



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 des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية عاوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie Et Ecologie Végétale

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie Et Physiologie Végétale

Spécialité : Biodiversité et Amélioration des Plantes

Intitulé :

**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***

Présenté et soutenu par: BENOUARETH Raouda

GHANEM Rania Yousra

Jury d'évaluation :

Président du jury
Rapporteur
Co-encadreur
Examineurs

Dr.BAAZIZ N. (MCA)
Dr. CHAIB G. (MCA)
Mr.SAKHRI M^{ed} LHADI (DG)
Dr. BOUCHOUKH I. (MAA)

Université Constantine 1
Université Constantine 1
ITGC El-khroub
Université Constantine 1

*Année universitaire
2017 - 2018*

Remerciement

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

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

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

*Notre co-encadreur **Mr. SAKHRI MOUHAMED LEHADI** directeur d'ITGC, Khroub Constantine, à qui on transmet notre profonde gratitude pour, sa patience, sa disponibilité sa modestie et ses orientation données pour guidé notre travail.*

*Au même titre, nous transmettons nos vifs remerciements à **Mme. Hammouda Dounia**, maitre de conférence A Univercité Mentouri Constantine pour avoir eu l'amabilité et la bienveillance de présider le jury, Aussi **Mme BOUCHOUKH Imen** 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 le directeur Institut National De La Protection Des Végétaux

Et Plants et les taff de l'ITGC pour leur contribution à la réalisation de ce travail.

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

Raouda Benouareth & Rania Yousra Ghanem

Dédicace

Mes parents :

*Aucune dédicace ne serait être assez éloquent pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner. Affable, honorable, aimable : **MAMAN** « **ASSIA** » 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.*

***PAPA**, « **SALAH** » 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*

Je Dédie Ce Modeste Travail A :

*A mon très cher frère **ZINE EL ABIDINE**, son épouse **MANEL** ; A mon très cher frère **MOHAMED ADNENE**, son épouse **ASMA** ; les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.*

*A Mes chères sœurs **ANISSA** et **HIND**, 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 vous remercie pour votre aide, vos conseils et vos encouragements m'ont permis de réussir mes études.*

*A Mon Très Cher fiancé. **Nabil** ; Tes sacrifices, ton soutien, ta gentillesse sans égal, ton profond amour vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*A tous les membres de ma **BELLE-FAMILLE** un par un.*

*A mes jolis neveux et nièces spécialement à mon ange **SOHEIB**, ta naissance a marqué un bon souvenir mon petit cœur.*

*A mes chères cousines **YOUMNA** je te remercie pour ton effort fournis je te dis je t'aime énormément, **DOUNIA** ma jolie cousine sans oublier ma chère tante **OUFIA**,*

*Mes amies d'enfance **SARA SAMAR** et **HADJER** vous êtes pour moi des sœurs sur qui je peux compter.*

*A Mes chères amies **MERIEME AICHA NESRINE AMIRA NARIMENE** et **AHLAME**
Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur*

*A mes chers collègues : **MOUHAMED AMINE** et **ALAA EDDINE***

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

Raouda

Dédicace

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

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

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

*Mes sœurs **HALA** et **LAMIS** qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*

*Sans oublier ma très chère nièce **Roxane**, mes neveux **Racim, Nassim** et **Wassim**.*

*Mon très cher frère **SAMI** à qui Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

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

*« **Susane, Soussou, Amina, Dounia, Amoura, Assoum, Yasmine, Romeissa, Zahra, Rami Doudou, Amine** », je vous aime énormément.*

A H.G, la personne que j'aurai toujours dans mon cœur...

Rania Yousra

RESUME

Notre étude a porté sur trois espèces céréalières, blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordeum Vulgare*) cultivées à la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures El Khroub. Le matériel végétal est constitué d'une collection de sept blés durs, 3 blés tendres et 3 orges cultivées au champ. Le travail se base sur le suivi des caractères phénologiques, morphologiques. Une évaluation antioxydant enzymatiques (catalase, APX, GPX), et non enzymatiques (MDA, polyphénols, Flavonoïdes, Tanins) était suivie durant trois phases de cycle de vie de la plante (Tallage, montaison et gonflement), renforcé par une étude biologique anti-radicalaire et antimicrobienne : antibactérienne (*E.coli*) et antifongique (*Fusarium*) des extraits de variétés de trois espèces en phase montaison. Les résultats obtenus sur le plan phénologiques à la phase floraison, déterminent la préciosité des différentes variétés. Les six variétés de blé avec les deux orges Fouara et Saida sont des variétés précoces. Cependant, les variétés de blé tendre sont des variétés semi tardives. Alors que les variétés Bousseleme blé dur et Barbarousse orge sont tardives. L'étude du comportement variétale sur la morphologie des céréales étudiées nous a permis de constater que chaque paramètre étudié est influencé par les conditions climatiques et le facteur génétique. Par ailleurs, les résultats de l'activité enzymatique dévoilent que l'activité GPX se manifeste par des quantités remarquables, suivi par l'A.APX, et l'A.CAT. Ce qui explique que les variétés ont subi un stress oxydatif. L'analyse des activités non enzymatique, mène à enregistrer des taux remarquables de peroxydation de lipides en réponse à un stress oxydatif durant les trois phases suivies. La mesure des teneurs en polyphénols a révélé des taux appréciables prouvant que les variétés ont subi un stress au cours des trois phases de cycle de développement de la plante avec des degrés variables. Les extraits des variétés de trois espèces en phase montaison, ont marqué chez la variété Vitron une valeur très élevée du pouvoir antioxydant. Alors que, les extraits des deux variétés Waha et Saida ont exercée des effets antibactériens plus ou moins appréciables. Les résultats antifongiques sont négatifs.

Mots clés : *Triticum*, *Hordeum*, phénologique, morphologique, Activité enzymatique, non enzymatique, activité antioxydante, activité antibactérienne.

ABSTRACT :

Our study focused on three species of cereals, durum wheat (*Triticum durum* Desf.), Common wheat (*Triticum aestivum*) and barley (*Hordeum 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. An enzymatic antioxidant evaluation (catalase, APX, GPX), and non-enzymatic (MDA, polyphenols, flavonoids, tannins) was followed during three phases of the plant's life cycle (Tillage, uptake and swelling), reinforced by an anti-biological study. -radical and antimicrobial: antibacterial (*E.coli*) and antifungal (*Fusarium*) extracts of varieties of three species in the upstream phase. The phenological results obtained during the flowering phase determine the preciousness of the different varieties. The six wheat varieties with both Fouara and Saida barley are early varieties. However, soft wheat varieties are semi-late varieties. Whereas the Bousseleme durum wheat and Barbarousse barley varieties are late. The study of the varietal behavior on the morphology of the cereals studied allowed us to note that each studied parameter is influenced by the climatic conditions and the genetic factor. Moreover, the results of the enzymatic activity reveal that the GPX activity is manifested by remarkable quantities, followed by A.APX, and A.CAT. This explains that the varieties have undergone oxidative stress. Analysis of non-enzymatic activities leads to record remarkable levels of lipid peroxidation in response to oxidative stress during the three phases followed. Measurement of polyphenol levels revealed appreciable rates showing that the varieties were stressed during the three phases of the plant's development cycle with varying degrees. The extracts of the varieties of three species in the upstream phase, have marked in the Vitron variety a very high value of the antioxidant power. While, the extracts of the two varieties Waha and Saida exerted antibacterial effects more or less appreciable. The antifungal results are negative.

Key words: *Triticum*, *Hordeum*, phenological, morphological, enzymatic activity, non enzymatic, antioxydante.

ملخص

شملت دراستنا ثلاثة أنواع من الحبوب ، القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) ، القمح اللين (*Triticum aestivum*) والشعير (*Hordeum Vulgare*) منزرعة في محطة التجارب الحقلية للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى الخروب. تتكون المادة النباتية المدروسة من مجموعة مكونة من سبعة أصناف من القمح الصلب، ثلاثة أصناف من القمح اللين و ثلاثة أصناف من الشعير. يركز العمل على متابعة الخصائص الفينولوجية، المورفولوجية ، تقدير النشاط الإنزيمي المضادة للأكسدة (الكاتالاز ، APX، GPX) وغير الإنزيمي (MDA، polyphenols ، Flavonoids ، Tannins) خلال ثلاث مراحل من دورة حياة النبات (الإشطاء ، الصعود و الانتفاخ) ، و عزز بدراسة بيولوجية لتضاد الجذور الحرة و التضاد الميكروبي لبكتريا *E.coli* و لفطر *Fusarium* لمستخلصات أصناف الأنواع الثلاثة في مرحلة الصعود. سمحت نتائج الدراسة الفينولوجية في مرحلة الإزهار من تحديد تباين مختلف الأصناف. فأصناف القمح الستة و صنف الشعير Fouara و Saida تعتبر أصناف مبكرة . في حين اعتبرت أصناف القمح اللين أصناف نصف متأخرة . أما صنف القمح الصلب Bousseleme و الشعير Barbarousse فهي أصناف متأخرة. بينت دراسة السلوك المورفولوجيا للأصناف أن كل معيار مدروس يتأثر بالعوامل المناخية و العامل الوراثي. علاوة على ذلك، بينت نتائج النشاط الأنزيمي أن نشاط GPX يتجلى بكميات ملحوظة ، متبوعة بنشاط كل من APX و CAT هذا ما يفسر أن الأصناف المدروسة قد خضعت للأكسدة. أدي تحليل الأنشطة غير الأنزيمية إلى تسجيل مستويات ملحوظة من بيروكسيد الدهون استجابة إلى الإجهاد التأكسدي خلال المراحل الثلاث المتتالية. أظهر قياس polyphénols معدلات ملحوظة دلالة على تعرض الأصناف إلى إجهاد بدرجات متفاوتة خلال المراحل الثلاث من دورة حياة النبات. كشفت مستخلصات أصناف النباتات الثلاثة في مرحلة الصعود على قيمة عالية جدا من الطاقة المضادة للأكسدة عند صنف فيترون. في حين مارست مستخلصات الصنفين Waha و Saida تأثيرا مضادا للبكتيريا بشكل أقل. وكانت نتائج التضاد الفطري سلبية.

الكلمات المفتاحية: *Hordeum*، *Triticum*، فينولوجي ، مورفولوجي ، نشاط أنزيمي ، غير أنزيمي ، نشاط مضاد للأكسدة ، نشاط مضاد للبكتيريا.

Abréviations

A	Absorbance
ACT	Activité
AND	AcideDésoxyribonucléique
APG	Angiosperm Phylogeny Group
APX	AscorbatePeroxydase
AS	AinAbid
ASC-GSH	AscorbateGlutathion
BC	Avant Jésus-Christ
BBCH	Biologische Bundesanstalt, BundessortenamtUnd Chemische Industrie
CNCC	Le Centre National De Contrôle Et De Certification Des Semences Et Plants
C	Carbone
C°	Degrés Celsius
CAT	Catalase
Cm	Centimètre
Cu	Cuivre
DHA	Acide Docosahexaénoïque.
DO	La Densité Optique
DPPH	2,2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl
E.Coli	Escherichia Coli
EAG	Equivalent Acide Gallique
EC	Equivalent catéchine
Fe	Fer
g	Gravité
GPX	Gaicol Peroxydase
Gon	Gonflement
Gr	Gramme
H	Hydrogène
Ha	Hectare
HCl	acide chlorhydrique concentré
HD	Hidab
H O·	Le Radical Hydroxyle
H₂O₂	Peroxyde D'hydrogène
HP :	Hauteur De La Plante
H₃PM₀₁₂O₄₀	Acide phosphomolybdique
H₃PW₁₂O₄₀	Acidephosphotungstique
IAA	Acide indole 3-acétique
INPV	Institut National De La Protection Des Végétaux
ITGC	Institut Technique Des Grandes Cultures
K₂O	Oxyde De Potassium
Km	Kilomètre
L	Largeur De La Cuve.
LB	Longueur De Barbe
LCE	Longueur Du Col D'épi

LE	Longueur D'épi
MDA	Malonaldehyde
MF	Matière Fraiche
mg	Milligramme
Mh	Muller Hilton
min	Minute
ml	Millilitre
Mm	Millimètre
Mn	Manganèse
Mon	Montaison
Na K	Sodium-Potassium
NaNO₂	Nitrite De Sodium
O₂	Oxygène
O₂^{o-}	Le Radical Superoxyde
P	Teneur En Protéines.
P₂O₅	Pentoxyde De Phosphore
PUFA	Des Acides Gras Polyinsaturés
Qt	Quintal
ROS/ERO:	Espèce (S) Réactif (S) A L'oxygène
Se	Sélénium
SF	Surface Foliaire
T°	Température
TBA	L'acidethio-barbiturique
TCA	Acide thibarbutirique
TRE	Teneur Relative En Eau
V	Volume
Zn	Zinc
Nm	Nano-Mole
T	Temps De Culture.
Tal/Tall	Tallage
Ve	Volume De L'extrait Enzymatique.
Vt	Volume Total Du Mélange Réactionnel.
µl	Microlitre

Liste des tableaux

N°	Titre	page
Tab. I₁	Classification des deux espèces étudiées blé et orge	3
Tab. II₁	L'origine géographique et les caractéristiques des treize variétés étudiées	27
Tab. II₂	Les caractéristiques physico- chimiques du sol	30
Tab. II₃	Protocole pour l'extraction enzymatique	34
Tab. II₄	Protocole de dosage de l'activité de la Catalase	36
Tab. II₅	Protocole de dosage de l'Activité Ascorbate Peroxydase (APX)	36
Tab. II₆	Protocole de dosage de l'activité Guaïacol Peroxydase (GPX)	37
Tab. II₇	Protocole de dosage des lipoperoxydes membranaires	39
Tab. II₈	Protocole pour la délipidation de la poudre	40
Tab. II₉	Protocole pour la dépigmentation de la poudre	41
Tab. II₁₀	Protocole pour l'extraction des extraits bruts méthanoliques	41
Tab. II₁₁	Protocole de dosage des phénols totaux	42
Tab. II₁₂	Protocole de dosage des flavonoïdes	43
Tab. II₁₃	Protocole de dosage des tanins	44
Tab. II₁₄	Protocole de l'activité Antibactérienne	46
Tab. II₁₅	Protocole de l'activité Antifongique	48
Tab. III₁	Coefficient de corrélation entre les trois enzymes dans trois stades phénologique chez les trois espèces	68
Tab. III₂	Activités Antibactérienne des extraits obtenus de feuilles des variétés étudiées dans la phase montaison, sous des conditions climatiques naturelles, après 72h	81

Liste des figures

N°	Titre	page
Fig. I1	schéma croisements évolutifs du blé	3
Fig. I2	le croissant fertile	4
Fig. I3	Echelle BBCH. D'après Stades phénologiques des monocotylédones et dicotylédones cultivées	7
Fig. I4	stade phenologique des céréales	8
Fig. I5	Sites d'action des nutriments antioxydants (en rouge) et des enzymes Antioxydantes	15
Fig. I6	Biosynthèse des composés phénoliques	19
Fig. I7	Le rôle d'un gaz à effet de serre en schéma	23
Fig. II1	Image Satellitaire de la parcelle de l'essai à El-Baaraouia El-Kroub Constantine	28
Fig. II2	Donnés climatiques de la zone d'expérimentation	29
Fig. II3	Nombre de jours de gelés/mois	30
Fig. II4	Dispositif de l'expérimentation	32
Fig. II5	Les étapes à suivre pour L'extraction enzymatique	35
Fig. II6	Réaction d'oxydation du gaïacol en tétraguaiacol en présence du H ₂ O ₂ permettant de mesurer l'activité de la GPX	37
Fig. II7	Formation de malondialdéhyde suite à la progression de la chaîne de peroxydation des lipides en réponse à un stress oxydatif	38
Fig. II8	Réaction de condensation du MDA avec l'acide thio-barbiturique formant le dérivé coloré : MDA (TBA) ₂ , mesuré par spectrophotométrie à 532 nm	38
Fig. II9	Les étapes à suivre pour le dosage de l'Analyse des lipoperoxydes membranaires	39
Fig. II 10	Les étapes à suivre pour la délipidation de la poudre	40
Fig. II11	Les étapes à suivre pour la dépigmentation de la poudre	41
Fig. II12	Les étapes à suivre pour l'extraction des extraits bruts méthanoliques	41
Fig. II13	Principe de la réduction du réactif de FolinCioecalteu	42
Fig. II14	Les étapes à suivre pour le dosage des phénols totaux	42
Fig. II15	Protocole de dosage des flavonoïdes	43
Fig. II16	Les étapes à suivre pour l'Activité Antibactérienne	46
Fig. II17	Les étapes à suivre pour l'Activité Antifongique	49
Fig. III1	les stades phénologiques chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	50
Fig. III2	Nombres moyen des thalles herbacés chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	51
Fig. III3	Nombre moyen des thalles épiés chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	52
Fig. III4	la hauteur moyenne de la plante chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	53

Fig. III5	la longueur moyenne d'épi chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	54
Fig. III6	la longueur moyenne de barbe chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	55
Fig. III7	La longueur moyenne du col de l'épi chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	56
Fig. III8	La Surface Foliaire chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	57
Fig. III9	Activité de la Catalase chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	62
Fig. III10	Activité APX chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	64
Fig. III11	Activité GPX chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	65
Fig. III12	activité des trois enzyme au même stade phénologique des trois espèce cultivé au champs	67
Fig. III13	Le MDA obtenu chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	70
Fig. III14	Teneur en polyphénols chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	72
Fig. III15	Teneur en Flavonoïdes chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	74
Fig. III16	Teneur en Tanins chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles	75
Fig. III17	Pourcentage d'inhibition des différentes variétés de blé et orge sous des conditions climatiques naturelles et de l'acide ascorbique vis à vis du radical libre DPPH dans la phase Montaison.	77
Fig. III18	Cinétique de la réaction de réduction du DPPH des extraits méthanoliques des variétés étudiés sous des conditions climatiques naturelles.	78
Fig. III19	Activités Antibactérienne des extraits obtenus des variétés étudiées dans la phase montaison, sous des conditions climatiques naturelles, en trois intervalles d'heures	78

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des abbreviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Table des matières	
Introduction générale	1
Chapitre I synthèse bibliographique	
1 Présentation de la Céréalicultures : Description, Origine Géographique et Génétique	2
1.1 Les Blés	2
1.1.1 Blé tendre	2
1.1.2 Blé dur	2
1.2 L'orge	3
1.3 Classification des espèces étudiées	5
1.4 Exigences de la céréaliculture	5
1.4.1 Le Sol	5
1.4.2 Les besoins nutritifs	6
1.4.3 L'eau	6
1.4.4 L'éclaircissement	6
1.4.5 La température	6
2 Paramètres phénologiques, morpho-physiologiques et biochimiques	7
2.1 Paramètres phénologiques	7
2.2 Paramètres morphologiques	9
2.2.1 Nombre de talles herbacées par plan	9
2.2.2 La hauteur de la plante	10
2.2.3 La longueur de l'épi	1
2.2.4 La longueur de la barbe	10
2.2.5 Le Col de l'Epi	10
2.2.6 La surface foliaire	10
2.3 Paramètres Physiologiques	11
2.3.1 La teneur relative en eau : TRE	11
2.3.2 Chlorophylle	11
2.4 Paramètres Biochimiques	11
3 Notion de Stress chez les céréales	12
3.1 Stress biotique	12
3.2 Stress abiotique	12

3.2.1	stress thermique	13
3.2.2	Stress hydrique	13
3.2.3	Stress oxydatif	13
4	Stress oxydatif	14
4.1	Mécanisme de dégénération des radicaux libres	14
4.2	Définition du stress oxydatif	14
4.3	Les antioxydants	15
4.4	Système de défense enzymatique	15
4.4.1	Systèmes antioxydants enzymatiques	15
4.4.2	Systèmes antioxydants non-enzymatiques	17
4.5	Marqueur biochimique	19
5	Activités biologiques	20
5.1	Activité Antioxydante	20
5.2	Activité anti-radicalaire des flavonoïdes	20
5.3	Activité antifongique	20
5.4	Activité antibactérienne	21
6	Changement climatique	21
6.1	L'effet de serre naturel	22
6.2	L'effet de serre additionnel	23
7	Adaptation des espèces aux contraintes abiotiques	23
7.1	Adaptation phénologique	24
7.2	Adaptation morpho-physiologique	24
7.3	Adaptation biochimique	25
7.4	Adaptation au stress oxydatif	25
Chapitre II	Matériel et méthodes	27
1	Matériel biologique	27
2	Site d'expérimentation	28
2.1	Zone de l'expérimentation (I.T.G.C.)	28
2.2	Données climatiques de la zone d'expérimentation	29
2.3	Caractéristiques physico- chimiques du sol de la zone d'expérimentation	30
3	Mise en place de l'essai	31
4	Paramètres mesurés	33
4.1	Paramètres phénologiques	33
4.2	Paramètres morphologique	33
4.2.1	Caractère de production	33
4.2.2	Caractère d'adaptation	34
4.3	Paramètres biochimiques (dosage des bio-marqueurs)	34
4.3.1	Dosage enzymatique	34
4.3.1.1	Dosage de l'activité catalase (CAT)	35
4.3.1.2	Dosage de l'activité Ascorbate peroxydase (APX)	36

4.3.1.3	Dosage de l'activité Guaiacol Peroxydase (GPX)	37
4.3.2	Analyse des lipoperoxydes membranaires (MDA)	38
4.3.3	Dosages des composés phénoliques	42
4.3.3.1	Extraction des extraits bruts méthanoliques	42
4	Activité biologique	44
4.1	Evaluation de l'activité anti radicalaire	44
4.2	Activité Antimicrobienne	45
4.2.1	Activité Antibactérienne	45
4.3	Activité Antifongique	47
Chapitre III	Résultats et Discussions	50
1	Paramètres phénologiques	50
2	Paramètres morphologiques	50
2.1	Caractères de production	50
2.2	caractères d'adaptation	52
3	Activités enzymatiques	62
3.1	Activité de la catalase (CAT)	62
3.2	Activité Ascorbate Peroxydase (APX)	63
3.3	Activité Guaiacol Peroxydase (GPX)	65
4	Activités non enzymatiques	70
4.1	Les lipoperoxydes membranaires (MDA)	70
5	Les composés phénoliques	72
5.1	Teneur des phénols totaux	72
5.2	Teneur des flavonoïdes	73
5.3	Teneur des tannins	75
6	Activité anti radicalaire des polyphénols	78
7	Activité antimicrobienne	79
7.1	Activité antibactérienne	79
7.2	Activité Antifongique (Résultat Négatif)	80
	Conclusion	83
	Références	
	Annexes	

INTRODUCTION

Les céréales symbolisent une source primordiale d'alimentation dans le monde. En Algérie, elles sont considérées comme un aliment incontournable. Mais la production nationale est bien loin de couvrir les besoins du pays.

En blé dur, les importations au cours des dix premiers mois de l'année 2017 ont atteint 1,3 millions de tonnes en volume de 435.80 millions USD en valeur. Par ailleurs, les importations du blé tendre se sont situées à 464 million de tonnes pour 828,7 millions USD, pour la même durée de la même année (statistique douanières, 2017).

Les changements climatiques et l'usage irrationnel des pesticides sont venus rendre plus difficiles les conditions de production auxquelles nous devons manifester une adaptation certaine.

Par conséquent, pour faire face à ces contraintes qui nous est imposée, nous devons œuvrer sur tous les aspects liés à l'amélioration de nos mode de production, et entre autres, s'orienter sur l'amélioration des espèces céréalières réclament une démarche scientifique et opérationnelle en adéquation avec la situation actuelle.

Le blé et l'orge ont une grande diversité variétale, qui dans le coté phénotypique et génotypique, elles se diffèrent d'une variété à une autre. Et chaque variété à 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 phénologiques, morpho- physiologiques et biochimiques.

Dans ce contexte, notre recherche s'articule autour du comportement variétal de treize variétés appartenant aux trois espèces céréalières blé dur (*Triticum durum* Desf), blé tendre (*Triticum estivum*) et orge (*Hordeum vulgare*) cultivées au champ. d'ou notre démarche s'appuie sur une étude comparative de la variabilité interspécifique de notre matériel végétal en se basant sur l'étude des aspects phénologiques, morphologiques et une évaluation de l'activité antioxydante enzymatique et non enzymatique , et biologique et cela durant trois phases de cycle de vie de la plante.

Le but de notre expérimentation est :

- Distinguer les variétés les mieux adaptées sous des conditions climatiques naturelles.
- Comprendre le système de défense de la plante porté à n'importe quel stade phénologique de son cycle de développement.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Présentation de la Céréalicultures : Description, Origine Géographique et Génétique

1.1. Les Blés

Le blé est une céréale angiosperme monocotylédone de la tribu des *Triticées*, du genre *Triticum* et de la famille des *Gramineae* (*Poacées*). C'est une espèce dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de tégléments (**Feillet, 2000**).

1.1.1. Blé tendre

Le Blé tendre (*Triticum aestivum*) c'est une céréale d'hiver, c'est l'espèce la plus importante des blés cultivés dans le monde ; il est apparu dans le croissant fertile entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (**Doussinault et al., 1992**). Cette espèce a été diffusé vers l'Afrique et plus anciennement vers le Maghreb à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (**Bonjean, 2001 in Boulal et al., 2007**)

1.1.2. Blé dur

Le blé dur, est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. Cette espèce est classée comme la deuxième plus importante céréale du genre *Triticum* après le blé tendre, c'est par rapport à la production commerciale et l'alimentation humaine ; la famille des blés comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (**Feillet, 2000**)

Selon les archéologues, la Palestine, la Syrie, la Turquie, l'Iran et l'Iraq (le croissant fertile) sont la région dont l'homme lance la culture du blé dur entre 9000 et 7000 BC (**Dubcovsky et Dvorak, 2007**) Ainsi, en Bretagne, on a trouvé des grains datant d'environ 5.000 ans avant Jésus-Christ (**Henry et al., 2000**).

Le phénomène de la polyploïdisation est le responsable de différentes transformations qui se présentent au niveau génétique suivant des événements successifs qui interviennent après des croisements interspécifiques entre des espèces ancestrales diploïdes.

Le premier événement, impliquant *Triticum monococcum* et *Aegilops speltoides*, a conduit à l'apparition du blé dur tétraploïde *Triticum turgidum*. Le deuxième événement de polyploïdisation a eu lieu entre le blé dur tétraploïde et *Aegilops tauschii*, donnant naissance au blé tendre *Triticum aestivum*, de structure chromosomique hexaploïde (**Chantret et al., 2005**).

Le génome A provient de *Triticum monococcum*, alors que le donateur du génome B est l'*Aegilops speltoides* (**Dvorak, 1998 ; Gitte et al., 2006**).

Triticum durum a une garniture chromosomique AB (**Mckey, 1968**), c'est une espèce allotétraploïde ($AABB = 2n = 4x = 28$).

Le génome A : Le donneur du génome A est *Triticum urartu* (Nishikawa, 1983; Dvorak et al. 1993).

Le génome B : L'origine du génome B reste incertaine, les propositions ont été diverses. Cependant plusieurs auteurs suggèrent que *Aegilops speltoides* est le donneur (Sarker&Stebbins, 1956 ; Chen & Gill, 1983, Bahrman et al., 1988, Fernandez- Calvin &Orellana, 1990)

Le génome D : D'une autre manière le blé hexaploïde (*triticum aestivum*) de formule A.B.D.(2n=42), est le résultat d'un croisement du *Triticum turgidum*, servant de pivot femelle avec un *aegilops squarrosa* de **génome D**, suivi d'un doublement chromosomique

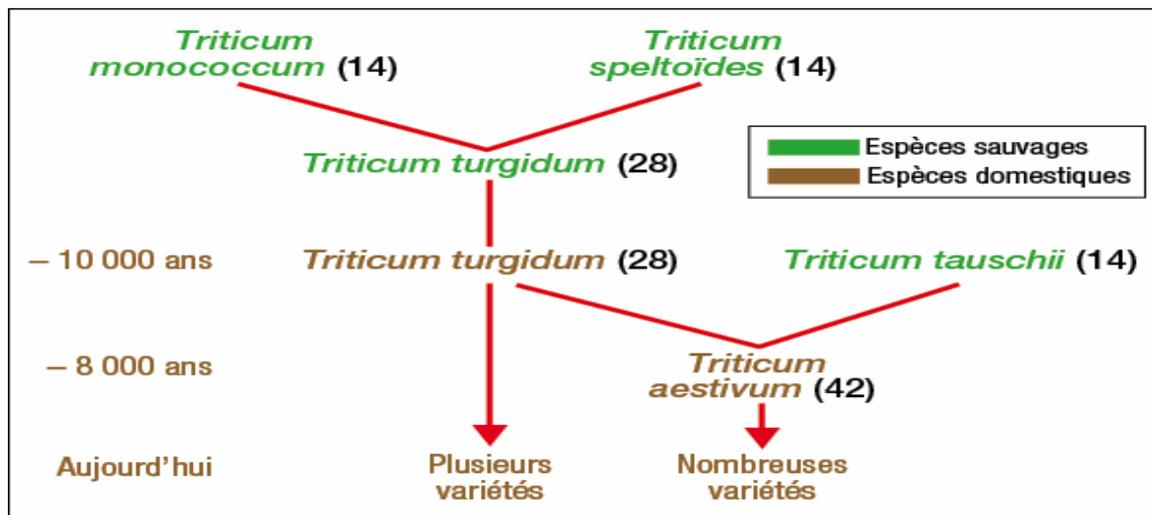


Fig. I1.Schéma croisements évolutifs du blé (M.voisin, 2012).

1.2. L'Orge

L'orge (*Hordeum vulgare*) est une monocotylédone diploïde (2n=14). Plante annuelle qui appartient à la famille des graminées et au genre *Hordeum* qui comprend 31 espèces, mais seule *vulgare* est couramment cultivée.

Selon VanOosteromet 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 Benmahammed (1996) rapporte que l'orge aurait pour origine géographique l'Asie orientale et le proche-orient.

