₂₁ : Représentation des individus (les variétés).....	60
Fig. III₂₂ : Cercle de présentation des sept variétés en fonction de vingt variables mesurés.....	60

Liste de tableau

Tab. I₁ : Classification des Trois espèces étudiées blé dur, blé tendre et orge (APG III, 2009).....	3
Tab. II₁ : Origine et caractéristiques des sept variétés étudiées.....	29
Tab III₁ : Analyse de la variance pour les paramètres morphologiques (caractères d'adaptation).....	46
Tab III₂ : Les groupes homogènes des variétés selon NK pour les paramètres morphologiques.....	46
Tab III₃ : Les groupes homogènes des espèces selon NK pour les paramètres morphologiques	47
Tab III₄ : Analyse de la variance pour les paramètres physiologiques	50
Tab. III₅ : Les groupes homogènes des variétés suivant le test NK pour les paramètres physiologiques.....	51
Tab. III₆ : Les groupes homogènes des espèces selon NK pour les paramètres physiologiques.....	51
Tab. III₇ : ANOVA des paramètres biochimiques.....	53
Tab. III₈ : Les groupes homogènes des variétés pour les paramètres biochimiques (test NK).....	54
Tab. III₉ : Les groupes homogènes des espèces pour les paramètres biochimiques (test NK).....	54
Tab. III₁₀ : ANOVA des paramètres phytochimiques.....	56
Tab. III₁₁ : Les groupes homogènes des espèces suivant le N.K des paramètres phytochimiques.....	57
Tab. III₁₂ : Les groupes homogènes des espèces suivant le N.K des paramètres phytochimiques	57
Tab. III₁₃ : La matrice de similarité des sept variétés en fonction de vingt paramètres mesurés	61
Tab. III₁₄ : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des sept variétés.....	61

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Table des matières	
Introduction générale	
Chapitre I : Présentation de plantes étudiées.....	2
1. Origine géographique et génétique.....	2
1.1. Blé dur.....	2
1.2. Blé tendre.....	2
1.3. Orge	2
2. Classification botanique des espèces étudiées.....	3
3. Description morphologique	4
3.1. Blé dur	4
3.2. Blé tendre	4
3.3. Orge	5
4. Stades de développement	6
4.1. Blé	6
4.1.1. Période végétative.....	6
4.1.2 Période reproductrice.....	7
4.1.3. Période maturation.....	11
4.2. Orge.....	11
4.2.1. Période végétative.....	11
4.2.2. Période reproductrice.....	12
5. L'importance des céréales	13
5.1. Dans le monde.....	13
5.2. En Algérie.....	14

6. Exigences de la céréaliculture	14
6.1. Exigences Climatique.....	14
6.1.1. Température.....	15
6.1.2. Eau	15
6.1.3. La sécheresse.....	15
6.1.4. Eclairment	16
6.2. Exigences édaphiques	16
6.2.1. Les caractéristiques physiques.....	16
6.2.2. Les caractéristiques chimiques	16
Chapitre II : Les effets climatiques et l’adaptation des plantes.....	17
1. Les effets des stress abiotiques sur la plante	17
1.1. Notion de stress	17
1.2. Stress hydrique	17
1.3. Stress thermique.....	17
1.4. Stress salin.....	18
1.5. Stress oxydatif.....	18
1.6. Similitude entre les stress abiotiques.....	19
2. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress abiotique	19
2.1. Adaptation phénologique	19
2.2. Adaptation morphologique	20
2.2.1. La hauteur de la plante	20
2.2.2. Le nombre de talles (NT).....	20
2.2.3. Longueur du col (LC).....	20
2.2.4. Longueur de l’épi (LE).....	20
2.2.5. Longueur des barbes (LB).....	21
2.2.6. La surface foliaire	21
2.3. Adaptation physiologique	21
2.3.1. La teneur relative en cellulaire : test de la turgescence (RWC).....	21
2.3.2. La teneur en chlorophylle.....	22
2.4. Adaptation biochimique.....	22

2.4. 1. Ajustement osmotique.....	22
2.4.2. Accumulation proline.....	22
2.4. 3. Accumulation de sucres solubles.....	23
3. les maladies des céréales	23
3.1. Blé	23
3.1.1. Les fusarioses	23
3.1.2. Le charbon du blé	23
3.1.3. La carie du blé.....	23
3.1.4. Les rouilles.....	23
3.1.5. Mosaïque du blé.....	23
3.2. L'orge	25
3.2.1. L'oïdium.....	25
3.2.2. Jaunisse nanisante de l'orge.....	25
3.2.4. La rhynchosporiose.....	25

Chapitre III : Métabolisme

1. Métabolisme primaire	26
2. Métabolisme	26
3. Classification des métabolites secondaires	26
3.1. Les composés phénoliques.....	26
3.2. Les phénols simples et les acides phénoliques.....	27
3.3. Les flavonoïdes	27
3.4. Les quinones	27
3.5. Les tanins	27
3.6. Les alcaloïdes	27
4. Rôle des métabolites secondaires.....	28

Chapitre IV : Matériel et Méthode

1. Matériel végétal.....	29
2. Site d'expérimentation.....	30
2.1.Zone de l'expérimentation (I.T.G.C.)	30

2.2. Donnés climatiques de la zone d'expérimentation.....	30
3. Mise en place de l'essai.....	31
4. Les paramètres étudiés.....	32
4.1. Paramètres phénologiques	32
4.2. Paramètres morphologiques.....	33
4.2.1 Caractère de production.....	33
4.2.2. Caractère d'adaptation.....	33
4.3. Paramètres physiologiques.....	33
4.3.1. La teneur relative en eau (TRE « % »).....	33
4.3.2. Taux de déperdition d'eau (TDE « g.10 ⁻³ /cm ² /mn »).....	34
4.3.3. Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes.....	34
4.4. Paramètres biochimiques	35
4.4.1. Dosage de la proline « µg/mg MS ».....	35
4.4.2. Dosage des sucres solubles «µg/mg MS ».....	35
4.4.3. Dosage des protéines totales	36
4.5. Paramètres phytochimiques.....	37
4.5.1. Extraction des extraits bruts méthanoliques.....	37
4.5.2. Dosage des phénols totaux.....	38
4.5.3. Dosage des flavonoïdes.....	39
4.5.4. Dosage des tanins.....	40
5. Etude statistique.....	41
 Chapitre IIV: Résultat et Discussion	
A. Résultats.....	42
1. Paramètres phénologiques.....	42
2. Paramètres morphologiques.....	42
2.1. Caractères de production.....	42
2.2. Caractère d'adaptation.....	43
3. Paramètres Physiologiques.....	47
3.1. Poids spécifique foliaire (PSF « mg/cm ² »).....	47
3.2. La teneur relative en eau (TRE « % »).....	48

3. 3. Taux de déperdition d'eau (TDE « g.10⁻³/cm²/mn »).....	48
3. 4. Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes.....	49
4. Paramètres biochimiques.....	50
4.1. Sucres Solubles.....	52
4.3. Teneur en Protéines.....	53
5. Les composés phénoliques.....	54
5.1. Teneur des phénols totaux.....	54
5.2. Teneur des flavonoïdes.....	55
5.3. Teneur des tanins.....	55
6. Etude de l'analyse des composantes principales.....	57
6.1. Etude de la corrélation des variables.....	57
6.2 Analyse en composantes principales (ACP).....	58
6.3. Etude des individus (les variétés)	59
7. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).....	61
B. Discussion.....	62
Conclusion	
Références	

Les céréales possèdent un rôle vivrier extrêmement important, elles constituent une ressource alimentaire majeure à la consommation humaine et l'alimentation du bétail. Le secteur céréalier est d'une importance cruciale pour les disponibilités alimentaires mondiales.

Cependant, la production assurée par ce dernier est confrontée à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques dont la sécheresse.

Chez les grandes plantes cultivées, en particulier les céréales capitales qui sont le blé, l'orge, le riz et le maïs, la comparaison des rendements en conditions optimales avec ceux observés en moyenne au champ fait apparaître des écarts considérables. L'explication de ces écarts est principalement d'ordres : climatiques, agronomiques et aussi génétiques.

Le blé est l'une des cultures les plus importantes des céréales à travers le monde en termes de production et d'utilisation. Il constitue une source primordiale d'énergie, de protéines et de fibres dans l'alimentation humaine et animale.

Actuellement, environ 95% du blé cultivé dans le monde entier est le blé tendre hexaploïde, et les 5% restants étant blé dur tétraploïde. Ce dernier est principalement cultivé dans les pays du bassin méditerranéen à climat aride et semi aride, là où l'agriculture est confrontée à plusieurs contraintes liées aux paramètres climatiques difficiles à maîtriser et au choix variétal.

De nos jours, les céréales en général, le blé (dur et tendre) en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde.

En Algérie, particulièrement le blé dur et ses dérivées constituent la base de l'alimentation de la population rurale avec une demande trois fois plus importante que la production nationale.

Cependant, depuis longtemps les rendements du blé connaissent une faible croissance comparativement à la consommation qui a fortement augmenté sous l'effet de la croissance démographique.

Le blé et l'orge ont une grande diversité variétale, qui dans le côté phénotypique et génotypique, elles se diffèrent d'une variété à une autre. Et chaque variété a un rendement spécifique à elle. Quand il y'aura un changement climatique, l'impact de ses contraintes abiotiques sur ces variétés se traduit par un stress hydrique, thermique et biotique causés par des agents pathogènes, qui sont l'origine de l'apparition du stress oxydatif. Et qui conduit à des modifications phonologiques, morpho- physiologiques et biochimiques.

L'objectif de ce travail est de comparer le comportement de sept variétés : Cinq blés durs, un blé tendre et une orge au stade plein tallage, cultivés au champ sous conditions climatiques naturelles. La comparaison se fait par une étude multidisciplinaire appuyée sur des approches phénologique, morphologique, biologiques, physiologique, biochimiques, et phytochimiques.

Chapitre I : Présentation de plantes étudiées

1. Origine géographique et génétique

1.1. Blé dur

Le blé dur (*Triticum.turgidum ssp. durum* D.esf.) est une espèce allo tétraploïde ($2n=28$) génome (AABB) qui a pour origine d'hybridation suivie par un doublement chromosomique entre *Triticum Urartu* (génome AA) et une espèce voisine d'*Aegilops sépaloïdes* (génome BB).

Le croissant fertile d'où sont originaires les céréales du premier groupe, forme une zone à cheval sur l'Afrique et l'Asie. Il est centré sur les plaines alluviales du Nil à l'ouest, du Jourdain au centre, de l'Euphrate et du Tigre à l'Est. Il est limité à l'Ouest par le désert de Libye et la Méditerranée, au Nord par les monts Taurus en Turquie, à l'Est par les monts Zagros en Iran, au Sud par la mer Rouge et le désert d'Arabie (Gaufichon, 2010).

1.2. Blé tendre

Le blé tendre est apparu entre 5000 et 6000 ans AJ, dans le croissant fertile. Cette zone constitue un vaste territoire comprenant la Syrie, la Jordanie, la Palestine, l'Iraq, l'Iran et la Turquie (Lev-Yadun et al., 2000, Fi. 2). De son centre primaire, le blé tendre s'est dispersé vers l'Europe via la Grèce et vers l'Asie via l'Inde (Lev-Yadun et al., 2000). Aujourd'hui, le blé tendre constitue une importante source alimentaire et économique mondiale (FAO, 2007).

T. aestivum est un allohexaploïde ($2n = 42$) avec trois génomes A, B et D provenant d'espèces diploïdes différentes. L'identification de ces espèces a été rendue possible par l'étude d'hybrides entre les différents blés puis entre ces blés et des espèces voisines appartenant au genre *Aegilops* (Mackey, 1966). Kerby et Kuspira (1987), ont fait la synthèse des travaux réalisés :

- ✓ Le donneur du génome A est le blé diploïde *T. monococcum* ou *T. urartu* ;
- ✓ le génome B aurait été apporté par un *Aegilops* de la section Sitopsis ;
- ✓ le génome D a pour origine *A. squarrosa*.

1.3. Orge

Selon Van Oosterom et Acevedo (1992), le centre d'origine de l'orge (*Hordeum vulgare*) se trouve dans le moyen orient, où elle a été cultivée depuis au moins 8000 ans. Harlan (1975) cité par Ben Mohammed (1996), rapporte que l'orge aurait pour origine géographique l'Asie orientale et le Proche-Orient. Selon Jestin (1992), *H spontaneum*, orge à 2 rangs sauvage répondeuse depuis la Grèce et la Lybie jusqu'au Nord-est de l'Inde, est presque unanimement reconnue comme la forme ancestrale de l'orge cultivée, avec laquelle, elle est parfaitement interfertile.

L'orge génétiquement assez proche pour permettre la production d'hybrides interspécifiques sous conditions expérimentales, bien que la fertilité des plants hybrides obtenus soit très réduite. Les variétés d'orge sont regroupées d'après les caractéristiques de leurs épis, en orges à six rangs et en orges à deux rangs. Les orges à six rangs comportent des épillets fertiles regroupés par trois

sur chaque plan de l'axe vertical de l'épi. Les deux épillets latéraux des orges à deux rangs sont stériles et ne produisent qu'un seul caryopse par groupes de trois épillets (Fig.I₁). Dans ce dernier cas, l'épi apparaît comme un épi distique quand on l'observe sur le plan transversal. Autrement, les caractéristiques végétatives et florales de l'orge sont similaires à celles du blé.

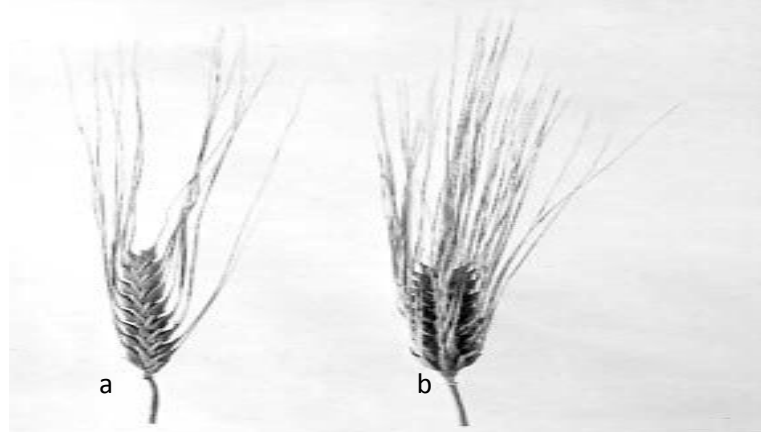


Fig. I₁: épi d'orge à deux rangs (a) et à six rangs (b) (Leonard et Martin, 1973)

2. Classification botanique des espèces étudiées

Tab. I₁: Classification des Trois espèces étudiées blé dur, blé tendre et orge (APG III, 2009)

Classification	Blé dur	Blé tendre	Orge
Embranchement	Spermaphyte	Spermaphyte	Spermaphyte
Sous embranchement	Angiosperme	Angiosperme	Angiosperme
Classe	Monocodyledone	Monocodyledone	Monocodyledone
Ordre	Poales	Poales	Cyperale
Famille	Poaceae	Poaceae	Poaceae
Sous famille	Festucoideae	Festucoideae	Pooideae
Tribu	Triticeae	Triticeae	Triticeae
Sous tribu	Triticineae	Triticineae	Hordeinae
Genre	<i>Triticum</i>	<i>Triticum</i>	<i>Hordeum</i>
Espèce	<i>Triticum durum dsf</i>	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Hordeum vulgare</i>

3. Description morphologique

3.1. Blé dur

Le blé est une plante herbacée, monocotylédone appartenant au groupe des céréales à paille. Il s'agit d'une graminée de hauteur moyenne dont la structure morphologique générale est la suivante :

- **La tige** est généralement cylindrique, dressée creuse est cloisonnée par des nœuds pleins et renflés: ce genre de tige a reçu le nom de chaume (Auriau *et al.*, 1992). Vers la base, chaque nœud au contact du sol porte un faisceau de racines adventives et souvent une tige verticale non ramifiée. C'est ainsi qu'un seul grain peut donner naissance à plusieurs tiges. Le phénomène favorisé par les roulages de printemps a reçu le nom de tallage. Les feuilles qui prennent naissance au niveau des nœuds son disposées en deux rangées opposées autour de la tige. C'est une plante annuelle, semée à l'automne (blé d'hiver) ou au printemps (blé de printemps) (Clerget, 2011).

- **L'épi** est composé de petits épis ou épillets. Chaque épillet est enveloppé de deux bractées protectrices, appelées glumes. Il est composé de trois Chez d'autres céréales comme l'avoine, fleurs avec une fleur terminale stérile (Bozzini, 1988). Chaque fleur est elle-même entourée de deux petites bractées protectrices ou glumelles.

- **La fleur** est verdâtre et dépourvue de corolle : il n'y a pas de pétales colores. Le calice est formé de deux minuscules écailles ou glumellules jouant le rôle de sépales (Bozzini, 1988).

- **Le grain** de blé est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse (Fig. I₂), constitue d'une graine et de téguments et formé principalement de trois régions (Feillet, 2000 ; Clerget, 2011).

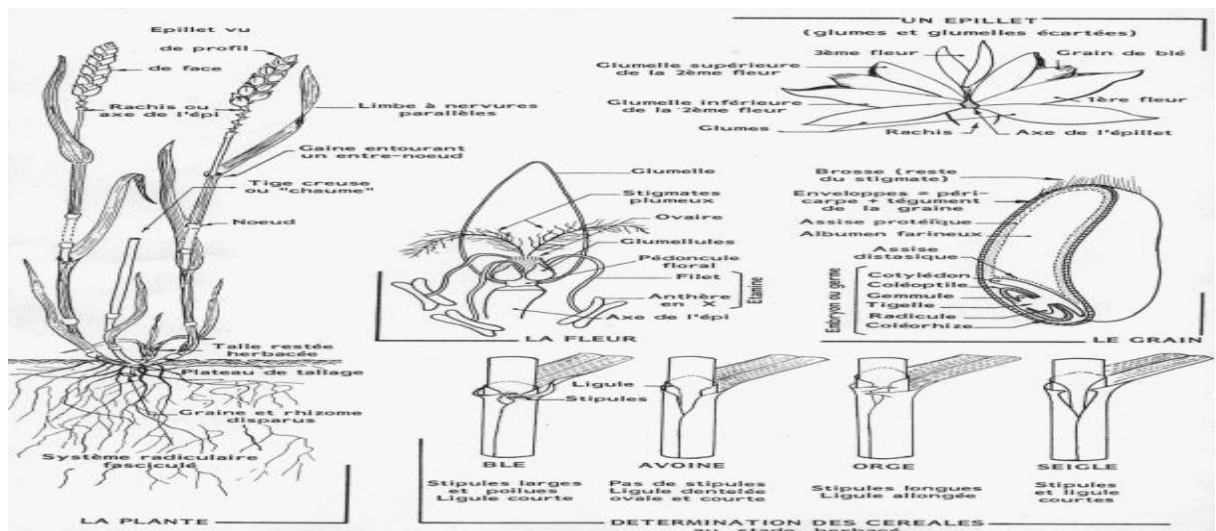


Fig. I₂ : Morphologie des graminées : exemple du blé (Soltner 1998)

3.2. Blé tendre

Un plateau de tallage, dont les bourgeons axillaires se transforment en tiges feuillées. Elle compte en général cinq à sept nœuds ainsi que trois ou quatre feuilles véritables (Fig. I₃).

- **La feuille:** la plus haute, ou feuille-drapeau, sous-tend l'inflorescence.
- **L'inflorescence:** est formé d'un racème, ou « épi », simple, linéaire ou oblong, bilatéral, de 5 à 18 cm de long. Les épillets fertiles, ovales, comprimés latéralement, de 10 à 15 mm de long sur 9 à 18 mm de large, comprennent de 2 à 4 fleurons fertiles, avec des fleurons réduits à l'apex. Ils sont persistants sur la plante
- **Le fruit :** est un caryopse oblong (allongé), de 5 à 7 mm de long, au péricarpe adhérent, sillonné sur le côté du hile, et poilu au sommet. Le hile est linéaire.

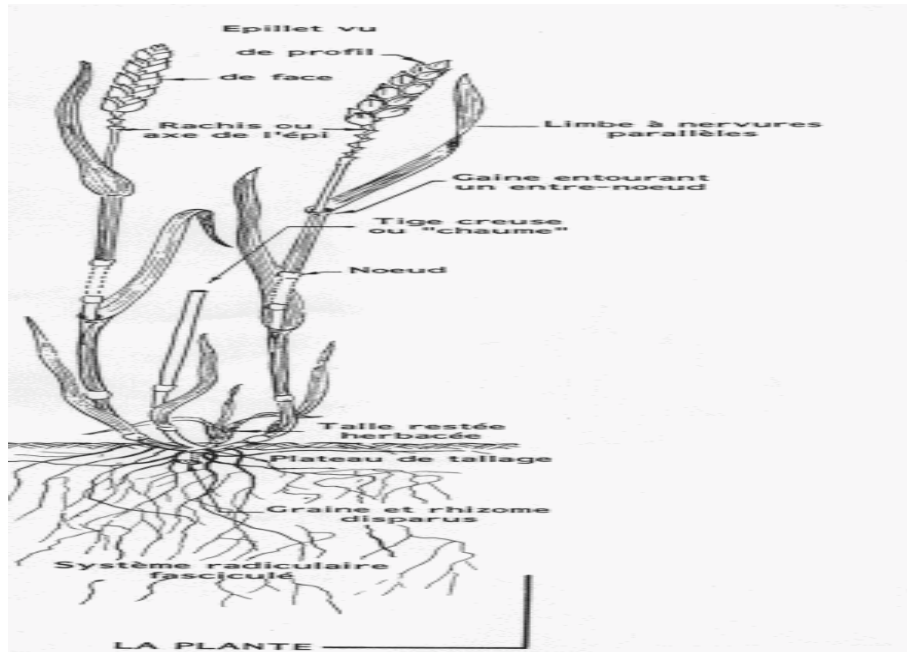


Fig. I₃ : Morphologie de blé tendre (Soltner, 2005)

3.3. Orge

La plante d'orge cultivée est constituée de racines, de tiges (chaume) cylindriques avec 5 à 7 nœuds, et de feuilles alternées. L'épi au sommet de la tige, est constitué de fleurs disposées en épillets simples (portant chacun deux glumes et la fleur). Trois épillets sont attachés à chaque nœud sur un rachis en zigzag plat. Ils sont tous fertiles dans les cultivars à six rangs (Fig. I₄). Dans les cultivars à deux rangs, les deux épillets latéraux sont stériles. Comme dans les autres céréales, le grain est un caryopse (Wiebe et Reid, 1961).