L'orge depuis l'antiquité et jusqu'au deuxième siècle avant Jésus-Christ, était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine dans les régions du croissant fertile, d'Europe et du bassin méditerranéen. L'Egypte était le passage d'orge du croissant fertile au pays maghrébins (Boulal et al., 2007).

On distingue deux types selon la forme de leur épi :

- L'orge à 2 rangs ou l'orge distique qui a un épi aplati composé de 2 rangées d'épillets fertiles, un sur chaque axe du rachis, entouré de 4 épillets stériles. Dans ce type existent surtout des variétés de printemps.
- L'orge à 6 rangs ou orge hexastique, encore appelé esourgeon, qui a une section rectangulaire, sur chaque axe du rachis les 3 épillets sont fertiles. Dans ce type n'existent pratiquement que des variétés d'hiver (Soltner, 2005).

Selon Jestin (1992), *H. spontaneum*, orge à 2 rangs sauvage répandue 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. Les types d'orges à 6 rangs à rachis fragile rencontrés en Asie centrale, et antérieurement dénommés *H. agriocrithon* Åberg sont maintenant considérés comme des descendants subspontanés d'hybrides entre types cultivés à 6 rangs et *H. spontaneum* (Von Bothmer et al., 1990 in Jestin, 1992).

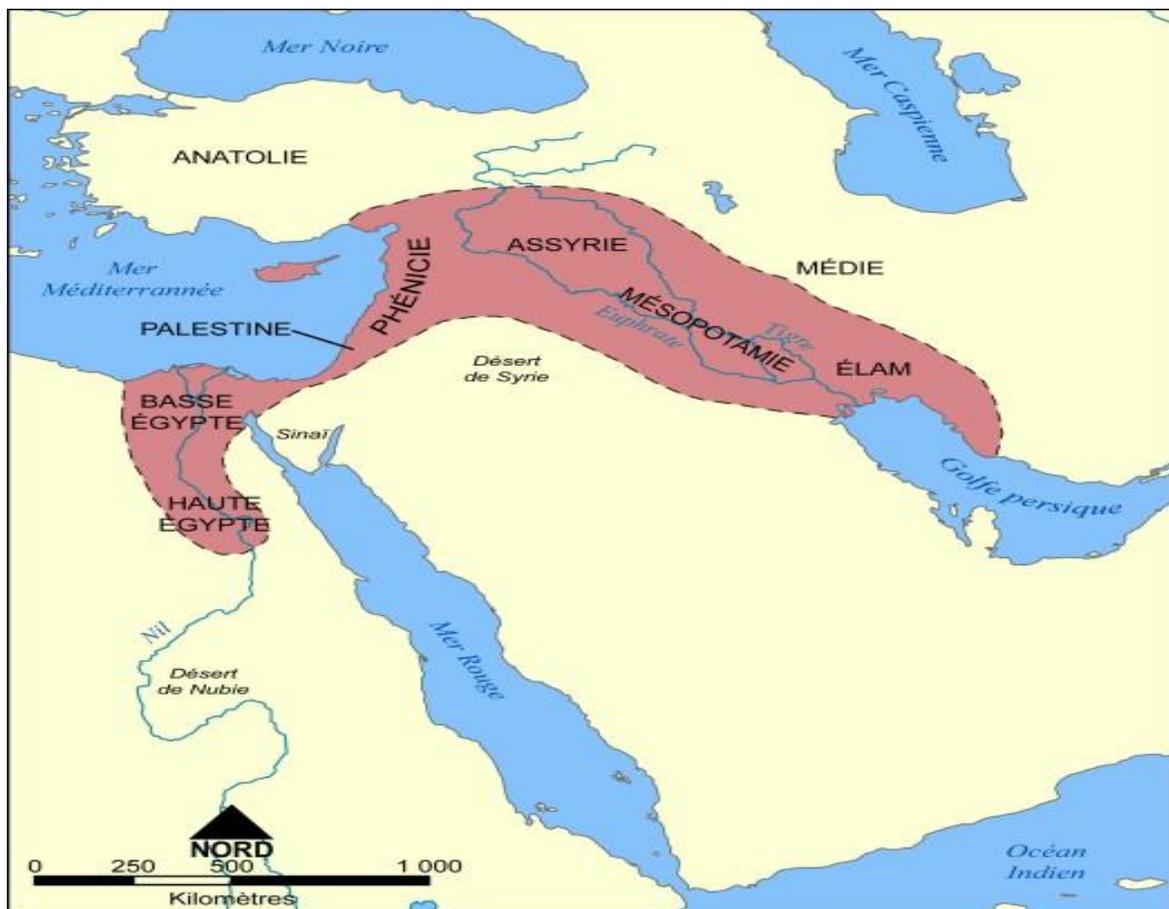


Fig. I 2 : le croissant fertile (commons.wikimédia.org)

1.3. Classification des espèces étudiées

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

	blé dur (<i>Triticum durum Desf.</i>)	blé tendre (<i>Triticum aestivum</i>)	Orge (<i>Hordeum vulgare</i>)
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	<u>Hordeinae</u>
Genre	<i>Triticum</i>	<i>Triticum</i>	<i>Hordeum</i>
Espèce	<i>Triticum durum dsf</i>	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Hordeum vulgare</i>

1.4. Exigences de la céréaliculture

1.4.1. Le sol

Une terre optimale pour une bonne culture des blés et des orges, c'est une terre neutre, profonde et d'une texture équilibrée.

Soltner, (2005) détermine trois caractéristiques pour une bonne terre à blés :

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

1.4.2. Les besoins nutritifs

Les besoins du blé en éléments fertilisants sont compris entre 2.8 et 3.2 kg d'azote, 1 et 1.6kg de P₂O₅ ; 3 à 4.8kg de K₂O par quintal de production (grain+ paille) (**Benaouda et Karrou, 1994 in Boulal et al.,2007**)

1.4.3. L'eau

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

1.4.4. L'éclairement

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

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

1.4.5. La température

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

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

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

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

2. Paramètres phénologiques, morpho-physiologiques et biochimiques

2.1. Paramètres phénologiques

La phénologie est la science ayant pour objet l'étude des phénomènes saisonniers qui marquent la vie des plantes. La phénologie étant l'étude qui influe de l'environnement sur le phénomène périodique de la végétation, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes auxquelles sont soumises les plantes.

Pour identifier les stades phénologiques des plantes cultivées, le code BBCH emploie un système de code universel décimal subdivisé en stades de croissance principaux et secondaires. Il dérive du code mis au point pour les céréales par le phytopathologiste **Zadoks (Zadoks, 1974)**.

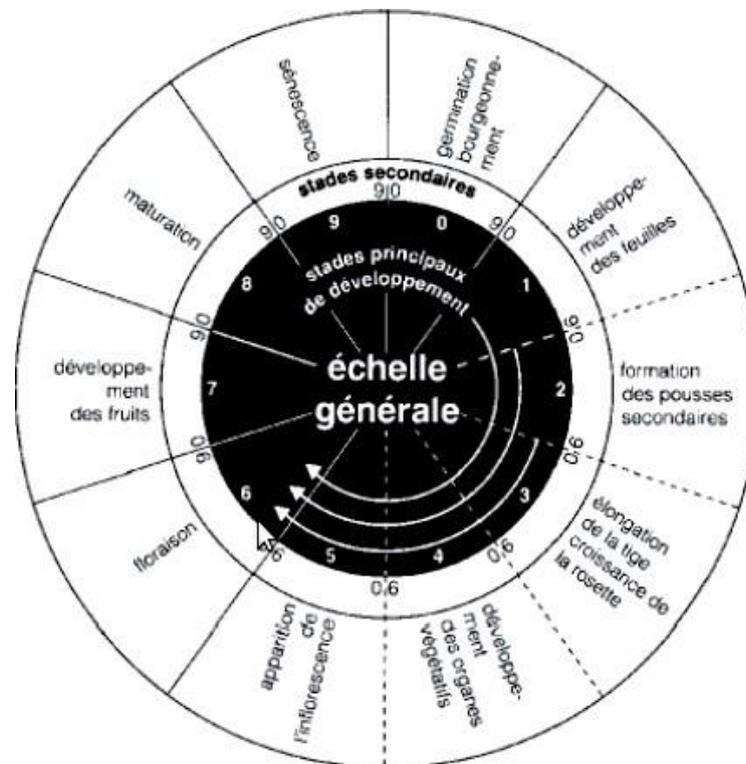


Fig. 13. Echelle BBCH. D'après Stades phénologiques des monocotylédones et dicotylédones cultivées. (Meier, 2001)

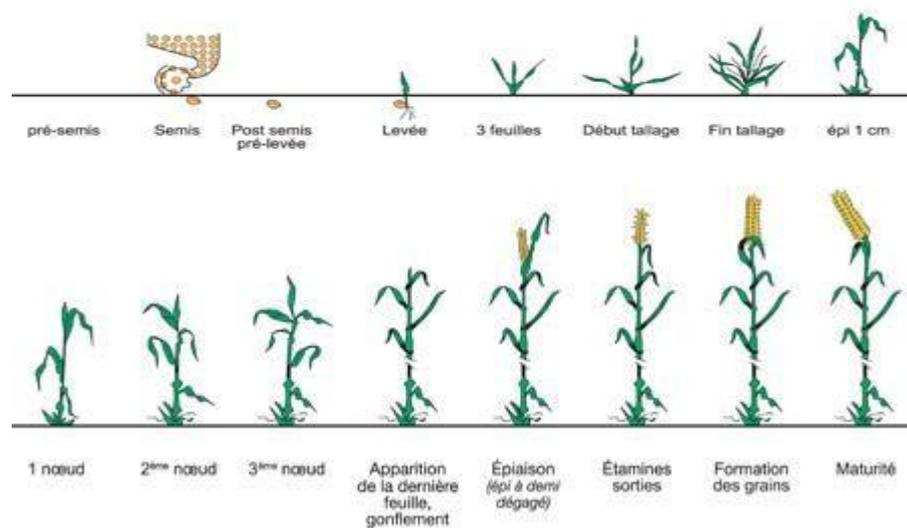


Fig.I 4. Stade phenologique des céréales(<https://www.syngenta.fr/agriculture-durable/reglementation/dossier-bbch/article/echelle-bbch-cereales>)

- ❖ **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. Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive (**HADRIA., 2006**).
- ❖ **La montaison:** ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (**stade gonflement**)(**GIBAN *et al.*, 2003**).
- ❖ **Le gonflement :** c'est l'apparition d'un renflement au niveau des nœuds (feuille étendard) pour préparation de la sortie de l'épi.
- ❖ **L'épiaison:** est la période allant de l'apparition des premiers épis jusqu'à la sortie complète de 50% de ces derniers hors de la gaine de la dernière feuille (**GIBAN *et al.*, 2003**).
- ❖ **La floraison:** la sortie des premières étamines hors des épillets au milieu de l'épi sur 50% des épis observé.

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

- ❖ **La 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.

Dans les zones arides et semi-arides, les stress thermiques peuvent intervenir en début de cycle, suite aux effets des hautes températures automnales d'où une forte réduction du nombre de plantes levées par unité de surface est observé (**Karou et al.,1998**).

2.2. Paramètres morphologiques

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

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

La tige (chaume) est cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre-nœuds (**Cs. et al., 2002**) et elles sont aussi engainées par des feuilles à nervures parallèles issues d'un entre-nœud (**Soltner, 2005**).

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

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

2.2.1. Nombre de talles herbacées par plan

Les talles sont des nouvelles pousses provenant d'une activation des bourgeons axillaires au niveau de l'aisselle des premières feuilles, cette zone est appelée : le plateau de tallage, les conditions environnementales n'ont aucune influence sur le développement des talles. (**Boulai et al., 2007,in : Aknouch et Laib ;2016**).

Le nombre d'épis par plante s'établit en 2 phases : une phase hivernale où des talles sont émises (période de tallage), et une phase printanière où les talles les plus jeunes régressent (montaison).

2.2.2. La hauteur de la plante

La hauteur de la plante est parmi les caractères d'adaptation les plus communs aux conditions arides méditerranéennes, Elle représente le paramètre le plus pertinent qui assure une bonne sélection des variétés, les plus adaptées à la sécheresse, (**Brisson et Deiaçoiie 1993 ;HadjichristodouIou , 1993, Sarrafietal.,1993**).

2.2.3. La longueur de l'épi

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

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

2.2.4. La longueur de la barbe

Les longues barbes sont des éléments significatifs d'adaptation à des hautes températures et à la sécheresse, précisément dans la période de remplissage de grains (**HadjichristodouIou, 1993**). L'aptitude photosynthétique des barbes est moins affectée que celle des feuilles (**Grundbacher, 1963 ; Ferguson, 1977 in HadjichristodouIou,1993**).

2.2.5. Le Col de l'Epi

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

2.2.6. La surface foliaire (SF)

Aux contraintes abiotiques, la feuille est le premier organe qui s'affecte en présence d'un déficit hydrique, cela provoque changement de forme et d'orientation (**Gate et al., 1993**).

La surface foliaire est un fatalisme de la transpiration, dont les plantes qui ont une surface foliaire plus au moins grande, sont des espèces qui tolèrent la déshydratation avec un potentiel hydrique élevé (**Ajab et al., 2002**). En contre partie, d'autres auteurs suggèrent qu'une surface foliaire réduite, donne un avantage à la plante en mesure des perte en eau, dont il existe une relation de corrélation entre la surface foliaire et le taux de déperdition (**kikhan et al.,1980**).

2.3. Paramètres Physiologiques

2.3.1. La teneur relative en eau (TRE)

L'eau est un facteur limitant, et même la TRE est une caractéristique génotypique qui assure un excellent fonctionnement cellulaire, les faibles quantités d'eau inhibe le maniement des enzymes responsables de la photosynthèse, dans pareils cas, on remarque l'intervention des stomates qui se ferment partiellement ou totalement pour limiter les pertes en eau (**Battinger,2002**).

La TRE est considéré comme étant le meilleur indicateur de statut hydrique d'une plante. En plus de sa relation avec le volume cellulaire, elle reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration, le potentiel osmotique et de turgescence (**Nouri,2002**).

2.3.2. Chlorophylle

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

La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (**Hikosaka et al,2006**).

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (**Siakhène, 1984**).

2.4. Paramètres Biochimiques

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 (**Benslama, 2016**).

Les métabolites primaires rassemblent les acides aminés, les lipides, les carbohydrates et les acides nucléiques. Inversement, les plantes produisent, en plus, un grand nombre de composés qui ne sont pas issus directement lors de la photosynthèse, mais résultent des réactions chimiques ultérieures. Ces composés sont appelés métabolites secondaires. Un métabolite 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)**).

3. Notion de Stress chez les céréales

En effet, le stress signifie la déviation dans le développement et les fonctions normales de la physiologie des plantes, il est perçu au niveau cellulaire puis transmis à la plante entière. Le changement dans l'expression des gènes qui s'en suit modifie la croissance et le développement, et influence les capacités reproductives de la plante, causant ainsi des dommages aux plantes. **(Benkoli et Bouzeghaia, 2016)**.

En revanche ce terme lorsqu'il est utilisé en biologie végétale, a des connotations particulières, il représente les (s) facteur(s) responsable(s) des perturbations, et des changements, plus ou moins brusques par rapport aux conditions normales de la plante subies au cours de son développement **(Bouchoukh, 2010)**.

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

3.1. Stress biotique

Un stress biotique est un stress résultant de l'action néfaste d'un organisme vivant sur un autre organisme vivant telle qu'une attaque par un pathogène. Ces agents peuvent être des champignons, des bactéries, des virus, des nématodes, et des insectes.

Ces pathogènes, en infectant les végétaux, vont affecter la croissance et le rendement et peuvent causer leur mort. Les maladies biotiques des plantes maraîchères incluent les bactéries, les virus et les champignons, et qui se développent à la faveur de conditions particulières (chaleur, humidité, insectes vecteurs, et blessures).

3.2. Stress abiotique

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnementale défavorable pour une plante **(Levitt, 1982)**. Les effets de ce stress peuvent se manifester par des destructions totales ou partielles d'organes végétatifs **(P, Gate ; 1995)**

Un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux.

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

3.2.1. stress thermique

Dans la nature, les changements de la température sont susceptibles de se produire plus rapidement que les autres stress. (**Hirt,H et Shinozaki,K ;2003**) ;(**Priti K ;2003**)

L'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (**Chenaffi et al.,2006**).

Les températures trop importantes peuvent être néfastes à la plante soit en limitant les échanges gazeux liés à la fermeture des stomates : chaleur trop intense, éclaircissement trop vif, entraînant une évapotranspiration importante. (**Simon h et al., ;1989**)

L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur du coléoptile (**Hazmoune, 2000**), aussi l'effet des hautes températures se manifeste par une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (**Dakheel et al., 1993**)

Dans l'écart des moyennes de températures de 12 à 15 C°, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (**Wardlaw et al., 1989**).

3.2.2. Stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole (**Boyer, 1982**).

L'eau est le premier facteur limitant le rendement du blé dur dans la plupart des régions de production. La sécheresse, manque d'eau prolongé, influe directement sur la croissance de la plante mais aussi indirectement en limitant l'absorption de l'azote et de tous les minéraux, et en réduisant ses défenses contre les parasites racinaires (**Braun, P, 2005**).

Le déficit hydrique n'est pas seulement causé par le manque d'eau mais aussi par les stress environnementaux comme ; les températures basses ou la salinité. Tous ces stress ont un effet négatif sur la production des plantes. (**Hirt,H et Shinozaki,K ;2003**)

Les protéines cytoplasmiques et les organites peuvent ainsi subir d'importantes pertes d'activité ou complètement dénaturés lorsqu'ils sont déshydratés. La photosynthèse et la croissance cellulaire sont parmi les processus affectés lors du stress hydrique (**Chaves et al 2008**)

3.2.2. Stress oxydatif

Dans les systèmes biologiques, le stress oxydant est conséquence d'un déséquilibre entre la production des radicaux libres et la destruction par des systèmes de défenses antioxydants. (Angelos et al., 2005). C'est le point essentiel de notre étude.

4. Stress oxydatif

4.1. Mécanisme de dégénération des radicaux libres

Les radicaux libres sont des espèces chimiques (atomes ou molécules) qui possèdent un électron célibataire (ou électron non apparié) sur leur couche externe (Toussaint., 2008). Leur principal danger vient des dommages qu'ils peuvent provoquer lorsqu'ils réagissent avec des composants cellulaires importants tels que l'ADN ou la membrane cellulaire, avec risque de multiplication anormale des cellules, entraînant un dysfonctionnement ou une mort cellulaire, un cancer (Tanguy et al., 2009).

Dans l'organisme, la production physiologique d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) se fait de manière continue. Ils ont un rôle essentiel à jouer dans certaines fonctions biologiques telles la phagocytose, la régulation de la croissance cellulaire et des signaux intercellulaires et la synthèse d'importants composés organiques. Toutefois, en concentrations élevées, ils deviennent hautement cytotoxiques en engendrant de sérieuses altérations aux cellules pouvant mener à la mort cellulaire. Les facteurs responsables de l'augmentation de la production de radicaux libres par l'organisme sont appelés facteurs oxydants ; La principale source de ROS est la mitochondrie par l'intermédiaire de sa chaîne respiratoire, elle produirait en effet 90% des ROS cellulaires (Mohammadi ,2013).

La production excessive des radicaux libres provoque des lésions directes de molécules biologiques : oxydation de l'ADN, des protéines, de lipides et des glucides, mais aussi des lésions secondaires dues au caractère cytotoxique et mutagène des métabolites libérés notamment lors de l'oxydation des lipides (Favier, 2003)

L'oxygène est un élément essentiel pour les organismes multicellulaires parce qu'il permet de produire de l'énergie en oxydant de la matière organique. Mais nos cellules convertissent une partie de cet oxygène en métabolites toxiques: les radicaux libres organiques (Descheemaeker, 2004). L'augmentation de la production des radicaux libres entraînant le stress oxydatif (Céline C, 2004).

4.2. Définition du stress oxydatif

Le stress oxydatif est défini comme étant le déséquilibre entre la génération des espèces réactives de l'oxygène et la capacité du corps à neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs (Boyd et al, 2003). Ce déséquilibre entre les systèmes de défense et de production des radicaux libres entraîne des lésions biochimiques au niveau des cellules de l'organisme du fait de leurs conséquences sur le plan moléculaire, telles que les altérations au niveau des protéines, l'apparition de cassures au niveau de l'ADN, ou des atteintes de l'intégrité de la

membrane cellulaire par l'induction de la peroxydation lipidique.

Il est reconnu que le stress oxydatif représente aussi l'une des principales causes de la baisse de production en agriculture (Foyer et Noctor, 2005).

4.3. Les antioxydants

Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres et mettre fin à la réaction en chaîne avant que les molécules vitales ne soient endommagées. Chaque molécule antioxydant ne peut réagir qu'avec un seul radical libre, et par conséquent, il faut constamment refaire le plein de ressources anti-oxydantes. (Kristina et Marika, 2003).

Au cours du stress oxydant, les espèces réactives de l'oxygène sont des molécules très réactives et certaines d'entre elles, telles que le H_2O_2 , qui peuvent même diffuser à travers les membranes (Bérubé *et al.*, 2000)

4.4. Système de défense enzymatique

4.4.1. Systèmes antioxydants enzymatiques

L'organisme se protège en permanence contre la formation et l'agression d'espèces réactives en eau grâce à divers mécanismes de défense en tant qu'enzymatiques que non enzymatiques. Nous distinguons deux sources d'antioxydants, l'une est exogène apportée par l'alimentation sous forme de fruits et légumes, l'autre est endogène et se compose d'enzymes (superoxyde dismutase glutathion peroxydase, catalase) et quelques oligoéléments comme le sélénium, le cuivre et le zinc qui sont des cofacteurs d'enzymes anti oxydantes (Mohammedi, 2013)

Les antioxydants enzymatiques (le superoxyde dismutase, la catalase...), sont considérés comme la première ligne de défense contre les différentes espèces oxydantes, leur rôle principal est de diminuer la quantité des ERO dans la cellule. Parfois, ces enzymes nécessitent des cofacteurs comme les oligo éléments (Zn, Cu, Mn, Se, Fe) pour exercer leur activité enzymatique (Mittler *et al.*, 2004).

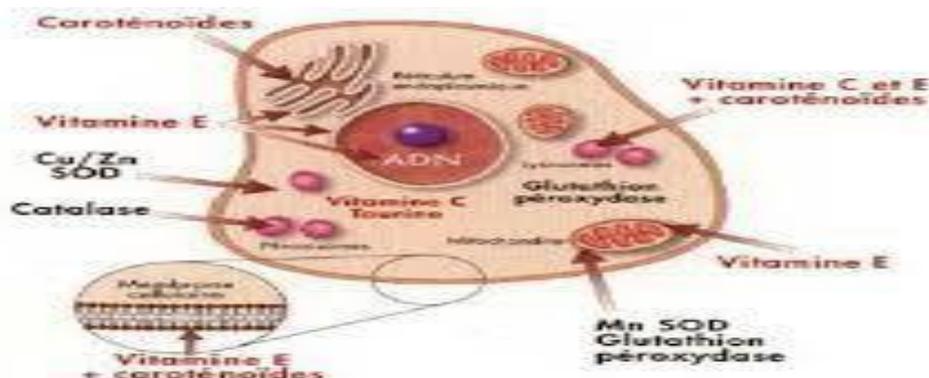


Fig. I 5 : Sites d'action des nutriments antioxydants « en rouge » et des enzymes Antioxydantes « en noir » (Opara, 2002).

- **Les Catalases(CAT)**

La catalase est une hémoprotéine contenant quatre groupes hèmes. Elle possède une activité peroxydase et est aussi capable d'utiliser une molécule d' H₂O₂ comme substance donneur d'électrons et, une autre molécule d'H₂O₂ comme oxydant ou accepteur d'électrons (**Murray et al., 2013**).

La catalase est une enzyme intracellulaire qui assure la réduction de peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène. Cette enzyme est localisée uniquement dans les peroxysomes et ne peut donc pas agir dans les autres compartiments cellulaires (cytoplasme, mitochondrie, lysosome noyau) où le peroxyde d'hydrogène est également présent (**Cillard , 2006**).

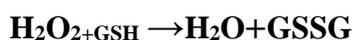
Les catalases sont des enzymes majoritairement peroxysomales catalysant la dismutation du peroxyde d'hydrogène en H₂O et O₂ (**Arora et al., 2002**). Dans le processus de détoxification, la CAT constitue le premier rempart contre l'effet toxique du peroxyde d'hydrogène (**Masaki et al., 1998**).

- **Les peroxydases(POX)**

Les peroxydases (POX) sont une large famille multigénique d'enzymes hémiques catalysant la réduction d'un substrat oxydé en utilisant de nombreux co-substrats comme donneurs d'électrons (**Arora et al., 2002**)

- **Le gaïacol peroxydase (GPX)**

Le gaïacol peroxydase (GPX) est une enzyme contenant de l'hème qui élimine les quantités excédentaires de H₂O₂ dans des conditions normales et de stress (**Das et Roychoudhury, 2014**). Il aide à la synthèse de la lignine et protège également les plantes contre le stress biotique en dégradant l'acide indolacétique (IAA) et en consommant de l' H₂O₂ dans le processus. Le GPX utilise des composés aromatiques comme le gaïacol et le pyrogallol (**Asada 1999**) comme agents réducteurs parce que le GPX joue des rôles actifs dans le cytosol et les vacuoles et aussi dans les parois cellulaires, il est considéré comme une enzyme essentielle dans l'élimination de l' H₂O₂ (**Das et Roychoudhury, 2014**).



- **Ascorbate Peroxydase (APX)**

Ascorbate Peroxydase (APX) est un composant important du cycle ascorbate-glutathion (ASC-GSH) et élimine l' H₂O₂ produite dans le cytosol et le chloroplaste (**Gill et Tuteja,**

2010). L'APX élimine l' H_2O_2 dans le DHA en supprimant AA comme agent réducteur (Das et Roychodhury , 2014).



Sur la base des séquences d'acides aminés, l'APX enzyme est divisée en cinq isoformes distinctives qui sont situées dans des organelles subcellulaires différentes dans les plantes supérieures. Ces locus sont le cytosol, les mitochondries, le peroxysome et les chloroplastes. et l'enzyme APX trouvée à ces endroits est connue sous le nom d'APX cytosolique, mitochondriale, peroxysomale et chloroplasmique (Nocor et Foyer 1998 ; Sharma et Dubey, 2004).

L'activité accrue de l'APX est réponse à divers stress abiotiques tels que la croissance, la salinité, les gels, la toxicité des métaux, des taux plus élevés de pesticides une irradiation UV a été signalée par de nombreux travaux (Boo et Jung, 1999 ; Sharma et Dubey, 2005 ; 2007, Maheshwari et Dubey, 2009 ; Abdel-Kader, 2009; Dar *et al.*, 2015)

4.4.2. Systèmes antioxydants non-enzymatiques

Les plantes comme tous les êtres vivants fournissent des molécules de base résultante de la photosynthèse (acides nucléiques, lipides, protéines, acides aminés et glucides). C'est le métabolisme primaire ; de plus elles synthétisent, de divers composés qui ne sont pas issus directement de la photosynthèse, ces composés sont des résultats dits métabolismes secondaires provenant des réactions chimiques ultérieures, l'usage traditionnel et même la médecine moderne utilisent ces composés comme une source de molécule biologiquement active (Mohammedi.Z, 2013)

- Les polyphénols

Les composés phénoliques constituent un des groupes les plus importants chez les végétaux. Ce sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, largement distribués possédant plusieurs groupements phénoliques, avec ou non d'autres fonctions et comportant au moins 9000 structures connues différentes (Bahorun, 1997).

Les polyphénols est un groupe de molécules de structures variées, d'une grande utilisation en phytothérapie, généralement issu de l'acide cinnamique formé par la voie du shikimate et de la voie acétate-malonate et peuvent être divisés en diverses classes sur la base de leur structure moléculaire (Gorham, 1977 ; Mohmmadi, 2013).

Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel (Macheix *et al.*, 2005).

- **Bienfaits des polyphénols**

Les polyphénols et autres produits alimentaires phénoliques font l'objet d'un intérêt scientifique croissant en raison de leurs effets bénéfiques possibles sur la santé humaine en offrant une protection contre le développement des cancers, les maladies cardiovasculaires, diabète de l'ostéoporose les maladies neurodégénératives (**Bahorun, 1998**). La chimiothérapie des cancers a évolué très rapidement au cours des dernières années (**Monsuez, 2009**). Elle implique l'utilisation d'agents chimiques pour arrêter la croissance et éliminer les cellules cancéreuses, même dans des sites éloignés de l'origine de la tumeur primaire (**El-Sayyadet al ; 2009**). Les anthracyclines (doxorubicine, épirubicine et daunorubicine) sont des agents anti tumoraux très largement utilisés en cancérologie (**Andrieu et al ., 1999**) pour les pathologies malignes aussi bien solides qu'hématologiques (**Zbinden et al ., 2010**). Toutefois, un certain nombre d'effets secondaires, notamment sur l'hématopoïèse et la fonction cardiaque, limitent leur utilisation (**Andrieu et al ., 1999**)

- **Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes sont des molécules d'origine végétale. Il s'agit de pigments donnant la coloration aux fleurs, fruits et dans certains cas aux feuilles (**Milane., 2004**). C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques, ces molécules ont des structures chimiques variées et des caractéristiques propres (**Benhammou, 2011**).

La nature chimique des flavonoïdes dépend de leur classe structurale, du degré d'hydroxylation et de méthylation, du degré de polymérisation, des substitutions et des conjugaisons sur le cycle c'est-à-dire la présence : de double liaison C₂-C₃, du groupe 3-O et la fonction 4-oxo (**YAO et al., 2004**).

Ce sont des dérivés benzo-γ-pyrone. Leur structure de base est celle d'une diphenyl propane à 15 atomes de carbone C₆- C₃ - C₆), constitué de deux noyaux aromatiques qui désignent les lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygéné, qui désigne la lettre C (**Dacosta , 2003**).

- **Tanins**

Les tanins sont la forme complexe des composés phénoliques ont des molécules hydrosolubles, avec une présence de divers groupement hydroxyle cette caractéristique facilite leur combinaison avec les protéines (**Mangan, 1988 ; Makkar, 2003 ; Kamra et al., 2006 ; Khenaka, 2011 ; Mcsweeney et al., 2001**).

Ils sont très répandus dans le règne végétal, mais ils sont particulièrement abondants dans certaines familles (**Ghestern et al., 2001**). Ils peuvent exister dans divers organes: l'écorce, les feuilles, les fruits, les racines et les grains (**Khanbabae et Ree, 2001**).

Les Tannins ont le potentiel d'être la classe la plus importante des métabolites secondaires dans la défense des plantes contre l'herbivorie et cela s'agit de leur mode d'action, ils sont

généralement considérés comme une substance défensive généralisée dont les effets néfastes ne sont que très peu dépendants de la structure moléculaire (Hemingway et Lak, 1992).

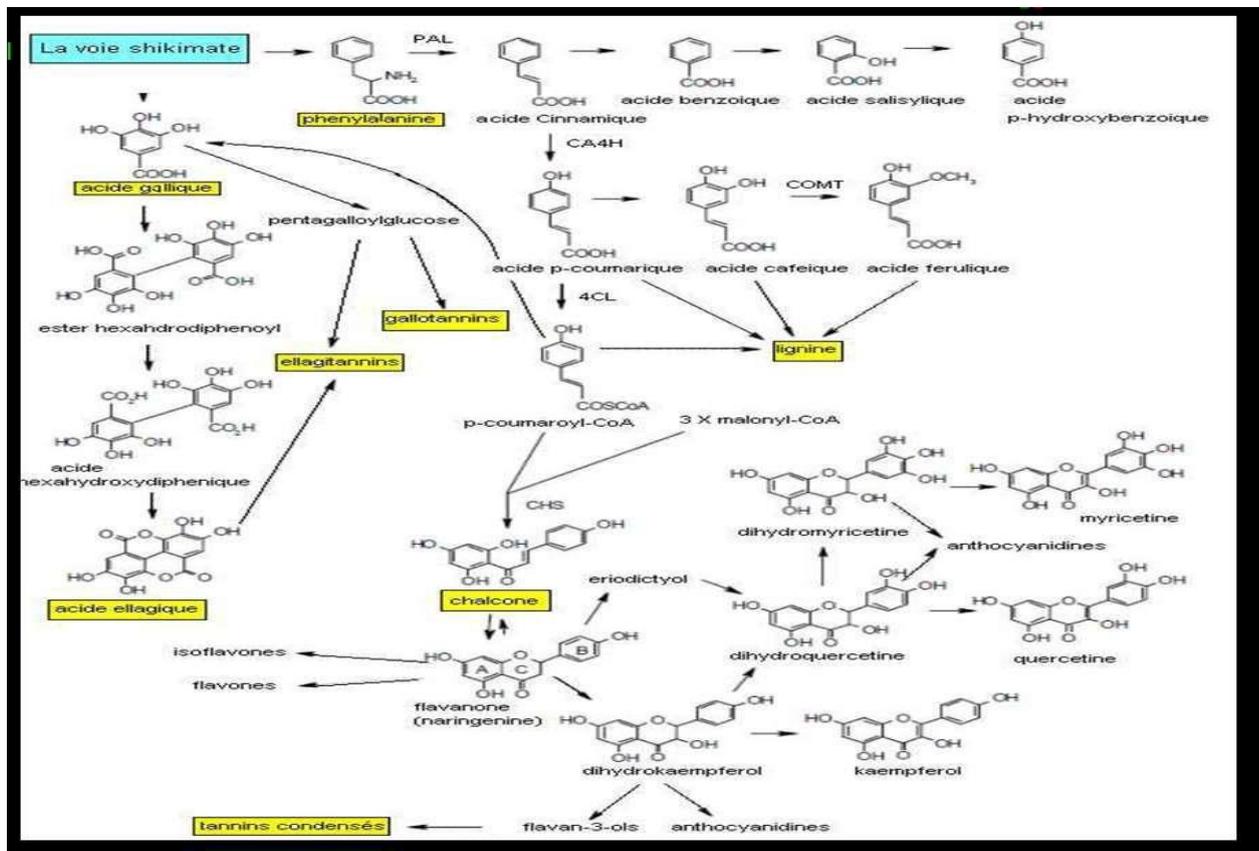


Fig.I 6. Biosynthèse des composés phénoliques (Mohammedi, 2013).

De plus la diversité structurale des composés polyphénoliques due à ce double origine biosynthétique, est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte (Martin et Tsitohaina, 2002)

4.5. Marqueur biochimique

- **Le malondialdéhyde(MDA)**

Le MDA est l'un des produits terminaux formés lors de la décomposition (oxydation) des acides gras polyinsaturés (PUFA) médié par les radicaux libres. Les taux élevés de MDA signent donc un stress oxydatif portant notamment sur l'oxydation des lipides (Chebab et al.,2009).

La détection spectrophotométrique du malonedialdéhyde (MDA) par le test à l'acide thiobarbiturique (TBA) est la méthode la plus ancienne et la plus populaire pour mesurer la peroxydation lipidique. Cependant, la MDA reste un indice peu représentatif de la présence d'une peroxydation lipidique puisqu'elle ne représente qu'un pour cent des produits de

décomposition des peroxydes lipidiques (**Pincemail et al., 1999**). Nombreux laboratoires dans le monde reposent sur le dosage du MDA pour évaluer l'augmentation ou la diminution du MDA afin d'évaluer les effets des traitements antioxydants.

5. Activités biologiques

Les polyphénols sont des réducteurs. Ils représentent les antioxydants les plus répandus de l'alimentation, ces éléments garantissent la protection de l'organisme contre le stress oxydatifs et les pathologies (**Lounes et Guerfi, 2010**)

5.1. Activité Antioxydante

La protection contre les effets délétères induits par les radicaux oxygénés s'effectue à l'aide de trois types d'agents différents : les protéines non enzymatiques, Les enzymes tels que les superoxyde-dismutases et les glutathion-peroxydases et enfin les antioxydants d'origine nutritionnelle tels que les caroténoïdes, les tocophérols (vitamine E), l'acide ascorbique (vitamine C) et les polyphénols qui sont des antioxydants essentiels pour l'homme.

Les antioxydants sont largement utilisés dans la prévention primaire et secondaire, les plus connus sont le β -carotène, l'acide ascorbique, les anthocyanes, les polyphénols les flavonoïdes (**Bjelakoic et al., 2007**).

Les flavonoïdes ont la capacité de piéger les radicaux libres, générés par notre organisme en réponse aux agressions de notre environnement et qui favorisent le vieillissement cellulaire (**Karbin et al., 2015**).

5.2. Activité anti-radicalaire des flavonoïdes

Plusieurs protocoles de dosage mesurent l'activité antioxydant par piégeage des radicaux libres, c'est-à-dire l'activité anti radicalaire.

Le test DPPH (2,2' -diphenyl- 1-picrylhydrazyle), basé sur le piégeage du radical libre stable DPPH par une molécule anti radicalaire, le DPPH° accepte un atome d'hydrogène (H) à partir d'une molécule scavenger par exemple un antioxydant, résultant une réduction du DPPH, le degré de changement de la couleur est proportionnel à la concentration et à la puissance des antioxydants , aussi, cette méthode est rapide et facile à mettre en oeuvre, et elle s'effectue à température ambiante, ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules testées (**Mishra et al., 2012**).

5.3. Activité antifongique

Plus de 150 espèces de moisissures filamenteuses ont été trouvées sur les grains de céréales comme contaminants extérieurs. Les graines sont naturellement en contact avec des spores fongiques avant, pendant et après la récolte, durant le transport et le stockage. La croissance

fongique est régie par de nombreux paramètres physico-chimiques, notamment la quantité d'eau libre (WA), la température, la présence d'oxygène, la nature du substrat et le pH (Jouany et Viannikouris, 2002).

Les moisissures se développant aux champs nécessitent une forte humidité pour leur croissance (20 à 25 %), alors que les moisissures de stockage sont capables de croître sur des substrats contenant de 10 à 18 % d'humidité (Molinie *et al.*, 2005). Les mycètes colonisant le grain ont été classifiés dans trois groupes, connus sous le nom de moisissures de champ, de stockage et la flore intermédiaire (Magan et Lacey, 1988).

L'activité fongique mène également aux pertes de matière sèche et de la valeur nutritive ainsi qu'à des problèmes de santé dûs à la formation des mycotoxines et des spores allergéniques (Olsson, 2000), et aussi aux modifications des propriétés rhéologiques du grain (Molinie *etal.*, 2005).

Certaines espèces fongiques sont responsables de mycoses et de réactions allergiques chez l'homme et l'animal. Les effets les mieux connus sont ceux provoqués par *Aspergillusfumigatus* responsable d'aspergillose pulmonaire et de mammites chez les animaux (Bauer etGaries, 1987).

5.4. Activité antibactérienne

Une bactérie est un microbe formé d'une seule cellule, visible au microscope, appartenant à une zone de transition entre le règne animal et le règne végétal.

Comme toute cellule, les bactéries sont constituées d'un noyau, isolé ou diffus, un protoplasme contenant des granulations et des vacuoles, une paroi parfois d'une capsule.

Pour croître, les bactéries doivent trouver dans le milieu extérieur des conditions physicochimiques favorables qui leur sont nécessaires et les aliments couvrant leurs besoins énergétiques élémentaires et spécifiques. Sur le plan pratique, ces besoins sont satisfaits dans des milieux élaborés par l'homme en vue d'étudier les bactéries et sont appelés de ce fait, milieux de culture (Leclerc *et al.*,1995 ; Madigan *et al.* 1997 ; Marc *et al.* 2001).

Ces activités observées sont par ailleurs expliquées par les résultats de l'analyse chimique des plantes qui révèle la présence des composés tels que les alcaloïdes, les tanins, les flavonoïdes dont les propriétés anti-microbiennes ont déjà été démontrées (Bouزيد, 2011). Tels que les différentes classes de polyphénols essentiellement les tanins et les flavonoïdes peuvent augmenter la toxicité des extraits envers les micro-organismes.

6. Changement climatique

Le changement climatique est une modification durable du climat global de la terre ou l'ensemble des climats régionaux. Les températures moyennes sur terre ont déjà été beaucoup plus froides ou beaucoup plus chaudes qu'aujourd'hui.

Les principaux facteurs qui influencent le climat de la terre à l'échelle des temps géologiques:

- Le mouvement de la terre par rapport au soleil.
- La composition de l'atmosphère.
- L'intensité de l'activité solaire.
- La position des continents.

Si la terre subit des changements climatiques depuis la nuit des temps, on peut se demander avec raison pourquoi l'on fait autant de bruit autour du changement climatique actuel, aussi appelé "réchauffement climatique". En réalité, le changement climatique actuel est inquiétant, car il est très rapide, ce qui diminue la possibilité d'adaptation pour de nombreuses espèces végétales.

Le changement climatique actuel, est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies, et qui traduit une augmentation de la quantité de chaleur de la surface terrestre.

Mais le changement climatique actuel est surtout unique, car c'est la première fois que l'homme y joue un rôle important.

Le facteur prépondérant du changement climatique actuel est la modification de la composition de l'atmosphère. Pour mieux comprendre ce mécanisme, il faut distinguer l'effet de serre "naturel" et l'effet de serre "additionnel".

6.1. L'effet de serre naturel

L'atmosphère est une fine enveloppe de gaz qui englobe la Terre et protège les êtres vivants sur terre. En effet, non seulement elle les protège des chutes de météorites et des excédents de rayons ultraviolets (grâce à la couche d'ozone), mais elle procure également une température moyenne agréable de 15°C à la surface de la planète grâce aux gaz à effet de serre qu'elle contient. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre naturel.

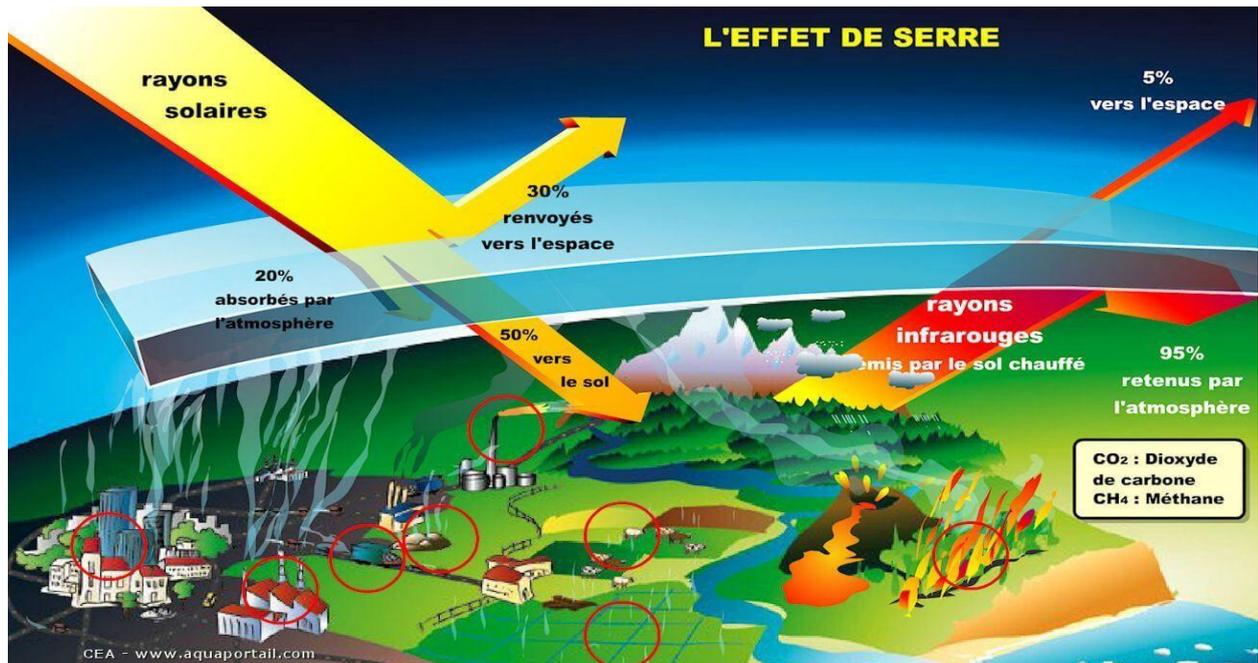


Fig. 17. Le rôle d'un gaz à effet de serre en schéma (www.aquaportail.com/definition-5212-gaz-a-effet-de-serre.html)

La Terre reçoit beaucoup d'énergie du soleil, sous forme de rayonnement (principalement sous forme de lumière). Une partie de cette énergie va être réfléchié directement dans l'espace par l'atmosphère, les nuages ou encore la surface de la terre (voir illustration ci-dessus). Le reste est absorbé momentanément, avant d'être rejeté sous forme de chaleur (rayons infrarouges). C'est là qu'entrent en action les gaz à effet de serre qui bloquent partiellement les rayons infrarouges et les empêchent de s'échapper immédiatement vers l'espace. En retenant ainsi un peu plus longtemps cette énergie, ils contribuent à augmenter la chaleur moyenne à la surface de la Terre. Au final, la Terre renvoie dans l'espace la même quantité d'énergie qu'elle reçoit du soleil, cependant, pas forcément immédiatement. Le mécanisme d'effet de serre naturel est vital: sans lui, la température moyenne sur Terre serait similaire à celle de la lune: -18°C .

6.2. L'effet de serre additionnel

C'est l'accumulation des gaz à effet de serre émis par l'homme dans l'atmosphère.

7. Adaptation des espèces aux contraintes abiotiques

Depuis les millénaires qu'elles existent sur cette planète, les plantes ont développé diverses stratégies pour survivre à des conditions hostiles comme la sécheresse (**Taylor, 1994**).

Un déficit hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et/ou la production par rapport au potentiel génotypique. Un déficit hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes ; le développement des feuilles et des organes reproducteurs (**Debaeke, 1996**).

La résistance à la sécheresse du blé dur est un phénomène très complexe qui fait intervenir plusieurs caractères phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. Mais le mécanisme adaptatif qui détermine le rendement en conditions de stress n'est pas encore élucidé (**Fereres, 1987**).

Le suivi du comportement d'une plante à partir d'un seul paramètre est vraiment difficile ce qui nous oblige de faire le suivi de plusieurs paramètres physiologiques, morphologiques et biochimiques dans le but de détecter un stress.

Plusieurs caractères adaptatifs d'ordre phénologique, morphologique et physiologique, participent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques (**Boudour, 2006**).

7.1. Adaptation phénologique

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (esquive, évitement, et tolérance) (**Turner, 1986**).

La notion « d'évitement » ou d'échappement correspond au pouvoir d'un cultivar à achever son cycle pendant la période où l'eau est disponible (avant la déclaration de la sécheresse) (**Hamada, 2002**).

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique.

La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999**).

L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les génotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistants au froid (**Mekhlouf et al., 2006**).

Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (**Ben Naceur et al., 1999**).

7.2. Adaptation morpho-physiologique

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (**Bajji, 1999**).

La stratégie de la tolérance est mise en œuvre par les plantes grâce à l'abaissement du potentiel hydrique qui maintient la turgescence (**Sorrells et al., 2000**).

Chez le blé, l'enroulement des feuilles chez certaines variétés peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration (**Amokrane et al., 2002**).

7.3. Adaptation biochimique

La majeure partie de la variation de l'utilisation d'énergie pour la photochimie pendant un stress hydrique peut être expliquée en termes de variation de l'efficacité de la capture d'électron par les centres ouverts de PSII (**Cornic et Fresneau, 2002**).

Ykhlef et Djekoun.(2000) suggèrent que la survie des plantes au manque d'eau est en partie dû à l'entretien de la capacité photosynthétique des feuilles, permettant le rétablissement rapide des plantes suite à une période de stress hydrique.

Une des principales modifications structurelles observées sur des plantes ayant subi un stress hydrique, concerne l'altération des propriétés physico-chimiques des parois cellulaires (**Dixon et Paiva, 1995**).

Des changements se présentent et provoquent des modifications au niveau des structures impliquées dans la biosynthèse des enzymes.

L'ajustement osmotique est généralement considéré comme un élément important dans la tolérance des plantes au stress hydrique (**Bajji et al., 2001**). Cet ajustement implique l'accumulation, au niveau cellulaire, des sucres, d'acides aminés, exemple : la proline (**Chaib , 1998 ;2012 ; Chaib and Benlaribi ,2006 ; Chaib et al., 2015 ;2017**) d'ions ou d'autres solutés compatibles non toxiques (**Nouri et al., 2002**). L'accumulation d'osmolytes permet de créer un influx d'eau dans la cellule ou tout du moins d'éviter un flux, en augmentant la force de rétention des molécules d'eau (**Crowe et al., 1992**). Le maintien de cette quantité d'eau permet ainsi de conserver la turgescence nécessaire à la croissance des cellules.

Chez la plupart des végétaux, les métabolites impliqués dans cet ajustement sont assez variés. Des études menées sur l'osmorégulation indiquent que les acides aminés libres peuvent jouer un rôle significatif dans ce processus (**Tahri et al., 1997**)

Kumar et Dubey, (1999) ont par exemple montré que lors d'un stress hydrique l'accumulation d'osmolites semblerait aussi reliée à la protection des cellules contre les espèces activées de l'oxygène. Cependant, une augmentation d'osmoytes n'est pas toujours reliée à une augmentation de la tolérance (**Maggio et al., 1997**).

7.4. Adaptation au stress oxydatif

Le métabolisme chez les végétaux produits à l'état physiologique plusieurs variétés d'espèces réactives de l'oxygène. Dans le cas d'un stress oxydatif, tous les ERO ne sont pas extrêmement réactifs, cette réactivité étant très variable selon la nature du radical. Parmi les radicaux formés chez les végétaux on distingue: le radical superoxyde ($O_2^{\circ-}$), le Radical hydroxyle ($H O^{\circ}$) le Peroxyde d'hydrogène (**Smirnoff et al., 2005**).

Chapitre I ----- Synthèse bibliographique

La plante réagit au stress en mettant en œuvre diverses stratégies de défense, elle perçoit un stimulus qui engendre l'émission de signaux. Ceux-ci sont transmis à l'intérieur de la cellule déclenchant l'activation de gènes codant pour des enzymes du métabolisme secondaire pour synthétiser diverses molécules de défense. Cette ligne de défense est constituée principalement de trois enzymes: la superoxyde dismutase (SOD), la catalase et les peroxydases (POX). Ces enzymes agissent directement sur les espèces réactives, mais leur action est parfois insuffisante.

(Kangasjarvi et al., 1994 ; Pell *et al.*, 1997; Noctoretal., 1998).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

1. Matériel biologique

Notre étude est orientée sur trois espèces de céréales : sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), trois variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et trois variétés d’orges (*Hordium vulgare* L.). 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 treize variétés étudiées sont présentées au tableau N°II₁.

Tab. II₁ : L’origine géographique et les caractéristiques des treize variétés étudiées (C.N.C.C., 2015).

Espèce	Variété	Origine	Caractéristiques
Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)	WAHA	Syrie	Port de tallage : demi-dressé à demi-étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : courte ; Epoque d’épiaison : précoce ; Glaucescence épi : faible ; Résistance aux maladies : résistante Oïdium sur feuille et épi
	CIRTA	Algérie	Port au tallage : demi-dressé à demi-étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : moyenne ; Epoque d’épiaison : tardive ; Glaucescence épi : moyenne Résistance aux maladies : moyennement sensible rouille brune
	WAHBI	Algérie	Port au tallage : demi-dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Epoque d’épiaison : précoce ; Glaucescence épi : Faible ; Résistance aux maladies : résistance Oïdium sur feuille, sur épi et Septoriose
	BOUSSAL EM	Syrie	Port au tallage : Mi-dressé à mi-étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Epoque d’épiaison : précoce ; Glaucescence épi : Faible Résistance aux maladies : Oïdium sur épi
	SIMETO	Italie	Port au tallage : Demi-dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Epoque d’épiaison : précoce ; Glaucescence épi : forte ; Résistance aux maladies : résistance Oïdium sur épi
	GTA DUR	Mexique (Cimmyt)	Port au tallage : Demi-dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Epoque d’épiaison : précoce ; Glaucescence épi : précoce ; Résistance aux maladies : résistance Oïdium sur épi, sur feuille, Rouille brune, Septoriose.
	VITRON	Espagne	Port au tallage : Demi-dressé à demi-étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Courte ; Epoque d’épiaison : précoce ; Glaucescence épi : Moyenne ; Résistance aux maladies : résistance Oïdium sur épi, sur feuille.
Blé tendre (<i>Triticum aestivum</i>)	ARZ	Mexique	Port de tallage : dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : longue ; Epoque d’épiaison : précoce ; Glaucescence épi : faible ; Résistance aux maladies : Résistante , sur épi, Rouille jaune, Fusariose et Septoriose .
	AS (AIN ABID)	Espagne	Port au tallage : ½ dressé à ½ étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : Moyenne ; Epoque d’épiaison : Moyenne ; Glaucescence épi : Faible ; Résistance aux maladies : Rouille jaune, Rouille Brune et Rouille Noire.
	HD (HIDHAB)	Mexique (CIMMYT)	Port au tallage : dressé Hauteur (tige, épi et barbes) : longue Epoque d’épiaison : précoce à moyenne ; Glaucescence épi : Moyenne ; Résistance aux maladies : piétin verse et oïdium.
Orge (<i>Hordium vulgare</i>)	FOUARA	Algérie	Port de tallage : Demi-dressé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : moyenne ; Epoque d’épiaison : tardive ; Glaucescence épi : faible ; Résistance aux maladies : Résistante Oïdium sur épi, Rouille brune, Helminthosporiose et Rhynchospiose
	HAMRA (EX. BARBAROUS)	France (INRA)	Hauteur (tige, épi et barbes) : moyenne , Epoque d’épiaison : précoce. Résistance aux maladies : Fusariose, Oïdium, Helminthosporiose et Rhynchospiose.
	SAIDA	Algérie	Port au tallage : demi-dressé à demi-étalé ; Hauteur (tige, épi et barbes) : longue ; Epoque d’épiaison : tardive Glaucescence épi : nulle ou faible. Résistance aux maladies : Résistante Oïdium sur épi, Rouille brune, et Rhynchospiose.

2. Site d'expérimentation

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

Notre expérimentation est réalisée dans la station expérimentale de l'institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C.) d'El khroub de Constantine, qui se situe à 14 Km Sud - Est de wilaya de Constantine. Sa superficie utile est de 220 Ha. (Fig. II₁).



Fig. II₁. Image Satellitaire de la parcelle de l'essai à El-Baraouia El-Kroub Constantine. 36°.25 Nord et 6°.67 Est (Google, 2018)

Le site d'expérimentation est El Baaraouia. La Parcelle en bas du Laboratoire Régional vétérinaire (espace abritant le programme d'amélioration des céréales) d'une latitude de 36°.25 Nord, longitude de 6°.67 Est, et une altitude de 640 Mètres. Le sol du site a une texture argileuse limoneuse, avec une condition sèche, une profondeur de 120 cm et une topographie plate. L'étage bioclimatique du site est semi-aride. Il se caractérise par un climat méditerranéen et une pluviométrie annuelle moyenne de 450 mm sur 25 ans. Le Précédent cultural est Lentilles.

Le labour était réalisé fin septembre 2017, effectué sur une profondeur de 35 cm avec une charrue à soc. L'après labour, était en deux fois, Recroisage : 1^{er} passage le 15 octobre 2017, avec un Cover crop : 2^{ème} passage le 22 octobre 2017.

Fumure de fonds : MAP (12%N, 52%P) 100Kg/ha le 21/11/2017 et le 3^{ème} passage cover crop le 12 novembre 2017. Un Hersage (Rotoherse) le 26 Novembre 2017 et une date de semis 03/01/2018 (I.T.G.C., 2018).

2.2. Données climatiques de la zone d'expérimentation

La **Fig. II₂** montre la variabilité mensuelle moyenne de la pluviométrie et des températures durant la campagne 2017-2018.

Le cumule pluviométrique est de 508,50mm, durant la période de septembre au mai, est supérieur par rapport à la même période des cinq dernières années 494.28mm.

La campagne 2017-2018 est caractérisée par une pluviométrie importante qui va contribuer à une bonne année de productivité agricole.

Hormis, la période entre le mois Mars et Avril y'avait des fluctuations, qui peuvent porter préjudices sur le développement, le comportement et l'évolution des plantes.

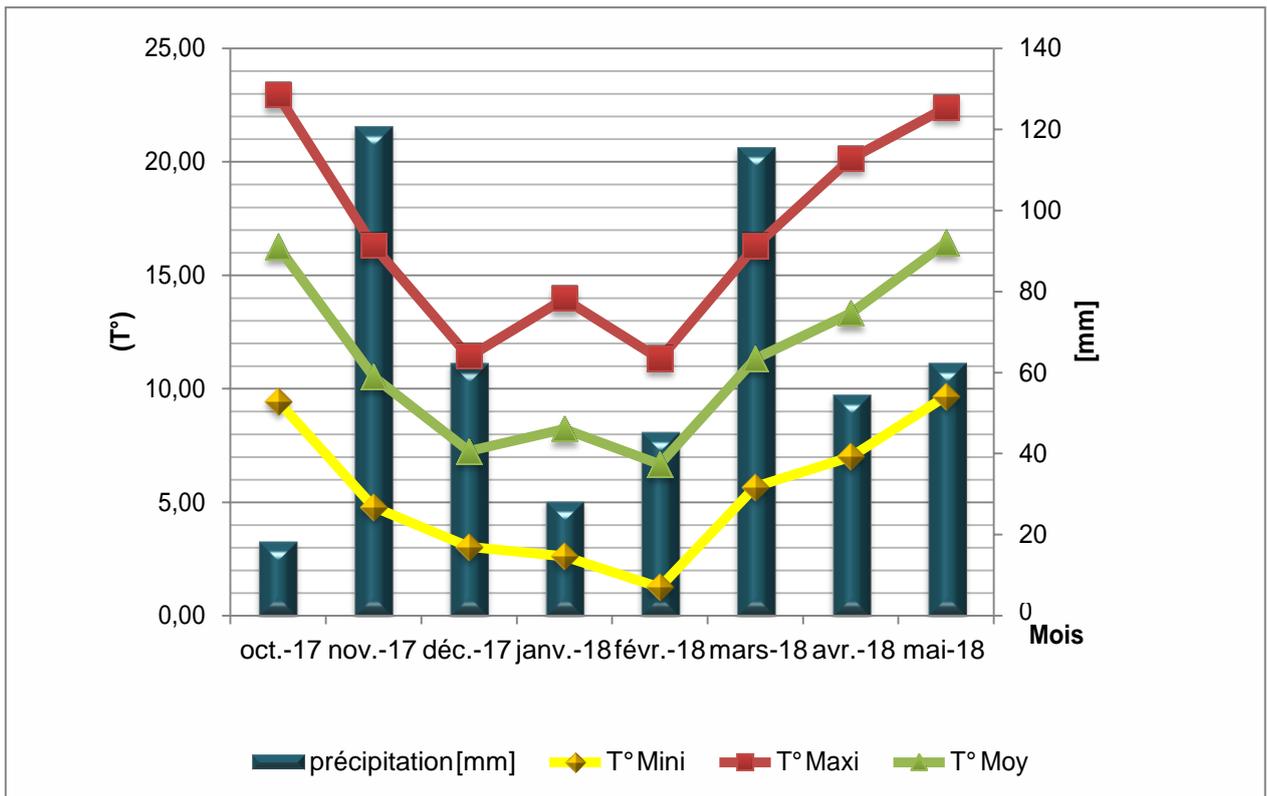


Fig. II₂ : Donnés climatiques de la zone d'expérimentation (I.N.P.V, 2018)

Figure II₃ présente le nombre des jours gelés pendant la campagne 2017/2018 estimée par l’I.N.P.V. Nous considérons qu’ils sont favorables pour nos essais.