Fig. I₄ : Morphologie d'une plante orge

a: épis terminal, **b** : partie supérieure du pédoncule floral, **c**: feuille rattachée au nœud (« flag leaf»), **d**: région intermodale, **e**: limbe de la feuille, **f**: internode sous le pédoncule floral (Leonard et Martin 1973)

4. Stades de développement

Ces céréales ont un cycle évolutif qui se divise en trois grandes périodes, qui sont période végétative, période reproductrice et période maturation (Slafer et al.,2002).

4.1. Blé

Le cycle évolutif du blé s'élabore en trois phases : végétative, reproductrice et maturation. Ces phases sont marquées par des stades repères dont l'identification se fait essentiellement par repérage sur le maître brin (Labreche, 2011).

4.1.1. Période végétative

❖ Stade germination

La germination du blé a eu lieu à des températures de 4° à 37°C. La coléoptile qui a pour rôle de protéger la première feuille apparaît 4 à 6 jours après le semis (Rorat, 2006).

❖ Stade levé

La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (**Fig. I₅**). Elle est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (Gate, 1995).

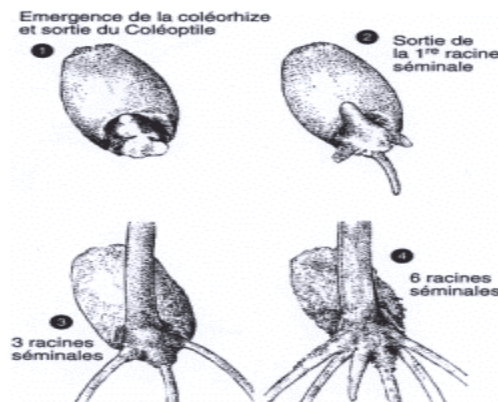


Fig. I₅: Phase de semis-levée (Boyeldieu, 1997)

❖ Stade levée-début tallage

Dès que la première feuille a percé l'extrémité de la coléoptile, celui-ci s'arrête de croître. Il se dessèche peu à peu. Cette première feuille fonctionnelle s'allonge. Une deuxième apparaît, une troisième puis une quatrième. Chacune d'elles est imbriquée dans la précédente. Elles partent toutes d'une zone proche de la surface du sol, constituée par l'empilement des entre-nœuds : le plateau de tallage (Fig. I₆).

Ce plateau est constitué de 4 à 5 nœuds. Sa hauteur est inférieure à 3 ou 4 mm. Il est relié au grain par une petite tigelle ou rhizome, constitué de 2 entre-nœuds. Pendant toute cette phase, la vitesse de croissance des feuilles dépend essentiellement de la température. L'apparition des différentes feuilles a lieu à des intervalles de temps constants en degrés jours (D.J.). Cet intervalle (le phyllochrone) est d'environ 80 à 100 D.J pour le blé tendre d'hiver, et de 50 à 70 D.J pour l'orge de printemps. Sur le plan nutritif, la plantule dépend uniquement de son système racinaire primaire et de ses réserves. (INA P-G – Département AGER - 2003).

Pendant cette phase, la plante présente une certaine sensibilité au froid. Les symptômes de destruction peuvent apparaître sur le coléoptile, les feuilles et les rhizomes. Une chute brutale de température occasionne toujours des dégâts graves. Si elle est plus lente, ou précédée d'une période de températures peu supérieures à 0°C, les dégâts sont moindres : on parle alors d'endurcissement au froid (INA P-G – Département AGER - 2003).

Les dégâts sont d'autant plus importants que la plante est plus jeune. Extrêmement sensible au stade coléoptile (phase semis-levée), très sensible jusqu'à 3 feuilles, la céréale voit sa résistance s'accroître au stade 4 feuilles. Elle devient maximale à plein tallage lorsque la plante dispose de tout son système racinaire. Chez le blé et l'orge d'hiver, les variétés les plus résistantes peuvent survivre à des froids supérieurs à -14°C sans endurcissement. Les variétés les plus sensibles (de printemps en particulier) ne résistent pas au-delà de -10°C. Les variétés de printemps sont incapables d'endurcissement. Les variétés alternatives ont un endurcissement limité par rapport aux variétés d'hiver. Les trois principales céréales à paille (blé tendre, blé dur, orge) ont des sensibilités au froid voisines.

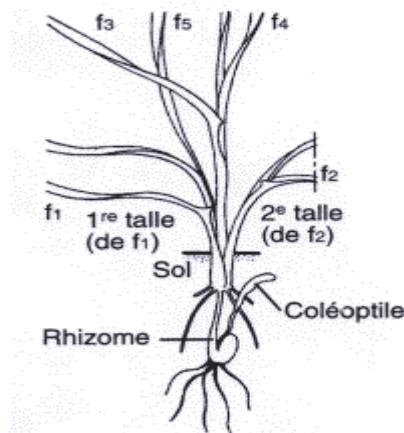


Fig. I₆: Stade levée-début tallage (Boyeldieu, 1997).

4.1.2 Période reproductrice

Jusqu'au stade A, pendant sa période végétative, l'apex initie des nœuds et entre-nœuds, et à chaque nœud, une feuille, un bourgeon de talle et des bourgeons de racines adventives. Le stade A marque le début de la période reproductrice : l'apex se différencie en épi. Cette période se termine à la fécondation, plus ou moins repérable extérieurement selon les espèces par la floraison qui la suit de très près.

On divise couramment cette période en deux phases correspondant à des aspects morphologiques de la plante très différents :

- **Tallage herbacé**, phase pendant laquelle la tige reste court-nouée; il y a émission et croissance de talles;
- **Montaison**, pendant laquelle les entre-nœuds d'un certain nombre de tiges, brins-mâtres et talles, s'allongent rapidement. Ce changement morphologique se produit sensiblement au stade **B**.

❖ **Phase Début tallage-Début montée (Tallage herbacé)**

Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit d'un simple processus de ramification. La première talle (t1) apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille quand la plante est au stade "3 feuilles".

Cette talle est constituée d'un pré feuille entourant la première feuille fonctionnelle de la talle. Celle-ci encapuchonne les autres. Elle s'insère sur le nœud d'où part la première feuille. Par la suite apparaissent les talles de 2^{ème}, 3^{ème}, et 4^{ème} feuille. Elles sont formées à partir des bourgeons ayant pris naissance à l'aisselle des feuilles correspondantes. Ces talles de 1ère, 2ème, 3ème et 4ème feuille sont dites talles primaires. Chaque talle primaire émet des talles secondaires susceptibles d'émettre des talles tertiaires : l'aptitude à émettre en plus ou moins grand nombre des talles secondaires et tertiaires est une caractéristique spécifique et variétale (Fig. I7).

Comme pour les feuilles, chaque talle apparaît après un intervalle de temps constant lorsqu'il est exprimé en degrés. Jours, le phyllochrone. Le nombre de talles émises par plante caractérisera le tallage herbacé. Celui-ci sera fonction :

- ✓ de l'espèce (le riz talle beaucoup plus que l'orge, qui elle-même talle plus que le blé tendre ou l'avoine, suivis du blé dur);
- ✓ de la variété utilisée;
- ✓ du climat;
- ✓ de l'alimentation de la plante en facteurs de croissance.

La montaison est le déterminisme de la montée chez les céréales

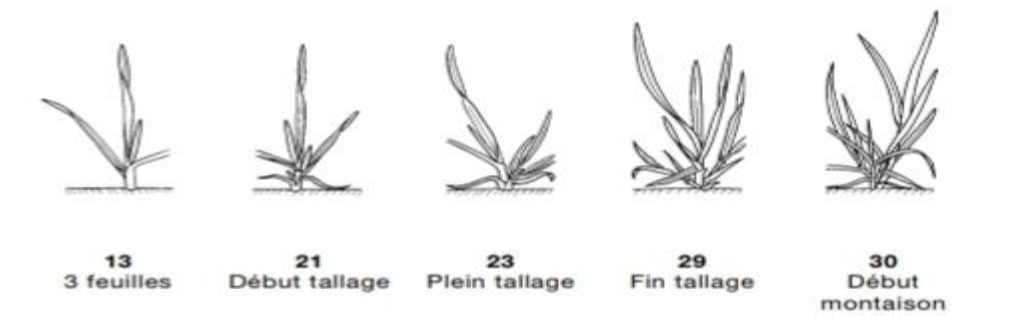


Fig. I7 : Stade de tallage (Ramade, 2008).

❖ **Stade plein tallage**

On définit le stade de plein tallage lorsque les plantes portent deux à trois talles qui se développent de la même manière à partir de bourgeons situés à l'aisselle des feuilles des talles primaires : ce sont les talles secondaires (Fig. I₈)

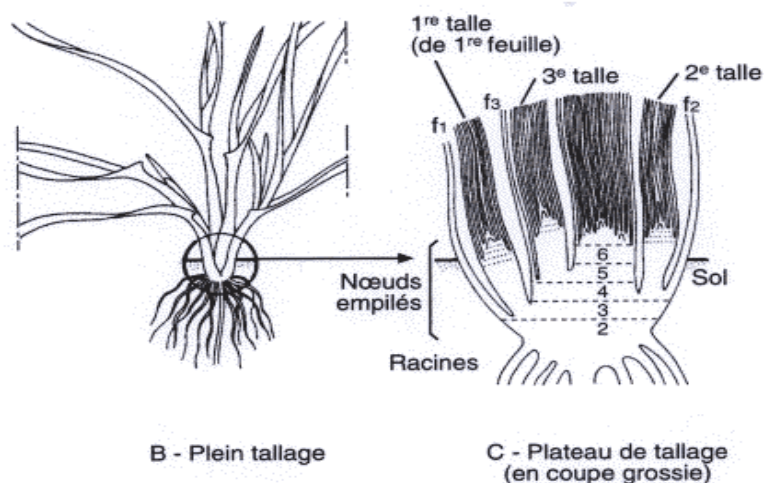


Fig. I₈ : Stade Début tallage-Début montée (tallage herbacé)

❖ **Stade épi à 1 cm**

Les plantes se redressent : la tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entre-nœuds auparavant empilés sous l'épi. Ainsi, la proportion de tiges qui parviendra jusqu'à l'épiaison dépend directement du rapport entre l'offre et la demande. L'offre provient essentiellement des facteurs trophiques (1 cm du plateau de tallage (INA P-G – Département AGER - 2003).

❖ **Stade 1-2 nœuds**

Tige court nœuds, constituée essentiellement de nœuds empilés à l'origine, grandit par l'élongation des premiers entre-nœuds. Le stade de deux nœuds est atteint quand les deux premiers entre-nœuds sont visibles à la base de la tige principale sur 50 % des plantes.

❖ **Stade méiose pollinique**

C'est un stade critique par rapport aux conditions d'alimentation instantanée de l'épi et à son environnement microclimatique. D'après Sun (1987), la méiose pollinique se réalise quand le sommet du jeune épi touche la ligule de l'avant dernière feuille. Lorsque l'épi atteint la ligule de l'avant-dernière feuille, le limbe de cette dernière est parfaitement déployé. Rappelant que le blé est auto fécondable (Fig. I₉).

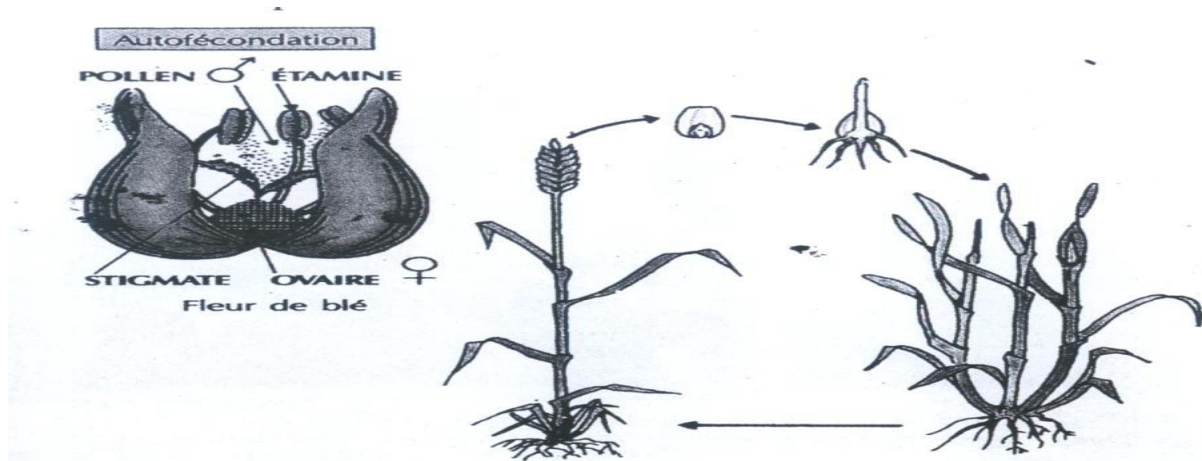


Fig. I₉ : Autofécondation chez le blé dur (Maciejewski, 1991)

❖ **Stade épiaison**

La gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement suite à l'allongement des derniers entrenœuds de la tige. Puis le sommet de l'épi sort de la dernière gaine, qui a alors atteint sa longueur définitive. A la croissance de la tige, l'épiaison peut se situer plus ou moins tôt. Aussi, l'élongation du pédoncule et de l'épi lui-même peuvent être plus ou moins tôt que la dernière feuille (Gillet, 1980).

❖ **Stade floraison**

Les glumelles des fleurs s'ouvrent largement et les sacs polliniques sortent de la fleur, les glumes se referment, laissant pendiller les étamines dont les anthères ouvertes et les stigmates vont se dessécher. Toutes les fleurs fertiles de l'épi fleurissent à peu près au même moment avec un écart de 2 ou 3 jours, plusieurs semaines séparent l'initiation de la première ébauche d'épillets (Fig. I₁₀).

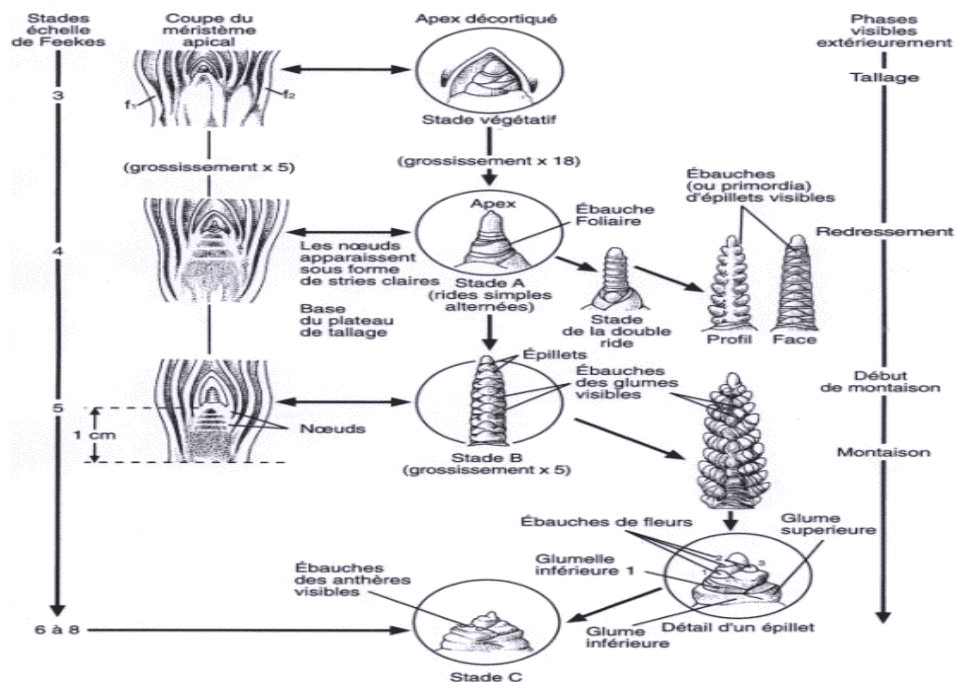


Fig. I₁₀ : Période reproductrice du chez le- blé (Boyeldieu 1997)

4.1.3. Période maturation

Cette période est caractérisée par la formation de la graine et sa maturation physiologique

❖ Formation du grain

La formation du grain comprend le stade grain laiteux et le stade grain pâteux.

A. Stade grain laiteux : Les événements qui succèdent à la fécondation se caractérisent par des divisions cellulaires intenses au niveau de l'endosperme. Au fur et à mesure que les cellules se multiplient, les premières formées commencent progressivement à se différencier en cellules de stockage de l'amidon par la synthèse d'amyloplastes, structures cellulaires spécialisées. Au stade laiteux, le poids potentiel est fixé car le nombre maximum de cellules et d'amyloplastes est atteint.

B. Stade grain pâteux : il y a expansion des cellules de l'enveloppe et remplissage de ces cellules de manière dominante par des sucres qui sont emmagasinés sous forme d'amidon: phase caractéristique du remplissage du grain.

❖ Maturité physiologique

La maturité physiologique a lieu quand il n'y a plus de migration de matière sèche vers le grain. Le poids sec du grain a atteint sa valeur maximum et définitive. Après ce stade, une phase rapide de dessiccation se met en place et le grain devient dur et peut être récolté. La maturité physiologique traduit l'arrêt de la croissance en matière du grain (Gâte, 1995).

4.2. Orge

4.2.1. Période végétative

➤ **La germination:** correspond à l'entrée de la semence en vie active et au tout début de Croissance de l'embryon.

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

➤ **le 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. La fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive (Hadria, 2006).

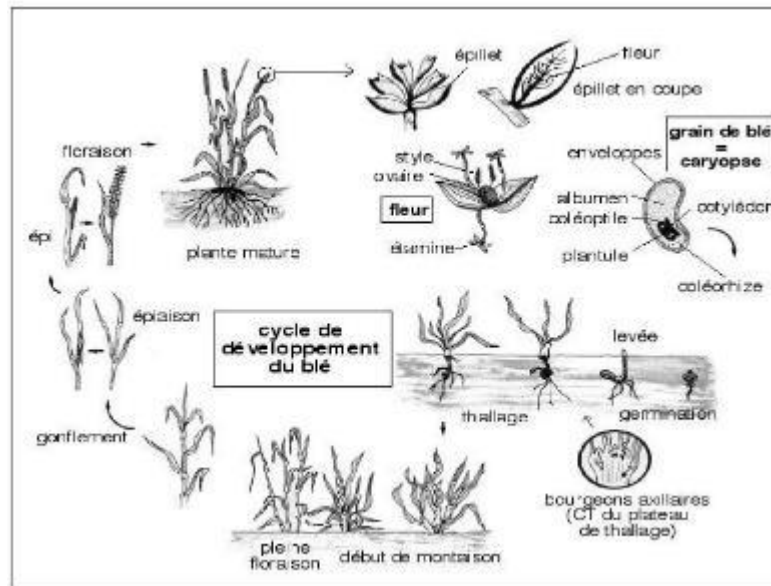


Fig. I₁₁ : Cycle de développement du blé (Henry et De Buyser, 2000).

4.2.2. Période reproductive

- **Montaison:** ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1 cm 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 induisant le stade gonflement (Giban *et al.*, 2003).
- **Epiaison:** 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).
- **Floraison:** est la sortie des premières étamines hors des épillets au milieu de l'épi sur 50% des épis.

4.2.3. Période maturation

La période maturation est caractérisée par la formation de la graine et sa maturation complète

➤ Formation du grain

La formation du grain se fait quand les grains du tiers moyen de l'épi parviennent à la moitié de leur développement. Ils se développent en deux stades:

- Stade laiteux où le grain vert clair, d'un contenu laiteux atteint cette dimension définitive ou le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin.
- Stade pâteux où le grain, d'un vert jaune, s'écrase facilement. Le grain a perdu son humidité et l'amidon a été constitué).

➤ Maturité complète

La teneur en humidité atteint environ 20%; le grain est mûr et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons.

5. L'importance des céréales

5.1. Dans le monde

Quoique le blé tendre (*Triticum aestivum L.*), le maïs (*Zea mays L.*) et le riz (*Oryza sativa L.*) soient les céréales les plus produites à travers le monde, il n'en demeure pas moins que le blé dur (*Triticum durum Desf.*, qui occupe une place importante dans certaines régions du monde, notamment les zones semi-arides dont le climat est de type méditerranéen ;Algérie, Maroc, Espagne, France, Italie, Grèce, Syrie (Pena et Pfeiffer, 2005). Le blé dur occupe 8 à 10% du total des terres réservées aux blés dur et tendre (Ammar *et al.*, 2006). Les plus grands producteurs de blé dur dans le monde sont l'Union Européenne avec une moyenne de production de 7,9 millions de tonnes (1999/2007) , répartie entre les quatre pays membres : l'Italie, la Grèce, la France et l'Espagne, avec une production moyenne annuelle respectivement égale à 4,1 ; 1,5 ;1,4 et 0,9 millions de tonnes .

Au début du XIXe siècle, l'orge venait en tête des cultures par son importance, elle était destinée à l'autoconsommation humaine et servait de complément fourrager aux troupeaux entretenus pendant la plus grande partie de l'année dans les régions steppiques (Hakimi, 1993). Actuellement, l'orge n'est pas d'emploi courant dans l'alimentation humaine.

Maintenant admis que l'orge est efficace contre les maladies du cœur, la constipation et autres dérèglements du système digestif, et probablement également contre le cancer. (Hakimi, 1993).

La façon dont l'orge réduit le taux sanguin de cholestérol est semblable à celle des spécialités pharmaceutiques anti cholestérol (Houmani,2007).

La production de céréales en volume au niveau mondial durant les années agricoles 2008/2009 à 2016/2017, en millions de tonnes (Fig. I₁₁). Il en ressort qu'entre les campagnes agricoles 2008/2009 et 2016/2017, le volume de production de céréales, y inclus le riz, a augmenté d'environ 300 millions de tonnes, dépassant ainsi un volume de 2,5 milliards de tonnes en 2016/2017. Durant cette période, la production n'a qu'une autre fois dépassé la barre des 2,5 milliards de tonnes. (<https://fr.statista.com/statistiques/570915/cereales-volume-production-monde/>)

	Production en millions de tonnes métriques
Maïs	1.134,7
Blé	771,7
Riz (rizière)	769,7
Orge	147,4
Millet	28,5
Avoine	25,9
Seigle	13,7

Fig. I₁₂: la production de céréales en volume au niveau mondial durant les années agricoles 2008/2009 à 2016/2017, en millions de tonnes.

(<https://fr.statista.com/statistiques/570915/cereales-volume-production-monde/>)

5.2. En Algérie

Le blé dur (*Triticum durum Desf*), est la première céréale cultivée dans le pays. Les terres annuellement emblavées pour le blé représentent 3,6 millions d'hectares, dont la superficie occupée par le blé dur est, en moyenne de 1.3 millions d'hectares, durant la période 2000-2010 (Madr, 2011). Les rendements en blé dur sont très bas, et ne couvre que 20 à 25% des besoins du pays comparativement à la moyenne mondiale (FAO stat, 2010). La cause principale de la faiblesse de la production du blé dur en Algérie (soit 9 à 11 quintaux/hectare), est due à des contraintes abiotiques tels la pluviométrie surtout, biotiques grâce aux adventices principalement et humaines par l'itinéraires techniques appliqués etc... (Chellali, 2007).

La culture de l'orge est pratiquée essentiellement sur les hautes plaines, en Algérie. Les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (1901-2005), de 1 million d'hectares, une production moyenne variant de 3 à 16 millions quintaux et une moyenne de rendement en grain de 7q/ha. Parmi les pays du Maghreb, l'Algérie se classe en seconde position après le Maroc, qui produit plus de 16 millions de quintaux en moyenne (FAO stat, 2008).

L'orge est une espèce très adaptée aux systèmes de cultures pratiqués en zones sèches. Cette adaptation est liée à un cycle de développement plus court et à une meilleure vitesse de croissance en début du cycle (Abbas et Abdelguerfi, 2008).

La production céréalière a atteint 34,8 millions de quintaux (qx) pour la campagne 2016-2017, contre 34,3 millions de (qx) lors de la saison 2015-2016. 57% des productions céréalières obtenues sont constituées de blé dur avec une production de plus de 20,03 millions qx, et 28% des productions obtenues sont formées d'orge pour un volume de plus de 9,68 millions de qx. Durant la campagne 2016-2017, il est constaté que la superficie moissonnée a augmenté par rapport à celle de la saison précédente. 50% des superficies récoltées sont constituées du blé dur, soit plus de 1,17 million ha, et 32% des superficies récoltées sont constituées d'orge, soit 762.331 ha. Sur la base de la production globale réalisée, le rendement moyen de cette année a été de 15 qx/ha, en baisse par rapport à la saison 2015-2016 qui avait enregistré un rendement de 16 qx/ha. la quantité de semence contrôlée et certifiée mobilisée pour la campagne 2017-2018 est de près de 1,13 million qx contre 841.100 qx durant la campagne écoulée. La récolte des céréales a légèrement augmenté durant la campagne 2016-2017 pour atteindre 34.807.119 (qx) contre 34.321.237 qx lors de la saison précédente, a appris dimanche l'APS auprès du ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche (APS du 24 Septembre 2017).

6. Exigences de la céréaliculture

Un bon comportement de la culture durant tout son cycle de développement exige la réunion de certains facteurs qui conduisent à l'observation d'un meilleur rendement et parmi les exigences on peut citer :

6.1. Exigences Climatique

Selon Clement et Prats (1970), les facteurs climatiques ont une action prépondérante sur les différentes périodes de la vie du blé.

6.1.1. Température

La température conditionne à tout moment la physiologie de blé selon le zéro de végétation et de germination c à d la température à partir de laquelle un blé germe et pousse, est de 0°C. Cependant, l'optimum se situe entre 20° et 22 °C entre ces deux extrêmes, une température élevée sera favorable au développement et à la croissance (Simon *et al*, 1989).

Il est généralement admis que la température agit de manière positive sur la croissance optimale (Jéfères,1978). Les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine. Ce ceux s'explique par les températures varient de 25° à 32 °C, qui défavorisent l'allongement racinaire d'où l'optimum se situe entre 5° et 12 °C (Baldy, 1992). Mekhlouf *et al.*, (2001) situent les exigences en température pour les stades suivants comme suit :

- Stade levée : La somme des températures =120°C.
- Stade tallage : La somme des températures =450°C.
- Stade plein tallage : La somme des températures =500°C.
- Stade épi 1cm : La somme des températures = 600°C.

Le zéro de végétation du blé est de 0°C, mais ses exigences globales en chaleur sont assez importantes. Clement et Prats (1970) voient que la température journalière intervient à divers moments du cycle du blé de plusieurs manières :

- Elle détermine la rapidité de la germination et du début du développement de la jeune plante.
- Elle intervient au moment de la montaison dans l'élaboration de la quantité de matière sèche, mais elle a un effet défavorable sur l'évolution des talles vers l'épiaison sous conditions déficitaire
- En excès et au cours de la maturation du grain, elle peut conduire à l'échaudage (Mekhlouf *et al.*, 2001).

6.1.2. Eau

L'eau a une grande importance dans la croissance de la plante. En plus de l'eau de constitution des cellules et de celle qui entre dans les synthèses glucidiques catalysées par la chlorophylle, l'eau est le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute (Soltner 1990).

A cet égard, il est intéressant de définir le coefficient de transpiration du blé, c'est-à-dire la quantité d'eau qui doit traverser la plante pour l'élaboration d'une certaine quantité de matière sèche. Pour le blé, suivant les variétés, la valeur du coefficient de transpiration varie de 450 à 550 grammes d'eau pour un gramme de matière sèche (Clement et Prats, 1970).

6.1.3. La sécheresse

La sécheresse est parmi les facteurs les plus invoquées pour expliquer la faiblesse et la variabilité des rendements des céréales. Le rendement d'une culture sera affecté en fonction de l'intensité du déficit et de sa position dans le cycle de la plante (Wery et Ture, 1990). On a tendance à identifier la sécheresse au stress hydrique ; la sécheresse possède un rapport à un aspect climatique, et le stress hydrique plutôt physiologique (Ouedraogo, 1992 ; Ait-kaki ,1993 ; Baldy ,1993b). La sécheresse est défini par deux façons (Henin, 1976) :

1- Il y a sécheresse dès qu'il se produit dans la masse des tissus un déficit hydrique amenant une baisse de rendement.

2 - Il y a sécheresse chaque fois que le déficit en eau provoque des réactions de défense de la plante, se traduisant par des modifications de l'état de feuillage qui caractérisent le flétrissement.

6.1.4. Eclairage

Le blé est une plante de pleine lumière. Le tallage herbacé s'achève pour une valeur précise du photopériodisme valable suivant les variétés. L'écartement des lignes aux semilles permet de placer le blé dans des conditions d'éclairage optimales, garantissant un bon tallage (Clement et Prats (1970). Sachant une certaine durée de jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison (Soltner, 1990). Alors que , Simon *et al.*, (1989), ajoutent que le stade B dépendrait principalement de la durée du jour, il faut en effet que la durée de l'éclairage soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à monter dans la tige : c'est le photopériodisme d'autres part il convient d'éviter l'ombrage et les cultures trop denses qui vont favoriser l'apparition de maladies cryptogamiques.

6.2. Exigences édaphiques

6.2.1. Les caractéristiques physiques

Ces caractéristiques comportent des précautions à intervenir :

- Une texture fine, limono argileuse qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, d'où une bonne nutrition.
- Une structure stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver, évite au blé l'asphyxie et permet une bonne nitrification au printemps.
- Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux gros rendements (Soltner, 1990 ; Baldy ,1993).

6.2.2. Les caractéristiques chimiques

Les exigences chimiques demandées sont :

- Le blé craint les sols tourbeux contenant de fortes teneurs en sodium, magnésium ou fer.
- Le pH optimal se situe dans la gamme de 06 à 08. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la C.E. ne doit pas dépasser 04 mmhos/cm (Clément, 1971).
- Le blé réussit mieux dans les terres neutres profondes et de textures équilibrée, ce sont des limons argileux profond, avec une porosité suffisante, le complexe absorbant important permet à la plante de se nourrir à partir des réserves chimiques du sol.

Il est bien évident que ces critères ne sont pas toujours respectés, l'agriculteur peut être amené à semer du blé dans des terres se ressuyant mal au printemps car les dégâts dus aux maladies cryptogamiques (piétins, fusariose,...) risqueraient d'être considérables. Les terres très argileuses, très calcaires ou trop sableuses (acides) sont déconseillées pour cette culture (Clément, 1971).

Chapitre II : Les effets climatiques et l'adaptation des plantes

1. Les effets des stress abiotiques sur la plante

1.1. Notion de stress

Le stress est l'ensemble des perturbations physiologiques ou pathologiques provoqués dans l'organisme par des agents biotiques tels que le parasite et le pathogène ou abiotiques tels que la salinité, la sécheresse, la température et la pollution..etc (Maarouf et Raynaud, 2007). Naturellement, les plantes doivent donc s'adapter pour faire face à des agressions biotiques et abiotiques (Ishida et *al.*,2008).

Parmi les contraintes environnementales, on peut distinguer suivant leurs natures plusieurs types de stress. Les stress abiotiques induisent des changements physiologiques (Langridge et *al.*, 2006) et des changements dans les processus cellulaires (Chinnusamy et *al.*2006 ; Talame et *al.*, 2007). Il engendrent généralement une perturbation du potentiel hydrique chez les plantes (Atienza et *al.*,2004 ; Verslues et *al.*2006), compensée par une fermeture des stomates, suite à une perte de turgescence dans les cellules de garde, ou une diminution de la pression osmotique cellulaire (Langridge et *al.*, 2006).

Les stress peuvent également affecter le fonctionnement de la plante en perturbant les flux ioniques (Langridge *et al.*, 2006) ou en altérant les parois ou les membranes cellulaires (Zhu,2001 ; Wang et *al.*,2003). Les tissus doivent alors mettre en place plusieurs mécanismes d'adaptation afin de limiter les dégâts engendrés par le stress (Verslues et *al.*, 2006).

1.2. Stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde. Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982).

En agriculture, le stress hydrique est défini comme un déficit marqué et ce compte des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Mckay, 1985 *in* Bootsma *et al.*, 1996).

En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao *et al.*, 2006).

1.3. Stress thermique

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, alors que d'autres parfaitement acclimatées ,sont capables de suivre au gel (des dizaines de C° en dessous de zéro), le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières (Ferhati, 2007). Ce groupe de protéines sont les protéines de choc thermique.

La synthèse des protéines de choc thermique (HSP, *Heat Shock Proteins*) est une réponse cellulaire très rapide, transitoire, stimulée lorsque la température excède de 8 à 10 °C la température optimale de croissance. Elle implique la production de polypeptides généralement classés en deux catégories de poids moléculaire et localisés dans divers compartiments subcellulaires : cytoplasme, noyau, mitochondries et plastes (John Libbey, 1991).

Le rôle protecteur des HSPs suite à une augmentation de la température, la thermo-tolérance, a été mis en évidence en 1982 dans des fibroblastes de hamster. Une augmentation brève et non létale de la température induit en effet une résistance transitoire à une deuxième élévation de température normalement létale. La cinétique d'acquisition de la thermo-tolérance correspond à la cinétique de synthèse des protéines de choc thermique et suggère donc l'implication des HSPs dans ce phénomène (Li and Werb, 1982).

1.4. Stress salin

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (Asloum, 1990). Ce type de stress est essentiellement dû au Na Cl en conditions naturelles (Sun et Zheng, 1994). Il caractérise les zones arides et semi arides, surtout la où l'irrigation est pratiquée (Ashraf, 1994). La salinité déclencherait un stress environnemental très significatif chez les plantes cultivées, qui constitue un obstacle majeur sur la productivité agricole.

1.5. Stress oxydatif

Une des conséquences des stress environnementaux, comprenant les stress hydrique et salin est l'apparition d'un stress oxydatif ; c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène - ROS- (Smirnoff, 1993). Elles sont produites pendant le métabolisme régulier mais leur production est drastiquement stimulée si les plantes sont exposées au stress comme des fortes intensités lumineuses, des faibles températures ou à la sécheresse (Dron, 2009).

L'oxygène est à l'origine d'espèces réactifs de l'oxygène (EAO), des molécules ayant des effets à la fois bénéfiques et délétères conduisant à la mort cellulaire. Pour se protéger à cette toxicité, et pour permettre aux EAO d'intervenir dans la réponse physiologique, les plantes ont développé des mécanismes contrôlant l'accumulation de l'EAO. On connaît plusieurs sources d'EAO dans les différents compartiments de la cellule végétale (Droge, 2002).

L'existence de nombreuses sources de production d'EAO dans la cellule ajoute un niveau supplémentaire de complexité. Une production extracellulaire d'EAO par la NADPH oxydase doit avoir des répercussions cellulaires très différentes de celle provenant de la membrane interne de la mitochondrie, ne serait-ce que par la présence de systèmes de détoxification différents dans ces divers sites subcellulaires, Production mitochondriale d'EAO : une production à part, reflet de l'activité cellulaire, La mitochondrie représente le site majeur de production cellulaire d'EAO : dans les cellules non phagocytaires, 80 % de l'anion super oxyde proviennent du fonctionnement de la chaîne respiratoire. Ces EAO mitochondriales, dont la production est

dépendante du fonctionnement de la chaîne respiratoire, sont spécifiquement considérées comme des senseurs de l'environnement, permettant aux cellules de s'adapter à ses fluctuations. C'est pour ces raisons que nous avons limité cet article aux EAO d'origine mitochondriale, bien que cette production ne recouvre pas toute la réalité de la réponse cellulaire (Med Sci, 2006).

1.6. Similitude entre les stress abiotiques

L'ensemble des stress, qu'ils soient de nature thermique, hydrique ou saline, provoquent des modifications de l'état physique des membranes cellulaires. L'intégrité des canaux membranaires est rompue, ce qui entraîne la dé-compartmentation et la fuite de solutés.

L'assemblage des protéines des systèmes respiratoires, des photosystèmes et des systèmes métaboliques est déstructuré (Cattivelli *et al.*, 2008).

Sous l'effet de ces stress, la perte d'eau entraîne une augmentation de la concentration en solutés du cytoplasme provoquant ainsi un abaissement de son point de fusion de 1° à 2 °C (Burke *et al.*, 1976). La synthèse de nouvelles protéines constitue une réponse connue à ces stress. En effet l'induction de nouvelles protéines n'est pas limité au choc thermique (Heat shock proteines), d'autres stress, y compris ceux provoqués par des températures basses, le déficit hydrique, la salinité et l'anoxie, induisent artificiellement par du PEG, provoquent aussi la synthèse de nouvelles familles de protéines (Cattivelli *et al.*, 2008).

Les solutés qui contribuent à l'ajustement osmotique chez les halophytes sont les même solutés dont la proline, la bétaine et le sorbitol qui s'accumulent en réponse au stress hydrique (Yeo et Flowers, 1983). Il est souvent difficile de séparer les effets de la salinité de ceux engendrés par un faible potentiel hydrique ou par des interactions complexes avec d'autres ions.

2. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress abiotique

Turner (1979), définit l'adaptation comme étant la capacité de la plante à croître et à donner des rendements satisfaisants, dans des zones sujette à des déficits hydrique périodiques. Au plan organique, le degré d'adaptation de la plante influence directement la productivité (Bammoune, 1997). Chez les plantes plusieurs mécanismes d'adaptations interviennent aux différents stress biotiques et abiotiques.

2.1. Adaptation phénologique

Chaque phase phénologique non phénologique est un évènement, pour chaque plante, chaque stade phénologique de développement nécessite des conditions précises liées aux facteurs du climat (température, lumière, eau, évaporation, vent...). Ainsi, une plante lorsqu'elle est face à un stress biotique ou abiotique, elle réagit par sa phénologie : Le cycle de développement total « de la graine semée à la graine récoltée » peut se faire en quelque semaine. Cette adaptation est liée à la rapidité du développement du végétal. Ces sont les théories de Levitt (1972) : Esquive-Evitement.

2.2. Adaptation morphologique

Elle se fait dans les changements de la structure architecturale de la plante : modification des organes végétaux. Exemple : L'accroissement du système racinaire, en effet les racines de certaine plante peuvent atteindre jusqu'à 01 mètre au plus, pour chercher l'eau en profondeur. Un autre exemple, tel que le développement d'un réseau racinaire superficiel pour utiliser les rares précipitations, ou encore la réduction de la surface évaporant aérienne.

2.2.1. La hauteur de la plante

La hauteur de plante apparait comme un critère de sélection important particulièrement aux zones arides. Meziani *et al.* (1992), considèrent que la recherche de la tolérance à la sécheresse passée par l'augmentation de la hauteur de la paille. (Dakheel *et al.*(1993) , notent que le hauteur de chaume présente une corrélation modéré avec le rendement en graine avec un stress sévère en condition de stress hydrique. Une paille haute est plus apte à stocker plus de réserves glucidiques qui sont susceptibles d'être transférer chez la graine au cour de la phase remplissage (Ben abdeallah *et Ben salim*, 1993).

2.2.2. Le nombre de talles (NT)

Le nombre de talles par plante est une composante qui explique indirectement le rendement en matière sèche. Ce paramètre est largement influencé par la température et le niveau d'apport d'éléments nutritifs (Aspinal, 1965; Freind, 1965; Austin *et Johnes*, 1975; Meynard, 1980), et par les caractéristiques variétales et les techniques culturales (Massele, 1981; Gonde *et al.*, 1986).

2.2.3. Longueur du col (LC)

La longueur du col de l'épi a souvent été proposée comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (Fisher *et Maurer*, 1978) .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'assimilés 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).

2.2.4. Longueur de l'épi (LE)

L'épi a une fonction photosynthétique importante au cours du remplissage du grain (Febrero *et al.*, 1990) ; sa contribution à la photosynthèse de la plante entière varie de 13 % (Biscope *et al.*, 1975) à 76 % (Evans *et Rawson*, 1970) ; en cas de stress hydrique, il participe même plus activement à la photosynthèse que la feuille étendard (Johanson *et Moss*, 1976) en raison de la

sénescence des feuilles, des caractéristiques particulières de son fonctionnement photosynthétique (Febrero *et al.*, 1990) et en particulier de sa transpiration élevée (Blum, 1985), de la proximité source puit (Carre et Wardlaw, 1985) et de la meilleure capacité d'ajustement osmotique de l'épi (Morgan, 1984). Le rôle essentiel des épis (et en particulier des glumes) en tant qu'organes photosynthétiques a enfin été confirmé chez le blé à l'aide de la méthode de discrimination isotopique de carbone (Romagosa et Araus, 1990).

2.2.5. Longueur des barbes (LB)

Nemmar (1980), mentionne que la présence des barbes chez les céréales augmente la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation. Lors de la phase de remplissage du grain, la photosynthèse est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures chez les génotypes barbus comparativement aux génotypes glabres (Fokar *et al.*, 1998). La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé dur (Hadjichristodoulou, 1985). Les barbes, par leur port dressé et leur position au voisinage immédiat de la graine, conditionnent sa formation (Gate *et al.*, 1992).

2.2.6. La surface foliaire

La réduction de la surface foliaire, quand le stress hydrique est très important, est un mécanisme de réduction des besoins en eau (O'toole et Cruz, 1980). La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de talles est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau (Blum, 1996). L'enroulement du feuillage chez le blé joue un rôle important dans la réduction de la transpiration, sans diminution de l'activité photosynthétique. La morphologie et la surface des feuilles sont des caractéristiques liées à la réduction des pertes d'eau par la plante. Cette régulation est rythmée par l'ouverture et le nombre de stomates par unité de surface foliaire (Hurd 1974).

D'après Acevedo et Ceccarelli (1987), le port des feuilles serait lié à la tolérance à la sécheresse. Chez l'orge, les feuilles verticales étroites seraient plus favorables à une adaptation au stress hydrique que les feuilles larges et flasques.

Lorsque le végétal est en condition de stress, plusieurs paramètres entre en jeu :

- Le statut hydrique : plusieurs formes d'adaptations comme l'enroulement des feuilles.
- Problème de turgescence feuille : test de la perte d'eau g/cm²/min (RWL).

2.3. Adaptation physiologique

2.3.1. La teneur relative en cellulaire : test de la turgescence (RWC).

La teneur relative en eau correspond à une signification physiologique directe de l'état hydrique du végétal (Collinson *et al.*, 1997). C'est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces vis-à-vis d'un stress hydrique (Berka et Aïd, 2009)

Les génotypes qui maintiennent leur TRE élevée lors du stress hydrique seront probablement les plus tolérants et seront les plus productifs (Sassi *et al.*, 2012). Benmahammed *et al.* (2008), notent que la corrélation positive entre la teneur relative en eau et la biomasse accumulée

indique, qu'en général, l'accumulation de la biomasse sous stress est dépendante du contenu foliaire en eau.

2.3.2. La teneur en chlorophylle

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

2.4. Adaptation biochimique

L'adaptation biochimique se manifeste aux niveaux des cellules végétaux subissant un stress quel qu'il soit par l'ajustement osmotique et l'accumulation de certains solutés ou de composés osmorégulateurs appelés les osmotocums.

2.4. 1. Ajustement osmotique

L'ajustement osmotique peut aussi jouer un rôle important en aidant des feuilles partiellement flétries à redevenir turgescentes lorsque l'apport d'eau reprend. En aidant la feuille à maintenir sa turgescence, l'ajustement osmotique permet aux plantes de garder leurs stomates ouverts et de prélever du CO₂ pour effectuer leur photosynthèse dans des conditions de stress hydriques modérés (Hopkins, 2003). Il peut intervenir à tous les stades du développement (Monneveux et This, 1997). Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs (El Midaoui et *al.*, 2007). Les solutés responsables de la régulation osmotique sont essentiellement des acides organiques, des acides aminés (proline, glycine-bétaïne), des sucres solubles et certains constituants inorganiques (Richards et *al.*, 1997). La fonction principale des solutés compatibles est d'empêcher la perte d'eau pour maintenir la turgescence cellulaire et à maintenir le gradient de reprise en eau dans la cellule. Ces accumulations des métabolites dans les cellules conduisent à une augmentation du potentiel osmotique et ont finalement abouti à une plus grande capacité d'absorption d'eau par les racines et l'économie d'eau dans les cellules (Sayed et *al.*, 2012).

2.4.2. Accumulation proline

Beaucoup d'auteurs associent l'accumulation de la proline à la résistance des plantes aux contraintes hydriques du milieu, car elle sert de critère de résistance à un stress chez le blé et qui pourrait être un des facteurs qui explique le milieu des stratégies d'adaptation. (Mounneveux, 1991). Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. Singh et *al.*, (1973) proposent d'utiliser la proline comme critère de sélection pour la tolérance au stress chez l'orge. La proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (Ben Rejeb et

al., 2012). L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique (Acevedo *et al.*, 1989).

2.4. 3. Accumulation de sucres solubles

Lors d'un déficit hydrique, les réserves amyliques sont progressivement utilisées et pourraient être un facteur de tolérance au manque d'eau. Quand, la contrainte hydrique cesse, la feuille reconstitue les réserves d'amidons, et si une nouvelle contrainte hydrique intervient, le temps d'adaptation est plus court (Bensari *et al.*, 1990 ; Bammoune, 1998). Par ailleurs plusieurs chercheurs semblent aboutir aux mêmes conclusions : c'est en général le saccharose qui augmente tandis que les teneurs en glucose et fructose sont réduits.