Car, selon (Annexe Tab.1) les températures varient entre 3°C max. et -3°C min, entre les périodes janvier et Avril, exactement ce dont elles avaient besoins pour qu’elles puissent rentrer en phase de reproduction.

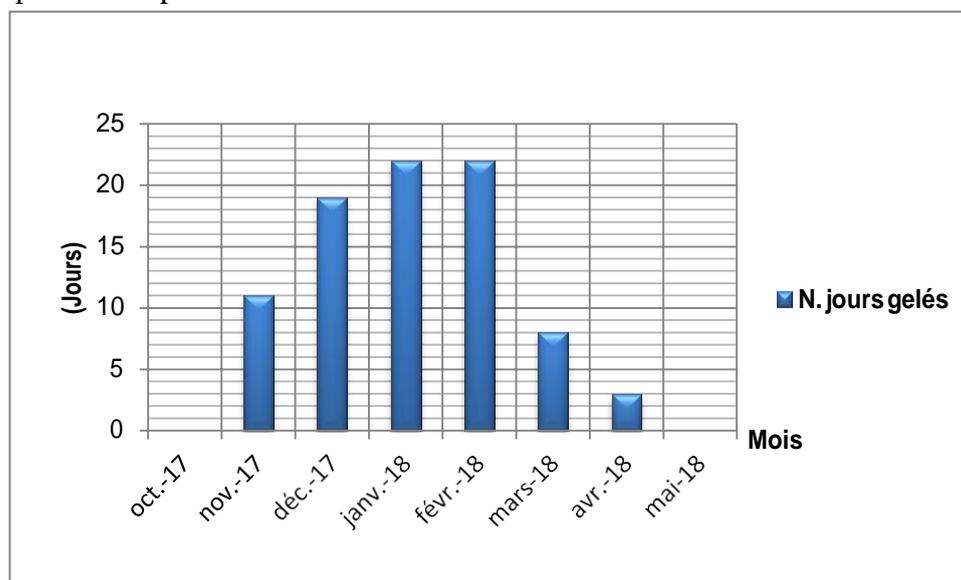


Fig. II₃. Nombre de jours de gelés/mois (I.N.P.V. ,2018).

2.3. Caractéristiques physico- chimiques du sol de la zone d’expérimentation

L’analyse des sols est réalisée régulièrement par le laboratoire de l’ITGC, les résultats de l’année 2007-2008 sont groupés dans le tableau II₂ ci-dessous :

Tab. II₂ :Les caractéristiques physico- chimiques du sol (I.T.G.C,2008)

Profondeur (cm)	0-30	30-60	60-90
Argile (%)	55	44	60
Limon fin (%)	29	3	6
Limon Grossier (%)	3	3	4
Sable fin (%)	11	11	18
Sable Grossier (%)	3	3	13
Matière organique (%)	1.49	1.45	1.37
PH	7.6	7.6	7.9
Conductivité électrique (mS/cm)	0.5	1.70	0.6
Densité réelle (g/cm ³)	2.2	2.2	2.2

3. Mise en place de l'essai

Le semis est réalisé le 3 janvier 2018 sur une parcelle élémentaire d'un rang de 05 mètres de longueur sur 1.2 mètres de largeur avec un espace inter-variété de 50 cm et interligne de 20 cm (Fig. II₄). Les grains sont semés manuellement à une profondeur de 3 à 5 cm où chaque variété est séparée de l'autre par un espace de 0,5 cm et chaque variété contient six lignes (Répétitions). Sachant que l'écartement entre les Zones cultivées avec le blé dur, blé tendre et l'orge est de 02 m et 05 m respectivement.

La fertilisation est faite en deux fois avec deux doses : la première dose (Urée 46% dose 0.7Qt /ha) le 28 février 2018 et la deuxième dose (Urée 46% dose 0.7Qt /ha) le 04 avril 2018. Le désherbage chimique fut réalisé dès le stade plein tallage le 05 Mars 2018 par un herbicide combinant un anti-dicotylédones et un anti- graminées avec deux herbicides Zoom (120 gri ha) et Topik (0.25l/ha) (I.T.G.C, 2018).

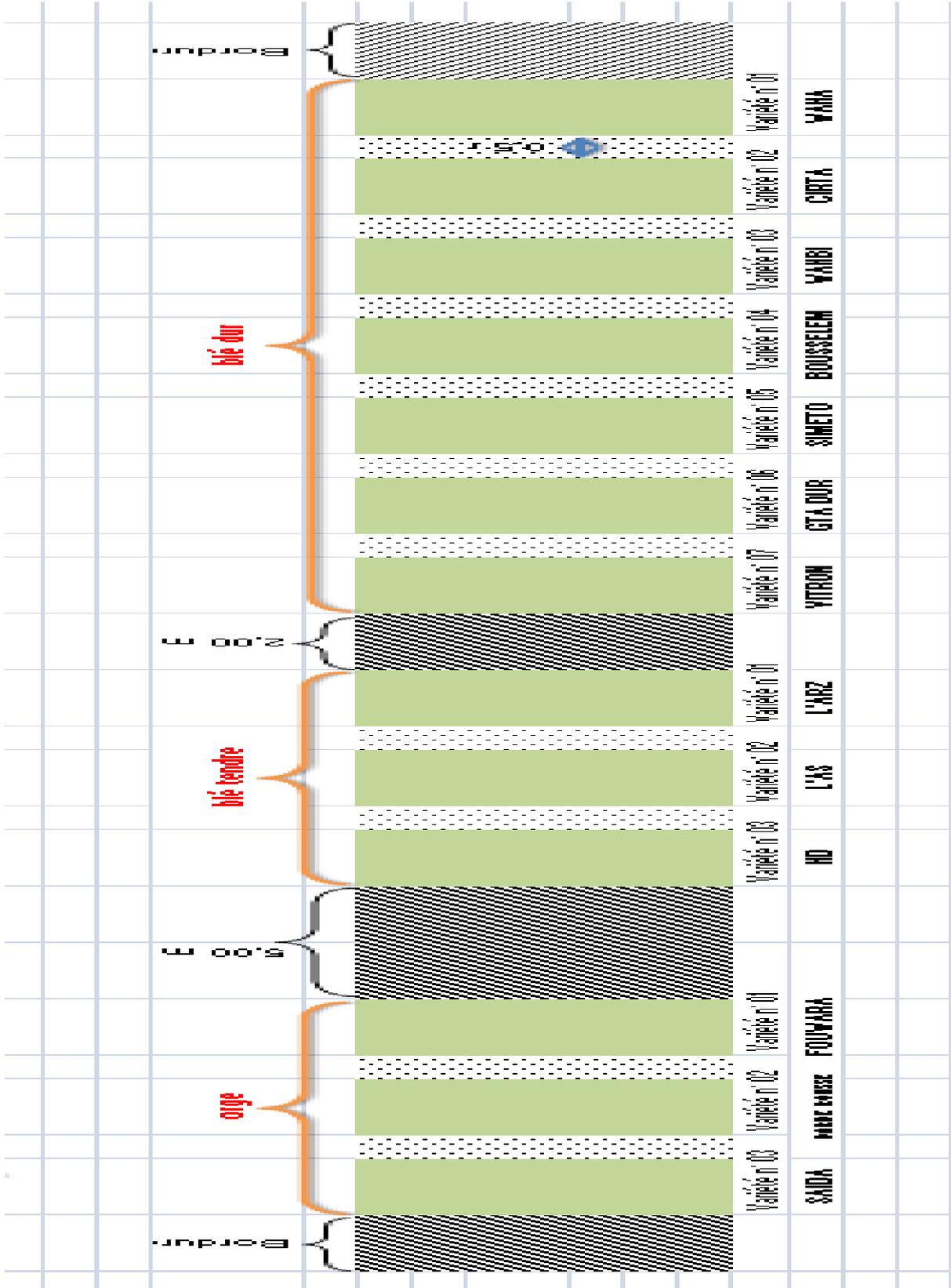


Fig. II4 : Dispositif de l'expérience

4. Paramètres mesurés

Les mesures et les observations sont effectuées sur différents caractères durant trois stades du cycle de développement de la plante (Tallage, Montaison et Gonflement) au cours de la campagne agricole 2017-2018.

4.1. Paramètres phénologiques

Afin de pouvoir réaliser notre étude, nous avons suivi la croissance des variétés cultivées pour identifier et de pouvoir récolter des échantillons dans chaque stade phénologique convenant.

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 sommes intéressées aux trois phases répondant aux exigences de notre travail.

4.2. Paramètres morphologique

4.2.1. Caractère de production

- **Nombre de talles herbacées**

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

- **nombre de talles épiées**

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.

4.2.2. Caractère d'adaptation

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

Nous mesurons 12 échantillons aléatoires /variété, au stade maturation 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 un échantillon de 12 épis/variété/espèce au stade maturité à partir de la base de l'épi (1^{er} article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal .elle est exprimée en cm

- **Longueur des barbes (LB)**

Nous mesurons la barbe de 12 échantillons aléatoires par plante/ variété/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 12 échantillons aléatoires par plante / variété/espèce, au stade maturité à partir du dernier entre-nœud jusqu'à la base de l'épi à l'aide d'une règle graduée (barbe non inclus). Elle est exprimée en cm.

- **Surface Foliaire (SF)**

Nous mesurons à l'aide d'un planimètre, la surface foliaire de 3 échantillons aléatoires par plante/ variété/espèce au stade début remplissage. Elle est exprimée en cm².

4.3. Paramètres biochimiques (dosage des bio-marqueurs)

Nous avons réalisé pour chaque manipulation et chaque expérimentation trois répétitions chez les treize variétés, pour les trois stades de la plante (tallage, montaison, et gonflement).

4.3.1. Dosage enzymatique

Afin de connaître le comportement des trois espèces des céréales soumises aux conditions climatiques naturelles, trois marqueurs enzymatiques sont utilisés.

- **Extraction enzymatique**

L'extrait enzymatique des feuilles, des variétés étudiées est obtenu grâce à la méthode emprunté de **Loggni et al., 1999, in : Souahi, 2016**. L'extrait est utilisé pour la mesure de l'activité Catalase (CAT), Guaïacol Peroxydase (GPX) et Ascorbate Peroxydase (APX). Les démarches suivies pour le protocole d'extraction enzymatique sont illustrées dans le tableau II₃ (Fig. II₅).

Tab.II₃ : Protocole pour l'extraction enzymatique

Etape	Procédure
1	Broyage de (1g) de feuilles fraîches par l'azote liquide à l'aide d'un mortier a pilon jusqu'à obtention d'une poudre fine.
2	Ajout de 5 ml du tampon phosphate (50 mM Na K, pH = 7,2) pour 1 g de feuilles.
3	Filtration de L'homogénat sur gaze, bien presser.
4	Centrifugation à froid à 12000x g pendant 20 min (centrifugeuse HETTICH UNIVERSAL 320 R).
5	Conservation de l'extrait enzymatique dans de la glace durant tout le long des manipulations pour le préserver.



Fig. II₅ : Les étapes à suivre pour L'extraction enzymatique

Le surnageant obtenu, sera utilisé comme extrait pour la détermination des différents extraits enzymatiques.

- **Quantification des mesures spectrophotométriques**

La formule suivante est utilisée afin de quantifier les différentes mesures spectrophotométriques, suite aux dosages enzymatiques de l'A. CAT., GPX et APX (Servais, 2004).

$$Act = \frac{\Delta A \cdot Vt}{\epsilon \cdot \Delta t \cdot L \cdot Ve \cdot P}$$

Act : activité enzymatique en mol /min / μ g de protéine.

ΔA : différence moyenne de l'absorbance

ϵ : coefficient d'extinction linéique molaire en $M^{-1} cm^{-1}$. L.

Vt : volume total du mélange réactionnel en ml.

Ve : volume de l'extrait enzymatique en ml.

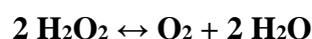
P : teneur en protéines en mg.

T : temps de culture en min.

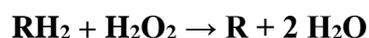
L : largeur de la cuve en cm.

4.3.1.1. Dosage de l'activité catalase (CAT)

Cette enzyme fonctionne de deux façons. A forte concentration en H_2O_2 , elle décompose le H_2O_2 comme le montre la réaction suivante :



Quand la concentration en H_2O_2 est faible ($< 1 \mu M$), elle agit comme une peroxydase en oxydant un substrat hydrogéné suivant la réaction :



Le donneur d'hydrogène (RH_2) pouvant être de nature variée comme l'ascorbate, etc (Scandalios, 2005). Le dosage spectrophotométrique de l'activité Catalase (CAT) est effectué suivant la méthode de Boscoloa *et al.* (2003).

L'absorbance est mesurée par un spectrophotomètre (type SHIMADZU UV-1280) à 240 nm, pour un coefficient d'extinction molaire linéaire ($\epsilon = 39400 M^{-1} cm^{-1}$). La décroissance de la DO est enregistrée pendant 1 mn. Le volume final du mélange réactionnel de 3 ml est réalisé comme suit (Tab. II₄) :

Tab. II₄ : Protocole de dosage de l'activité de la Catalase

	Le volume réactionnel (µl)	Blanc (µl)
Tampon phosphate Na K (50 mM Na K, pH= 7, 2).	2,850 ml	2,850 ml
Extrait enzymatique brute	100 µl	/
Peroxyde d'hydrogène H ₂ O ₂ à 0,3 %. (juste avant la lecture)	50 µl	50 µl
Eau distillé	/	100µl

La réaction est déclenchée par l'addition d'eau oxygénée. L'activité catalase est exprimée en nmol/min/mg de protéine.

4.3.1.2. Dosage de l'activité Ascorbate peroxydase (APX)

L'ascorbate peroxydase catalyse la réaction suivante :



Le dosage spectrophotométrique de l'activité Ascorbate Peroxydase (APX) est établi suivant la méthode de **Manivannan, (2007)**.

L'absorbance est mesurée par un spectrophotomètre (SHIMADZU UV-1280) à 290 nm, pour un coefficient d'extinction molaire linéaire ($\epsilon = 2800 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ L}$). La D.O est enregistrée pendant 1 mn. Le volume final du mélange réactionnel de 3 ml est réalisé comme suit (Tab. II₅) :

Tab. II₅ : Protocole de dosage de l'Activité Ascorbate Peroxydase (APX)

	Le volume réactionnel (µl)	Blanc (µl)
tampon phosphate NaK- Ascorbate (50 mM NaK, 0,5 mM Ascorbate, pH = 7,2)	2,850 ml	2,850 ml
extrait enzymatique brute	100 µl	/
peroxyde d'hydrogène H ₂ O ₂ à 0,3 %.	50 µl	50 µl
Eau distillé	/	100µl

L'activité APX est exprimée en nmol/min/mg de protéine.

4.3.1.3. Dosage de l'activité Guaiacol Peroxydase (GPX)

Le dosage repose sur l'utilisation du Guaiacol comme substrat des peroxydases. En présence de l'eau oxygénée, il y a formation de tétraguaiacol qui présente un maximum d'absorption à 470 nm, permettant donc de déterminer l'activité enzymatique, (Fig.II₆).

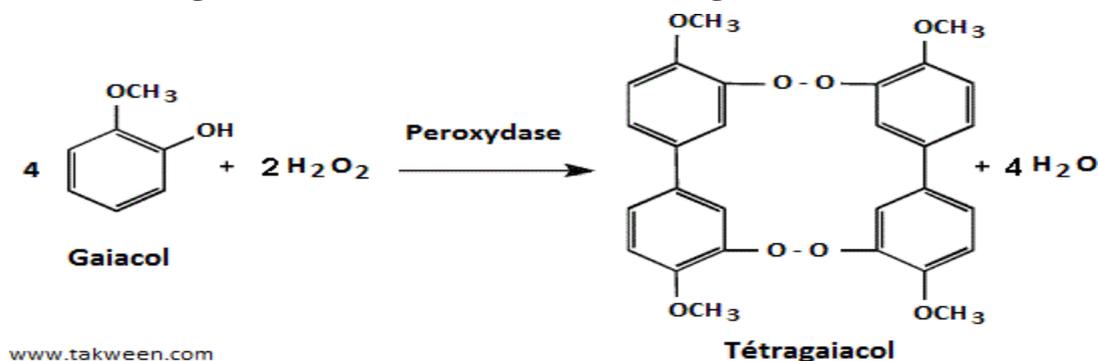


Fig. II₆ : Réaction d'oxydation du gaïacol en tétraguaiacol en présence du H₂O₂ permettant de mesurer l'activité de la GPX (Aoun, 2009).

Le dosage spectrophotométrique de l'activité Guaiacol Peroxydase (GPX) est procédé suivant la méthode de Hiner *et al.* (2002). L'absorbance est mesurée par spectrophotomètre (Type SHIMADZU UV-1280) à 470 nm, pour un coefficient d'extinction molaire linéaire ($\epsilon = 2470 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ L}$). La D.O est enregistrée pendant 1 mn. Le volume final du mélange réactionnel de 3 ml est réalisé comme suit (Tab. II₆) :

Tab. II₆ : Protocole de dosage de l'activité Guaiacol Peroxydase (GPX)

	Le volume réactionnel (µl)	Blanc (µl)
Tampon phosphate NaK- guaiacol (50 mM NaK, 8 mM de guaiacol pH 7,2).	2850 ml	2850 ml
Extrait enzymatique brute	100 µl	/
Peroxyde d'hydrogène H ₂ O ₂ à 0,3 %. (juste avant la lecture)	50 µl	50 µl
Eau distillé	/	100µl

La réaction est déclenchée par l'addition du peroxyde d'hydrogène. L'activité GPX est exprimée en nmol/min/mg de protéine.

4.3.2. Analyse des lipoperoxydes membranaires (MDA)

Les plantes soumises à des stress présentent une chaîne de peroxydation de lipides amenant finalement à la production de malondialdéhyde (MDA) (Fig.II7).

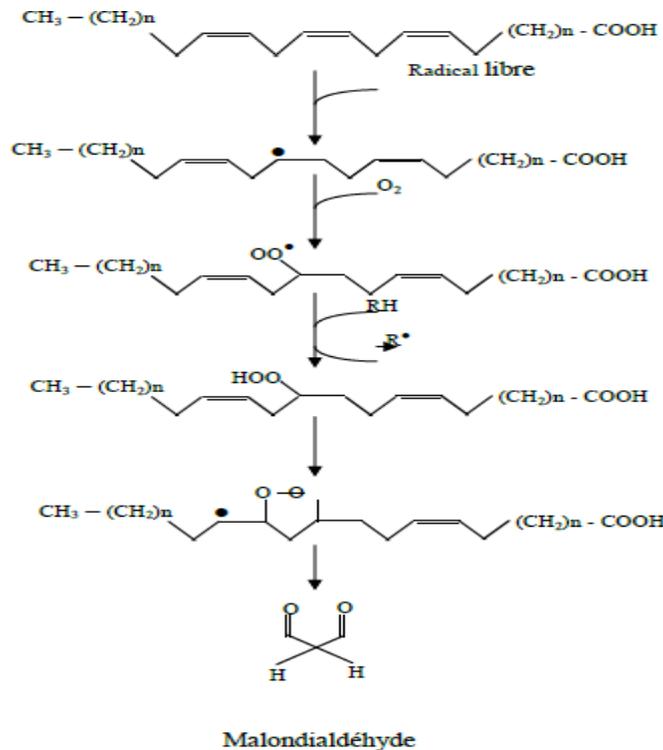


Fig.II7. Formation de malondialdéhyde suite à la progression de la chaîne de peroxydation des lipides en réponse à un stress oxydatif (Ames *et al.*,1993).

La peroxydation des lipides est estimée par mesure du malondialdéhyde (MDA) produit, capable de réagir avec l'acide 2-thiobarbiturique (Fig.II8).

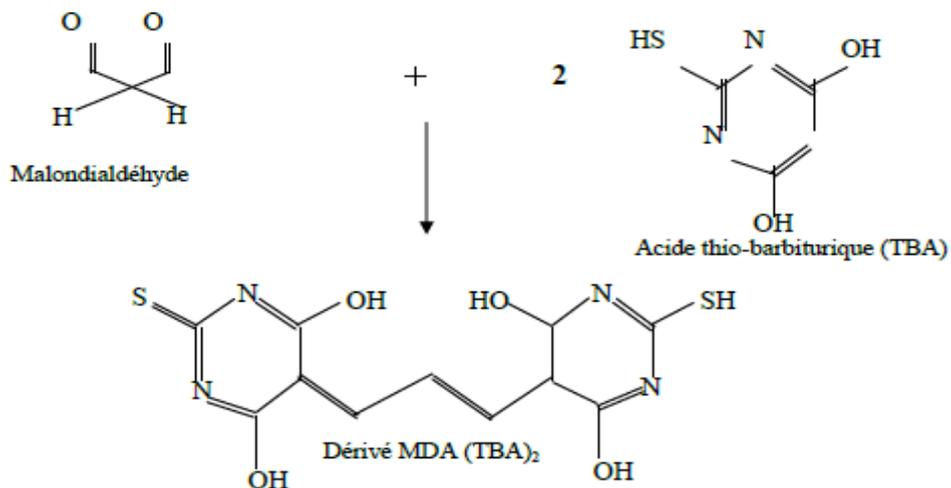


Fig.II8. Réaction de condensation du MDA avec l'acide thio-barbiturique formant le dérivé coloré : MDA (TBA)₂, mesuré par spectrophotométrie à 532 nm (Aoun, 2009).

La peroxydation lipidique a été estimée par la détermination du malonyldialdéhyde (MDA) contenu dans les feuilles (Hernandez et Almansa, 2002). Le dosage colorimétrique est établi par spectrophotométrie suivant la méthode de **Kssouri et al., (2007)**.

L'absorbance du complexe TBA-MDA est mesuré à 532 nm contre un blanc constitué de tampon d'extraction. La densité optique est corrigée par une lecture à 600 nm, pour un coefficient d'extinction molaire ($\epsilon = 155 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$). Le dosage de MDA est réalisé suivant le protocole indiqué dans Tableau II₇(Fig.II₉).

Tab. II₇.Protocole de dosage des lipoperoxydes membranaires (MDA)

Etape	Procédure
1	Broyage de (200mg) de feuilles fraîches par l'azote liquide jusqu'à obtention d'une poudre fine.
2	Ajout de 2 ml d'acide trichloracétique à 1 % (TCA), pour l'homogénéisation de la poudre.
3	Centrifugation de l'homogénat à 15 000 g pendant 10 min à 40°C (Centrifugeuse SIGMA 2-16 PK)
4	Mélange de 0,5 ml du surnageant avec 1,5 ml de acide thiobarbiturique a 0,5% (TBA) préparé dans TCA 20%.
5	Incubation dans un bain marie à 90 °C pendant 20 min.
6	Arrêt de la réaction par un refroidissement immédiat dans un bain de glace pendant 10 minutes.
7	Centrifugation à 10 000 g pendant 5 min (Centrifugeuse HETTICH UNIVERSAL 320 R).
8	Récupération pour le dosage colorimétrique.

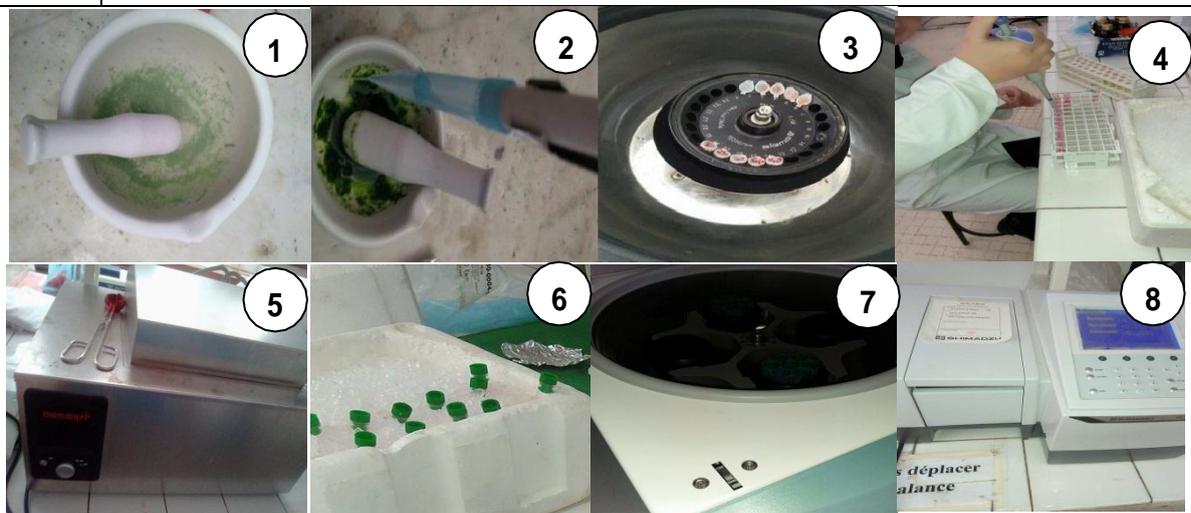


Fig. II₉ : Les étapes à suivre pour le dosage des lipoperoxydes membranaires (MDA)
Le MDA est calculé par la formule suivante :

$$\text{MDA (nmol/g MF)} = \frac{[(A_{532} - A_{600}) * V]}{(155 * \text{MF})} * 100$$

A = Absorbance ; V = Volume de l'extrait (ml) ; MF = Matière végétale fraîche (g)

4.3.3. Dosages des composés phénoliques

4.3.3.1. 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 consiste à suivre les étapes mentionnées au tableau N° II₈ (Fig. II₁₀).

Tab. II₈ : Protocole de la délipidation de la poudre

Étape	Procédure
1	Mélanger 1 g de poudre avec 10 ml ou 20 ml d'Hexane.
2	macération sous agitation pendant 24 heures.
3	Filtration du mélange sous vide et l'hexane favorise l'extraction des lipides dans l'erenmeyer du dispositif de filtration sous vide. La poudre humide restante dans le filtre büchner constitue la poudre délipidée. Cette dernière est ensuite séchée pendant 2 h à la température ambiante.



Fig. II 10. 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 dans le tableau II₉ (Fig. II₁₁).

Tab. II₉ : Protocole de la dépigmentation de la poudre

Etape	Procédure
1	Mélanger 1 g de poudre délipidée avec 20 ml de chloroforme.
2	macération sous agitation pendant 6 heures.
3	Filtration du mélange sous vide et le chloroforme favorise l'extraction de la chlorophylle dans l'erenmeyer 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. 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 est illustrée au tableau II₁₀ (Fig. II₁₂).

Tab. II₁₀ : Protocole de l'extraction des extraits bruts méthanoliques

Etape	Procédure
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. Les étapes à suivre pour l'extraction des extraits bruts méthanoliques

A. Dosage des phénols totaux

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins. Le dosage des polyphénols totaux par le réactif de Folin-Ciocalteu (Fig. II₁₃) a été décrit dès **1965 par Singleton et Rossi**. Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène (**Ribéreau-Gayon, 1968**). La coloration produite, dont l'absorption maximum est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (**Boizot et Charpentier, 2006**).

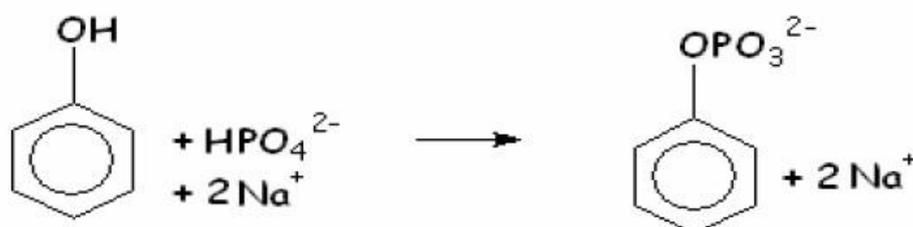


Fig. II₁₃. Principe de la réduction du réactif de Folin Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965).

Tab. II₁₁ : Protocole de dosage des phénols totaux

Étape	Procédure
1	Introduction de 200 µl 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.



Fig. II₁₄ : Les étapes à suivre pour le dosage des phénols totaux

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

A- Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes est effectuée par une méthode adaptée par **Zhishen *et al.* (1999)** avec le trichlorure d'aluminium et la soude. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes et la soude forme un complexe de couleur rose, absorbée dans le visible à 510 nm (Tab. II₁₂, Fig. II₁₅).

Tab. II₁₂ : Protocole de dosage des flavonoïdes

Etape	Procédure	Fig.II 15
1	Dilution de 500 μl de l'extrait brut méthanolique des feuilles avec 1500 μl d'eau distillée,	
2	Ajout de 150 μl de nitrite de sodium (NaNO_2) à 5%.	
3	Après 5 min, rajout de 150 μl de trichlorure d'aluminium (AlCl_3) à 10% (m/v) au mélange.	
4	Après 6 min, addition de 500 μl d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4% .	
5	Agitation immédiate du mélange afin d'homogénéiser le contenu.	

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 EC/g de MS).

C. Dosage des tanins

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide (**Price *et al.*, 1978**). Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide pour produire un complexe coloré mesuré à 500 nm. La réactivité de la vanilline avec les tanins, n'implique que la première unité du polymère. Les quantités des tannins sont estimées, en utilisant la méthode de vanilline décrite par **Julkunen-Titto (1985)**. Les étapes de la technique sont illustrées dans le tableau II₁₃.

Tab. II₁₃: Protocole de dosage des tannis (Julkunen-Titto, 1985).

Etape	Procédure
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 EC/g de MS).

4. Activité biologique

4.1. Evaluation de l'activité anti radicalaire

Le test au DPPH (2, 2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) est basé sur le piégeage du radical libre stable DPPH par une molécule antiradicalaire, ce qui entraîne la décoloration du DPPH (Morales et Jimenez-Perez, 2001).

Il s'effectue à température ambiante, ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules testées.

• Méthode

On utilise le DPPH pour remplacer les radicaux libres produits par les cellules en réponse à des stress externes ou internes. Pour déterminer le rôle antiradicalaire (**scavenging activity**), de nos échantillons par le test DPPH nous avons opté pour la méthode de **Zielinski, (2000)**.

Les extraits actifs utilisés représentent les extraits bruts méthanoliques. Cette analyse est employée pour examiner le potentiel des piégeages des radicaux libres dans des extraits des céréales (**Brand-Williams et al., 1995**).

• Protocole

- Préparation d'une solution méthanolique de DPPH (100 µM),
- Mesure de l'absorbance de 1.5 ml à 517nm (longueur d'absorption du DPPH),
- Ajout de 15µl de l'extrait testé.
- La lecture se fait par un spectrophotomètre UV/visible. (Type SHIMADZU UV-1280)
- Comme témoin, on utilise l'acide ascorbique sous forme de solution (même concentration que les extraits (0,1mg /ml). (Extraits brute méthanoliques de la phase montaison).
- Le pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait est calculé par la formule :

$$\% \text{ inh} = (\text{ABS}_{\text{DPPH}} - \text{ABS}_{\text{FINALE}} / (\text{ABS}_{\text{DPPH}}) \times 100, (\text{Bolskakova, 1989}).$$

- ✓ % inh: pourcentage d'inhibition du DPPH
- ✓ ABS_{DPPH} : Absorbance du DPPH à 517nm
- ✓ ABS_{FINALE} : la valeur stable de l'absorbance après l'ajout de l'extrait.

4.2. Activité Antimicrobienne

Cette étude a pour but d'étudier l'effet Antibactérien et Antifongique des extraits brutes méthanoliques des espèces étudiées : blé dur, blé tendre et orge. Les extraits bruts des 13 variétés, sont récupérées par l'eau distillée, lors d'une évaporation des extraits brutes méthanolique de la phase montaison, qu'on a déjà préparé lors de notre dosage des composé phénolique.

- **Conditions de travail**

- ✓ nettoyage de la paillasse à l'eau de javel.
- ✓ travail dans un rayon de 15cm autour d'un bec benzène.
- ✓ instruments et milieux stérilisés ouverts et utilisés autour de la flamme.
- ✓ les levures sédimentent rapidement, il est donc nécessaire d'agiter les suspensions avant chaque prélèvement.

4.2.1. Activité Antibactérienne

- **Souches bactériennes utilisées dans ce travail**

***Escherichia coli* :**

E. coli est un bacille à gram négatif (**Patrick B. et al, 1988**), de forme non sporulée, de type anaérobie facultative, généralement mobile grâce aux flagelles, sa longueur varie de 2 à 6 μm , alors que sa largeur est de 1,1 à 1,5 μm (**Steven. P. et al, 2004**)

Les bactéries appartenant à l'espèce *E. coli* constituent la majeure partie de la flore microbienne aérobie du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux. Certaines souches sont virulentes, capables de déclencher spécifiquement chez l'homme ou chez certaines espèces animales des infections spontanées des voies digestives ou urinaires ou bien encore des méningites néo-natales. D'autres souches appartiennent à la flore commensale peuvent être responsables d'infections opportunistes variées, surtout chez les sujets aux défenses immunitaires affaiblies (**Patrick et al., 1988**).

L'activité antibactérienne est réalisée par la méthode des disques en milieu solide : (Tab.

II₁₄, Fig. II₁₆)

Tab. II14: Protocole de l'activité Antibactérienne

Etape	Procédure
1. Préparation du milieu nutritif	<ul style="list-style-type: none"> - Fusionner la gélose Mueller Hinton dans un bain-marie. - Verser le milieu dans toutes les boîtes de pétrie.. - Les boîtes restent sous la hotte allumée, ouvertes jusqu'à ce que le milieu devienne solide. - Les conservées dans le frigo.
2. préparation de la culture bactérienne (repiquage de la bactérie)	<ul style="list-style-type: none"> - Prélever une colonie isolée et représentative de la souche à l'aide d'une pipette pasteur. - Etaler en stries sur une nouvelle boîte de milieu de culture. - Mettre la boîte dans une étuve à 37°C, 24 h de culture avant résultats observables.
3. Préparation de l'eau physiologique à 0.9%	<ul style="list-style-type: none"> - Mélanger 9 g de NaCl dans 1L d'eau distillé. - Mettre la solution dans un autoclave à 120°C pendant 20 minutes.
4. Préparation de la suspension bactérienne	<ul style="list-style-type: none"> - Prélever une colonie isolée. - Transférer dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. - Agiter la suspension à l'aide d'un vortex. - Mesurer la DO de la suspension par un spectromètre. La DO doit être $0.8 \leq DO \leq 1$. - Ensemencer de la souche à tester en surface du milieu nutritif par inondation. - Conserver les boites de pétri ensemencées à 4°C, couvercle vers le bas pendant 10 minutes.
5. Ensemencement et dépôt des disques	<ul style="list-style-type: none"> -Tromper les disques autoclavés de papier Whatman de 6mm de diamètre dans l'extrait des composés phénoliques qu'on a déjà mesuré. - Déposer 4 disques dans chaque boîte pétri ensemencées (les disques ne doivent pas être trop mouillés). - Les boites de Pétri sont d'abord laissées pendant 1h à température ambiante pour une pré-diffusion des substances, avant d'être incubées à 30°C à l'étuve pendant 72 h. - Après 72h nous pouvons voir des zones d'inhibitions. - Les auréoles d'inhibitions autour des disques sont mesurées à l'aide d'une règle transparente au mm près, en trois période 24h, 48h, 72h,
6. lecture des antibiogrammes	<ul style="list-style-type: none"> - faite à l'aide d'une règle graduée. elle est réalisée à l'extérieur de la boîte pour les milieux MH.



Fig. II16 : Les étapes à suivre pour l'Activité Antibactérienne

4.3. Activité Antifongique

Nous avons réalisé l'activité Antifongique en suivant les étapes selon le Tab.II₁₅(Fig.II₁₇).

- **Souches Fongique utilisées (*Fusarium*)**

Les *Fusariums* sont parmi les champignons telluriques les plus agressifs, causant des flétrissements et des pourritures sur de nombreuses espèces végétales cultivées.

En dépit des pertes économiques qu'ils entraînent, le contrôle de ces pathogènes reste toujours limité à des mesures prophylactiques ; la désinfection du sol n'est jamais complète en raison d'une part, de la difficulté de sa réalisation (Benhamou *et al.*, 1997) et d'autre part, à l'induction de souches résistantes.

Tab. II₁₅ : Protocole de l'activité Antifongique

Etape	Procédure
1. préparation du milieu nutritif	<ul style="list-style-type: none"> - Fusionner la gélose Mueller Hinton dans un bain-marie. - Verser le milieu dans toutes les boîtes de pétrie. - Les boîtes restent sous la hotte allumée, ouvertes jusqu'à ce que le milieu devienne solide. - Les conservés dans le frigo.
2. préparation de l'eau physiologique à 0.9%	<ul style="list-style-type: none"> - Mélanger 9 g de NaCl dans 1L d'eau distillé. - Mettre la solution dans un autoclave à 120°C pendant 20 minutes.
3. préparation de la suspension Fongique.	<ul style="list-style-type: none"> - Récupérer les spores fongiques par inondation de 9 ml d'eau physiologique. - Agiter la suspension à l'aide d'un vortex.
4. Mesurer la densité fongique par le comptage manuel au microscope	<ul style="list-style-type: none"> - La lame utilisée est une lame spécifique appelée Malassez (0.0025 mm²) qui est divisés en 2 quadrillages (chaque quadrillage contient 20 petits carrés pour faciliter le comptage). - A l'aide d'une pipette pasteur, deux gouttes de la solution sont déposées séparément entre la lame et la lamelle au niveau des deux quadrillages. - Une fois la lame chargée, elle est observée sous le microscope. Après la mise au point, on compte le nombre des spores sur les 2 quadrillages puis on calcul la moyenne. - Après le comptage, il suffit alors d'extrapoler pour déduire la concentration totale de la suspension. - La formule de calcul pour obtenir la concentration cellulaire : $\text{Concentration (spore/ml)} = \frac{\text{Quantité de spore}}{\text{Volume (en ml)}}$
5. Ensemencement et dépôt des disques	<ul style="list-style-type: none"> - Ensemencer la souche à tester en surface du milieu nutritif par inondation. - Conserver les boites de pétri ensemencées à 4°C, couvercle vers le bas pendant 10 minutes. -Tromper les disques autoclaves de papier Whatman de 6mm de diamètre dans l'extrait des composés phénoliques qu'on a déjà mesuré. - Déposer 4 disques dans chaque boite pétrie ensemencées. Les disques ne doivent pas être trop mouillés. - Les boites de Pétri sont d'abord laissées pendant 1h à température ambiante pour une pré-diffusion des substances, avant d'être incubées à 30°C à l'étuve pendant 72 h. - Après 72h, nous pouvons voir des zones d'inhibitions. - Les auréoles d'inhibitions autour des disques sont mesurées à l'aide d'une règle transparente au mm près, en trois période 24h, 48h, 72h.



Fig. II₁₇ : Les étapes à suivre pour l'Activité Antifongique

- ✓ La lecture des antibiogrammes a été faite à l'aide d'une règle elle a été réalisée à l'extérieur de la boîte pour les milieux MH.
- ✓ Un extrait est considéré actif lorsqu'on mesure une zone d'un diamètre supérieur à 6 mm et à l'intérieur de laquelle aucune croissance microbienne n'est observée.

5. Traitement des données

Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance ANOVA et ACP (Excel Stat). Les moyennes et les histogrammes ont été calculés par l'Excel 2007.

REMARQUE : les courbes d'étalonnages utilisés pour nos calculs sont établies au laboratoire de biochimie de l'université Mentouri Constantine, par le doctorant BOUDERSA Nabil (2018), « notre tuteur pratique ».

Chapitre III

Résultats et discussions

1. Paramètres phénologiques

Le suivi des stades phénologiques (Annexe 5) chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge sous conditions climatiques naturelles, détermine la préciosité des différentes variétés étudiées à partir de la durée de cycle de développement allant du semis à la floraison (Fig.III₁).

La fig. III₁ présente une valeur maximale près de **145 jr** marqués par le blé dur avec la variété **BOUSSELEM** qui est considéré comme une variété tardive par rapport aux autres variétés blé dur. Aussi, chez l'orge la variété **BARBEROUSSE** avec un cycle de **135jr** est enregistrée comme une variété tardive dans l'espèce orge.

FOUARA et **SAIDA** sont classées comme variété précoce par rapport à toutes les autres variétés étudiées avec une durée de **113jr**.

Cependant, toutes les variétés blé tendre sont homogènes, leur cycle varie entre **125 et 130 jr**, depuis le semis à la floraison ; c'est aussi pareil pour les autre variétés bé dur avec un cycle de **120 à 124 jr**. Ce sont des variétés semi tardives(Annexe 1, Tab.1).

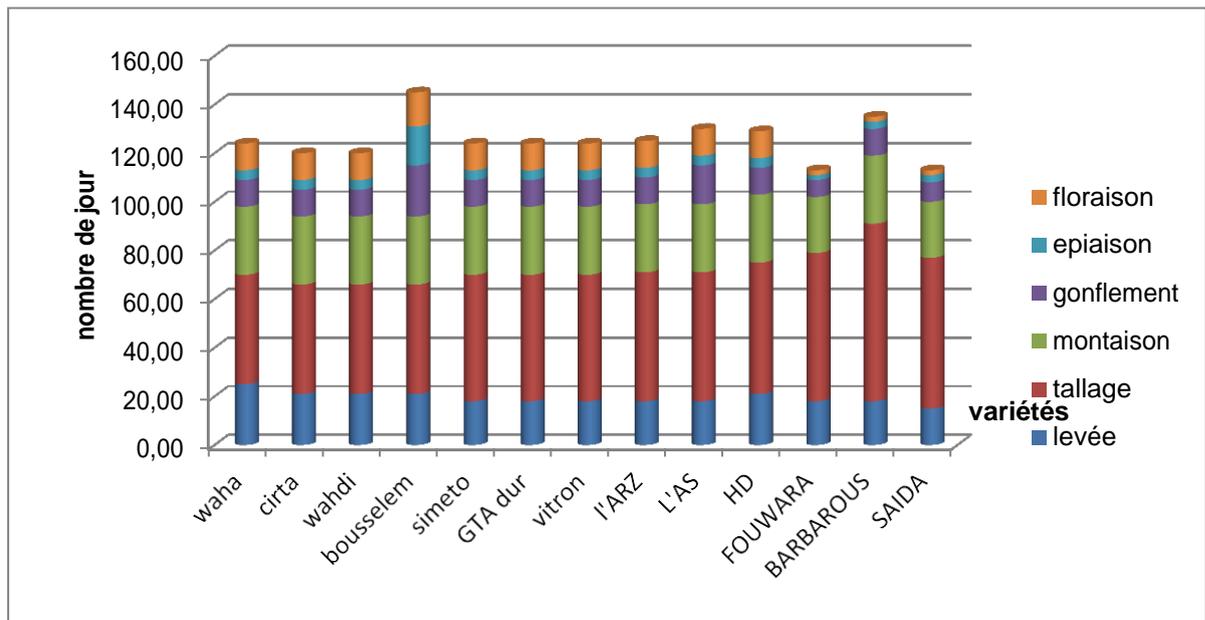


Fig. III₁ : les stades phénologiques chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles.

2. Paramètres morphologiques

2.1. Caractères de production

a. Nombres moyen de talles herbacées (TH)

Le nombre moyen de talles herbacées varie d'une espèce à une autre, mais il est convergent chez les variétés de la même espèce et spécifiquement chez l'orge et le blé tendre. Les trois

variétés orge et la variété **WAHBI** de Blé dur ont enregistré le nombre le plus élevé avec une moyenne de **5 talles/plante**. Par contre, le nombre de talles le plus faible est enregistré chez les trois variétés de blé tendre avec une moyenne de **3talles/plante**. Les six variétés restantes de blé dur ont marqué une moyenne intermédiaire de **4 talles/plante** (**Fig. III₂**).

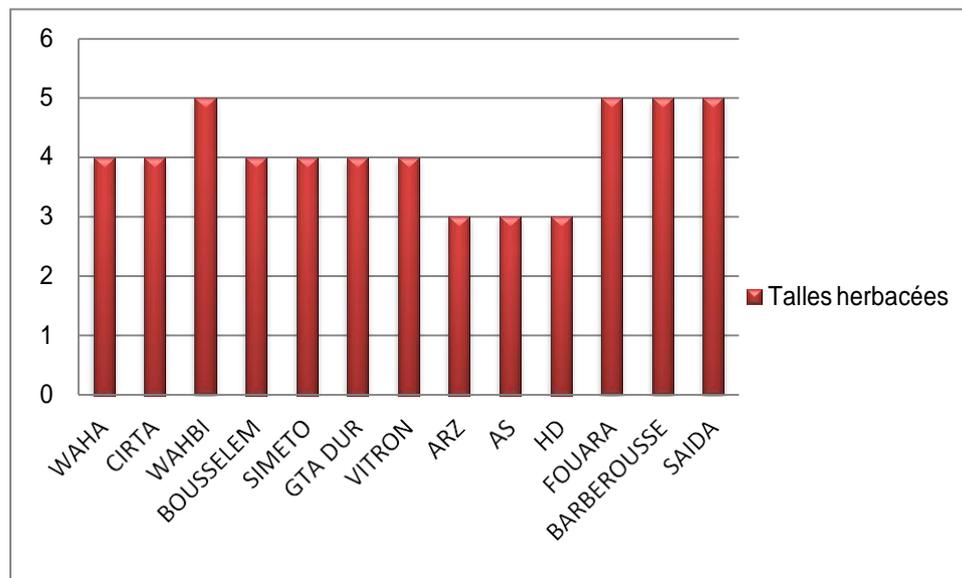


Fig. III₂: Nombre moyen des talles herbacées chez différentes variétés de blé et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles.

b. Nombres moyen de talles épiées (TE)

Contrairement au tallage herbacé, le tallage épi (Fig. III₃) est divergent inter-spécifiques et inter-variétal. La variété de blé dur **BOUSSELEM** marque le meilleur nombre moyen de tallage épi avec 4 talles/plante. Alors que la variété de blé tendre **HD** révolte d'un très faible nombre moyen de tallage épi. Les autres variétés témoignent d'un faible nombre moyen de tallage épi et qui varie ente 2 à 3 talles épi /plante.

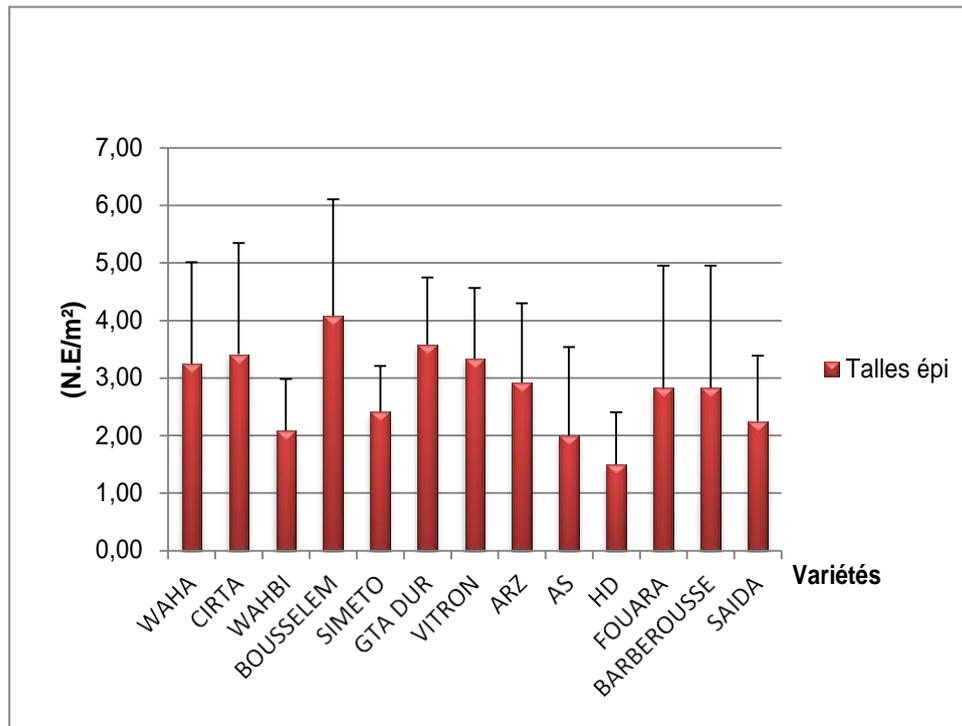


Fig.III3 :Nombre moyen des talles épiés chez différentes variétés de blé et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles.

L'analyse de variance (**Annexe 2, Tab.1a**) révèle une différence hautement significative entre les 13 variétés. Le test Newman et keuls (**Annexe 2, Tab. 1b**) au seuil 5 % les divise en 6 groupes, dont le meilleur nombre moyen de tallage épi est enregistré sous le groupe A chez la variété BOUSSELEM avec 4 **talles épi/plante**. Suivi par les groupes trois groupes intermédiaires AB, ABC, BC, contenant les variétés GTA DUR, CIRTA, VITRON, WAHA, ARZ, FOUARA, BARBEROUSSE, SIMETO, SAIDA, WAHBI, AS avec des moyennes qui varient progressivement de 2.000 à 3.583 talles épi/plante. Le dernier groupe C est représenté par la variété HD de blé tendre avec un nombre moyen minimale de tallage épi de 1.5 talle épi / plante (**Annexe 2, Tab.1c**)

2.2. caractères d'adaptation

a. Hauteur moyenne de plant (HP)

La hauteur de la plante varie en fonction de la variété (Fig. III4). Elle présente une divergence inter espèce et une convergence inter variétale. Les trois variétés SAIDA, HD et AZ présentent les hauteurs les plus intéressantes. Alors que, la hauteur la plus courte est marqué par les deux variétés SIMETO et VITRON.

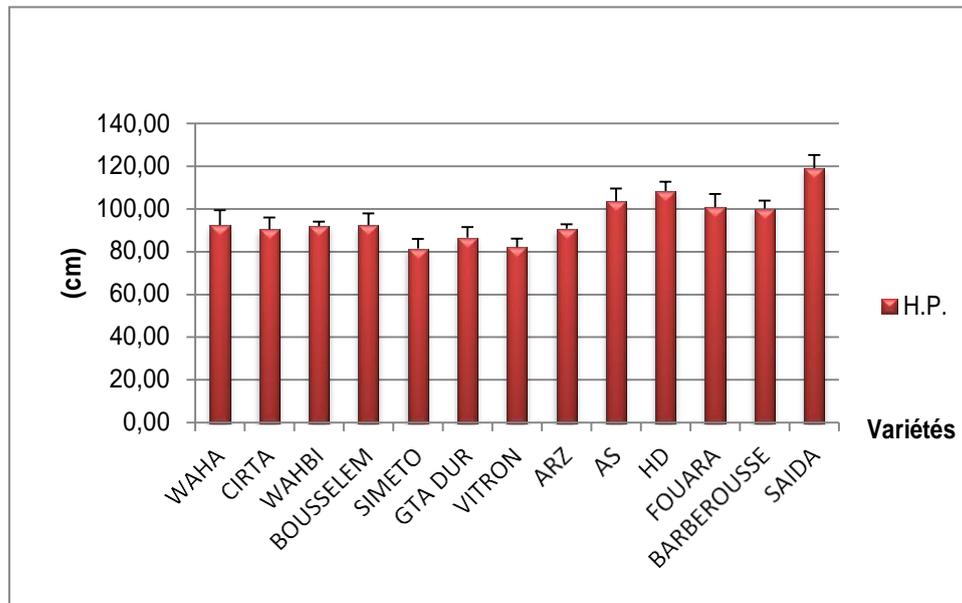


Fig. III4 : la hauteur moyenne de la plante chez différentes variétés de blé et d’orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles.

L’analyse de variance (Annexe 2, Tab. 2a) démontre une différence très hautement significative entre les 13 variétés. Suivant le test NK (Annexe 2, Tab. 2b) nous avons distingué 5 groupes indépendants.

$$A > B > C > D > E \iff$$

SAIDA > HD > AS ; FOUARA ; BARBEROUSSE > BOUSSLEM ; WAHA ; WAHBI ; ARZ ; CIRTA ; GTA DUR > VITRON ; SIMETO \iff 119.16 cm > 108.33 cm > 103.6 cm, 100.6 cm, 100.2 cm > 92.33 cm, 92.33 cm, 91.87 cm, 90.75 cm, 90.5 cm, 86.80 cm > 82.0 cm, 81.51cm.

L’orge SAIDA occupe la première classe avec une valeur de 119.16cm, suivi de HD dans le groupe B avec 108.33 cm. Le groupe C englobe les variétés AS, FOUARA et BARBEROUSSE.

La classe D regroupe les autres variétés avec des faibles valeurs entre 92.333et 86.808cm.

D’autre part, les deux variétés VITRON et SIMETO sont classé avec une faible valeur dans le dernier groupe E avec des moyennes de 82 et 81.51cmsuccessivement.

b. Longueur moyenne de l’épi (LE)

La longueur moyenne d’épi varie en fonction de la variété et de son espèce (Fig. III5). Les valeurs les plus remarquables sont enregistrées chez la variété AS et HD. Les autres variétés ont présenté des longueurs épis très proches les une des autres variant de 7.00 à 5.71cm et parfois équitables.

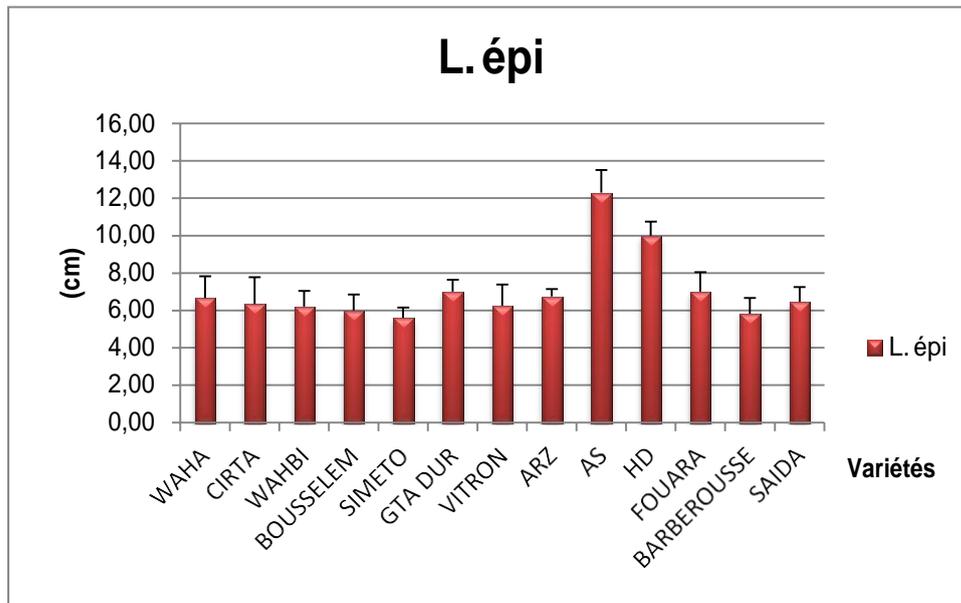


Fig. III5 : la longueur moyenne d'épi chez différentes variétés de blé et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles.

L'analyse de variance (Annexe 2, Tab. 3a) démontre une différence très hautement significatives entre les 13 variétés. Le test NK (Annexe 1, Tab. 3b) les distingue en cinq groupes indépendants,

$$A > B > C > CD > D$$



AS > HD > FOUARA > GTA DUR ; ARZ ; WAHA ; SAIDA ; WAHBI ; CIRTA ; VITRON ;
BOUSSELEM ; BARBEROUSSE > SIMETO



12.29 cm > 10.00 cm > 7.00cm, > 6.91 cm; 6.75 cm ; 6.67 cm 6.46 cm; 6.34 cm, 6.33 cm ;
6.25cm ; 6.00 cm ; 5.83 cm > 5.71cm.

La variété AS occupe la première classe A avec une longueur de **12.29** cm, suivi par les deux groupes B et C avec 10.0 et 7 cm chez de HD et FOUARA respectivement. Le groupe CD regroupant les variétés restantes GTA DUR, ARZ, WAHA, SAIDA, WAHBI, CIRTA, VITRON, BOUSSELEM et BARBEROUSSE avec des valeurs étalent de **5.83 à 6.91** cm. En dernier la variété **SIMETO** groupe D avec une courte longueur de **5.71** cm.

C. Longueur moyenne de barbes (LB)

La longueur moyenne de barbes (Fig. III6) varie en fonction de l'espèce. Elle présente une divergence inter-spécifique et parfois intra variétale chez le blé dur et l'orge. Par contre, chez le blé tendre, elle ne représente aucune différence variétale.

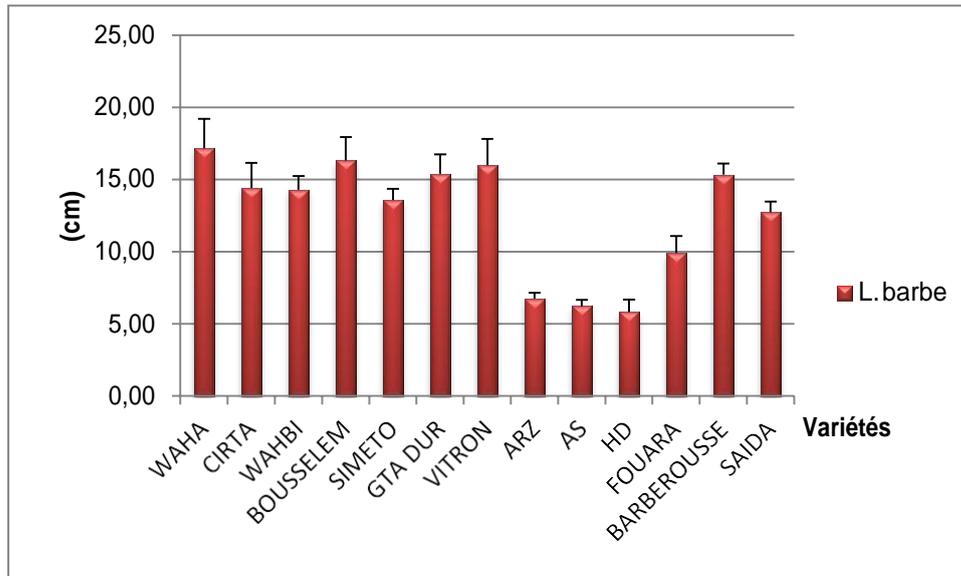


Fig. III.6. la longueur moyenne de barbe chez différentes variétés de blé et d’orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles.

L’analyse de variance (Annexe 2, Tab. 4a) démontre une différence très hautement significatives entre les 13 variétés. Le test N.K (Annexe 2, Tab. 4b) repartie les variétés de trois espèces 4 groupes indépendants,

A > AB > B > BC > CD > DE > E > F > G



WAHA > BOUSSELEM; VITRON > GTA DUR > BARBEROUSSE > CIRTA
 WAHBI > SIMETO > SAIDA. FOUARA > ARZ; AS; HD
 17.17 cm > 16.33 cm; 16.00 cm > 15.69 cm > 15.333 > 14.417; 14.208 > 13.542 > 12.750
 9.917 > 6.750; 6.208; 5.833

Les meilleures valeurs sont enregistrées avec une moyenne comprise entre **15.33 et 17.17 cm**. Ces valeurs regroupent les variétés WAHA, BOUSSELEM, VITRON, GTA DUR et BARBEROUSSE.

Cependant le blé tendre avec ces trois variétés, est classée en dernier avec des valeurs minimales comprises entre 6.750 cm et 5.833cm.

D. Longueur moyenne du col de l’épi (LCE)

La longueur moyenne du col de l’épi (Fig. III₇) varie en fonction de la variété. Elle présente des fluctuations au sein de même espèce. Elle est très divergente chez les variétés de blé dur, très convergente chez les variétés de blé dur et d’orge. Les meilleurs cols d’épis sont marqués chez le blé tendre.