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

3. les maladies des céréales

3.1. Blé

3.1.1. Les fusarioses

Fusarium. roseum fait apparaître un noircissement à la base des tiges et un dessèchement précoce de l'épi (Dupont, 1982) Cette maladie présente une incidence directe sur les rendements provoquant une diminution du nombre de grains par épi, accompagnée du risque de présence de mycotoxine dans le grain, (Le Boulch et-Magne, 1999).

3.1.2. Le charbon du blé

Il est provoqué par *Ustilago tritici* ou *Ustilago hordei* (Clement-grandcourt et Prat, 1970). Oufroukh et Hamadi, (1993) , notent que ce sont des parasites foliaires ou d'inflorescences, ils ne se manifestent que peu avant le moment où l'épi sort de la Gaine. La dernière feuille avant l'épi jaunit et les épillets apparaissent entièrement détruits.

3.1.3. La carie du blé

Elle est due à *Tilletia carie*. Elle entraîne des diminutions sensibles de rendement et de qualité et compte parmi les maladies les plus importantes du blé dans le bassin méditerranéen. Elle apparaît à l'épiaison. Le blé couvert de spores donne de mauvaise qualité et inconsommable (Oufroukh et Hamadi, 1993).

3.1.4. Les rouilles

La rouille brune due à *Puccinia triticina*, se déclare entre l'épiaison et la fin de la floraison. Elle se présente sous forme de macules brunes arrondies sur les feuilles (Dupont, 1982).

La rouille noire due à *P.graminis*, est observée après la moisson sur les pailles, sous forme de pustules très allongées contenant des spores (Dupont, 1982).

3.1.5. Mosaïque du blé

Les deux agents de la mosaïque sont nommés l'un VMB (virus de la mosaïque du blé) et l'autre VMJB (virus de la mosaïque jaune du blé), tous deux sont transmis par le champignon du sol *Polymyxa graminis*. Parfois ces deux virus sont présents simultanément dans la même parcelle. La parade à ces deux maladies est l'utilisation de variétés résistantes (Hariri, 1999).

3.2. L'orge

3.2.1. L'oïdium : *Erysiphe graminis f. sp. hordei*

L'oïdium est une maladie courante des céréales et de quelques graminées, particulièrement dans les régions humides (Fig. I₁₁). Les pertes économiques sont plus élevées sur l'orge que sur les autres céréales (Zillinsky, 1983).



Fig. I₁₃: Les symptômes de l'oïdium sur les feuilles d'orge.

(http://www.bayercropscience.fr/_images/espacepresse/phototheque/vignettes/maladies/OidiumSurFeuille.jpg)

3.2.2. Jaunisse nanisante de l'orge

La jaunisse nanisante de l'orge (JNO) est une maladie virale causée (Fig. I₁₂.) par un groupe de virus initialement identifiés sur la base de transmissions spécifiques par les pucerons vecteurs.

Cette maladie, est très largement répandue dans le monde (Gallais et Bannerot, 1992 ; Sayoud *et al.*, 1999)



Fig. I₁₄: Virus de la jaunisse nanissante d'orge (Photos: Diseases of field crops in Canada) .

3.2.3. La ramulariose : *Ramularia collo-cygni*

Cette maladie affecte uniquement l'orge d'hiver et l'orge de printemps (Fig. I₁₃). La ramulariose peut sévèrement endommager les feuilles supérieures, et provoquer par conséquent d'importantes

pertes de rendement et de qualité

(http://www.ddaf.nord.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Diagnostic_des_3_maladies_de_l_Orge_cle05e1a9.pdf) .

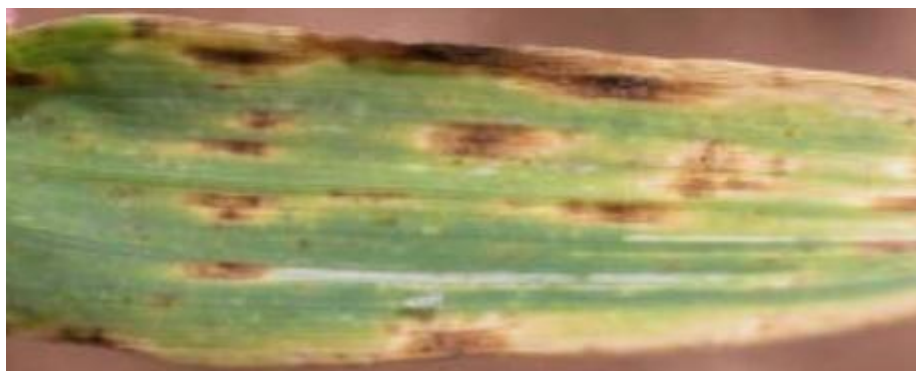


Fig. I₁₅ : Les symptômes de ramulariose sur les feuilles d'orge .(<http://www.quick-agro.fr/cereales/maladies/111-ramulariose-de-lorge.html>).

3.2.4. La rhynchosporiose : *Rhynchosporium secalis*

C'est essentiellement une maladie des feuilles de l'orge (Fig. I₁₄). Elle cause plus de dégâts dans les régions fraîches et humides des zones tempérées (Laffont, 1985). Des épidémies sévères peuvent engendrer des pertes de rendement de 30 à 40% (Sayoud *et al.*, 1999).

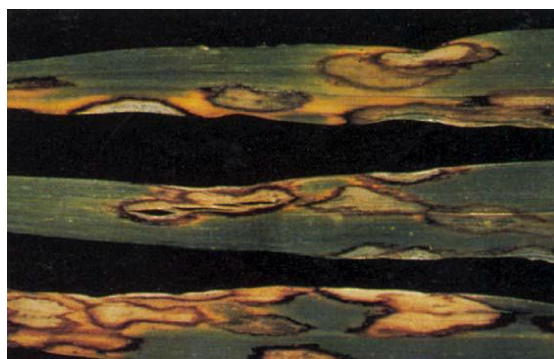


Fig. I₁₆: Les symptômes *Rhynchosporium secalis* (Photo: Compendium of barley diseases).

Chapitre III : Métabolisme

Le métabolisme cellulaire est l'ensemble des réactions biochimiques qui permettent le maintien de l'intégrité cellulaire (maintenance) et la multiplication cellulaire (croissance).

1. Métabolisme primaire

Les molécules constitutives ou permanentes sont directement impliqués dans les grandes voies du métabolisme basal de la cellule, c'est est à dire indispensables à la survie de la cellule.

- les glucides, source d'énergie, paroi cellulaire
- les lipides, source d'énergie, membranes cellulaires
- les acides aminés, source primaire de construction des protéines

Un métabolite primaire est un type de métabolite qui est directement impliqué dans la croissance, le développement et la reproduction normale d'un organisme ou d'une cellule. Ce composé a généralement une fonction physiologique dans cet organisme, c'est-à-dire une fonction intrinsèque. Les métabolites primaires rassemblent les acides aminés, les lipides, les carbohydrates et les acides nucléiques, Inversement, un métabolites secondaire n'est pas directement impliqué dans ces processus physiologiques fondamentaux (indispensables) d'un organisme, mais possède typiquement une fonction écologique importante (c'est-à-dire une fonction relationnelle). (Benslama, 2016)

2. Métabolisme secondaire

Il Représente toute substance présente chez un organisme et qui ne participe pas directement aux processus de la base de la cellule vivante, par opposition aux métabolites primaires et dont la nature et la teneur peuvent être modifiées par des facteurs abiotiques, facteurs environnementaux spatiaux (exposition, altitude, climat, ...) ou temporels (saison, âge, ...), et les molécules induites par des facteurs biotiques, telles les phytoalexines excitées par la présence d'un pathogène. Chez les végétaux, ces composés secondaires regroupent des dizaines des milliers de molécules différentes classées en familles chimiques telles que les polyphénols, les terpènes, les alcaloïdes etc. Outre, leur très grande diversité chimique, ces métabolites secondaires se caractérisent généralement par de faibles concentrations dans les tissus végétaux ainsi que par leur stockage souvent réalisé dans des cellules ou organes spécialisés.

On distingue classiquement trois grandes catégories de métabolites secondaires chez les végétaux : Les composés phénoliques, Les composés terpéniques et Les alcaloïdes.

3. Classification des métabolites secondaires

3.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substances chimiques. L'élément structural fondamental qui les caractérise, est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est lié directement au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction (éther, ester, hétéroside...etc.). Le phénol est le composé de base de ce groupe et les

dérivés portant plus de deux noyaux benzéniques sont appelés les polyphénols. Ces composés forment le principe actif de nombreuses plantes médicinales. Ils sont abondants chez les plantes vasculaires et localisés dans tous les organes de la plante : racines, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruits (Elkolli, 2017).

3.2. Les phénols simples et les acides phénoliques

Certains des plus simples composés phyto chimiques bioactifs sont constitués d'un seul anneau phénolique. Structurellement, les composés phénoliques comportent un noyau aromatique portant un ou plusieurs groupes hydroxyles substitués et vont de la molécule phénolique simple à des composés hautement polymérisés (Elkolli, 2017).

3.3. Les flavonoïdes

Le terme flavonoïde provient du latin "flavus", signifiant "jaune", ils sont des pigments polyphénoliques presque toujours hydrosolubles qui contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaunes ou en blanc. Ils ont un champ d'action important et possèdent de nombreuses vertus médicinales.

3.4. Les quinones

Les quinones sont des composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques. Ils sont présents aussi chez les champignons, les lichens et très rarement chez les fougères. Ces molécules se trouvent, également, dans le règne animal, en particulier chez les Arthropodes et les Echinodermes.

Ils sont omniprésents dans la nature et sont hautement réactifs. Ces composés, étant colorés, sont responsables de la réaction de brunissement des fruits (coupés ou blessés) et des légumes. Leur présence dans le henné donne ses propriétés de teinture. Ex. l'Anthraquinone .

3.5. Les tanins

Les tanins sont des composés poly phénoliques qui contractent les tissus en liant les protéines et en les précipitant, d'où leur emploi pour « tanner » les peaux. Ceux-ci donnent un goût amer à l'écorce et aux feuilles et les rendent impropres à la consommation pour les insectes et le bétail. Les tanins ont des couleurs qui vont du blanc jaunâtre au brun et foncent à la lumière. Ils possèdent une légère odeur caractéristique et sont astringents. Ils se dissolvent dans l'eau, l'acétone et l'alcool. On les trouve, pratiquement, dans tous les végétaux, mais ils sont particulièrement abondants chez les Conifères, les Fagacées et les Rosacées. Ils sont caractérisés par leur astringence (sensation de dessèchement en bouche). Par exemple, les pépins de raisins sont très chargés en tanins.

3.6. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des molécules organiques mono ou polycycliques d'origine naturelle (le plus souvent végétale), **azotées**, plus ou moins basique, de distribution restreinte et doués, à faibles doses, de propriétés pharmacologiques marquées. Ce nom dérive du mot alcalin. On les trouve surtout dans les familles suivantes: Papavéracées, Rutacées, Fabacées et Solanacées. Les alcaloïdes ont la propriété de former des sels et d'être amers, la plupart de ces molécules ont une

activité biologique puissante et certaines d'entre elles sont de puissants poisons et (donc) de grands médicaments (Morphine, Codéine, Cocaïne...), solubles dans l'eau .

4. Rôle des métabolites secondaires

Les plantes possèdent des métabolites dits « secondaires » par opposition aux métabolites primaires que sont les protéines, les glucides et les lipides. Ces composés diffèrent en fonction des espèces et, bien que leurs rôles soient encore mal connus, il est cependant clair qu'ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent. Ils sont probablement des éléments essentiels de la coévolution des plantes avec les organismes vivants, tels que parasites, pathogènes et prédateurs, mais aussi pollinisateurs et disséminateurs. Ces différentes relations ont donné lieu à une extrême diversification des composés secondaires. (Krief, 2003).

Chez les plantes, les métabolites secondaires sont importants à la survie et à la propagation de l'espèce. Ils jouent chez celles-ci différents rôles, comme des phéromones ou des signaux chimiques permettant à la plante de s'adapter à l'environnement.

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 tableau n°1.

Tab. II 1 : 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 MG : 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
LAS(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

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

2.2. Données climatiques de la zone d'expérimentation

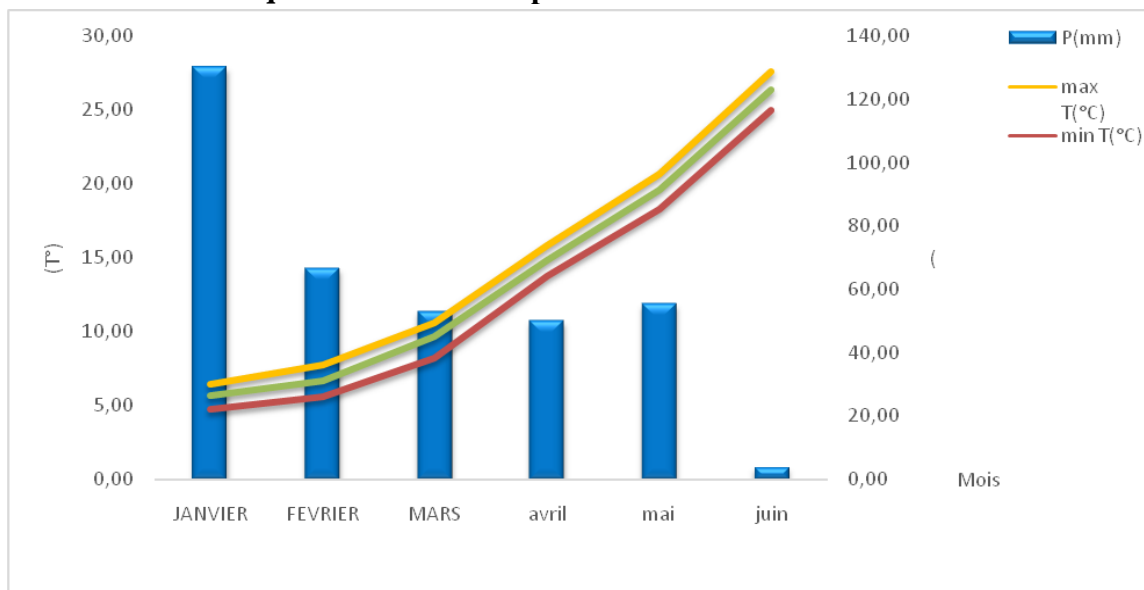


Fig. II 2 : Donnés climatiques de la zone d'expérimentation (I.N.P.V, 2019).

La Fig. II₂ montre la variabilité mensuelle moyenne de la pluviométrie et des températures durant la campagne 2018-2019.

La campagne 2018-2019 est caractérisée par une pluviométrie très augmentée qui va contribuer à une bonne année de productivité agricole.

Pour la température, nous constatons que Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de **7.76 °C**. Le mois de Juin est le mois le plus chaud avec une température moyenne de **26.35°C**.

3. Mise en place de l'essai

L'essai est réalisée durant l'année agricole 2018 / 2019. Le semis est effectué le 23 Décembre 2019. Nous avons réalisé un semis manuel à une profondeur de semis régulière de 3 à 5 cm 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 mètres de largeur, 6 lignes distantes de 20 cm l'une de l'autre soit une superficie de 6 m², l'écartement entre parcelles est de 50 cm (**Fig. II₄ /B**). Chaque parcelle élémentaire reçoit un traitement unique à une densité de 250 graines/m².

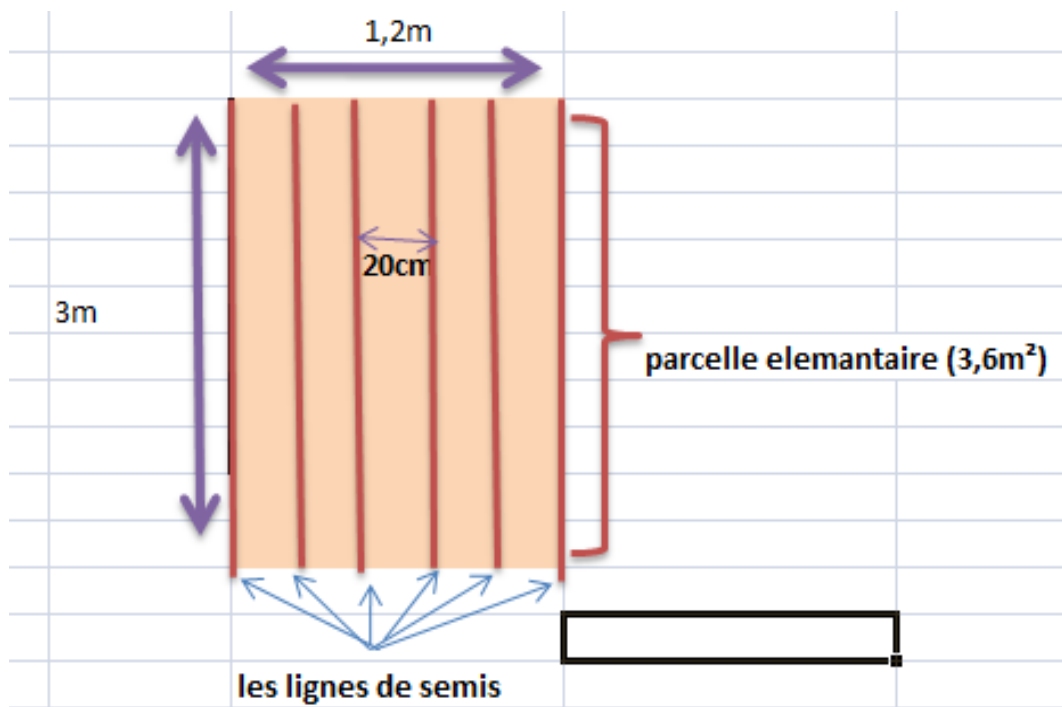


Fig. II₃ : Schéma de la parcelle

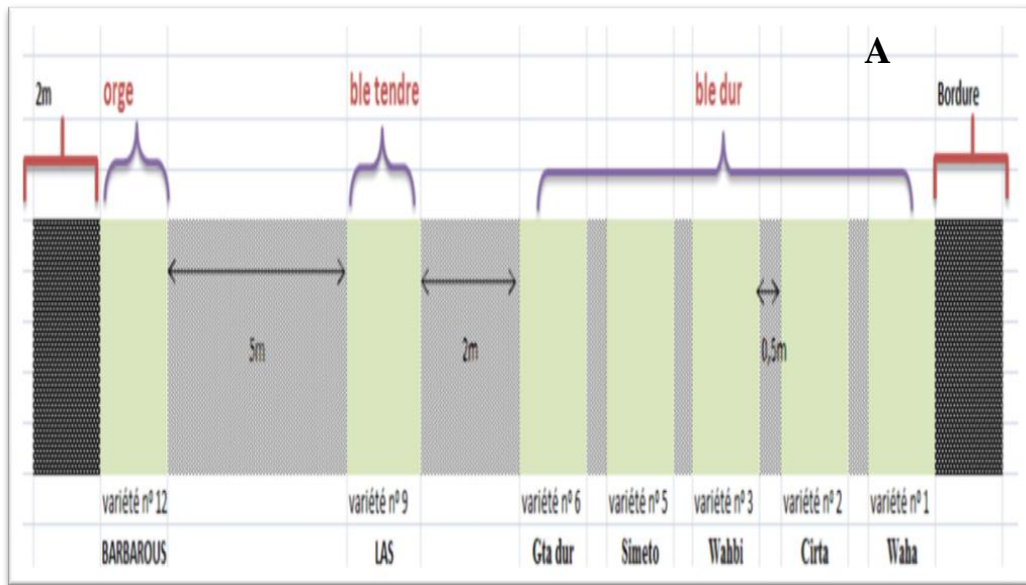


Fig. II₄: Schéma du dispositif expérimental de l'essai, A : Schématisé, B : sur terrain

4. Les paramètres étudiés

La caractérisation des variétés est basée sur sept aspects présentés par la phénologie, la morpho-physiologie, la biochimie de la plante et la phytochimie. Les mesures sont effectuées durant le stade de tallage, l'un des stades critiques du cycle de la vie de la plante.

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 tallage.

4.2. Paramètres morphologiques

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) :

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

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).

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

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 80C°) ; SF : la surface foliaire de la feuille.



Fig. II₅: Mesure le 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 a à 663 nm, de la chlorophylle b à 647 nm et des caroténoïdes à 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 :

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

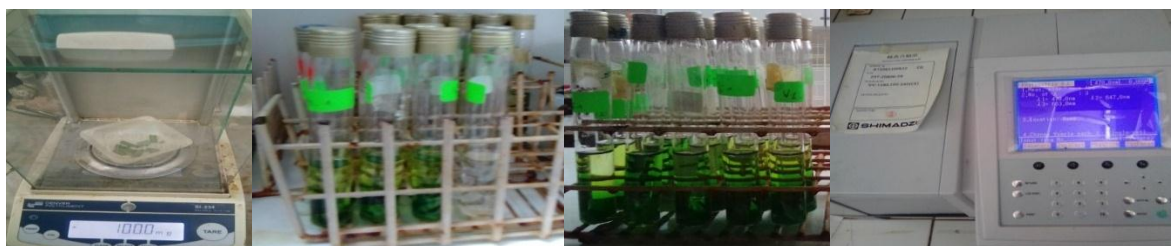


Fig. II₆: Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes

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 « µg/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 (CH₃COOH) ; 25 mg de ninhydrine (C₆H₆O₄) et 1 ml de mélange contenant (120 ml d'eau distillée : 300 ml d'acide acétique : 80 ml d'acide orthophosphorique (H₃PO₄.d=1.7) ;

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn, 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 Na₂SO₄ 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 µg /mg de matière sèche.

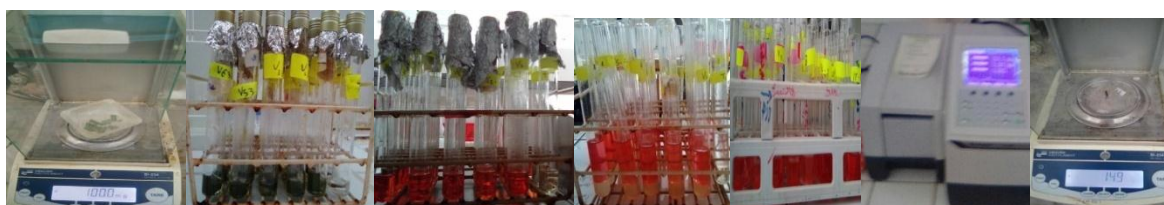


Fig. II7: Dosage de proline

4.4. 2. Dosage des sucres solubles «µg/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, après en va mettez au bain marié pour l'évaporation éthanol. Filtrer le contenu, et 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 à 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).

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.

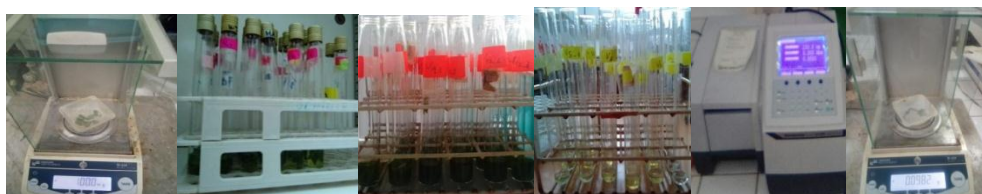


Fig. II₈ : Dosage des sucres solubles

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 min (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 100µl 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 µg /g MF.



Fig. II 9: Dosage des protéines totales

4.5. Paramètres phytochimiques

Les céréales contiennent une gamme de substances qui peuvent avoir des effets favorable à la santé, ces substances sont souvent appelées phytochimiques ou substances bioactives des plantes. C'est des métabolites secondaires, les plus présents chez les céréales semblent être les composés phénoliques.....etc.

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. 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. II₁₀: 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.1 II₁₁: 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. II₁₂ : l'extraction des extraits bruts méthanoliques

4.5.2. Dosage des phénols totaux

La teneur en polyphénols de nos extraits est estimée à partir de la courbe d'étalonnage $Y=0,0099X + 0,029$ (Boudersa, 2018) : Y= l'absorbance, X= concentration de la solution acide gallique par $\mu\text{g/g}$ de MS.

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 a été décrit dès 1965 par Singleton et Rossi.

Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PO_{12}O_{40}$) 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).

Les étapes de la technique de dosage des phénols totaux

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

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 (μ g) équivalent d'acide gallique par gramme de la matière végétale sèche (μ g EAG/g de MS).



Fig. II13: Dosage des phénols totaux

4.5.3. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïde de nos extraits a été estimée à partir de la courbe d'étalonnage $Y=0.001X +0.045$ (Boudersa, 2018).

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.

Les étapes de la technique de dosage des flavonoïdes sont :

- 1 - Dilution de 300 μ l de l'extrait brut méthanolique des feuilles avec 2700 μ l d'eau distillée,
- 2 - Ajout de 90 μ l de nitrite de sodium ($NaNO_2$) à 5%.
- 3 - Après 5 min, rajout de 90 μ l de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 10% (m/v) au mélange.
- 4 -Après 6 min, addition de 300 μ l d'hydroxyde de sodium ($NaOH$) à 4%.
- 5 - Agitation immédiate du mélange afin d'homogénéiser le contenu.



Fig. II₁₄ : 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 (μg EAC/g de MS).

4.5.4. Dosage des tanins

La teneur en tanins de nos extraits a été estimée à partir de la courbe d'étalonnage $Y=0.0003X + 0.08$ (Boudersa, 2018) : Y= l'absorbance, X= concentration de la solution catéchine, $\mu\text{g} / \text{g}$ de MS ; Y= l'absorbance, X= concentration de la solution catéchine, $\mu\text{g} / \text{g}$ de MS.

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).

Les étapes de la technique de dosage des tanins sont :

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



Fig. II₂: 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

Les stades phénologiques chez différentes variétés de blé et l'orge sous conditions naturelles, détermine la préciosité des différentes variétés étudiées à partir de la durée de cycle de développement allant du semis à l'épiaison.

La variété Las qui est considéré comme une variété tardive par rapport aux autres variétés, présente une période longue près de **134 jours** marquée par le blé tendre avec La variété Barbarous de l'orge, qui est classée comme une variété précoce par rapport à toutes les autres variétés étudiées avec une durée de **127jours**. Les variétés semi tardives sont marquées par les cinq variétés de blé dur avec 129 jours.

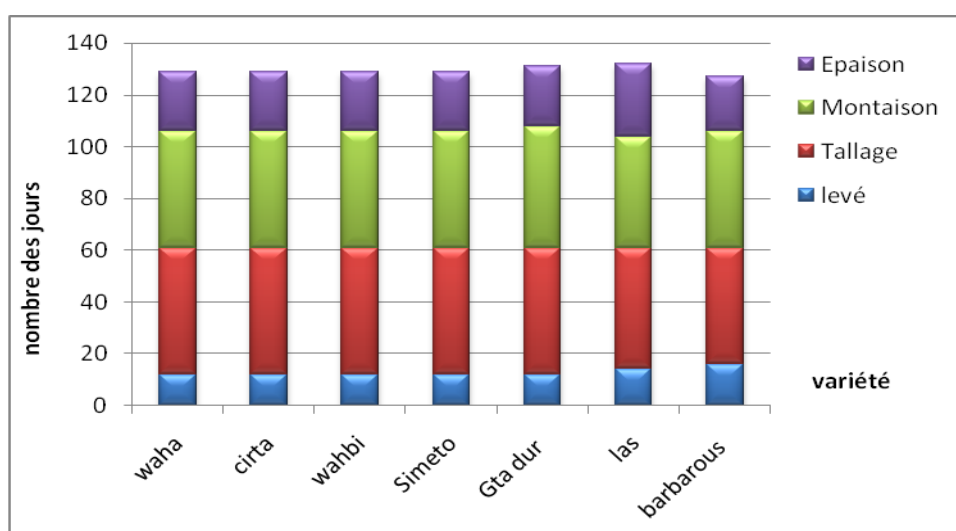


Fig. III1: les stades phénologiques chez différente variétés étudiées sous des conditions climatiques naturelles

2. Paramètres morphologiques

2.1. Caractères de production

a. Nombres moyen de talles herbacées (TH) /b. Nombres moyen de talles épiées (TE)

Le tallage herbacé et le tallage épi ont enregistré le même changement dans le nombre des talles entre les variétés (Fig. III2). 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 2 talles/plante successivement. Par contre, le nombre de talles, le plus faible est enregistré chez les deux variétés de blé dur Cirta et Wahbi avec une moyenne de 2 et 1.4 talles/plante. La variété restante de blé dur, Simto a marqué une moyenne intermédiaire de talle herbacés/ épi.

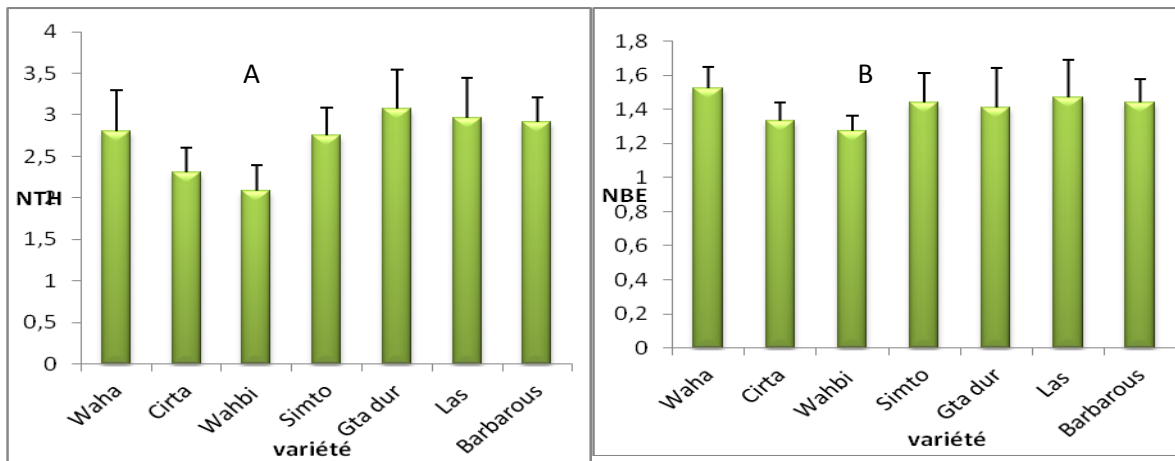


Fig. III2: Nombre moyen des talles chez les sept variétés cultivées au champ. A : talles herbacées (TH), B: de talles épiées(TE)

2.2. Caractère d'adaptation

A. Hauteur de la plante (HP)

Les hauteurs de la plante enregistrées chez les sept variétés étudiées sont très convergentes, les hauteurs optimale et minimale sont notées chez les deux variétés Cirta de blé dur et Barbarous de l'orge avec les moyennes $106,39 \pm 4,26$ et $83,93 \pm 10$, cm successivement. Les variétés restantes marquent des hauteurs intermédiaires.

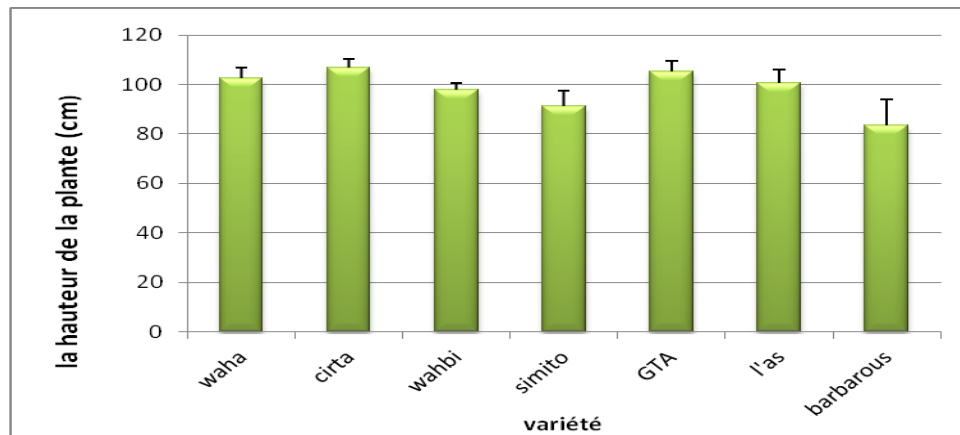


Fig. III3: Hauteur moyenne de la plante chez les sept variétés cultivées au champ

B. Longueur de l'épi (LE)

La longueur de l'épi de la plante varie en fonction de la variété. Les deux longueurs, la plus élevée et la plus faible sont notées chez les deux variétés Las de blé tendre et Simito blé dur ($11 \pm 1,04$ et $6,1 \pm 0,614$ cm) respectivement (Fig. III4). Les variétés restantes marquent des valeurs intermédiaires variant de 8,19 à 6,8 cm.

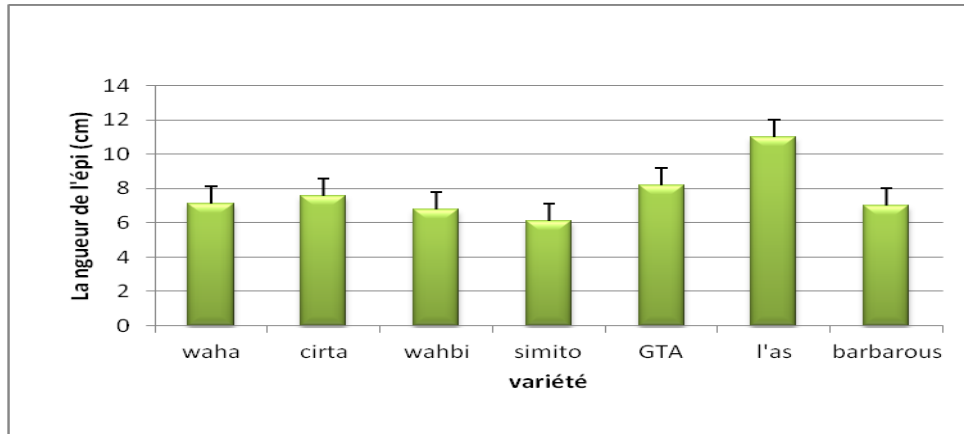


Fig. III4: La longueur de l'épi de sept variétés cultivées au champ

C. Longueur des barbes (LB)

La longueur des barbes marque des fluctuations chez les sept variétés (Fig. III5). Les longueurs, les plus élevées sont enregistrées chez les trois variétés de blé dur, Gta dur, Cirta et Waha et la variété Barbarous de l'orge avec les moyennes $14,01 \pm 1,179$, $13,11 \pm 1,670$, $12,7 \pm 0,91$ et $12,68 \pm 2,25$ cm successivement. Les deux variétés Wahbi et Simito de blé dur marquent des valeurs proches de $10,1 \pm 1,39$ et $10,9 \pm 2,42$ cm. La courte barbe est attribuée à la variété Las de blé avec une valeur de $8,3 \pm 2,637$ cm.

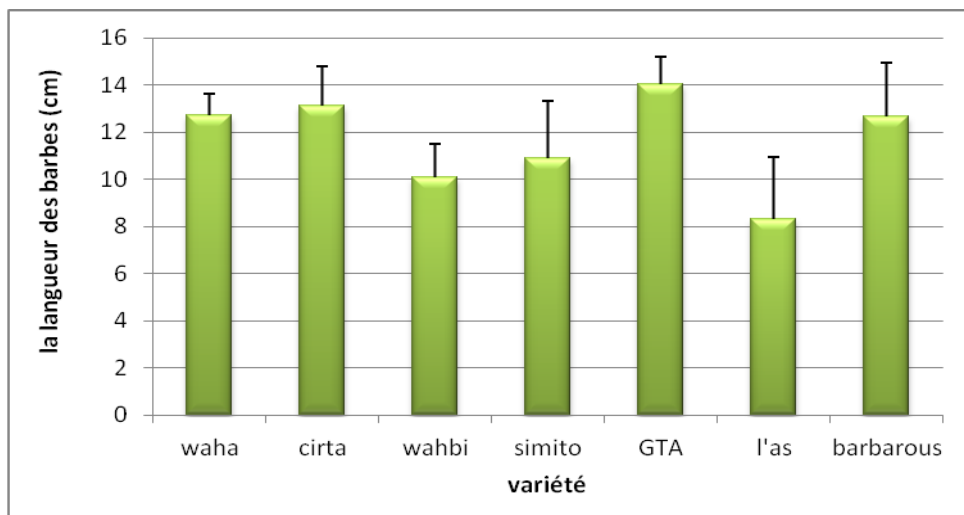


Fig. III5: La longueur des barbes de sept variétés cultivées au champ

D .Longueur du col de l'épi (LCE)

La longueur moyenne du col de l'épi varie de 25,25 ± 14,51 à 4,57..± 6,20 cm . La valeur minimale et maximale sont conservées aux deux variétés blé dur Waha et Cirta respectivement (Fig. III₆). Les variétés restantes marquent des longueurs très proches les unes des autres.

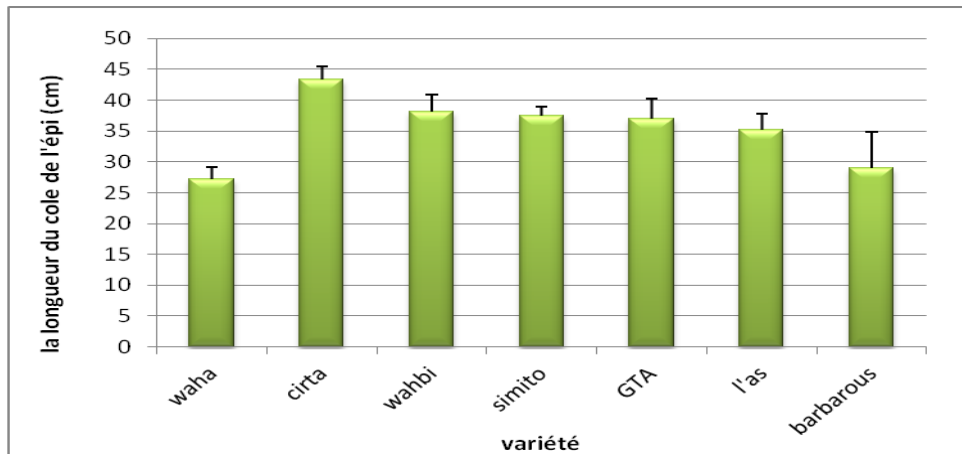


Fig. III₆: La longueur du col épi de sept variétés cultivées au champ

E. Surface foliaire (SF)

La surface foliaire de la plante varie en fonction de la variété. La valeur moyenne de la surface foliaire la plus élevée est notée chez les variétés Waha de blé dur et la variété Las de blé tendre avec les moyennes $26,013 \pm 1,47$ et $25,66 \pm 5,84 \text{ cm}^2$ successivement. En revanche, la variété Cirta a enregistré la plus faible valeur pour cette caractéristique avec une valeur de $12,58 \pm 1,775 \text{ cm}^2$ (Fig. III₇).

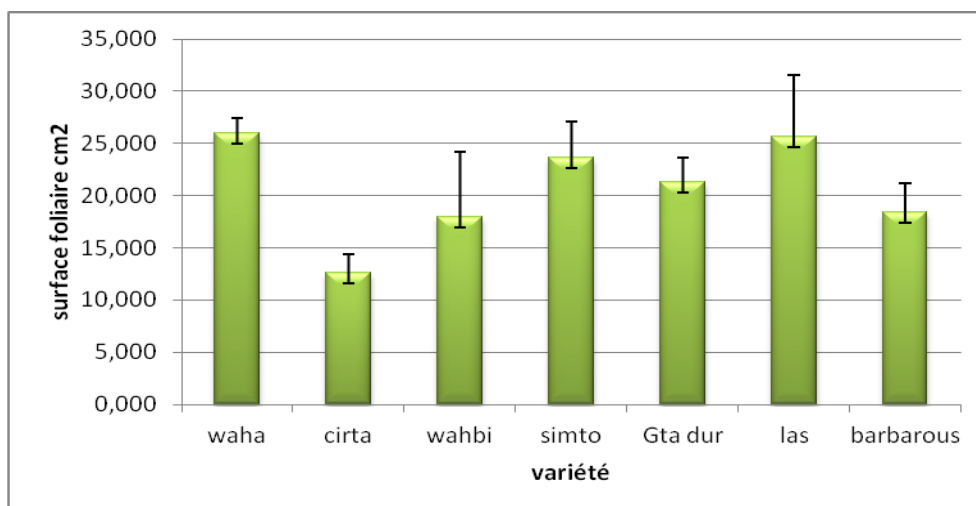


Fig. III₇ : La surface foliaire chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les espèces et entre les variétés aux cinq caractères d'adaptation HP, LE, LB et LCE (Tab. III₁). Par contre aucune interaction significative entre les deux facteurs variétés et espèces est observé pour les cinq paramètres.

Tab III₁: Analyse de la variance pour les paramètres morphologiques (caractères d'adaptation)

Variation Paramètre	Source	ddl	SC	SCM	F de Fisher	Pr > F	Significati on
HP	espèce	2	626,520	313,260	28,394	< 0,0001	****
	variété	6	466,853	77,809	7,053	0,001	**
LE	espèce	2	35,657	17,829	7,615	0,006	**
	variété	6	28,104	4,684	2,001	0,134	NS
LB	espèce	2	35,657	17,829	7,615	0,006	**
	variété	6	28,104	4,684	2,001	0,134	NS
LCE	espèce	2	216,622	108,311	30,394	< 0,0001	****
	variété	6	83,397	13,899	3,900	0,017	**
SF	espèce	2	91,188	45,594	3,082	0,078	NS
	variété	6	330,572	55,095	3,724	0,020	**

Le test N.K classe les variétés selon leur longueur des quatre paramètres en différents groupes et également distingue les trois espèces selon chaque paramètre Tab III₂ et Tab III₃ . respectivement.

Tab III₂: Les groupes homogènes des variétés selon NK pour les paramètres morphologiques

Paramètre variété	HP	LE	LB	LCE	SF
Waha	102,278(A)	7,111(BC)	12,667(AB)	38,167(B)	26,013 (A)
Cirta	106,267(A)	7,489(BC)	13,122(A)	43,456(A)	12,585 (B)
Wahbi	98,278(AB)	6,944(BC)	10,278(AB)	37,444(B)	17,940(AB)
Simeto	90,778(BC)	6,000(C)	10,889(AB)	38,556(B)	23,680 (A)
Gta dur	104,943(A)	8,156(B)	13,900(A)	36,833(B)	21,317(AB)
L'as	101,000(A)	10,556(A)	8,556(B)	35,056(B)	25,664 (A)

Barbarous	84,989 (C)	7,056(BC)	12,644(AB)	29,889(C)	18,450(AB)
------------------	------------	-----------	------------	-----------	------------

Tab III₃ : Les groupes homogènes des espèces selon NK pour les paramètres morphologiques

Paramètre Espèce	HP	LE	LB	LCE
Blé dur	100,51(A)	7,14(B)	12,17(A)	38,89 (A)
Blé tendre	101,00(A)	10,56(A)	08,56(B)	35,05(B)
Orge	84,99(B)	07,06(B)	12,64(A)	29,89(C)

3. Paramètres Physiologiques

3.1. Poids spécifique foliaire (PSF « mg/cm² »).

Le poids spécifique foliaire représente une fluctuation des teneurs inter espèce et inter variétale. La teneur maximale est marquée chez la variété Waha ($0,019 \pm 0,0007 \text{ mg/cm}^2$). Tandis que la teneur minimale est notée chez Wahbi ($0,014 \pm 0,004 \text{ mg/cm}^2$). Les deux variétés Simto et Gta dur marquent une valeur similaire de poids spécifique foliaire équivalente à $0,0190 \pm 0,0193 \text{ mg/cm}^2$.

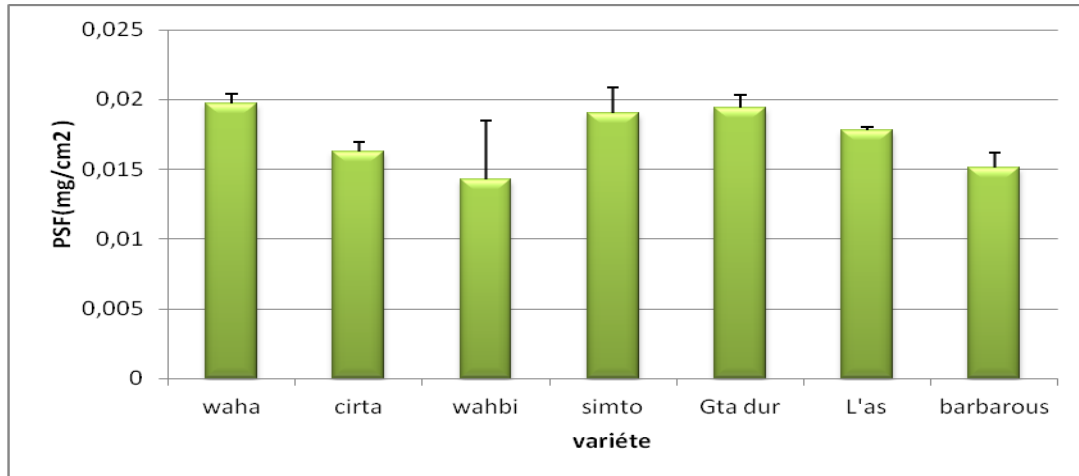


Fig. III₈: Le poids spécifique foliaire chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage

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

La teneur en eau est très convergente chez la totalité des variétés. Elle varie de $86,84 \pm 1,84$ à $83,14 \pm 5,51\%$. A l'exception, la variété Barbarous de l'orge marque la teneur minimale pendant la période tallage qui tend vers $72,75 \pm 1,176\%$.