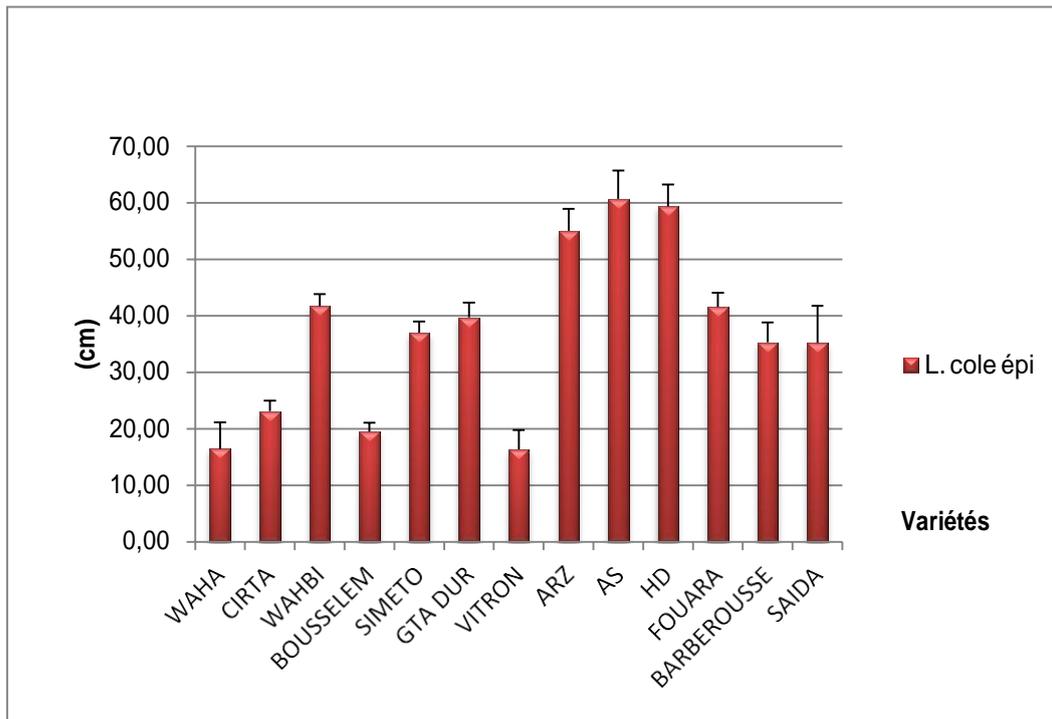


Fig.III7 : La longueur moyenne du col de l'épi chez différentes variétés de blé et d'orge sous conditions climatiques naturelles.

L'analyse de variance (Annexe 2, Tab. 5a) démontre une différence très hautement significatives entre les 13 variétés. Le test N.K (Annexe 2, Tab. 5b) classe les variétés étudiées en six groupes indépendants,

$$A > B > C > D > E > F$$



AS; HD > ARZ > FOUARA ; WAHBI ; GTA DUR > SIMETO ; BARBEROUSSE ; SAIDA
> CIRTA > BOUSSELEM ; WAHA ; VITRON



60.71 cm ; 59.37 cm > 55.04 > 41.58 cm; 41.41 cm; 39.800 cm > 36.37cm; 35.29cm, 35.21
cm > 23.083 cm > 19.50 cm; 16.417 cm; 16.33 cm.

Les deux variétés AS et HD, blé tendre, en premier groupe ont marqué les valeurs maximales de la longueur du col de l'épi avec 60.71 et 59.575cm respectivement, suivi de la variété ARZ classé dans le groupe B avec une moyenne de 55.04 cm.

Les trois groupes intermédiaires C, D et E rassemblent les six variétés FOUARA, WAHBI GTA DUR, SAIDA, BARBEROUSSE et SIMETO, avec des moyennes comprises entre 20.8 et 36.367 cm. Le dernier groupe D contient les variétés VITRON, WAHA et BOUSSELEM avec des moyennes minimales comprises entre 16,333 cm et 19.500 cm.

C. Surface foliaire (SF)

La surface foliaire varie en fonction de la variété. Elle est chevauchante d'une variété à une autre. Les surfaces maximales sont enregistrées chez BOUSSELEM, WAHA et AS respectivement. Alors que les surfaces minimales sont présentées par les trois variétés d'orge SAIDA, BARBEROUSSE et FOUARA successivement (Fig. III8).

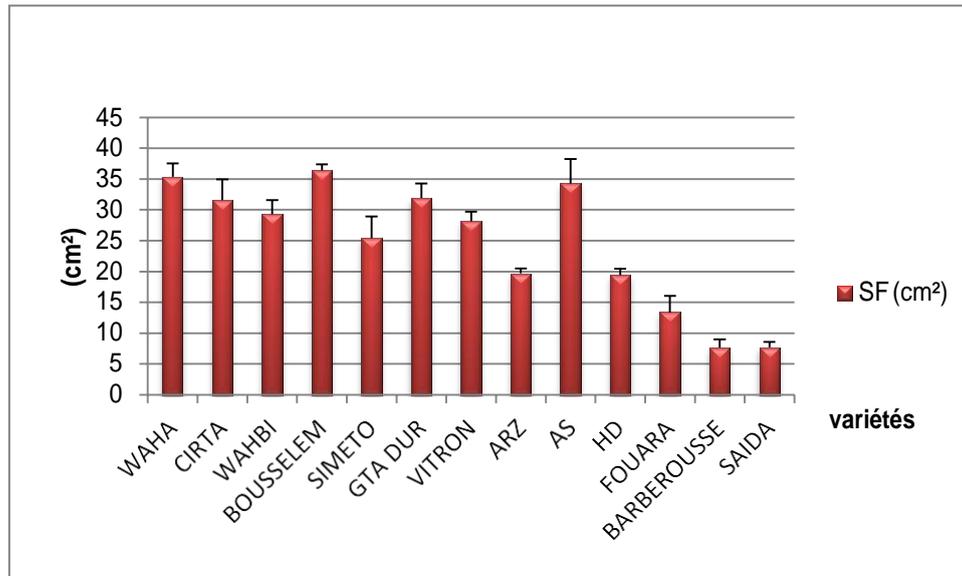


Fig. III.8. : La Surface Foliaire chez différentes variétés de blé et orge étudiées sous des conditions climatiques naturelles.

- L'analyse de variance (Annexe 2 Tab. 6a) révèle une différence très hautement significatives entre les 13 variétés. Le test N.K (Annexe 2, Tab. 6b) ordonne le matériel végétal en 9 groupes indépendants,

A > AB > ABC > BCD > CD > D > E > F > G



BOUSSELEM, WAHA > AS > GTA

DUR, CIRTA > WAHBI > VITRON > SIMETO > ARZ, HD > FOUARA > SAIDA, BARBEROUSSE



36.393 cm², 35.363 cm² > 34.290 cm² > 31.917 cm², 31.563 cm² > 29.303 cm² > 28.140 cm² > 25.403 cm² > 19.713 cm², 19.387 cm² > 13.377 cm² > 7.730 cm², 7.640 cm²

Les valeurs les plus élevées de La surface foliaire sont notées chez les variétés BOUSSELEM et WAHA sous le groupe A avec les valeurs de (36.393 cm², 35.363 cm²) successivement. Suivi par des surfaces intermédiaire entre 34.29 et 13.38 cm² sous les sept groupes qui se succèdent la majorité des variétés restantes. Reste à noter le groupe G en dernier, qui comporte les deux variétés Saida et BARBEROUSSE avec des surfaces minimales de 7.73 et 7.64 cm² respectivement.

Discussion

➤ Nous remarquons chez le Blé dur l'ensemble des variétés présentent une durée d'épiaison de 120 à 124 jr c'est presque la même durée estimée par **Bouraine (2010)**, qui a enregistré 129 jr chez les variétés de blé dur.

Pour le blé tendre et selon **Souilah (2009)**, la plus précoce variété arrive au stade épiaison en 145jr, par contre la plus tardive enregistre 167 jr.

Comparativement à notre étude, nous trouvons que la variété la plus tardive c'est l'AS avec une durée de 130jr, cette comparaison déduit que notre étude a visé les variétés les plus précoces par rapport au autre déjà étudiée.

Le cas d'orge, représente une durée de 140jr considéré comme meilleur pour caractère de précocité, et la plus tardive marque 158jr, donc analysant nos résultats nous constatons que nos variétés étudiées sont dite très précoces avec une durée de 113 jr chez **SAIDA, FOUARA** et même **BARBEROUSSE** par rapport aux autres variétés traitées précédemment. La précocité au stade épiaison est une composante importante d'esquive des stress de fin de cycle chez le Blé dur. L'adoption de variétés à cycle relativement courts est nécessaire dans les régions arides à semi-aride compte tenu de la distribution temporelle des précipitations (**Mekhlouf et al., 2006**).

Selon **Van-oosterom et al. (1993)**, les variétés assez tardives permettent d'esquiver les périodes de gel tardif ; en revanche, les subissent les effets de la sécheresse et des hautes températures de fin de cycle.

➤ En revenant aux conditions climatiques dont nous avons réalisé notre expérimentation, l'ensemble de variétés étudiées présentent une certaine stabilité dans l'émission des talles herbacées. Le tallage est un caractère variétal, qui en conditions favorables, pourrait renseigner sur le potentiel des variétés (**Bennaceur et al., 1997**). Les températures moyennes comprise entre 5 et 10 C° peuvent influencer sur la production des talles cela est présenté chez les trois génotypes de blé tendre, qui ont marqué la valeur minimale de **3 talles/pied**. D'une autre part, une étude réalisée par **Lounes et Guerfi en 2010** montre que la moyenne minimale et maximale de l'émission de tallage herbacé est de **2.5 et 4 Talles/pied**. **Jtar (1988)** montre que le nombre de talles par pied est fortement influencé par les doses d'azote, et les densités de semis: plus le semis est clair plus le tallage est important ce qui explique l'effet de concurrence entre les plants. La fertilité du sol peut intervenir également (**Jonard, 1964**).

Suivant cette comparaison nous pouvons déduire que nos variétés étudiées ont un potentiel de production plus au moins élevé, parce que ce caractère est classé comme un caractère de production. Ce dernier est influencé par les caractéristiques variétales, le peuplement, l'azote, l'eau disponible dans le sol, ainsi que la régression au tallage épi et tallage herbacé. Le tallage herbacé est directement influencé par la date de semi (**Debaeke et al., 1998**)

➤ D'après nos résultats, les conditions climatiques, contribuent sur le développement d'un grand nombre d'épis. Le tallage épis dépend du facteur génétique, de la densité de semis, et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage ; d'après (**Belaid,**

1986), la différence entre les variétés pour le nombre d'épis est liée à la capacité de tallage épi des variétés (Couvreur et Robert, 1993)

➤ Cette grande fluctuation est constatée chez toutes les variétés, au stade montaison, les températures moyennes varient entre **13 et 32C°**, aussi les conditions favorables de la zone d'étude précisement le taux de précipitation estimé de **508.50 mm durant** la période relative de la date de semis au date d'épiaison contribuent à l'allongement des tiges. Au moi d'avril Le taux de précipitations se diminue par rapport aux autres phases, ca se traduit par l'augmentation de l'apport d'Azote qui favorise l'allongement des entre nœuds. Tous ces facteurs climatiques agissent sur des variétés parmi d'autre.

Nos variétés de Blé dur tels que **SIMETO**, et Blé tendre **ARZ**, sont plus au moins naines, ou semi naines, avec une moyenne 80 à 90cm, c'est l'intervention du facteur génotype. Un autre suivi fait par **Bourain(2010)** prouve qu'il y'a une différence entre ses variétés étudiés et les miennes d'une année à une autre. Il a enregistré une moyenne maximale de 109 cm et une autre minimale de presque 65cm. Ce qu'indique que nos variétés sont plus résistantes au stress hydrique comme motionné par **Fisher et Maurer (1978)**, que les blés hauts ont un indice de sensibilité à la contrainte hydrique plus faible comparativement aux blés nains et semi - nains. Donc la hauteur de la plante est la réaction de corrélation avec l'environnement et le génotype.

Le pourcentage de contribution des réserves de la tige au rendement en grain a été positivement corrélé avec la longueur de la tige et avec le maximum du poids sec de la tige seulement en condition de sécheresse. (**Ehdaie et al ., 2008**).

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

➤ Pour (**Bourain ,2010**), les variétés présentent une moyenne de 12.22cm de longueur de barbes avec des valeurs maximale et minimales de 12.25 à 10.5 cm respectivement. Par contre notre étude nous a donné des valeurs différentes d'un génotype à un autre, et contradictoire avec une moyenne de 17.17cm et 5cm comme valeurs maximale et minimale respectivement. Mais la moyenne reste toujours dans le même intervalle que celui de (**Bourain, 2010**)

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble être étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé dur (**Hadjichristo doulou, 1987**)

C'est un caractère d'adaptation lié avec la variabilité génotypique, mais aussi provoqué essentiellement par les conditions de l'environnement, cela est indiqué par **Salama et al.(2005)**, les barbes peuvent améliorer le rendement en condition de la sécheresse par augmentation de la surface photosynthétique de l'épi.

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

➤ La longueur du col de l'épi est un caractère variétal, il a souvent été proposée comme critère de sélection de génotype tolérants au déficit hydrique (**Ficher et Maurer ,1978**).

Comparativement aux travaux de **Lounes et G. (2010)**, sur la longueur de col épis, nos variétés étudiées sont mieux caractérisées par rapport aux autres travaux précédemment cité. Une différence presque de 20cm s'est présentée entre les valeurs maximales estimées. Contrairement aux valeurs minimales étudiées par les autres variétés devance les mienne avec une différence de 15 cm.

Pour les températures enregistrées dans les mois d'Avril jusqu'au mois mai, nous remarquons qu'elles sont ambiantes et qu'elle ne conduit pas à un stress thermique provoquant le stress hydrique. Car une longueur du col de l'épi élevée est souvent associée à une meilleure tolérance au déficit hydrique (**El hakimi ,1992**). Donc nous constatons que nos variétés à col long résistent même aux périodes de stress. Le col permet le transfert des assimilés de la tige vers l'épi (**Gate, 1999**) et un col d'épi long constitue une protection contre la contamination de l'épi par les spores de Septoria à partir des dernières feuilles (**Wardlaw, 1967 in Auriau, 1978**).

Le taux pluviométrique assimilé pendant la campagne 2017/2018, provoque l'allongement du col d'épi, ca est prouvé par (**Annich chiarico, 1993**) longueur du col de l'épi est proportionnellement à la quantité d'eau absorbée durant le cycle de développement; **cité par Ben Mimoun ,1994**).

D'après toujours l'étude de **Lounes et Guerfi (2010)** concernant la surface foliaire nous constatons qu'il n'y a pas une fluctuation entre leurs variétés et les nôtres. Cependant nos résultats sont dans un même intervalle de 37 à 38cm² comme valeur maximale, de 20 à 28cm² valeurs moyennes et de 15 à 25 cm² valeurs minimales. Ces moyennes minimales enregistrées chez les variétés d'orge indiquent que nous avons des variétés résistantes au rayonnement, hautes températures mais aussi au déficit hydrique. Cette hypothèse est confirmé par **Boyer (1970) et Hsiao (1973) in Ghettoche (1990)**, lors du déficit hydrique, la plante réagit par la diminution de la biomasse aérienne, en particulier la surface de sa dernière feuille. Cette diminution est considérée comme une réaction de résistance moyenne ou d'adaptation au manque d'eau (**Blum,1996**).

Vu que les variétés sont étudiées sous des conditions climatiques naturelles, et que les données climatiques de la campagne 2017/2018 ont marqué quelques fluctuations entre Mars et Avril nous pouvons relier ce caractère d'adaptation au facteur génétique qui est le premier responsable de ces phénomènes.

3. Activités enzymatiques

Remarque : la teneur en protéine des 13 variétés étudiées, était calculés par : (Bouldjref, Bouchakout, bouchamaet Benyaani , 2018)

3.1. Activité de la catalase (CAT)

L'activité de catalase présente une divergence inter- spécifique et inter-variétale (Fig. III₉). L'activité de catalase augmente proportionnellement chez toutes les variétés avec le stade phénologique de cycle de vie de la plante, à l'exception quelques fluctuations chez les deux variétés d'orge BARBEROUSSE et SAIDA, ainsi chez les deux variétés de blé dur WAHA et SIMETO.

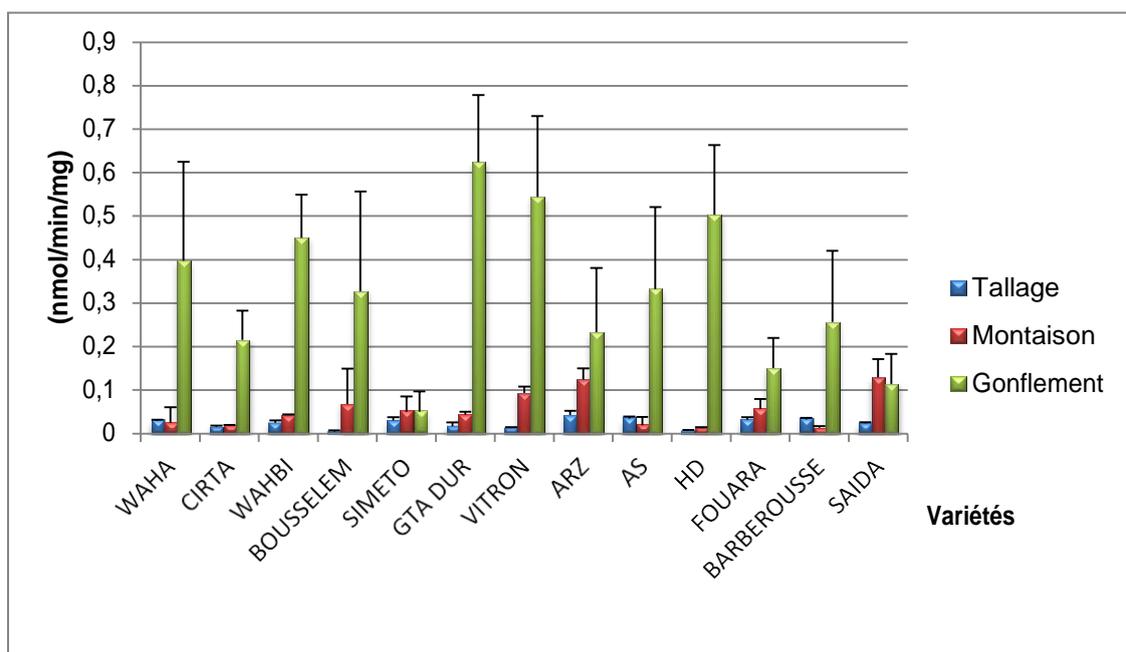


Fig. III₉ :Activité de la Catalase chez différentes variétés de blé et d'orge étudiées en trois phasesphénologiques sous des conditions climatiques.

L'analyse de la variance de l'activité catalase montre (Annexe 3 Tab. 1a) :

- ✓ Une différence non significative entre les variétés ($F=1.727$ à $\alpha=0.088$).
- ✓ une différence très hautement significatives entre les phases ($F=77.154$ à $\alpha=0.0001$).
- ✓ un effet très hautement significatif d'interaction entre variété et phase ($F=2.524$ à $\alpha=0.003$).

Le test NK classe l'activité de la catalase chez les trois phases en deux groupes bien distingués. Une activité maximale chez le stade gonflement et une activité minimale chez les deux autres phases d'études Montaison et tallage (Annexe 3, Tab. 1b).

$$A > B \iff \text{Gon} > \text{Mon} ; \text{Tall}$$

$$\iff$$

$$0,323 \text{ nmol/min/mg} > 0,054 \text{ nmol/min/mg} ; 0,024 \text{ nmol/min/mg}.$$

Le même test N.K regroupe les 13 variétés en trois groupes sans aucune distinction entre les espèces (Annexe 3, Tab. 1c).

$$A > AB > B$$

$$\iff$$

$$\text{GTA DUR} ; \text{VITRON} > \text{HD} ; \text{WAHBI} ; \text{WAHA} ; \text{BOUSSELEM} ; \text{AS} ; \text{ARS} ; \\ \text{BARBEROUSSE} ; \text{CIRTA} ; \text{SAIDA}, \text{FOUARA} > \text{SIEMETO}.$$

Le premier groupe est présenté par les deux variétés blé dur GTA DUR et VITRON avec une moyenne maximale d'activité enzymatique catalytique égale à 0,285 et 0,264 nmol/min/mg) successivement. Alors que le troisième groupe présenté par la variété SIEMETO avec une activité catalytique minimale équivalente à 0,045 nmol/min/mg. Les autres variétés de trois espèces présentes un deuxième groupe avec une activité enzymatique catalytique intermédiaire varie progressivement de 0,090 nmol/min/mg à 0,221 nmol/min/mg.

Par la suite, le test Newman et Keuls révèle une analyse d'interaction entre phases et variétés (Annexe 3, Tab. 1d), qui enregistre la moyenne la plus élevée de l'A. Catalase chez la variété GTA DUR dans la phase gonflement avec une moyenne de 0,624 nmol/min/mg sous le groupe A. en revanche la variété BOUSSELEM dans la phase tallage est enregistrée comme la plus faible avec une valeur de 0,005 nmol/min/mg sous le groupe F.

3.2. Activité Ascorbate Peroxydase (APX)

L'activité Ascorbate Peroxydase (APX) présente une petite divergence inter- spécifique et inter-variétale (Fig. III₁₀).

L'activité APX augmente proportionnellement chez toutes les variétés avec le développement du stade phénologique de cycle de vie de la plante, à l'exception quelques fluctuations chez la variété BOUSSELEM.

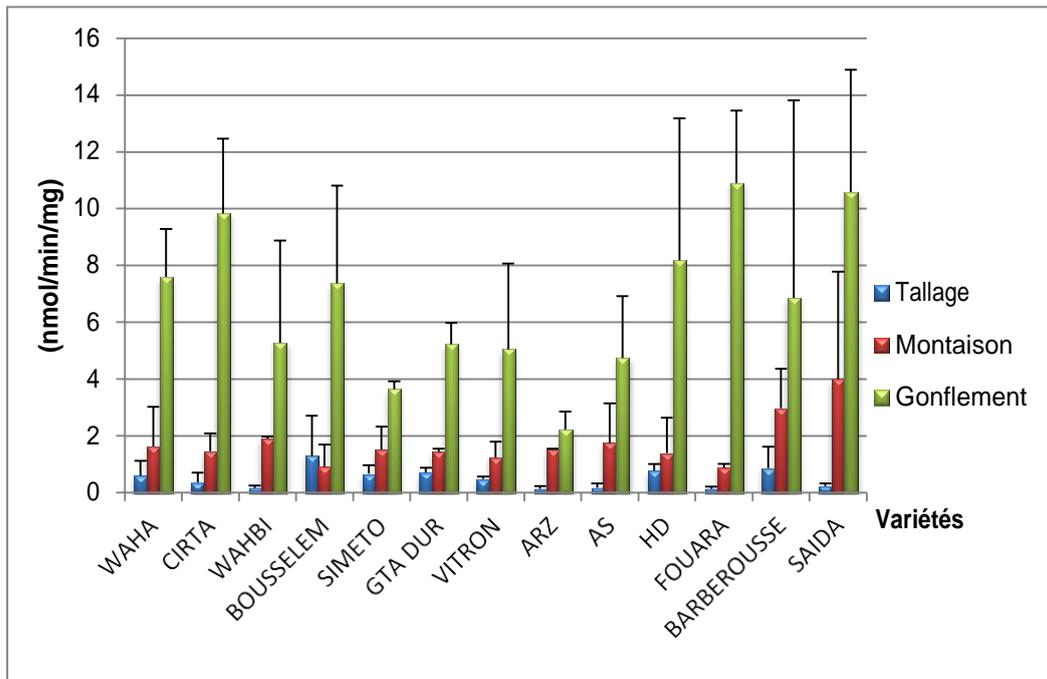


Fig. III₁₀ :Activité APX chez différentes variétés de blé et d’orge étudiées en trois phases phénologique sous des conditions climatiques naturelles.

L’analyse de la variance de l’activité APX montre (Annexe 3 Tab. 2a) :

- ✓ Aucune différence significative entre les variétés (F=1.082 à $\alpha=0.394$).
- ✓ une différence très hautement significatives entre les phases (F=58.121 à $\alpha=0.0001$).
- ✓ un effet non significatif d’interaction entre variété et phase (F=1.027 à $\alpha=0.453$).

Le test NK classe l’activité APX chez les trois phases en deux groupes bien distingués .Une activité maximale chez le stade gonflement et une activité minimale chez les deux autres phases d’études Mon. et tallage (Annexe 3 Tab. 2b).

$$A > B \iff \text{Gon} > \text{Mon} ; \text{Tall} \iff$$

$$6.734 \text{ nmol/min/mg} > 1.742 \text{ nmol/min/mg} ; 0.508 \text{ nmol/min/mg}.$$

Le même test N.K regroupe les 13 variétés en un seul groupe sans aucune distinction entre les espèces (Annexe 3 Tab. 2c) selon l’ordre.

$$A \iff \text{SAIDA} ; \text{FOUARA} ; \text{CIRTA} ; \text{HD} ; \text{BARBEROUSSE} ; \text{WAHA} ; \text{BOUSSELEM} ; \text{GTA DUR} ; \text{WAHBI} ; \text{VITRON} ; \text{AS} ; \text{SIMETO} ; \text{ARZ}$$

Le groupe A est présenté par une moyenne maximale d’activité enzymatique APX égale à 751 nmol/min/mg chez l’orge SAIDA. Alors que l’activité APX minimale est équivalente à 1.426 nmol/min/mg chez le blé tendre ARZ. Les autres variétés présentent une activité enzymatique APX intermédiaire, varie progressivement de 2.186 à 4.966 nmol/min/mg.

Par la suite le test N.K révèle une analyse d’interaction entre phases et variétés (Annexe 3 Tab. 2d) qui enregistre la moyenne la plus élevée de l’A. APX. chez la variété FOUARA dans la phase gonflement avec une moyenne de 10,909 nmol/min/mg sous le groupe A. en revanche

la variété ARZ dans la phase tallage est enregistrée comme la plus faible avec une valeur de 0.135 nmol/min/mg sous le groupe C.

3.3. Activité Gaiacol Peroxydase (GPX)

L'activité Gaiacol Peroxydase (GPX) présente une divergence inter- spécifique et inter-variétale et une convergence intra-spécifique (Fig. III₁₁).

L'activité GPX augmente proportionnellement chez toutes les variétés avec le stade phénologique de cycle de vie de la plante, à l'exception quelques fluctuations chez les deux variétés SIMETO blé dur et orge BARBEROUSSE.

L'activité GPX est maximale chez le stade gonflement chez la majorité des variétés blé dur et tendre. Elle est minimale chez les trois variétés d'orge et même moins que le stade montaison chez la variété Barberousse.

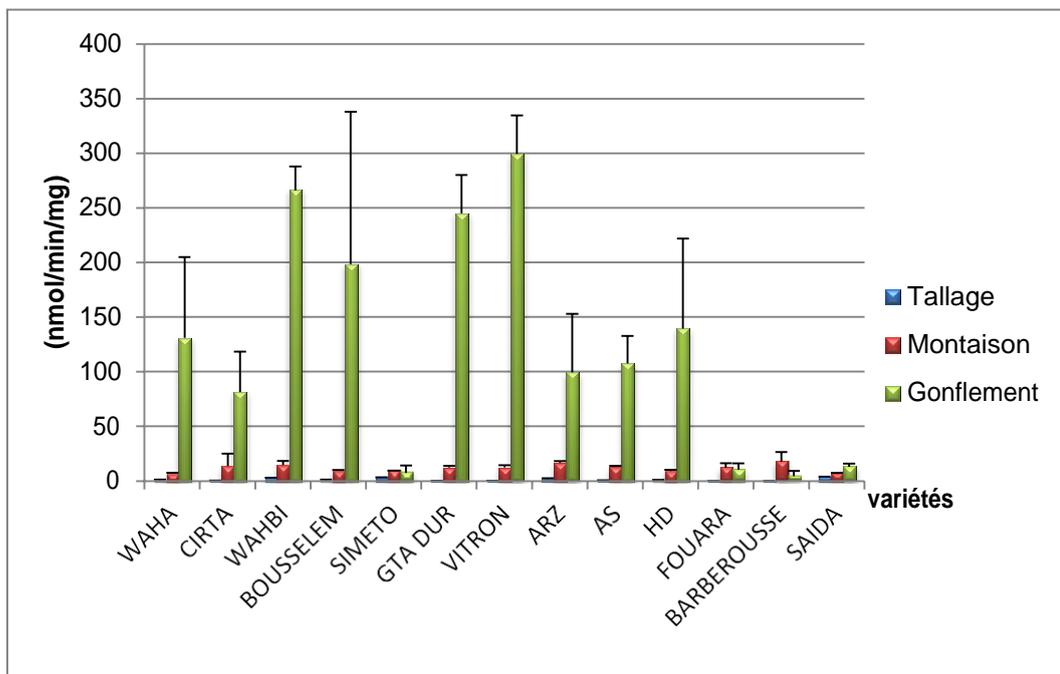


Fig. III₁₁. Activité GPX chez différentes variétés de blé et d'orge étudiées en trois phases phénologique sous des conditions climatiques naturelles.

L'analyse de la variance de l'activité GPX montre (Annexe 3 Tab. 3a) une différence très hautement significatives entre les variétés ($F=5.179$ à $\alpha=0.0001$), entre les phases ($F=100.000$ à $\alpha=0.0001$). et pour l'interaction entre variété et phase ($F=5.986$ à $\alpha=0.0001$).

Le test N.K classe l'activité GPX chez les trois phases en deux groupes très bien distingués. Une activité maximale est marquée chez le stade gonflement équivalente à 10 et 108 fois respectivement l'activité enregistrée chez les deux autres phases d'études Montaison et tallage (Annexe 3 Tab. 3b).

$$A > B \iff \text{Gon} > \text{Mon}, \text{Tall} \iff$$

$$123.405 \text{ nmol/min/mg} > 11.837 \text{ nmol/min/mg} ; 1.141 \text{ nmol/min/mg}.$$

Le même test N.K regroupe les 13 variétés en six groupes sans aucune distinction entre les espèces (Annexe 3 Tab. 3c).