Fig. III9: Le teneur en eau chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage

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

Le taux de déperdition d'eau représente une fluctuation des teneurs inter espèces. Et une convergence variétale chez le blé dur par rapport au blé tendre et l'orge. Les trois variétés de blé dur Cirta, Wahbi et Waha enregistrent les valeurs minimales de TDE avec les moyennes $-0,15 \pm 0,082$, $-0,131 \pm 0,075$ et $-0,185 \pm 0,006$ ($\text{g.10/cm}^2/\text{mn}$)..successivement. Alors que les valeurs maximales sont observées chez les deux variétés Barbarous de l'orge $-0,385 \pm 0,111$ ($\text{g.10/cm}^2/\text{mn}$).., et la variété Las de blé tendre avec une moyenne très élevé $-0,67 \pm 0,39$ ($\text{g.10/cm}^2/\text{mn}$)

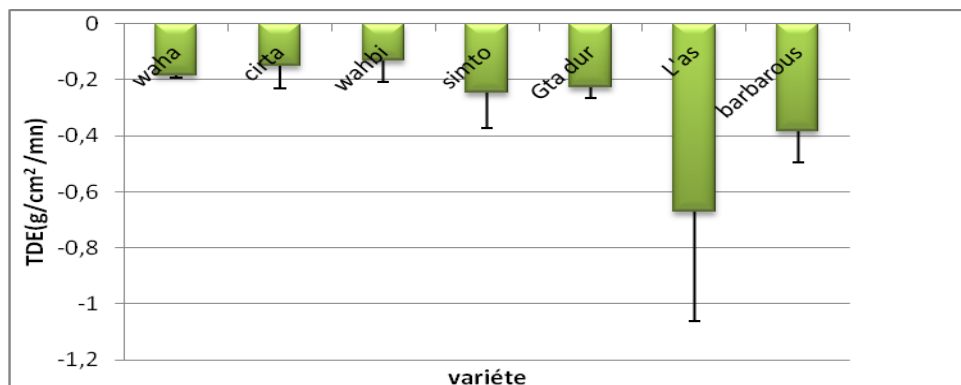


Fig. III10: Taux de déperdition en d'eau chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage

3. 4. Dosage des pigments chlorophylliens et caroténoïdes

A. Chl a / Chl b

Les taux de la chlorophylle a (Fig. 23 a) et chlorophylle b (Fig. 23 b) sont divergents chez les trois espèces. La majorité des variétés de blé dur marquent des teneurs très importantes variant de $\pm 2,15$ à $99,273 \pm 0,88$ et de $87,21 \pm 5,32$ à $70,36 \pm 3,45$ ($\mu\text{g/ml}$) pour la chlorophylle a et b successivement. A l'exception la variété GTA dur de blé dur qui manifeste pour la plus petite valeur pour les deux chlorophylles a et b. La variété Barbarous d'orge marque les teneurs intermédiaires de la chlo a et b ($91,39 \pm 0,66$ et $55,1 \pm 0,74$). Alors que les valeurs minimales de la chlorophylle a et b sont marquées chez la variété Las de blé tendre ($62,22 \pm 9,5$ et $28,06 \pm 5,37$.)

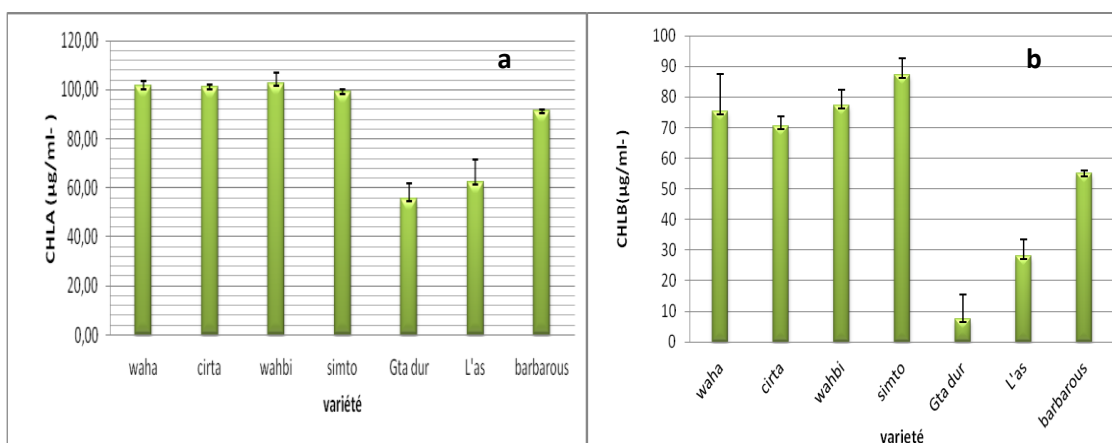


Fig. III11 : Teneur en chlorophylle a et b chez sept variétés étudiées cultivées au champ au stade tallage

C. Chl t

Le taux de la chlorophylle T suit la même chronologie que les deux chlorophylles a et b pour la totalité des variétés étudiées.

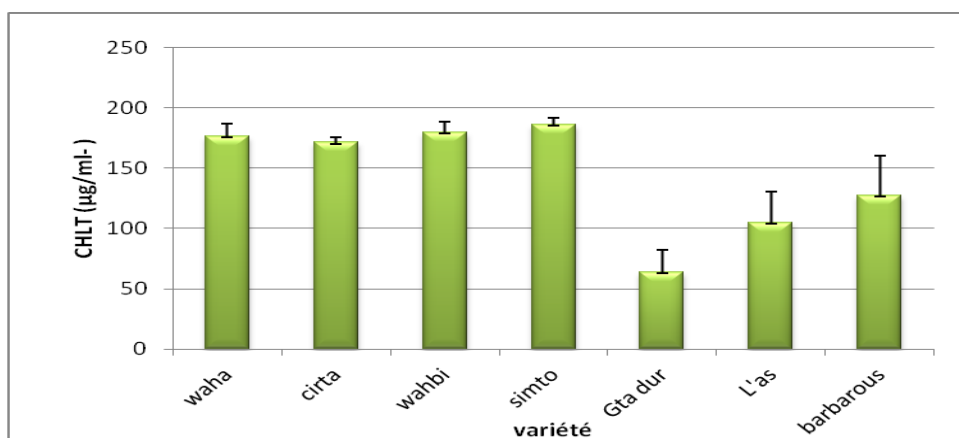


Fig. III12 : Teneur en chlorophylle totale chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage

D. Carotène

Le taux de la carotène chez les sept variétés augmente proportionnellement chez les variétés Waha, Cirta, Wahbi et Simto de blé dur avec une teneur très élevée ($36,72 \pm 5,2$ à $41,68 \pm 2,32$) ($\mu\text{g/ml}^{-1}$), ensuite une teneur moyenne chez les variétés Barbarous de l'orge et LAS de blé tendre, après la variété GTA Dur de blé dur avec une très faible moyenne ($8,72 \pm 5,32$).

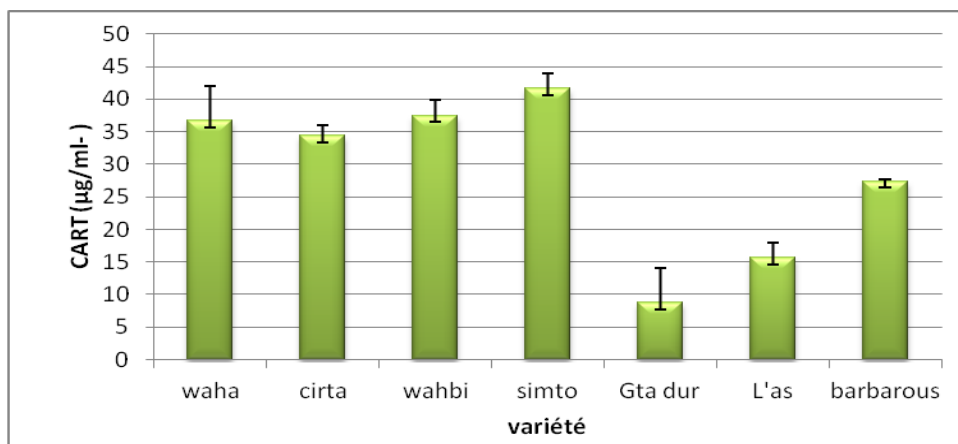


Fig. III13: Teneur en carotène chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les espèces et entre les variétés aux sept caractères d'adaptation PSF, TRE, TDE, Chla, Chlb, Chlt, Cart (Tab III4). Par contre aucune interaction significative entre les deux facteurs variétés et espèces est observé pour les sept paramètres physiologiques.

Tab III4 : Analyse de la variance pour les paramètres physiologiques

Variation Paramètre	Source	ddl	SC	SCM	F de Fisher	Pr > F	Signification
PSF	espèce	2	0,000	0,000	2,593	0,110	NS
	variété	6	0,000	0,000	3,225	0,033	**
TRE	espèce	2	351,808	175,904	13,841	0,001	**
	variété	6	25,385	4,231	0,333	0,908	NS
TDE	espèce	2	0,620	0,310	11,199	0,001	**
	variété	6	0,030	0,005	0,180	0,978	N.S.
Chla	espèce	2	2262,939	1131,469	51,660	< 0,0001	****
	variété	6	4945,142	824,190	37,631	< 0,0001	****

Résultats et Discussion

Chlb	espèce	2	3164,943	1582,472	36,088	< 0,0001	****
	variété	6	12196,099	2032,683	46,355	< 0,0001	****
Chlt	espèce	2	10651,133	5325,566	86,290	< 0,0001	****
	variété	6	32251,562	5375,260	87,095	< 0,0001	****
Cart	espèce	2	598,898	299,449	36,883	< 0,0001	****
	variété	6	2577,857	429,643	52,919	< 0,0001	****

Le test N.K. classe les variétés selon leurs teneurs des sept paramètres en différents groupes et également distingue les trois espèces selon chaque paramètre Tab. III₅ et Tab. III₆ respectivement.

Tab. III₅ : Les groupes homogènes des variétés suivant le test NK pour les paramètres physiologiques

Paramètre Variété	PSF	TRE	TDE	CHLA	CHLB	CHLT	CART
WAHA	0,020(A)	86,847(A)	-0,248(A)	101,383(A)	75,416(A)	176,79(A)	36,717(A)
CIRTA	0,016(AB)	84,142(A)	-0,150(A)	100,996(A)	70,356(AB)	171,35(A)	34,408(AB)
WAHBI	0,014(B)	83,143(A)	-0,131(A)	102,505(A)	77,186(A)	179,69(A)	37,452(A)
SIMETO	0,019(AB)	84,601(A)	-0,185(AB)	99,273(A)	87,209(A)	186,48 (A)	41,684(A)
GTA	0,019(AB)	83,507(A)	-0,228(AB)	55,721(B)	7,5815(D)	63,305(D)	5,324(D)
LAS	0,018(AB)	84,494(A)	-0,672(B)	62,218(B)	28,062(C)	90,280(C)	15,685(C)
Barbarous	0,015(AB)	72,759(B)	-0,385(AB)	91,388(A)	55,103(B)	146,49(B)	27,378(B)

Tab. III₆: Les groupes homogènes des espèces selon NK pour les paramètres physiologiques

Paramétrée espèce	PSF	TRE	TDE	Chla	Chlb	Chlt	Cart
Blé dur	0,018(A)	84,448(A)	-0,189(A)	91,976(A)	63,549(A)	155,525(A)	31,117(A)
Blé tendre	0,018(A)	84,494(A)	-0,672(AB)	62,218(B)	28,062(B)	90,280(B)	15,685(B)
L'orge	0,015(A)	72,759(B)	-0,385(B)	91,388(A)	55,103(A)	146,491(A)	27,378(A)

4. Paramètres biochimiques

4.1. Sucres Solubles

Les teneurs en sucres solubles sont convergentes chez la totalité des variétés étudiées, (Fig. III₁₃), à l'exception des deux variétés Wahbi et Cirta de blé dur, qui enregistrent les teneurs maximale et minimale successivement ($54,45 \pm 4,06$ et $24,19 \pm 1,63$ $\mu\text{g}/\text{mg MS}$).

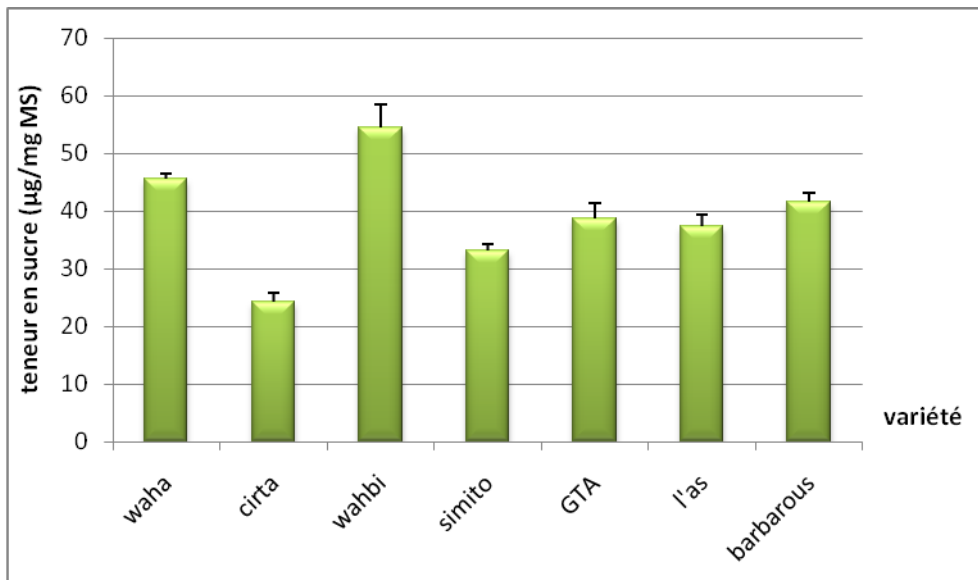


Fig. III₁₃: Teneur en sucres solubles chez sept variétés cultivées au champ aux stade tallage

4.2. Proline

Les teneurs en proline présentent une divergence entre la totalité des variétés (Fig. III₁₄). Les teneurs maximale et minimale sont illustrées par les deux variétés de blé dur Gta dur et Cirta de $2,66 \pm 0,24$ et $0,3 \pm 0,0763$ $\mu\text{g}/\text{mg MS}$). Les deux variétés Las et Barbarous de blé tendre et d'orge marquent des teneurs intermédiaires de $1,44 \pm 0,2$ et $2,28 \pm 0,1363$ $\mu\text{g}/\text{mg MS}$ successivement.

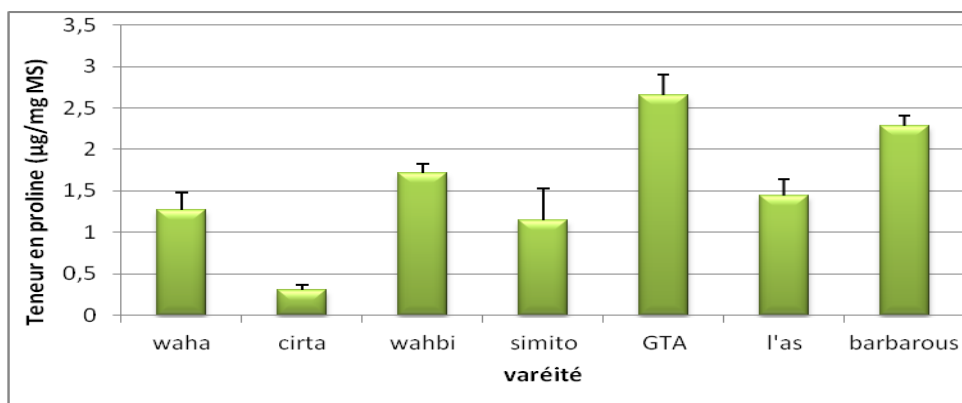


Fig. III₁₄: Teneur en proline chez sept variétés cultivées au champ au stade tallage

4.3. Teneur en Protéines

Les teneurs en protéine sont très convergentes entre les trois espèces, à l'exception la variété Simito, qui présente une teneur extrêmement plus élevée égale $43,47 \pm 0,89$ ($\mu\text{g}/\text{g MF}$) et équivalente à 4 et 5 fois les teneurs enregistrée chez les six autres variétés des trois espèces (Fig. III15).

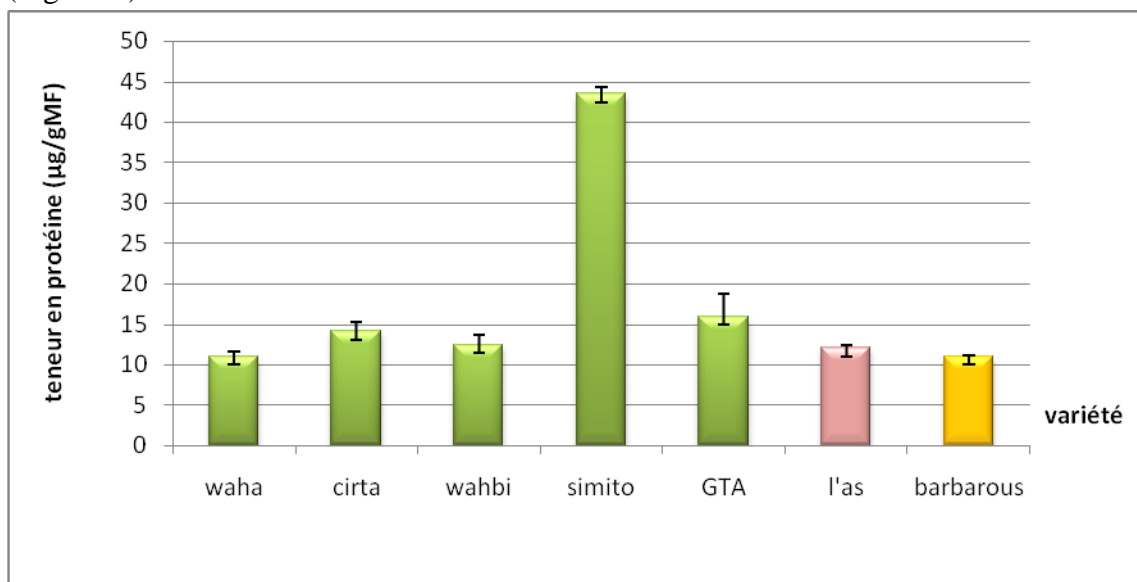


Fig. III15: Teneur en protéines chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les espèces et entre les variétés aux trois caractères biochimiques Suc, Pro, Prot (Tab. III7). Par contre aucune interaction significative entre les deux facteurs variétés et espèces est observé pour les trois paramètres (Tab. III7).

Tab. III7: ANOVA des paramètres biochimiques

Variation Paramètre	Source	ddl	SC	SCM	F de Fisher	Pr > F	Signification
Suc	espèce	2	16,580	8,290	1,651	0,227	NS
	variété	6	286,670	47,778	9,517	0,001	***
Pro	espèce	2	2,316	1,158	25,607	< 0,0001	****
	variété	6	8,927	1,488	32,894	< 0,0001	****
Prot	espèce	2	267,548	133,774	78,891	< 0,0001	****
	variété	6	2212,917	368,820	217,505	< 0,0001	****

Le test N.K classe les variétés selon leurs taux par rapport aux trois paramètres en différents groupes homogènes (Tab. III₈). et distingue également les trois espèces selon chaque paramètre aussi aux différents groupes homogènes (Tab. III₉).

Tab. III₈ : Les groupes homogènes des variétés pour les paramètres biochimiques (test NK)

Paramètre Variété	Suc	Proline	Pro
Waha	22,357(AB)	1,273(C)	11,053(C)
Cirta	12,926(D)	0,304(D)	14,105(BC)
Wahbi	24,983(A)	1,724(BC)	12,474(BC)
Simeto	15,938(CD)	1,149(C)	43,474(A)
Gta	20,718(ABC)	2,662(A)	15,877(B)
Las	18,584(BCD)	1,136(C)	12,018(C)
Barbarous	21,665(ABC)	2,281(AB)	11,018(C)

Tab. III₉ : Les groupes homogènes des espèces pour les paramètres biochimiques (test NK)

Paramétrée espèce	Suc	Proline	Pro
Blé dur	19,384(A)	1,422(B)	19,396(A)
Blé tendre	18,584(A)	1,136(B)	12,018(B)
L'orge	21,665(A)	2,281(A)	11,018(C)

5. Les composés phénoliques

5.1. Teneur des phénols totaux

La teneur en polyphénols présente une convergence inter- espèce et inter-variétale, la plus marquée est enregistrée chez la variété Gta dur avec une valeur équivalente à $852,86 \pm 3,55 \mu\text{g EG /gMS}$). Les teneurs minimales sont observées chez les deux variétés Cirta de blé dur et Barbarous de l'orge ($678,79 \pm 5,05$ et $646,8 \pm 4,55$) ($\mu\text{g EAG /gMS}$) respectivement (Fig. III₁₆).