A >AB>ABC>BCD>CD >D
↔
VITRON ; WAHBI >GTA DUR> BOUSSELEM>HD; WAHA ; AS ; ARZ>
CIRTA>SAIDA ;FOUARA ; BARBEROUSSE ; SIMETO.

Le premier groupe est présenté par les deux variétés blé dur VITRON et WAHBI avec une moyenne maximale d'activité enzymatique de GPX égale à 131.93nmol/min/mg, 119.03nmol/min/mg successivement. Alors que le sixième groupe présenté par la variété SIMETO avec une activité enzymatique de GPX minimale équivalente à 6.84 nmol/min/mg. Les autres variétés de trois espèces présentent les quatre autres groupes avec une activité enzymatique de GPX intermédiaire varie progressivement de 108.57 nmol/min/mg à 38.83 nmol/min/mg.

Par la suite, le test N. K révèle une analyse d'interaction entre phases et variétés (Annexe 3, Tab. 3d), qui estime l'A.GPX comme meilleur chez la variété VITRON dans la phase gonflement avec une moyenne de 299,521 sous le groupe A. en revanche la même variété est enregistrée comme la plus faible dans la phase tallage avec une valeur de 0,055 sous le groupe F.

Discussion

En se basant sur les matrices des corrélations des différentes activités enzymatiques chez les trois espèces aux trois stades phénologiques étudiés sous des conditions climatiques naturelles (Tab. III₁) et sur la Fig.III₁₂.

Nous pourrions déduire notre discussion sur l'activité enzymatique.

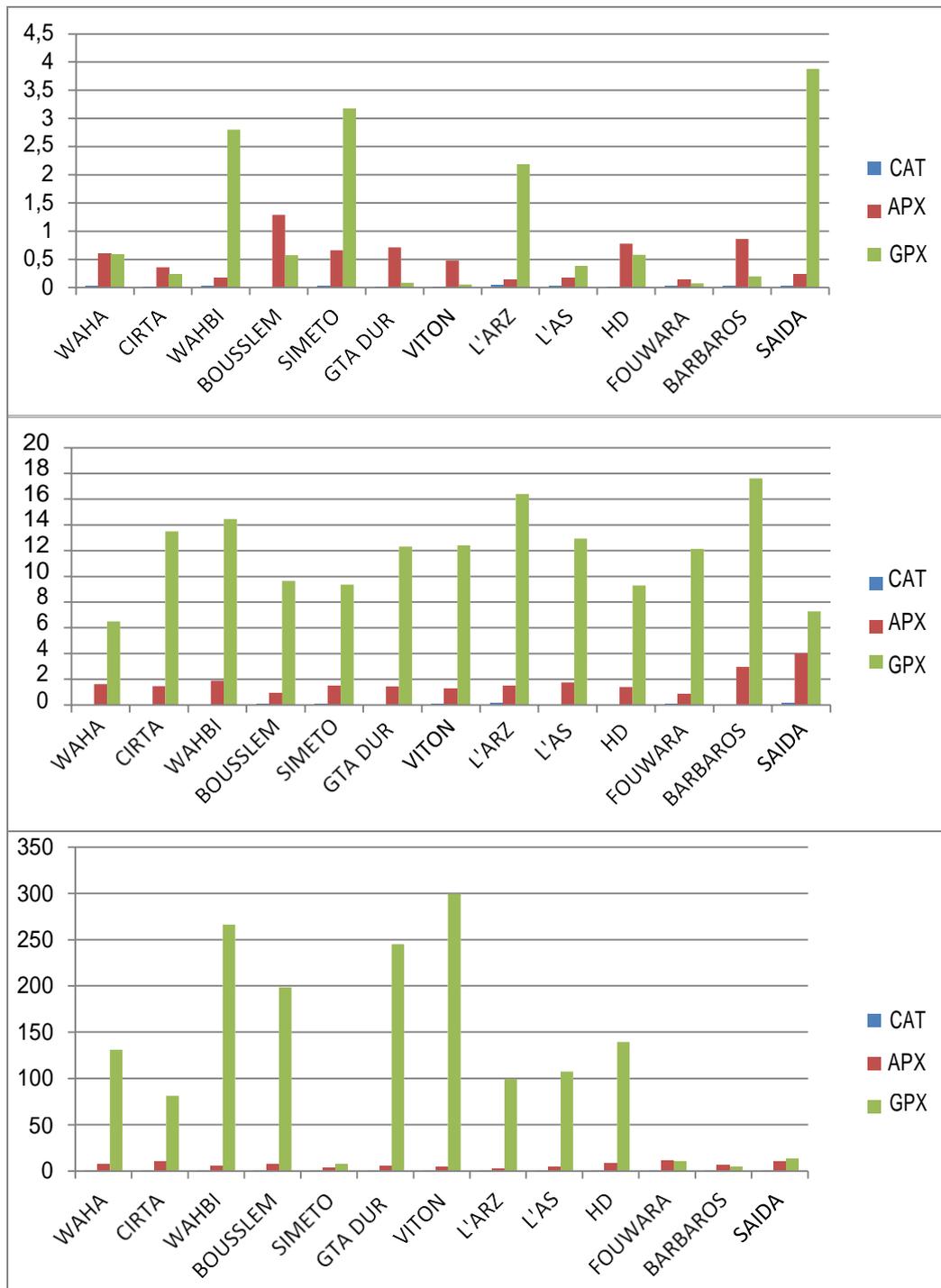


Fig.III₁₂. L'activité des trois enzymes au même stade phénologiques chez les variétés étudiés sous des conditions climatiques naturelles.

Tab.III.1: Coefficient de corrélation entre les trois enzymes aux trois stades phénologiques chez les variétés étudiés sous des conditions climatiques naturelles.

Blé dur			
Phase/ corrélation	Tallage	Montaison	Gonflement
CAT- APX	-0,530	-0,570	-0,236
CAT- GPX	0,615	0,092	0,863
APX-GPX	-0,268	0,215	-0,349
Blé tendre			
Phase/ corrélation	Tallage	Montaison	Gonflement
CAT- APX	-0,988	-0,151	0,998
CAT- GPX	0,599	0,882	0,984
APX-GPX	-0,467	0,333	0,970
Orge			
Phase/ corrélation	Tallage	Montaison	Gonflement
CAT- APX	0,387	0,454	-0,949
CAT- GPX	-1,000	-0,985	-0,999
APX-GPX	-0,369	-0,292	0,931

Nous remarquons que la relation entre CAT- APX est négativement liée chez les deux espèces de blé. Alors qu'elle est positivement liée chez l'orge.

A l'inverse, la relation entre CAT– GPX est positivement liée chez le blé et négativement liée chez l'orge.

Alors que la relation intermédiaire entre APX et GPX est négativement liée chez les trois espèces.

D'après **Kim et al .(2005)** et **Khosravinejad et al. (2008)** l'activité de la catalase augmente dans les feuilles des céréales pendant un stress. Ce qui implique que la catalase est considérée comme un marqueur central dans la protection contre le stress oxydatif, principalement dans des conditions de stress abiotique.

Selon **Benghersallah (2015)**, qui a réalisé une étude sur les activités enzymatiques, sa recherche a aboutit à une augmentation de cette activité pendant un stress provoqué par L'ABA (phytohormone qui a un rôle dans la réponse des plantes au contraintes environnementales).

Comparativement à notre recherche, L'activité catalase est presque nul dans les deux premières phases tallage et montaison, cette activité augmente en phase gonflement avec des valeurs minimales, cela peut revenir au taux de précipitation qui était favorable pour le développement des variétés, donc ces derniers n'ont pas subi un stress hydrique qui cause généralement un stress oxydatif, et même pour le stade gonflement, nous marquons une augmentation de l'A. CAT. , mais ca reste une valeur presque nul par rapport à l'étude précédente.

Après l'analyse de l'étude de **Souahi (2015)** sur « l'Evaluation de la toxicité des xénobiotiques (Sekator et ZOOM) sur des cultures céréalières », nous déduisons que les variétés traitées par l'herbicide ZOOM avec de forte concentration, enregistre une augmentation de l'A. CAT.

Revenant à notre étude, le sol d'expérimentation est aussi traité par cette herbicide (ZOOM), mais nous n'avons pas remarqué l'augmentation l'A. CAT. Cela est traduit par l'utilisation modéré de l'herbicide ZOOM qui n'influence pas une provocation de l'A.CAT.Donc nous concluons que notre étude a été réalisée dans des conditions climatiques naturels, qui prouve que les variétés étudiés n'ont pas vécu un stress qui provoque l'A. CAT.

La présence d'une activité catalase dans les feuilles peut s'expliquer par la présence de l'enzyme dans le peroxyosome pour éliminer la peroxyde d'hydrogène qui se forme lors du cycle photoréspiratoire suite à l'action de la glycolate oxydase (**Del Rio et al., 2006**).

D'autres part, l'étude de **Souahi (2015)**, montre l'augmentation de l'A. APX chez la variété traitée par l'herbicide ZOOM, et d'autre part une diminution de la même Activité chez les variétés traités par l'herbicide Sekator. Alors que l'A. GPX diminue par l'application des ces herbicides sur les mêmes variétés étudiés.

Pour notre étude, nous avons constaté que toute les variétés étudiés marque une augmentation de l'activité APX, à l'exception de la variété BOUSSELEM, cela signifie que toute les variétés ont enduré un faible stress oxydatif, ce dernier est à l'origine de l'augmentation de la température moyenne et la diminution des précipitations pendant la durée (Mars, Avril) cette dernière convient à la phase gonflement ou les taux de l'A. APX augmente.

En se basant sur nos résultats qui montre, une augmentation de l'A. GPX chez toutes les variétés dans les différentes phases, débutant de tallage et arrivant au stade gonflement, sauf chez l'orge précisément BARBEROUSSE, qui marque une diminution de cette Activité qui est presque nul dans la phase gonflement. Cette diminution est à l'origine de l'augmentation subite des températures comprise entre 18°C et 20°C, qui peut causer un stress thermique, dont il a une relation avec le stress oxydatif.

Donc l'ensemble des variétés étudiés sont dites soit résistantes par l'intervention du facteur génétique, ou n'ont pas vécu un stress, revenant aux conditions climatiques durant le cycle de développement.

4. Activités non enzymatiques

4.1. Les lipoperoxydes membranaires (MDA)

L'Analyse des lipoperoxydes membranaires (MDA) présente une convergence inter-spécifique et une intra-variétale (Fig. III₁₃). La production MDA augmente proportionnellement chez la totalité des variétés de genre *Triticum* avec le développement de stade phénologique de cycle de vie de la plante, à l'exception la variété Waha et quelques anomalies enregistrées chez les trois variétés du genre *Hordeum*.

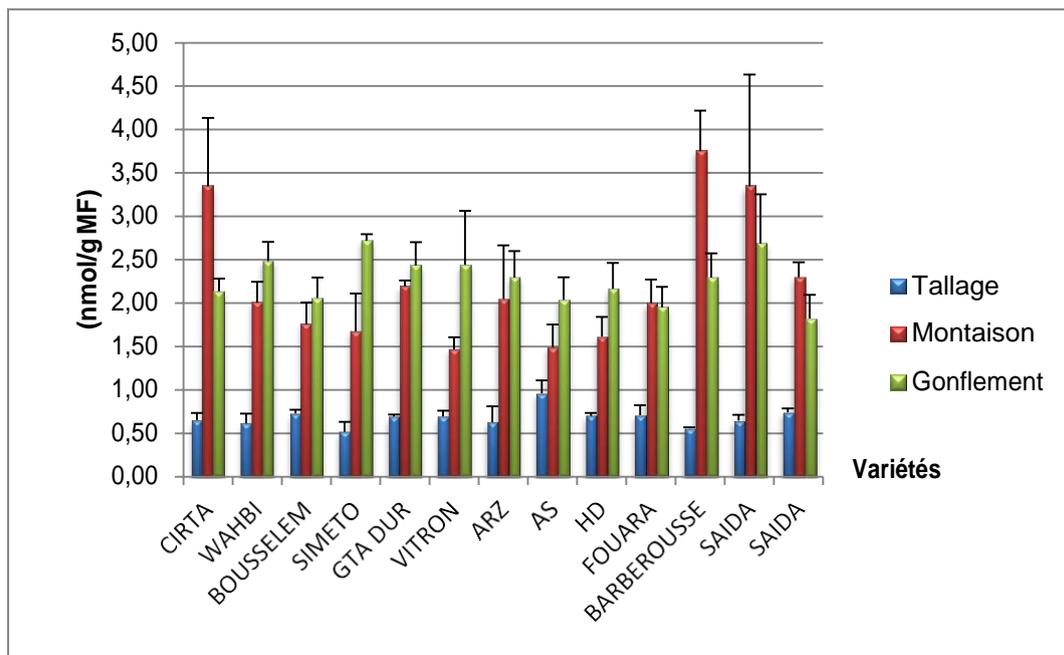


Fig. III₁₃: Teneur des MDA chez différentes variétés de blé et d'orge étudiées en trois phases phénologique sous des conditions climatiques naturelles.

L'analyse de la variance des MDA produit (Annexe 4, Tab. 1a) montre une différence très hautement significatives entre les variétés ($F=3.827$ à $\alpha=0.0001$), entre les phases ($F=190.875$ à $\alpha=0.0001$) et pour l'interaction variété et phase ($F=4.153$ à $\alpha=0.0001$).

Le test N.K classe la production des MDA chez les trois phases en deux groupes. Une activité maximale presque équivalente chez les deux stades gonflement et Montaison et une activité minimale chez la phase tallage. (Annexe 4, Tab. 1b).

$$A > B \iff \text{Gon ; Mon} > \text{Tall} \iff \\ 2.272 \text{ nmol/g MF}; 2.231 \text{ nmol/g MF} > 0.680 \text{ nmol/g MF}$$

Le même test N.K regroupe les 13 variétés en cinq groupes sans aucune distinction entre les espèces (Annexe 4 Tab. 1c).

A > AB > ABC > BC > C



BARBEROUSSE > FOUARA > WAHA; SIMETO; CIRTA, BOUSSELEM,
VITRON > GTA DUR; SAIDA ; HD, WAHBI ; AS > ARZ.

Le premier groupe est présenté par la variété Barberousse avec une moyenne maximale de production des MDA égale à 2.293 **nmol/g MF**. Alors que le cinquième groupe présenté par la variété ARZ avec une production des MDA minimale équivalente à 1.574 **nmol/g MF**. Les autres variétés de trois espèces présentent les trois autres groupes avec une production des MDA intermédiaire varie progressivement de 1.590 **nmol/g MF** à 2.214 **nmol/g MF**.

Par la suite, le test N.K révèle une analyse d'interaction entre phases et variétés (Annexe 4, Tab. 1d), qui estime la production de MDA comme élevé chez la variété FOUARA dans la phase Montaison avec une moyenne de 3.750 sous le groupe A. en revanche la variété BOUSSELEM est enregistrée comme la plus faible dans la phase tallage avec une valeur de 0,516 sous le groupe F.

Discussion

Notre étude a révélé que la teneur en MDA est en cours d'augmentation Elle présente presque le triple aux deux stades gonflement et Montaison par rapport à la teneur notée au tallage.

Une recherche réalisé par **Ait yahia, Zemmoura (2014)**, prouve que la teneur en MDA varie selon le stress et la variété avec des teneurs remarquable chez toutes les variétés.

Aussi cette activité dépend progressivement du stade de développement de la plante. Les anomalies enregistrées chez WAHA et les trois variétés d'orge reviennent au caractère variétal et aux conditions climatiques de la période de l'essai (Mars et Avril) ce qui concorde avec les travaux de **Ait yahia, Zemmoura (2014)**.

Aussi, ce qui signifie que nos variétés ont subi un faible stress au stade Gonflement.

Et probablement un indicateur de stress hydrique suivant la littérature des travaux précédentes de (**ladhar-chaabouni et al. 2007 ; funes et al. 2003**) qui porte que les MDA est un indicateur de stress oxydatif chez feuilles. (**yannaralli et al., 2006 ; Liu et al., 2007**)

5. Les composés phénoliques

5.1. Teneur des phénols totaux

La teneur en polyphénols de nos extraits a été 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, $\mu\text{g/g}$ de MS)

La teneur en polyphénols présente une convergence inter- spécifique et inter-variétale (Fig. III₁₄). La teneur en polyphénols augmente proportionnellement avec le stade phénologique de cycle de développement de la plante chez la majorité des variétés analysées, à l'exception quelques fluctuations chez les variétés CIRTA, WAHBI BOUSSELEM, GTA DUR, VITRON, ET ARZ. La totalité des variétés se comportent identiquement à la phase gonflement et avec des teneurs maximales très proches. Egalement, elles exercent le même comportement aux stades montaison et tallage avec des teneurs moyennes à l'exception quelques baisses teneurs enregistrées chez WAHBI et ARZ.

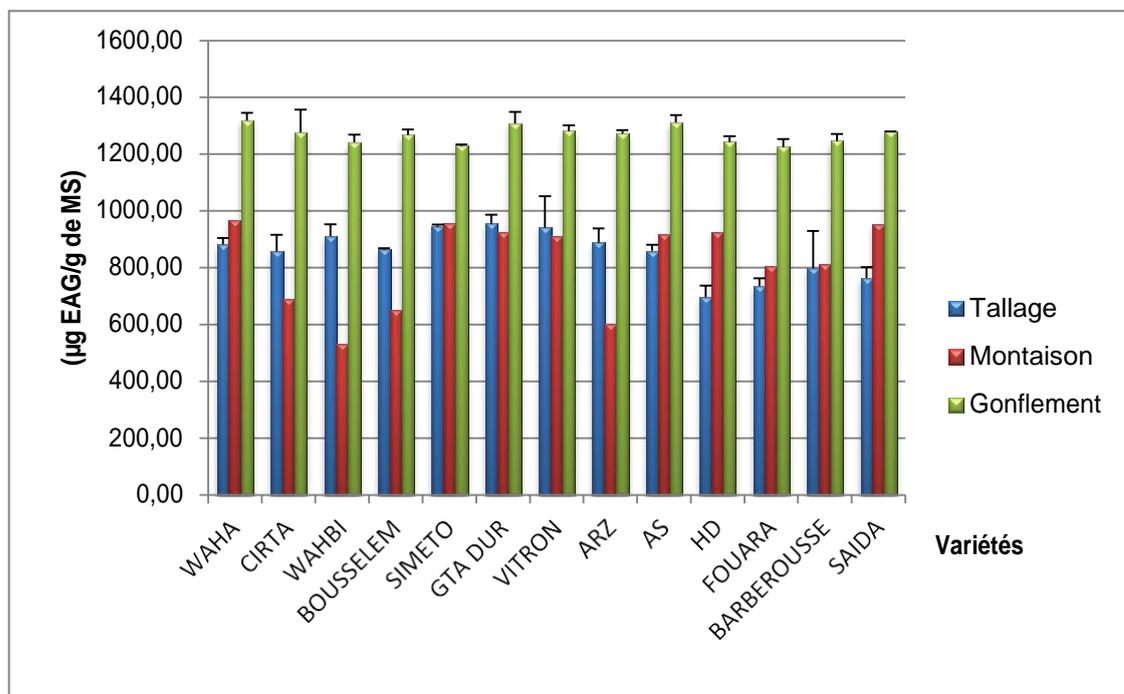


Fig. III₁₄ : Teneur en polyphénols chez différentes variétés de blé et d'orge étudiées en trois phases phénologique sous des conditions climatiques naturelles.

L'analyse de la variance de la teneur en polyphénols (Annexe 4 Tab. 2a) montre une différence très hautement significatives entre les variétés ($F=9.596$ à $\alpha=0.0001$), entre les phases ($F=727.961$ à $\alpha=0.0001$) et pour l'interaction entre variété et phase ($F=8.801$ à $\alpha=0.0001$).

Le test N.K classe la teneur en polyphénols chez les trois phases en trois groupes bien séparés. Une activité maximale est affichée en phase gonflement, une autre intermédiaire en phase tallage et une minimale en phase montaison. (Annexe 4 Tab. 2b).

A>B >C ↔ Gon> Tall > Mon ↔

1269.270 µg EAG/g de MS>854.027 µg EAG/g de MS> 818.337 µg EAG/g de MS;

Le même test N.K regroupe les 13 variétés en quatre groupes sans aucune distinction entre les espèces (Annexe 4 Tab. 2c).

A >AB> BC >C ↔

**GTA DUR ; WAHA ; VITRON ; SIMETO ; AS>SAIDA> HD ;BARBEROUSSE
; CIRTA ;BOUSSELEM ; FOUARA ; ARZ> WAHBI.**

Le groupe A contient les variétés GTA DUR, WAHA, VITRON, SIMETO et AS, avec des moyennes maximales, varient progressivement de **1029.068 µg EAG/g de MS** à **1062.682 µg EAG/g de MS**. Alors que le groupe C présenté par la variété Wahbi marque une teneur en polyphénols égale à 895,062 µg EAG/g de MS. Les autres variétés de trois espèces présentées par les trois autres groupes avec une teneur en polyphénol intermédiaire varient progressivement de 998.204 µg EAG/g de MS à 920.090 µg EAG/g de MS.

Par la suite, le test Newman et Keuls révèle une analyse entre phases et variétés (Annexe 4 Tab. 2d), qui estime la teneur en polyphénols comme meilleur chez la variété WAHA dans la phase Gonflement avec une moyenne de 1318.69 sous le groupe A. En revanche, la variété WAHBI est enregistrée comme la plus faible dans la phase Montaison avec une valeur de 532.323 sous le groupe H.

5.2. Teneur 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).

(Y= l'absorbance, X= concentration de la solution catéchine, µg/g de MS)

La teneur en Flavonoïdes présente une divergence inter- spécifique et inter-variétale (Fig. III₁₅).

Les teneurs en Flavonoïdes présentent une relation proportionnellement inverse aux stades de développement de la plante chez la moitié des variétés, à l'exception quelques perturbations mentionnés chez l'autre moitié des variétés CIRTA, WAHBI, VITRON ARZ, AZ et SAIDA.

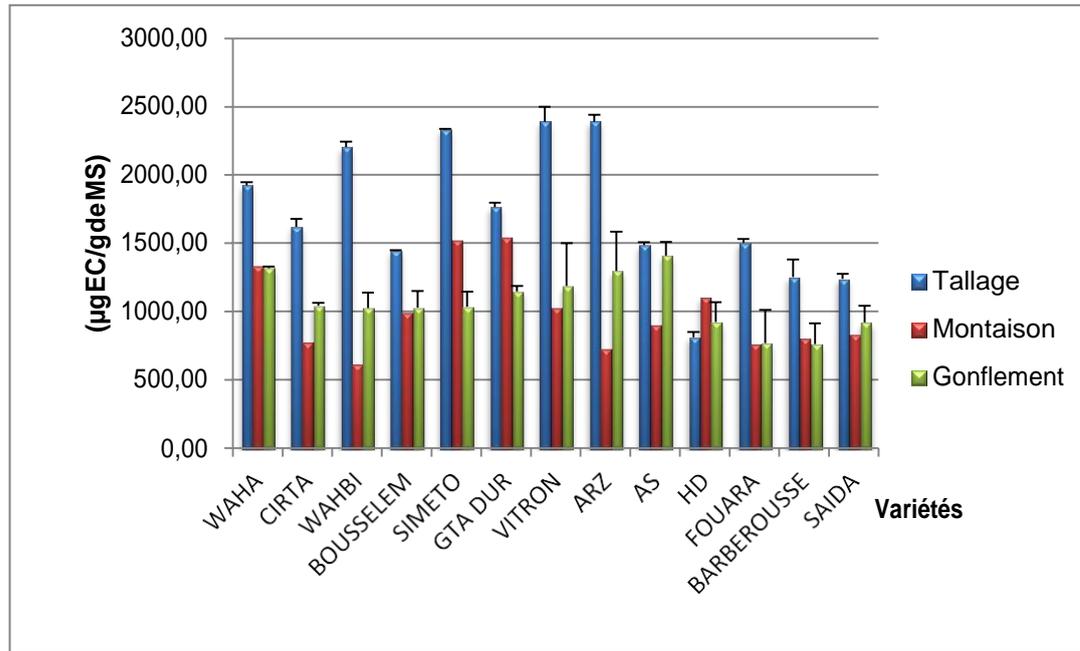


Fig. III15: Teneur en Flavonoïdes chez différentes variétés de blé et d’orge en trois phases phénologique sous des conditions climatiques naturelles.

L’analyse de la variance de la teneur en Flavonoïde (Annexe 4 Tab. 3a) montre une différence très hautement significatives entre les variétés ($F=15.530$ à $\alpha=0.0001$), entre les phases ($F=174.521$ à $\alpha=0.0001$) et pour l’interaction entre variété et phase ($F=8.360$ à $\alpha=0.0001$).

Le test N.K classe la teneur en flavonoïdes chez les trois phases en deux groupes bien distingués. Une teneur maximale est marquée en phase Tallage, et une teneur minimale est notée en phases gonflement et montaison (Annexe 4, Tab. 3b).

$$A > B \iff \text{Tall} > \text{Gon} ; \text{Mon} \iff$$

$$1720.459 \mu\text{g EC/g de MS} > 1067.557 \mu\text{g EC/g de MS} ; 996.977 \mu\text{g EC/g de MS}$$

Le même test N.K regroupe les 13 variétés en cinq groupes sans aucune distinction entre les espèces (Annexe 4, Tab. 3c).

Le groupe A contient les variétés SIMETO, VITRON, et WAHA, avec des moyennes maximales variant progressivement de $1526.67 \mu\text{g EC/g de MS}$ à $1631.34 \mu\text{g EC/g de MS}$. Alors que le groupe D présenté par les variétés BARBEROUSSE, HD, SAIDA et FOUARA enregistre des teneurs minimales en flavonoïdes, variant progressivement de $940.12 \mu\text{g EC/g de MS}$ à $1013.22 \mu\text{g EC/g de MS}$. Les autres variétés de trois espèces présentent les trois

autres groupes avec des teneurs en flavonoïdes intermédiaires varient progressivement de 998.20µg EC/g de MS à 920.09 µg EC/g de MS.

A >AB> BC >CD>D ↔

**SIMETO; VITRON; WAHA> GTA DUR; ARZ> WAHBI; AS> BOUSSELEM;
CIRTA >FOUARA, SAIDA; HD; BARBEROUSSE.**

Par la suite, le test Newman et Keuls révèle une analyse entre phases et variétés (Annexe 4 Tab. 3d), qui estime la teneur en Flavonoïdes comme meilleure chez la variété VITRON dans la phase Tallage avec une moyenne de 2389.825 µg EC/g de MS sous le groupe A. En revanche la variété Wahbi est enregistrée comme la plus faible dans la phase Montaison avec une valeur de 621,40µg EC/g de MS sous le groupe j.

5.3. Teneur des tanins

La teneur en Tanin 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, µg/ g de MS)

La teneur en Tanins présente une simple divergence inter- spécifique et une convergence inter-variétale (Fig. III₁₆). Les teneurs en Tanins présentent des perturbations entre les phases chez la totalité des variétés analysées de genre *Triticum*. La variété BOUSSELEM blé dur et les trois variétés *Hordeum*, manifestent d'une proportionnellement avec les stades de développement de la plante.

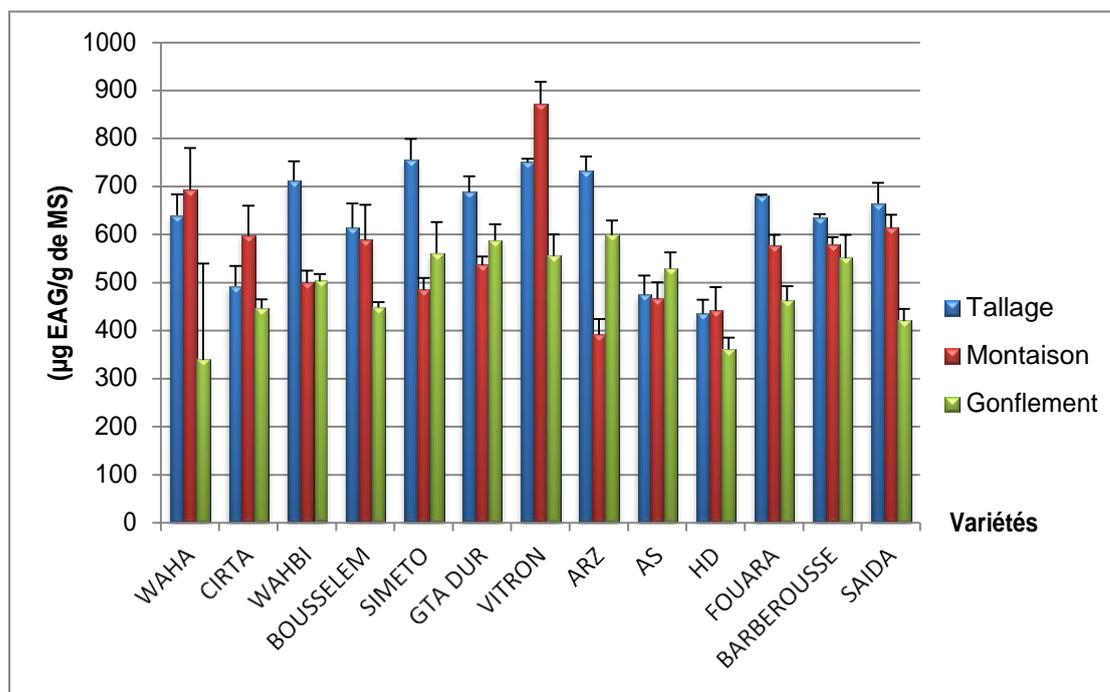


Fig. III₁₆ : Teneur en Tanins chez différentes variétés de blé et d'orge en trois phases phénologique sous des conditions climatiques naturelles.