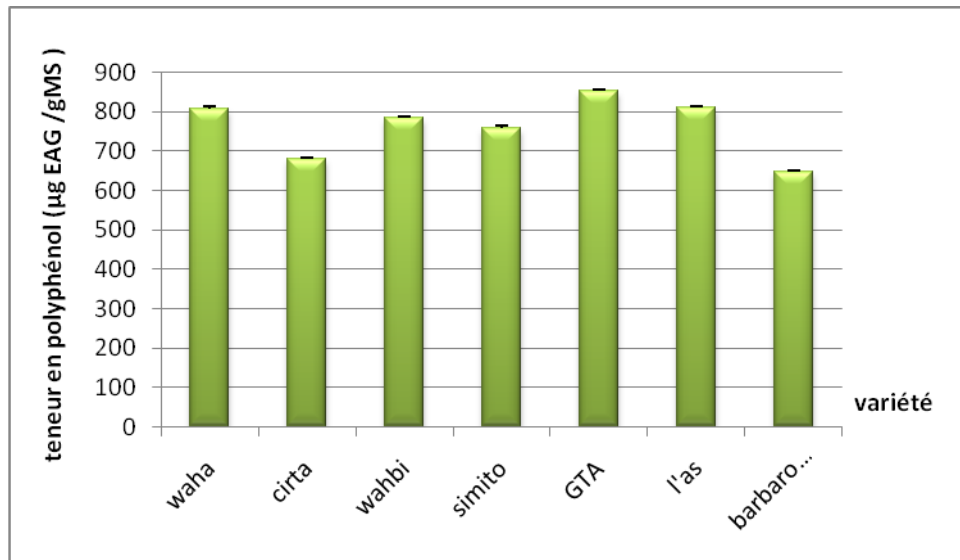


Fig. III16 : Teneur en polyphénols chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage

5.2. Teneur des flavonoïdes

La teneur en Flavonoïdes présente une fluctuation inter- espèce et inter-variétale (Fig. III17). La teneur maximale est marquée chez les deux variétés Gta dur de blé dur et LAS de blé tendre. ($4911,67 \pm 32,53$ et $4610 \pm 60 \mu\text{g}/\text{EAG}/\text{gMS}$) respectivement. Alors que la minimale est observée chez la variété Barbarous de l'orge. ($3030 \pm 80 \mu\text{g}/\text{EAG}/\text{gMS}$).

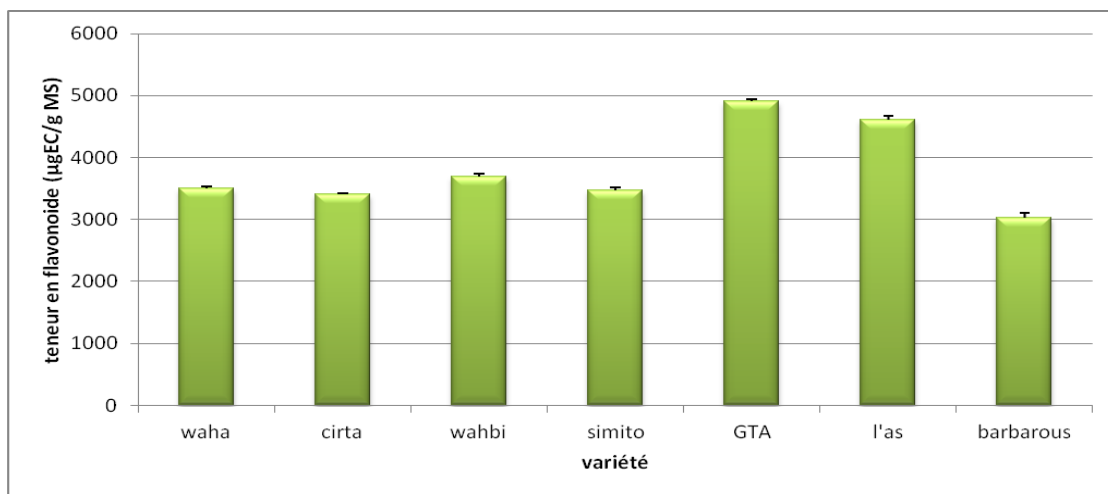


Fig. III17 : Teneur en Flavonoïdes chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage

5.3. Teneur des tanins

La teneur en tanins présente une divergence inter- espèce et inter-variétale (Fig. III18). La teneur maximale en tanins est attribuée à la variété Cirta avec une moyenne équivalente à $444,44 \pm 25,45 \mu\text{gEAC}/\text{gMS}$. Tandis que la teneur minimale est consacrée au blé tendre Las avec une

moyenne de $87,78 \pm 8,38 \mu\text{gEAC/gMS}$. Les autres variétés s'expriment avec des moyennes intermédiaires.

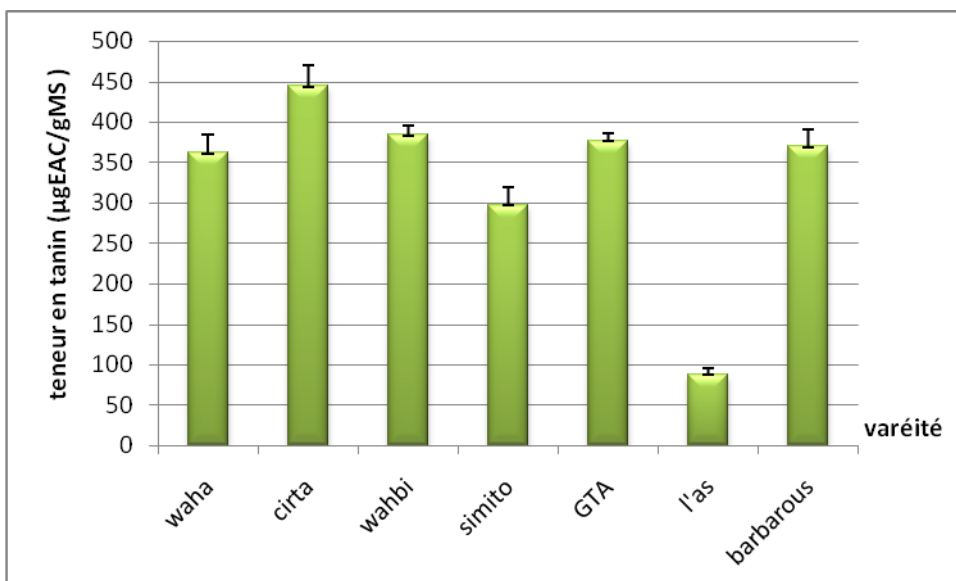


Fig. III18 : Teneur en tanins chez les sept variétés cultivées au champ au stade tallage

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre les espèces et entre les variétés trois paramètres polyphenol, flavonoïde, tanin (Tab. III10). Par contre aucune interaction significative entre les deux facteurs variétés et espèces est observé pour les trois aux paramètres.

Tab. III10: ANOVA des paramètres phytochimiques

Variation Paramètre	Source	ddl	SC	SCM	F de Fisher	Pr > F	Signification
Poly	espèce	2	0,000	0,000	2,593	0,110	NSS
	variété	6	0,000	0,000	3,225	0,033	**
Flavo	espèce	2	351,808	175,904	13,841	0,001	**
	variété	6	25,385	4,231	0,333	0,908	NS
Tanins	espèce	2	0,620	0,310	11,199	0,001	**
	variété	6	0,030	0,005	0,180	0,978	NS

Le test N.K classe les variétés selon leur longueur des trois paramètres en différents groupes et également distingue les trois espèces selon chaque paramètre vue les deux Tableaux Tab.

III₁₁ et Tab. III₁₂ successivement.

Tab. III₁₁ : Les groupes homogènes des espèces suivant le N.K des paramètres phytochimiques

Paramètre Variété	POLYPHENOL	FLAVONOIDE	TANIN
Waha	806,397(B)	3500,000(D)	362,222(B)
Cirta	678,788(E)	3400,000(D)	444,444 (A)
wahbi	784,848(C)	3691,667(C)	384,444(B)
Simeto	757,912(D)	3471,667(D)	297,778(C)
Gta	852,862(A)	4911,667(A)	376,667(B)
Las	806,397(B)	4610,000(B)	87,778(B)
Barbarous	646,801(F)	3030,000(E)	370,000(D)

Tab. III₁₂: Les groupes homogènes des espèces suivant le N.K des paramètres phytochimiques

Paramètre espèce	Polyphenol	Flavonoide	Tanin
Blé dur	776,162(B)	3795,000(B)	373,111(A)
Blé tendre	809,428 (A)	4610,000(A)	87,778(B)
Orge	646,801(C)	3030,000(C)	370,000(A)

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 (Fig. III₁₉) nous a permis de relever :

- Une corrélation fortement positive est marquée entre la chlorophylle B et les deux paramètres Chlt et Cart ($r_1 = 0,987$ et $r_2 = 0,999$). Tandis qu'elle est fortement négative entre CHLB et les deux variables Poly, Flavo ($r_1 = -0,929$ et $r_2 = -0,826$) respectivement.
- Une corrélation fortement positive est observée entre la hauteur de la plante et la teneur en eau, ($r = 0,730$), entre la longueur des barbes et les tanins ($r = 0,798$).

- Une corrélation fortement négative est observée entre la longueur de l'épi et les cinq variables TDE, Chl a, Chl b, Cart et Tanins ($r_1 = -0,777$, $r_2 = -0,756$, $r_3 = -0,725$, $r_4 = -0,746$ et $r_5 = 0,720$) respectivement.
- Egalement, une corrélation fortement négative est aussi marquée entre la chlorophylle totale et les flavonoïdes ($r = -0,756$), et fortement positive avec les Cart ($R = 0,986$).
- Une corrélation fortement positive est enregistrée entre Chl a et les trois paramètres physiologiques Chl b, Chlt, Cart ($r_1=0,966$; $r_2=0,94$ et $r_2=0,667$) respectivement. Par contre, elle témoigne une corrélation fortement négative avec Flavo ($r = -0,892$). Aussi une corrélation fortement positive marquée entre la teneur de déperdition d'eau et les tanins ($r=0,896$).
- Une corrélation fortement positive entre les polyphénols et les flavonoïdes ($r = 0,802$). Et fortement négative entre caroténoïdes et les flavonoïdes ($r = -0,816$).

	HP	LB	LE	SF	LCE	TRE	TDE	PSF	CHLA	CHLB	CHLT	CRT	PROL	SUC	PRPT	POLY	FLAV	TANIN
HP	1																	
LB	0,169	1																
LE	0,415	-0,427	1															
SF	-0,082	-0,389	0,275	1														
LCE	0,695	0,161	-0,170	-0,308	1													
TRE	0,730	-0,181	0,142	0,350	0,752	1												
TDE	0,209	0,600	-0,777	-0,460	0,552	0,210	1											
PSF	0,326	0,193	0,108	0,683	0,223	0,583	-0,064	1										
CHLA	-0,275	0,066	-0,756	-0,337	0,316	-0,007	0,594	-0,359	1									
CHLB	-0,314	-0,109	-0,725	-0,172	0,338	0,111	0,494	-0,244	0,966	1								
CHLT	-0,176	-0,160	-0,642	-0,165	0,441	0,237	0,492	-0,222	0,948	0,987	1							
CRT	-0,296	-0,082	-0,746	-0,177	0,358	0,129	0,529	-0,227	0,967	0,999	0,986	1						
PROL	-0,295	0,173	0,104	0,244	-0,743	-0,479	-0,173	0,006	-0,565	-0,615	-0,695	-0,607	1					
SUC	-0,202	-0,233	-0,107	0,291	-0,453	-0,107	0,108	-0,272	0,104	0,072	0,061	0,075	0,526	1				
PRPT	-0,341	-0,131	-0,473	0,209	0,229	0,214	0,132	0,366	0,185	0,375	0,325	0,385	-0,204	-0,341	1			
POLY	0,520	-0,194	0,360	0,642	0,126	0,670	-0,060	0,599	-0,531	-0,429	-0,353	-0,409	0,314	0,349	0,022	1		
FLAV	0,555	-0,163	0,704	0,370	0,013	0,396	-0,364	0,432	-0,892	-0,826	-0,756	-0,816	0,399	0,010	-0,122	0,802	1	
TANIN	0,075	0,798	-0,720	-0,674	0,327	-0,168	0,896	-0,247	0,519	0,338	0,300	0,366	-0,041	0,005	-0,087	-0,359	-0,471	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050

Fig. III19 : la matrice de corrélation de dix-huit variables étudiés

6.2 Analyse en composantes principales (ACP)

La part de la variabilité est mieux expliquée par les axes 1 et 2 avec respectivement 39,86 % et 20,79 %, soit un total de 60,65%.

Les paramètres : LE, Chl a, Chlb, Chlt, Cart et Flavo sont très bien représentés dans plan 1-2 ($r^2 > 0,800$).

Les paramètres : TDE, Prol, Poly, Tanins sont moyennement représentées dans plan 1-2 ($0,50 < r^2 < 0,70$)

Les paramètres : SF, LCE, PSF sont mal représentées dans plan 1-2 ($0,30 < r^2 < 0,50$).

Les paramètres : HP, LB, et Prot sont médiocrement représentés dans le plan 1-2 ($r^2 < 0,20$).

L'axe 1 est bien représenté par les paramètres Chla, Chlb et Cart, Tanins, Flavo, LE, TDE et Poly, ce qu'indique que les variétés projetées de ce côté seraient caractérisées par une, Chla, Chlb et Cart. La signification de l'axe 1 serait donc un axe reflétant les paramètres physiologiques et phytochimiques. L'axe 2 est décrit par le HP, LCE, TRE et PSF et ce qu'implique que les variétés projetées de ce côté, sont ceux caractérisées par une HP, PSF, LCE et TRE. La signification de l'axe 2 serait donc un axe reflétant les paramètres morphologiques et physiologiques.

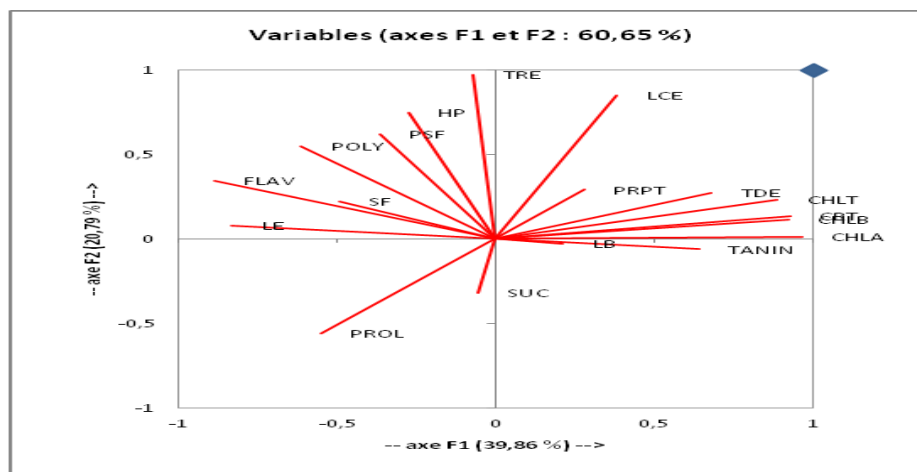


Fig. III20 : Cercle de corrélation entre les différentes variables chez les sept variétés étudiées

6.3. Etude des individus (les variétés)

La représentation des individus dans le plan 1-2 met en évidence en deux grands groupes :

Le 1^{er} groupe englobe les trois variétés blé dur ; Waha, Cirta, Simeto et l'orge Barbarous. Alors que le 2^{ème} groupe comporte les deux variétés Gta dur et Las blé tendre.

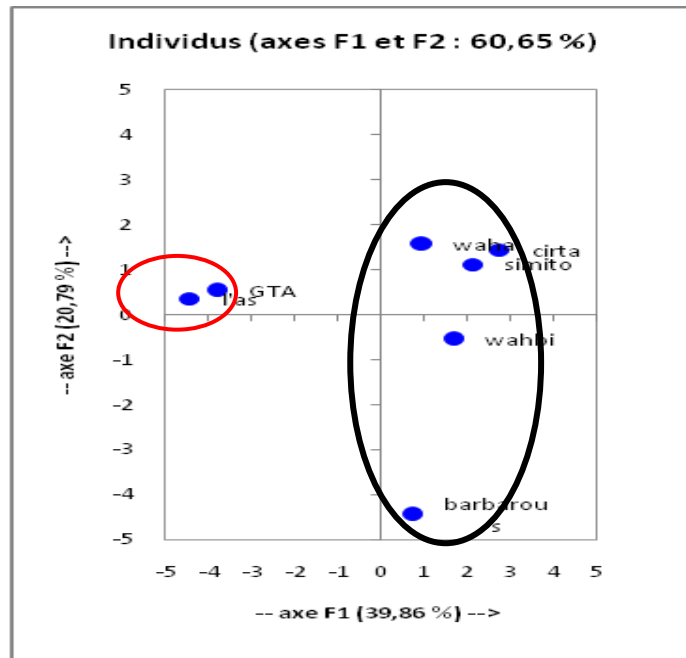


Fig. III21 : Représentation des individus (les variétés)

Le 1^{er} groupe comprend les variétés Waha, Wahbi, Simeto, Cirta et Barbarous, caractérisés par LCE, ,Prot, LB, TDE, TRE, Tanin,Chla,Chlb, Chlt, Cart élevée.
 Le 2^{ème} groupe comprend les variétés Gta, Las, caractérisés par, LE, SF, Poly, PSF, HP, Flav, PROL élevée.

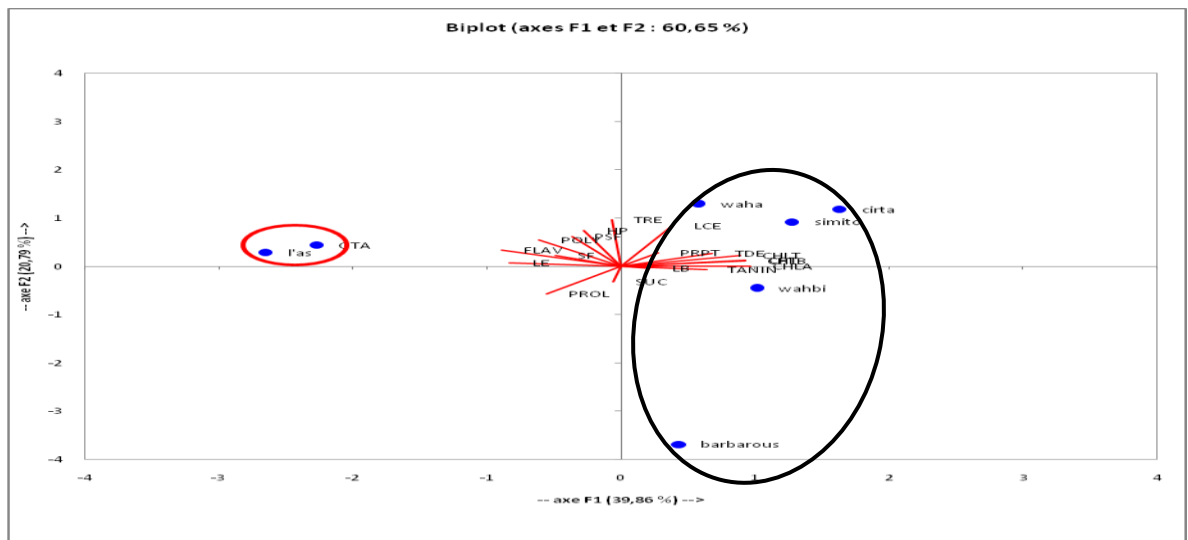


Fig. III22: Cercle de présentation des sept variétés en fonction de vingt variables mesurés.

7. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La matrice de proximité de similarité entre les variétés en fonction de leurs comportements vis-à-vis aux vingt paramètres mesurés révèle une similarité totale à 100% entre les trois variétés de blé dur ; Waha, Wahbi, Simeto et l'orge Barbarous, et une similarité de 99,80% entre les variétés Gta dur et Las de blé tendre.

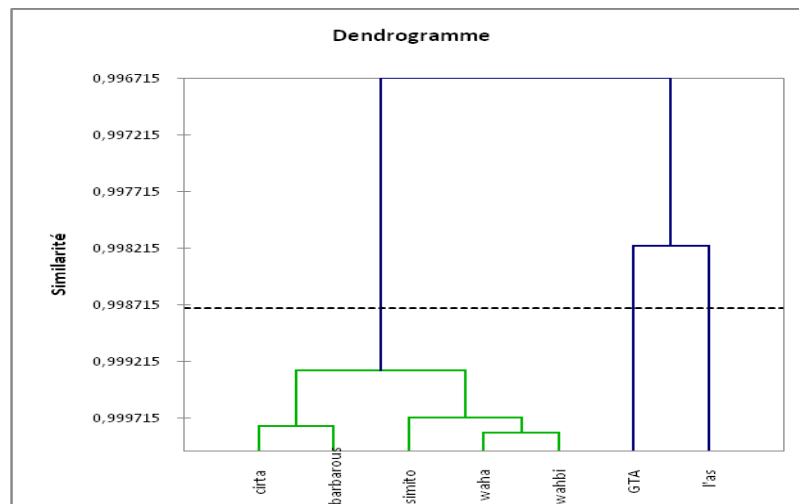
Matrice de proximité (Coefficient de corrélation de Pearson) :

	waha	cirta	wahbi	simito	GTA	l'as	barbarous
waha	1						
cirta	0,999	1					
wahbi	1,000	0,999	1				
simito	1,000	0,999	1,000	1			
GTA	0,998	0,998	0,998	0,998	1		
l'as	0,995	0,994	0,996	0,997	0,998	1	
barbarous	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998	0,994	1

Tab. III13 : la matrice de similarité des sept variétés en fonction de vingt paramètres mesurés

On se basant sur la matrice de similarité, la classification Ascendante Hiérarchique (CAH) partage les sept variétés en deux groupes bien distingués:

- ❖ Le premier groupe se divise en deux sous groupes : le 1^{er} sous groupe comporte les deux variétés Cirta et Barbarous avec une similarité égale à 99,98% et Le 2^{ème} sous groupe englobe les trois variétés Waha, Wahbi et Simeto avec une similarité équivalente à 99,97%.
- ❖ Le 2^{ème} groupe comprend les deux variétés Gta et Las avec une similarité égale à 99,80%.



Tab. III14 : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des sept variétés

En conclusion, les deux études statistiques ACP, CAH donnent la même répartition des variétés en fonction de leurs comportements vis-à-vis aux vingt paramètres mesurés, mais avec plus de précision par l'étude CAH.

B. Discussion

Notre étude a révélé que les variétés semi tardives est marquée par le Blé dur avec la variété Waha, Cirta, Wahbi, Simito et Gta dur ,l'ensemble des variétés présente une durée d'épiaison de 129 jours . c'est la même durée estimé par **Bouraine (2010)**, qui a enregistré 129 jr chez les variétés de blé dur.

Pour le Blé tendre la variété L'AS considéré comme une variété tardive, présente une valeur maximale près de **134 jours**. Selon **Souilah (2009)**, Pour le blé tendre la plus précoce variété arrive au stade épiaison en 145 jours , par contre la plus tardive a enregistré 167 jours.

La variété Barbarous d'Orge est classée comme une variété précoce par rapport à toutes les autres variétés étudiées avec une durée de 127 **jours**. L'adoption des variétés à cycle relativement cours est nécessaire dans les régions arides à semi-aride compte tenu de la distribution temporelle des précipitations (**Mekhlouf et al., 2006**).

Pour les résultats obtenus au stade morphologique chez différentes variétés de blé et l'orge sous conditions naturelles, Concernons les Caractères de production, tallage herbacée et tallage épi ont enregistré le même changement dans le nombre des talles entre les variétés étudiés. Les variétés Barbarous de l'orge, Gta et Waha de Blé dur et l'AS de blé tendre ont enregistré le nombre des talles (herbacé/épi) le plus élevé.

Le tallage, phénomène caractéristique de la physiologie des graminées, est l'élément fondamental de la productivité (Vanasse et Yves, 2012). Le tallage est un caractère variétal qui, en conditions favorables, pourrait renseigner sur le potentiel des variétés (Aubry et al., 1994).

La variété Gta dur est notée la meilleur variété, qui répond mieux aux caractères d'adaptation, HP, LE, LB et LCE. Elle présente un bon comportement variétal. Alors que la variété Waha s'exprime bien par son comportement vis-à-vis aux paramètres biochimiques. Les teneurs en TRE, Chla, Chlb, Chlt, Cart signalent que les variétés étudiées n'ont pas subi un stress hydrique . Nos résultats concordent avec ceux de (Bouchkout et Bouchema., 2018).

La campagne 2018-2019 est caractérisée par une pluviométrie très abondante, qui va contribuer à une bonne année de productivité agricole.

Pour la température, nous constatons que le mois de Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de **7.76 °C**. Le mois de Juin est le mois le plus chaud avec une température moyenne de **26.35°C**.

D'après (Hikosaka et al., 2006), 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.

La réponse de nos variétés envers les teneurs en métabolites primaires tels la proline , les sucres solubles et les protéines déclarent que les variétés n'ont subi aucun stress hydrique. Le processus

d'accumulation de la proline dans les tissus foliaires est considéré comme un critère d'adaptation aux stress (Nana et *al.*, 2009). Il est démontré selon les conditions du milieu que l'accumulation de la proline varie d'une espèce à l'autre et même à l'intérieur d'une même espèce (Goring et Plescher, 1986 in Hennouni, 2012).

Notre résultats phytochimiques concordent avec les travaux de **Hamidi (2013)**, qui a constaté d'après son étude, que dans l'extrait méthanolique la teneur en polyphénols est supérieure que celle des flavonoïdes.

La teneur en composés phénoliques et flavonoïdes varie entre les variétés. On note que la variété Las de blé tendre contient plus de composés phénoliques et des flavonoïdes que le blé dur et l'orge. Ces résultats sont proches à ceux de Amarwicz et *al.*, 2002).

D'après khalfallah 2013 et Adoum 2002, cette variation est reliée à des facteurs génétiques, structurelles ou physiologiques des céréales.

Les résultats de l'étude phytochimique relève 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.

Conclusion

Notre étude a porté sur trois espèces céréalières, blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordum Vulgare*), cultivés au champ sous conditions environnementales à la station de l'institut technologiques des grandes cultures à el Kroub (I.T.G.C.).

Le matériel végétal est constitué de sept variétés (cinq blés durs, un blé tendre et une 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 et Tanins) durant le stade tallage.

Les résultats obtenus sur le plan phénologique déterminent la préciosité chez les différentes variétés. La variété Barbarous de l'orge est une variété précoce avec un cycle biologique de 127 jours. Alors que, la variété Las de blé tendre est une variété tardive avec un cycle biologique de 134 jours. Les cinq variétés restantes de blé dur sont des variétés semi tardive avec un cycle biologique de 129 jours.

Les résultats des paramètres morphologiques, nous permis de constater que le caractère d'adaptation de la hauteur de la plante présente des fluctuations inter -variétale d'ou la variété Simeto est une variété semi naines, Cirta, Gta dur sont des variétés hautes, comparativement aux autres variétés qui sont moyennes. Alors que, la longueur d'épi, la longueur des barbes et la longueur de col d'épi déterminent la meilleur variété Cirta de blé dur avec les moyennes maximales.

Par ailleurs, les paramètres physiologiques représentent une diminution en pois spécifique foliaire et en teneur de déperdition en eau chez toutes les variétés. Tandis que les autres paramètres tels la Chl a, la Chl b et Chl total et les caroténoïdes représentent des teneurs considérables chez la totalité des variétés.

Les résultats des paramètres biochimiques montrent que les teneurs en sucres solubles et protéine sont convergentes chez la totalité des variétés étudiées. Par contre, la teneur en proline présente une divergence entre les sept variétés, dont la variété Barbarous et Gta dur s'expriment mieux aux paramètres proline, sucre et protéines respectivement.

Les résultats des paramètres phytochimiques notent que la teneur en polyphénols et en flavonoïdes présentent une convergence interspécifique et inter-variétale, par conséquent, la teneur en tanins présente une divergence chez les sept variétés. Parmi elles, la variété Gta dur présente une meilleur teneur pour les trois métabolites secondaires.

La matrice de corrélation de l'ACP relève :

une corrélation fortement positive entre la chlorophylle b et les deux paramètres Chl_t et Cart ($r_1 = 0,987$ et $r_2 = 0,999$). Tandis qu'elle est fortement négative entre la Chl b et les deux variables phytochimiques Poly et Flavo ($r_1 = -0,929$ et $r_2 = -0,826$) respectivement.

Une autre corrélation est observée positivement et négativement entre les flavonoïdes et les deux variables polyphénols et caroténoïdes ($r_1 = 0,802$ et $r_2 = -0,816$) respectivement.

La part de la variabilité est mieux expliquée par les deux axes 1 et 2 avec un total de 60,65%.

L'axe 1 reflète les paramètres physiologiques (Chl_a, Chl_b et Cart) et phytochimiques (Tanins, Flavo et Poly). Tandis que, l'axe 2 reflète les paramètres morphologiques (HP, LCE) et physiologiques (TRE et PSF).

La classification Ascendante Hiérarchique (CAH) partage les sept variétés en deux groupes bien distingués: les quatre variétés de blé dur et l'orge Barbarous sont bien présentables au premier groupe par une similarité de 99,98% et les variétés Gta dur et las sont présentées au deuxième groupe par une similarité

Références bibliographiques

- **Aissani Soumia., 2013.** Effets du stress hydrique sur une variété du blé dur (*triticum durum* DESF). Master académique, Université de 08 Mai 1945 Guelma. p 07
- **Ait-Slimane-Ait-Kaki S.,2008;** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse, université badji mokhtar annaba. p 17
- **Ait-Hamoudi M., 2015.,** Etude du polymorphisme de différents génotypes de la variété alexandrinum du blé dur cultivé en Algérie. Master académique, Université des Frères Mentouri Constantine.p 20
- AIT KAKI Y. 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes morpho physiologiques de tolérance au stress hydrique sur 05 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire. Magistère. Univ. Annaba.*
- Ammar N., Gibson F., Rippke J., Soualmi B., Zarzariya F., (2006).** Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. (éd). *AUPELF-UREF* : 544 p.
- **AMIRA Djahida et FADEL Meryem., 2013.,** La Sélection Variétale du Blé Dur à Partir des Paramètres Technologiques. Master académique .Université 8 Mai 1945 de Guelma.pB26
- **Ashraf M., 1994.,** Salt tolerance of pigeon pea (*Cajanuscajan* (L.) Millsp.) atthreegrowth stages. *Ann. Appl. Biol.*, 124: 153-164.
- Asloum H., 1990.,**Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicumesculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis : 24- 32.
- Aspinal D., 1965-** The control of tillering in barley plant. *Aust, J. Biol, Sci*; 18: 172- 183
- Atienza S ; Faccioli P ; Perrota G.; Dalfino G ; Zschiesche W; Humbek k.stanca A. M. and Cattivelli L, 2004-** Influence du dessèchement du sol sur le fonctionnement hydrique et la croissance du Douglas. *Acta Oecologica .Oecologia Plantarum*, vol . 19, n°3,pp . 241-253.
- Auriau, P., Doussinault , G., Jahier , J., Lecomte , C., Pierre , J., Pluchard , P., Rousset, M., Saur , L. & Trottet , M. (1992)** .Le blé tendre. *In Amélioration des espèces végétales cultivées.* Ed. INRA. Paris. p. 22- 38.
- Austin R.B. and Johnes H.G., 1975-** The physiology of wheat. Annual Report. Plant breeds inst. Cambridge inst. England. 327-355 pp.
- Baldy C.1993** .Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale.In.Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne,diversité génétique et amélioration variétale.Montpellier.EdINRA. p99.

- BALDY C. 1993a.** Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé (*Triticum* sp). Ann. Agron. (Paris). Pp 241-276
- Benghersallah N.,** Effet du stress oxydatif sur différentes variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et sur leurs systèmes défensifs. Master académique, Université des Frères Mentouri Constantine.p 05,08
- Benmahammed, A., Bouzerzour, H., Mekhlouf, A., & Benbelkacem, A. (2008).**, Variation de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la biomasse et l'efficacité d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var durum) conduites sous contraintes hydrique. Recherche Agronomique, *INRA*, 21: 37-47.
- BENSLAMA A., 2016.**, substances d'origine végétale. Université Mohamed Khider-Biskra.p23
- BENOUARETH Raouda.,GHANEM Rania Yousra 2018,** Etude comparative de la variabilité interspécifique : morph-phénologique et évaluation de l'activité antioxydante et l'activité biologique chez *Triticum durum*, *Triticum aestivum* et *Hordeum vulgare*. Master acadymyc. Université des Frères Mentouri Constantine
- Belabed S., 2015;** Effet de l'inoculation des blés dur et tendre (*Triticum durum*. Desf et *T. aestivum*. L) par les champignons mycorhizogènes arbusculaires sous stress hydrique. Master académique, université des frères mentouri constantine. P12
- Berka, S., & Aïd, F. (2009).** Réponses physiologiques des plants d'Argania spinosa (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse*, 20 (3) : 296-302.
- Biscope P.V., Gallagher J., Littleton E.J., Monteinth K.L. et Scott R.K., 1975-** Barley and its environment. Sources of assimilates. J. Appl. Eco; 12: 395.
- BOUDJOURAF BASMA.,BENYANI ROUMAÏSSA.2018,** Etude du comportement variétale (Phénologique, morphophysologique et biochimique) et screening phytochimique des sept génotypes homologues de blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis aux conditions environnementales. Master acadimique. Université des Frères Mentouri Constantine .
- Boulal H., Zaghouane Pena RJ., WH. Pfeiffer. 2005.** Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement. In Conxita, R., Nachit, M., di Fonzo, N., Araus, J.L., Pfeiffer, W.H., & Slafer, G.A. (eds.). *Durum wheat breeding: current approaches and future strategies*. Food product press.663-686.
- Bousba, R., Ykhlef, N., & 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.
- Bootsma A., Boisvert J. B., Dejong R. et Baier W. 1996.** La sécheresse et l'agriculture canadienne. *Sécheresse*: 277 - 285 p.
- Boyer J. S. 1982.** Plant productivity and environment. *Sci*, New series. 218: 443 - 448 p

- **Chinnusamy V.; Zhu J. and Zhu J. K., 2006.** Gene regulation during cold acclimation in plants. *Physiologia Plantarum* 126 (1): 52-61.
- Droge W., Free radicals** in the physiological control of cell function .*Cellular physiol .Rev.*,2002,82,p47.
- . -**Chellali B. 2007.** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>. (31.05.2008).
- CHERFIA R., 2010.**, Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Magistère. Université Mentouri, Constantine.p 15
- CLEMENT G. et PRATS J. 1970.** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.
- **CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT., 1970-** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. PP351-360.
- **Clement G et Prats J. 1970** .Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351p.
- **Clerget, Y. (2011)** .Biodiversité des céréales Origine et évolution. In La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme. Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. Extrait de la vidéoconférence du Service éducatif du Muséum Cuvier de la Ville de Montbéliard « La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme » publié dans le bulletin 2011 de la Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. 1-16 p.
- Collinson, S., Clawson, E., Azam-Ali, S., & Black, C. (1997).** Effects of moisture deficits on the water relations of bambara groundnut (*Vigna subterranean* L. Verdc.). *J Exp Bo* ; 48 : 877-84
- David LANNEAU, 2010;** Rôle des Protéines de Choc Thermique HSP90 et HSP70 dans la différenciation macrophagique. THÈSE. Université de Bourgogne.p 20
- **DOUAER Amel et HOUAIA Dalila., 2018.** Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques Variétés de Blé dur (*Triticum durum* Desf.). Master académique, MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana.p 21
- DUPONT, 1982-** Hemicellulosic polymers from cell walls of beeswing wheat bran: Part I, polymers solubilised by alkali at 2 °. *Carbohydr. Research* 163: 99p
- El -Hakimi A .,1992-**Evaluation de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces tétraploïdes sauvages et cultivées du blé .Thèse.
- Fao stat, (2010).** Food and Agriculture Organization. FAOSTAT database. Available online:<http://www.faostat.fao.org> (accessed on 10 December 2010).
- Febrero A.; Brot J.; Brown R.H. et Araus J.L., 1990** - The role of durum wheat ear as photosynthetic organ during grain filling. In: advanced trends in photosynthetic, Mallorca, Spain (unpublished).

- Felliet, P. (2000).**Le grain de blé. Composition et utilisation. Ed. INRA. Paris. p. 58- 98.
- Fischer R.A. et Maurer R., 1978** - Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield responses. Aust. J. Agri. Res., 29: 105-912
- Fokar M., Nguyen H .T. et Blum A. ,1998 b** - Heat tolérance in spring wheat II. Grain Filling .Eupytica 104 , 9 – 15.
- FRITAS Saïd. 2012.** Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna. (Algérie). Magister, université abou bakr belkaid.tlemcen.p 20
- El Jaafari, S., & 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 Midaoui, M., Benbella, M., Aït Houssa, A., Ibriz, M., & Talouizte, A. (2007).** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.), Revue HTE, N°136 : 29-34.
- Gallais A., Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection : Ed INRA, 768p.
- Gate P., Bouthier A., Casablanca H. et Deleens E., 1992** - Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA. (Les colloques n°64).
- Gate, P. (1995).** Ecophysiologie du blé de la plante à la culture. Paris, Lavoisier Tec&Doc - ITCF. 16
- Gonde P., Ratomahenina R., Arnaud A. and Galzy P., 1986-** Purification and properties of the exocellular β -glucosidase of *Candida molischiana* (Zikes) Meyer and
- HARIRI, 1999-** Mosaiques sur blé: mise en évidence d'un nouveau virus. *Phytoma - La Défense des Végétaux*, no. 519p, PP21-22
- Hopkins, W. G. (2003).** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476.
- Ishida .H, Yoshimoto.K, Izumi.M,Reisen D,Yano.Y, Makino.A, Ohsumi.Y,Hanson M.R. and Mae T,2008-** Mobilization of Rubisco and Stroma-Localized fluorescent Proteins of Chloroplasts to the Vacuole by an *ATG* Gene-Dependent Autophagic Process. *Plant Physiol.* p148.
- John Libbey 1991** *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. Ed. AUPELF-UREF. Eurotext. Paris ©, pp. 75-90.
- John Libbey Eurotext.,1991;** *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. des sciences agronomiques, 5800 Gembloux, Belgique. p 76
- Langridge P.; Paltridge N. and Fincher G., 2006-** Fonctionnal genomics of abiotic stress tolerance in cereals. *Briefings in Fonctionnal genomics and Proteomics*.(4): 343-354.

-LE BOULCL et FRANQUE MANGNE, 1999- Evaluation de la qualité sanitaire du blé. A propos des mycotoxines et des moyens de les détecter. *Phytoma*, PP21-26.

-MACIEJEWSKI J., 1991. Semences et plants. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. 233p.

-Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. et Janardhan Reddy K. 2006. Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer: 1-14.

-Marouf A. et Reynaud J., 2007-La botanique de A à Z. 1662 définitions. Ed Dunod : P.286.

-Massele M.J., 1981 - Relation entre croissance et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver. Influence des conditions de nutrition. *Agronomie*, 13 :365-370.

- Med Sci (Paris). 2006 January; 22(1): 47–53.)

- Makedhi Hakima et Sali Hadjer, 2016. Effet des rayons ultraviolets-B et de la température sur les divers processus physiologiques du blé dur « *Triticum durum* ». Master académique, Université de M'Hamed Bougara, Boumerdes.p 10 - 12

- MEKAOUSSI R, 2015; Etude de comportement variétal du blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis de *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera : Aphididae) dans la région de Batna en vue de l'amélioration de la plante. Magister . Université el-hadj lakhdar BATNA . p18-19

Mekhlouf A, BouzerzourH,Dehbi F et Hannachi. 2001.Rythme de développement et variabilité de réponse du blé dur (*Triticum durum* Desf) aux basses températures .Tentatives de sélection pour la tolérance au gel.InProceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi –arides.OEB.

- Merzougui kaouther et Aichour Asya., 2013. Contribution dans l'estimation des maladies de l'orge dans les champs de la région de Guelma. Master académique, université 8 mai 1945 guelma. p 10

-Meynard J.M., 1980- L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence des différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse Doct Ing "Sci. Agr" INA. Paris- Grignon: 274p.

Monneveux, P., & This, D. (1997). La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, 8 : 29-37.

- NADJEM K, 2012. contribution a l'étude des effets du semis direct su l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement varietal de la culture de ble en region semi-aride. Magister. Université Ferhat Abbas Sétif.p 31

-Nemmar M., 1980 - Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L .) : Étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique .Thèse D.A.A. ENSA. Montpellier. 65p.

- **OUANZAR S, 2012**; Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Magister. UNIVERSITE FERHAT ABBAS SETIF.p 27
- **OUJANI Wided. 2009**, *Diversité de 25 génotypes de blé dur (Triticum durum Desf.) :étude des caractères de production et d'adaptation.* magister. UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE.p 19
- OUFROUKH F. et HAMADI M., 1993**- Maladies et ravageur des céréales. In benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L. 1998. Evaluation phénologique de quelques variétés d'orge (*hordeum vulgare* L.) et leur sensibilité vis-à-vis de *drechslera graminea* Rab.Mém. Ing Agro.INA.El-harrach.PP59-62.
- Pena et Pfeiffer, 2005**). *Physiol. Biochem.* 37. 5: 327 - 340 p
- Richards, R. A., Rebtzke, G. J., Van Herwaardlen, A. F., Dugganb, B. L., & Condon, A. (1997)**. Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-66.
- **Salmi M, 2015**; Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Magister. Université Ferhat Abbas Sétif 1. p 31
- Sayoud R., Ezzahiri B. & Bouznad Z., 1999**. Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. Maroc- Algérie- Tunisie : Ed ITGC, 34-42 pp
- Seyed, Y. S. L., Rouhollah, M., Mosharraf, M. H., & Ismail, M. M. R. (2012)**. Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses, Water Stress, Prof. Ismail Md. Mofizur Rahman (Ed.), ISBN: 100 978-953-307-963-9, In Tech, -causes-effects-and responses.
- SIMON H., CODACCIONI P., LEQUEUR X. 1989**. Produire des céréales à paille. Coll. Agriculture d'aujourd'hui. Science, Techniques, Applications. pp. 63 - 67; pp. 292 - 296.
- Soltner.1990**. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 17ème éditions.p 464.
- **Soltner, D. (1998)**. Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.18
- **SOUILAH N, 2009**; Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Etude des caractères de production et d'adaptation. magister. Université de mentouri de constantine. P 12
- Smirnoff N. (1998)** Plant resistance to environmental stress.Current Opinion in Biotechnology 9(2), 214-215.
- **Sun N.Z., 1994**. Inverse problems in groundwater modeling, Theory and applications of transport in porous media v. 6, Dordrecht, Boston : Kluwer Academic, 337 p.

-Tahri, E., Belabed, A., & Sadki, K. (1997). Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Bulletin de l'Institut Scientifique*. Rebat, 21: 81-89

-Verslues P.; Agarwal M.; Katiyaragarwal S. and Zhu J., 2006 Methods and concepts in quantifying resistance to drought salt and freezing abiotic stresses that affect plant water status. *The plant journal* 45: 523-530.

-Wang W.; Vinocur B. and Altman A., 2003- Plant response to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218.p14.

-Zhu J.K., 2001- Plant salt tolerance. *Trends in Plant Sci.* 6: 66-71.

-Zillinsky F-J., 1983. Maladies communes des céréales à paille : Guide d'identification. Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé, 140 p.

<http://www.intechopen.com/books/water-stress/water-stress-inplants>

<https://fr.statista.com/statistiques/570915/cereales-volume-production-monde>

<http://www.quick-agro.fr/cereales/maladies/111-ramulariose-de-lorge.html>

Année universitaire : 2018/2019

Présenté par : AMIRECHE AMIRA

CHIBANE KHAWLA

Intitulé :

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

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

Résumé

Notre étude a porté sur trois espèces céréalières, **blé dur** (*Triticum durum* Desf.), **blé tendre** (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordum Vulgare*), cultivés au champ sous conditions environnementales à l'I.T.G.C. Le matériel végétal est constitué d'une collection de cinq blés durs, un blé tendre et une orge, cultivés au champ. Le travail est basé sur le suivi et l'analyse comparative des paramètres phénologiques, morphologiques sur champs et la mesure des paramètres physiologiques (PSF, TRE, TDE, Chlorophylle et carotène), biochimiques (proline, sucres solubles et protéines) et phytochimiques (polyphénols, Flavonoïdes et Tanins) durant le stade tallage. Les résultats phénologiques classent les variétés en trois groupes : précoce, semi tardive et tardive. Les résultats des paramètres physiologiques représentent une convergente entre les variétés de blé dur à l'ensemble des variables physiologiques étudiées (PSF,TDE, Chl). les deux variétés Waha et Simeto se manifestent mieux . Les résultats des paramètres morphologiques, nous permis de constater que Simeto est une variété semi naines. Les deux variétés Cirta et Gta dur sont des variétés hautes. La variété Cirta se caractérise par les moyennes maximales de la longueur d'épi, la langueur des barbes et la longueur de col d'épi . Les résultats des paramètres biochimiques déclarent que les deux variétés Barbarous et Gta dur s'expriment mieux aux paramètres proline, sucres solubles et protéines respectivement. Les résultats des paramètres phytochimiques notent que la variété Gta dur présente une meilleur teneur pour les trois métabolites secondaires. La part de la variabilité est mieux expliquée avec un total de 60,65%. L'axe 1 présente les paramètres physiologiques. Tandis que, l'axe 2 présente les paramètres morphologiques. La classification Ascendante Hiérarchique (CAH) partage les sept variétés en deux groupes bien distingués.

Mots clés :blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordum Vulgare*), phénologiques, morphologiques, biochimiques, phytochimiques, physiologiques.

Laboratoire de recherche : (Biochimie) Université FMC 1

Jury d'évaluation :

Président du jury
Rapporteur
Examineurs

Dr. CHIBANI S. (MCA)
Dr. CHAIB G. (MCA)
Dr. ZAGHAD N. (MCB)

Université FMC 1
Université FMC 1
Université FMC 1

Date de soutenance : 14/07/2019