L'analyse de la variance de la teneur en tanins (Annexe 4 Tab. 4a) montre une différence très hautement significatives entre les variétés ($F=18.371$ à $\alpha=0.0001$), entre les phases ($F=84.115$ à $\alpha=0.0001$) et pour l'interaction entre variété et phase ($F=10.836$ à $\alpha=0.0001$).

Le test N.K classe les teneurs en flavonoïdes chez les trois phases en trois groupes bien séparés. Une teneur maximale est marquée en phase Tallage, une intermédiaire marquée en montaison et une minimale affichée en phase gonflement. (Annexe 4 Tab. 3b).

A>B>C \leftrightarrow Tall > Mon > Gon \leftrightarrow

636,581 $\mu\text{g EC/g de MS}$ >564,957 $\mu\text{g EC/g de MS}$ > 489,487 $\mu\text{g EC/g de MS}$

Le même test N.K regroupe les 13 variétés en six groupes sans aucune distinction entre les espèces (Annexe 4 Tab. 4c).

Le groupe A contient la variété VITRON avec une teneur maximale en tanins de 726,296 $\mu\text{g EC/g de MS}$. Alors que le groupe E présenté par la variété HD marque une teneur minimale en tanins de 412 ,593 $\mu\text{g EC/g}$. Les autres variétés de trois espèces présentent les quatre autres groupes avec des teneurs intermédiaires en tanins, varient progressivement de 490,000 $\mu\text{g EC/g de MS}$ à 604,074 $\mu\text{g EC/g de MS}$.

A >B> BC >CD>D>E \leftrightarrow

**VITRON>GTA DUR ; SIMETO ; BARBEROUSSE >ARZ ; FOUARA
;WAHBI ; SAIDA ; WAHA ; BOUSSELEM > CIRTA>AS>HD.**

Par la suite, le test Newman et Keuls révèle une analyse entre phases et variétés (Annexe 4 Tab. 4d) qui estime la teneur en Tanins comme meilleure chez la variété VITRON dans la phase Montaison avec une moyenne de 872.22 $\mu\text{g EC/g de MS}$ sous le groupe A. en revanche la variété WAHA est enregistrée comme la plus faible dans la phase Gonflement avec une valeur de 338.89 $\mu\text{g EC/g de MS}$ sous le groupe Q.

Discussion

La teneur en polyphénols au stade gonflement présente le double de leur teneur aux deux autres stades montaison et tallage, ce qui concorde avec les travaux de **Macheix et al.,Fleuriet (1990) ; Fleuriet et Macheix, (2003)**, ce qui concordent avec nos résultats Qu'une des caractéristiques des composés phénoliques, qu'ils partagent généralement avec l'ensemble des métabolites secondaires, est de montrer une répartition très inégale chez les différentes espèces végétales et, pour une même espèce, selon la variété et le stade d'évolution physiologique.

La variation de la teneur en polyphénols chez les différentes variétés des trois espèces peut être reliée à des facteurs génétiques, structurelles ou physiologiques des céréales selon **khalfallah (2013) et Adoum (2002)**, cette variation est reliée à des facteurs génétiques, structurelles ou physiologiques des céréales.

La teneur en phénols des extraits méthanoliques de la plante dépend essentiellement de leur origine et certains facteurs intrinsèques (la génétique) et extrinsèques (conditions climatiques,

maturité à la récolte) et les différentes maladies qui peuvent affecter la plante (**Zeghad N, 2009**) ou le stress abiotique tel que le stress hydrique (**Chaib et al., 2015**).

Les composés phénoliques joueraient le rôle de donneurs d'électrons et d'un atome d'hydrogène afin de réduire le peroxyde d'hydrogène pour les scinder en H₂O et O₂ (**Castelluccio et al., 1995; Yamasaki et al., 1997**).

Conformément à notre étude, nous constatons que la teneur en polyphénols se varie notablement d'une phase à l'autre et d'une variété à une autre, ce qui concorde avec les travaux de **Chaib et al., (2015)** d'où les auteurs ont enregistré des teneurs de 6,13 et 11,92 mg/g pour le blé dur, 33,86 mg/g E AC pour le blé tendre et 19,70 mg/ EQ AC chez l'orge.

Selon HAMIDI (2013), qui a constaté d'après son étude, que dans l'extrait méthanolique la teneur en polyphénols est supérieure que celle des flavonoïdes, Par contre dans l'extrait acétonique, la teneur en polyphénols est inférieure que celle des flavonoïdes.

Par contre notre étude, nous apercevons que la teneur en flavonoïde est supérieur à celle des polyphénols.

Les tanins ont également de grandes capacités antioxydants dues à leurs noyaux phénols (**Peronny, 2005**). Elles ont la particularité d'inhiber la peroxydation des lipides, en agissant comme donneur de protons et accepteur de radicaux libres, stoppant ainsi le mécanisme d'auto oxydation (**Perret, 2001**). Les tanins hydrolysables et condensés sont 15 à 30 fois plus efficaces que les phénols simples (**Peronny, 2005**).

Selon notre étude, les valeurs de la teneur en tanin chez les variétés étudiées affirment que ces dernières ont subi un faible stress.

6. Activité antiradicalaire des polyphénols

La Fig. III₁₇ exploite le pourcentage d'inhibition des radicaux libres chez les variétés du genre *Triticum* et *Hordeum*. La plus forte inhibition est marquée par variété VITRON plus proche de l'inhibition du témoin Acide ascorbique. Les plus faibles inhibitions sont enregistrées par les deux orges BARBEROUSSE et SAIDA.

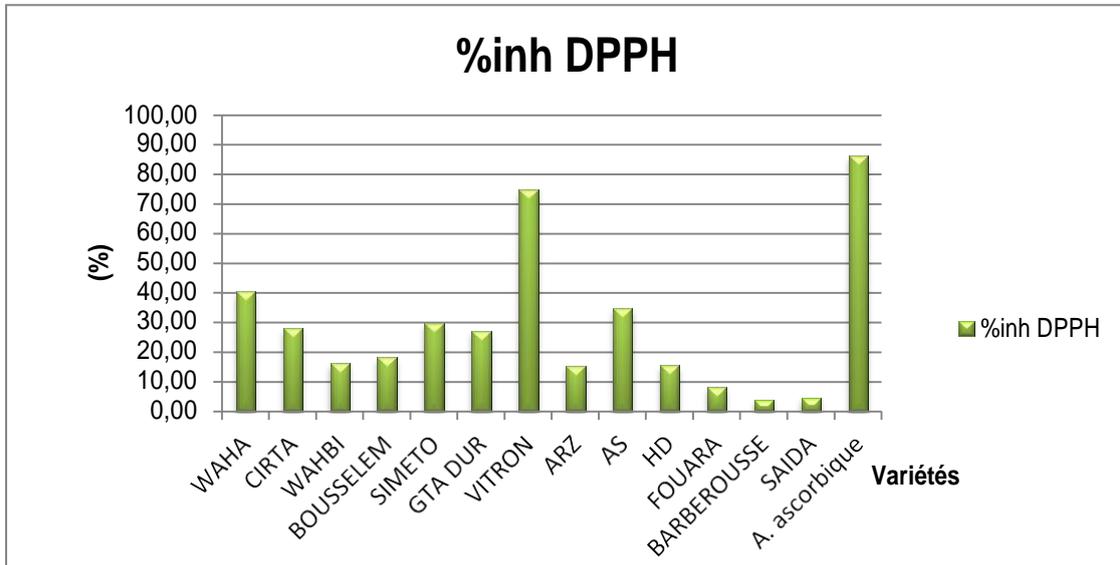


Fig. III₁₇. Pourcentage d'inhibition des différentes variétés de blé et orge étudiées sous conditions climatiques naturelles et de l'acide ascorbique vis à vis du radical libre DPPH dans la phase Montaison.

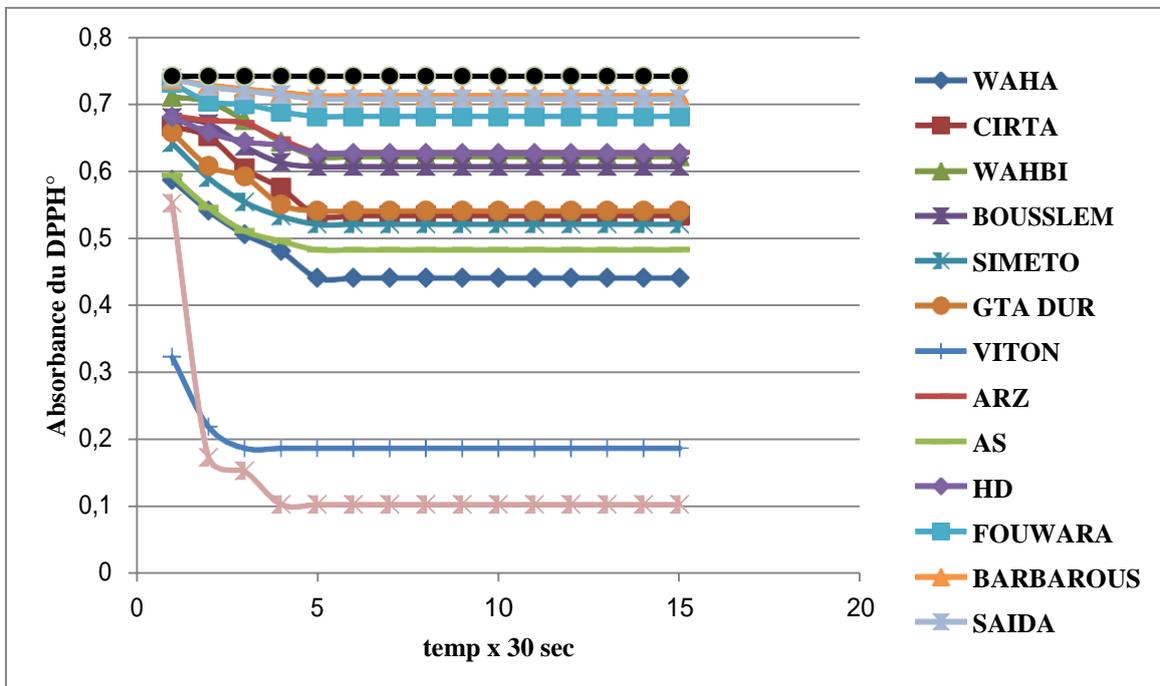


Fig. III₁₈. Cinétique de la réaction de réduction du DPPH des extraits méthanoliques des variétés étudiées sous conditions climatiques naturelles.

La Fig. III₁₇, montre le pouvoir antioxydant de variétés étudiées vis à vis du DPPH. Notons la variété Vitron avec une valeur très élevés de 74.80%, pouvoir très proche à ce celui de l'Acide ascorbique, et la variété Barbarous avec 3.91% noté comme la plus faible valeur. Le classement des variétés pour cette phase Montaison se fera par ordre décroissant, de la plus faible capacité du piègeage vers la plus forte capacité :

BARBEROUSSE < SAIDA < FOUWARA < ARZ < HD < WAHBI < BOUSSELEM < GTA DUR < CIRTA < SIMETO < WAHBI < WAHA < VITRON.

7. Activité antimicrobienne

7.1. Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne varie en fonction de la variété et des différents intervalles de temps (24h, 48h, 72h). Elle est maximale après 48h et peut augmenter un peu après 72h. La bactérie utilisée dans notre test est d'une bactérie Bactériostatique chez la majorité des extraits méthanoliques des variétés utilisées. (Fig. III₁₉, Tab. III₂)

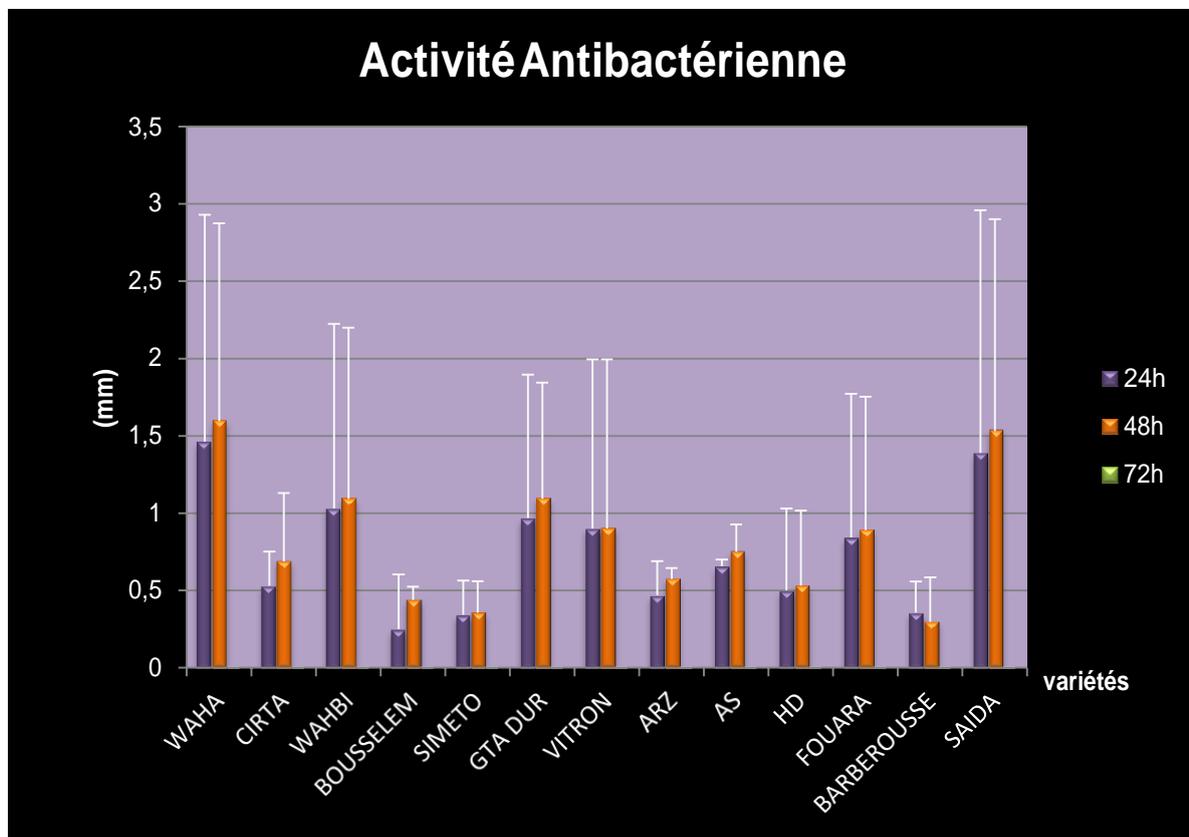


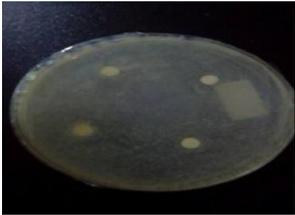
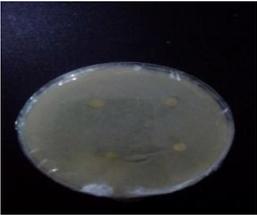
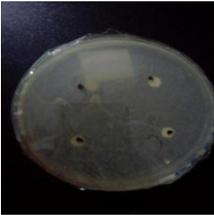
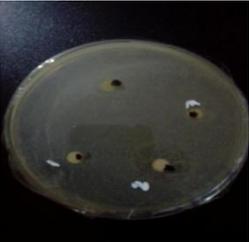
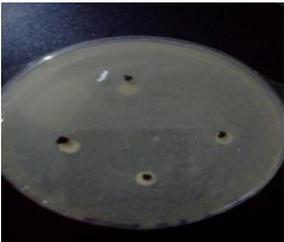
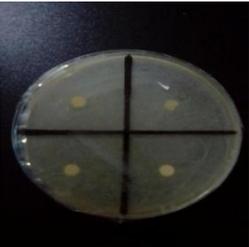
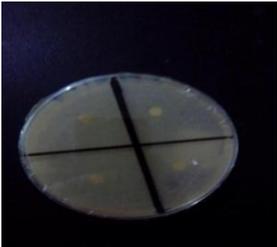
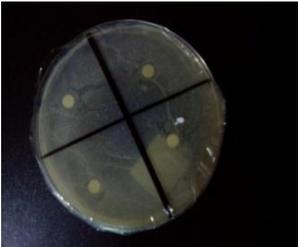
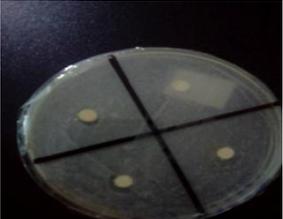
Fig. III₂₀ :Activités Antibactérienne des extraits obtenus des variétés étudiées dans la phase montaison, sous des conditions climatiques naturelles, en trois intervalles.

L'analyse de la variance entre les variétés et les intervalles de temps a révélé un effet non significatif de la l'A. Antibactérienne des variétés dans les trois intervalles de temps, ($F=0.247$ à $\alpha=1.000$). Par contre, elle a révélé un effet très hautement significatif entre les trois intervalles

de temps (24h, 48h, 72h), ($F=12.094$, $\alpha= 0.0001$), et non significatif entre les variétés ($F=0.497$, $\alpha=0.497$).

Les résultats ont été, par la suite, traités avec le test Newman et Keuls qui a révélé 3 analyses :

- Entre variétés, qui a fait ressortir un seul groupe A contenant toutes les variétés.
- Entre les intervalles d'heure, dont nous avons notés, l'activité antibactérienne aux intervalles 24h et 48h comme positive avec des moyennes de 0,826 mm et 0,747mm successivement sous le groupe A, et l'intervalle 72h avec un effet négatif sous le groupe B (fig..III₁₉).
- Entre phases et variétés, qui estime l'A. Antibactérienne comme meilleure chez la variété Waha dans l'intervalle 48h avec une moyenne de 1.59mm sous le groupe A. En revanche toutes les variétés sont enregistrées comme des valeurs nul dans l'intervalle 72h. ce qui implique que nos extrais stoppent la croissance de la bactérie.

WAHA	CIRTA	WAHBI	BOUSSELEM
			
SIMETO	GTA DUR	VITRON	
			
ARZ	AS	HD	
			
FOUARA	BARBEROUSSE	SAIDA	
			

Tab. III₂. Activités Antibactérienne des extraits de feuilles obtenus des variétés étudiées sous des conditions climatiques naturelles dans la phase montaison après 72h.

7.2. Activité Antifongique (Résultat Négatif)

Les résultats sont négatifs, par cause notre utilisation du Mulher Hilton comme milieu de culture, qui n'est pas spécifique aux champignons, mais selon certaines références que nous avons suivies, le M.H. parfois peut être un milieu de culture pour les champignons. Mais dans notre étude il nous a pas permis d'avoir des résultats crédibles, car Il y'a eu une contamination des bactéries.

Nous aurions du utiliser des milieux de cultures spécifiques aux champignons comme le PDA ou Sabouraut.

Discussion

Dans notre étude, les extraits des deux variétés WAHA blé dur, et SAIDA orge ont donné un effet inhibiteur de l'activité de la bactérie *E. coli* mieux que les autres variétés étudiés, mais ca reste un effet faible en comparant avec les résultats obtenus par **Chaib et al, (2015)**, ainsi que **Katarrzyna et ces collaborateurs (2007)** et **Harikrishna et al, (2004)** qui ont démontré l'activité antibactérienne d'un flavonoïde glycoside contre deux souches de bactéries Gram positif (*Bacillus subtilis* et *Staphylococcus albus*) et deux bactéries Gram négatif (*Escherichia coli* et *Proteus vulgaris*).

Ce faible effet antibactérien de nos variétés revient à la faible concentration des extraits qu'on a travaillé avec.

Conclusion

Conclusion

Notre étude a porté sur trois espèces céréalières, blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordum Vulgare*).

Le matériel végétal est constitué de treize variétés (sept blés durs, 3 blés tendres et 3 orges) cultivées au champ. Le travail se base sur le suivi des caractères phénologiques, morphologiques (caractères de production et d'adaptation). Une évaluation antioxydante enzymatiques (catalase, APX, GPX), et non enzymatiques (MDA, polyphénols, Flavonoïdes, Tanins) était suivie durant trois phases de cycle de vie de la plante (Tallage, montaison et gonflement), renforcé par une étude biologique antiradicalaire et antimicrobienne : antibactérienne (*E.coli*) et antifongique (*Fusarium*) des extraits de variétés de trois espèces en phase montaison.

Les résultats obtenus sur le plan phénologiques déterminent la préciosité des différentes variétés. Les six variétés de blé avec les deux orges **FOUARA** et **SAIDA** sont des variétés précoces. Cependant, les variétés de blé tendre sont des variétés semi tardives. Alors que les variétés **BOUSSELE** blé dur et **BARBEROUSSE** orge sont tardifs.

L'étude du comportement variétale sur la morphologie des céréales étudiées nous a permis de constater que chaque paramètre étudié est influencé par les conditions climatiques et le facteur génotypique.

L'ensemble des variétés marque une stabilité au niveau des talles, par ailleurs, les températures moyennes peuvent provoquer l'inhibition de l'émission des talles chez les trois variétés de blé tendre **AS**, **HD** et **ARZ**, nous déduisant suite à cette étude que ces variétés ont un pouvoir producteur élevé, revenant au tallage épis qui est en relation avec le tallage herbacé.

L'étude des caractères d'adaptations, s'appuient sur la hauteur de la plante qui est un caractère variétale qui s'affecte par les conditions climatiques, l'étude de ce caractère présente des fluctuations interspécifiques et intervariétales, dont nous avons classé **SIMETO** et **ARZ** comme variété semi naines, comparativement aux autres variétés, **SAIDA** à marquer une valeur maximale, en s'appuyant sur cet caractère nous avons réussi à indiquer que nos variétés sont résistantes au stress hydrique, et que la hauteur de la plante provoque un risque de la verse, ainsi une exposition aux agents pathogènes, par ailleurs la longueur du col épi confirme le résultat précédent.

La longueur d'épi de même caractérise les variétés de blé tendre par rapport aux autres espèces, l'**AS** a enregistré la valeur la plus élevée, ce caractère peut s'influencer par d'autres phénomènes externe qui provoquent un changement structurel de la plante.

L'étude des autres caractères nous a abouti à apercevoir la résistance ou l'adaptation aux contraintes abiotique, tel que la longueur des barbes qui a marqué des valeurs maximale et minimale entre 17,17 et 5cm respectivement.

Conclusion

Cela revient à l'effet de l'environnement et le facteur génotypique sur ses paramètres, aussi la surface foliaire indique que les variétés d'orge ont un pouvoir de résistance aux rayonnements, température et au déficit hydrique, C'est un caractère d'adaptation ou le facteur génétique est le premier responsable de ces phénomènes.

Par ailleurs, les résultats de l'activité enzymatique dévoilent que l'activité GPX se manifeste par des quantités remarquables, suivi par l'A.APX, et l'A.CAT. Ce qui explique que les variétés ont subi un stress oxydatif.

En phase montaison, les trois enzymes ont exercé une activité minimale à cause des conditions climatiques très favorables ou les variétés se comportent normales sans aucune anomalie. Par contre, une activité enzymatique antioxydante est développée au stade tallage et bien illustrée au stade gonflement.

La première revient à l'application de deux herbicides zoom et topique à faible concentration, ce qui influe sur le système antioxydant de décence de la plante.

Cette activité est plus améliorée et bien observée au stade gonflement à causes des hautes températures enregistrées à cette période.

Ces réactions illustrent la confrontation de la plante par le mécanisme du système antioxydant chez les trois espèces : les variétés WAHA, CIRTA, WAHBI, BOUSSELEM, GTA DUR, VITRON, ARZ, AS, HD, comme étant les variétés les plus sensibles, face à un stress oxydatif en phase Montaison, et juste au moment où il y'avait des fluctuations de climat.

L'analyse des activités non enzymatique, mène à enregistrer des taux remarquables de peroxydation de lipides en réponse à un stress oxydatif, donc toutes les variétés ont éprouvé une production des lipoperoxydes membranaires(MDA), durant les trois phases suivies (tallage, montaison et gonflement).

La mesure des teneurs en polyphénols a révélé des taux appréciables prouvant que les variétés ont subi un stress au cours des trois phases de cycle de développement de la plante avec des degrés variables.

En s'appuyant sur cette analyse quantitative, un complément de ce travail est réalisé en phase montaison, par l'utilisation des extraits de feuilles des variétés de trois espèces, pour valoriser l'effet de ces derniers sur quelques activités biologiques.

Nous avons noté que la variété VITRON avec une valeur très élevée marque un pouvoir antioxydant, et les variétés WAHA et SAIDA avec des effets antibactérien plus ou moins appréciable.

Références

ACHOURI I ,1985 - Fertilisation azotée et densité de peuplement d'une variété de blé dur dans la Mitidja Thèse d'INGINA .EL-Harrach 62 p.

ADJICHRISTODOULOU A ., 1987 - The effects of optimum heading date and stability on yield consistency of performance of barley and durum wheat in dry areas .j. Agric ; Sci . Camb .108: 599- 608.

Ames, B.N., Shigenaga, T.M. And Hagen, T.M., 1993. Oxidants, Antioxidants And The Degenerative Diseases Of Aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. Usa.* 90: 7915-7922.

Andrieu-Abadie N, Levade T ,Laurent G, Hatem S, Mercadier JJ(1999). La céramide à l'origine de la cardiotoxicité de la doxorubicine ? *Médecine/Sciences.*15(11) :1322 -1324.

Angelos, M.G. Kutala, V.K. Torres, C.A. He, G. Stoner, J.D. Mohammed, M. Oeranna, K. 2005. Hypic reperfusion of the ischemic heart and oxygen radical generation .*Am J Physiol Heart Circ Physiol* .Vol 290:341-347.

Aoun, M., 2009. Action Du Cadmium Sur Les Plantes De Moutarde Indienne (*Brassica Juncea* (L.) Czern) Neoformes A Partir De Couches Cellulaires Minces Et Issus De Semis. Analyses Physiologiques Et Role Des Polyamines. These De Doctorat. L'Université De Bretagne Occidentale.

Auriau P., 1978 - Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé dur. *Ann Argon d'El-Harrach.* Vol 8 N°2 ,1- 14

Bahorun, T(1998) Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius. 83-94

Bajji M., Lutts S. & Kinet J-M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.* 160 : 669 -681p.

Bammoun A., 1993. Induction de mutations morpho physiologiques chez le blé et l'orge. Utilisation pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse. *In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne (diversité génétique et amélioration variétale).* Ed. INRA France, les colloques n° 64. PP 298 –320.

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

Belaid. D, 1986 : Aspect de la céréaliculture algérienne. OPU. Alger. 126 p.

Ben Mimoune, (1994): Caractérisation physiologique et organique de huit variétés de blé tendre en vue d'une sélection dans la zone sub humide .Thèse ING Blida ,54p.

BENHAMMOU N., 2011- Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien. Thèse de Doctorat en biologie. Université Aboubakr Belkaid, Tlemcen. Algérie. 113 p.

Benhamou Et Al., 1997, Benzothiadiazole-Mediated Induced Resistance To Fusarium Oxysporum F. Sp. Radicis-Lycopersici In Tomato, Plant Physiol. (1998) 118: 1203–1212.

Benkolli M et Bouzeghaia B., (2016). Etude biochimique de dix variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sous l'effet d'un stress oxydatif généré par un stress hydrique. Mémoire. Université. Mentouri. Constantine. P : 1-5-23

Benmahammed A., 1996. Association et héritabilités de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*hordeum vulgare* L.). Thèse de magister, INA, El Harrach. 80 p

Bennaceur M., Chorfi M., Rahmoune C., ElJaafri S. et Opaul R., 1997 : Potentialités de production de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au Magreb. Rev. Sci. Technol. Univ. Constantine, n°8, 69-74.

Blum A., 1996: Crop responses to drought and interpretation of adaptation .Plant Growth Regulation, 20: 135-148.

Boizot, N. Et Charpentier, J. P., 2006. Méthode Rapide D'évaluation Du Contenu En Composés Phénoliques Des Organes D'un Arbre Forestier. Méthodes Et Outils Pour D'observation Et L'évaluation Des Milieux Forestiers, Prairiaux Et Aquatiques, *Inra*, 79-82.

Boscolo, P.R.S., Menossi, M. And Jorge, R.A. (2003) Aluminum Induced Oxidative Stress In Maize. *Phytochemistry*, 62, 181-189.

Bouchoukh I., (2010). Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.

Boudersa N., 2018, laboratoire de biochimie, université constantine 1. (non publié).

Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S. 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie.

Boudjouraf, Bouchakout, bouchamaet Benyaani , 2018, laboratoire de biochimie université mentouri constantine, (non publié).

Boyd B, Ford .C, Koepke .M.C, Gary. K, Horn .E, McAnalley .S, McAnalley.B., 2003, *Glycoscience & Nutrition* in mémoire de magister Université des Sciences de la Nature et de la Vie Ferhat Abbas, Sétif

Boyer J. S. 1982. *Plant productivity and environment. Sci*, New series. 218: 443 - 448 p.

Brands-Williams, W., Cuvelier, M. E. And Berset, C., 1995. Use Of Free Radical Method To Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm-Wiss. Technol* 18: 25-30.

Brisson N., Delacolle R., 1993. Utilisation des modèles mécanistes de culture comme outils de raisonnement de la composante génétique de la résistance à la sécheresse. *In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne (diversité génétique et amélioration variétale)*. Ed. INRA France, les colloques n° 64. PP 187 – 190.

Anonyme, Bulletin Des Variétés De Cereales Autogames, Centre National De Controle Et De Certification Des Semences Et Plants, Edition 2015,Elharache, Alger.

Chantret J.C., Cheftel H., Jessika B., (2005). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments.V1. *Tec & Doc*. Paris .Lavoisier : 381 p.

Chaves MM, Flexas J et Pinheiro C. 2008. «Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to oeil». *Ann Bot (Lond)* doi: 10.1 093/aob/mcn12S.

Chenafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A. et Saci A. 2006. Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. *Asian Journal plant Science.*, 5: 854-860. (Braun, p « Diagnostique des accidents du blé dur »Ed.Lavoisier,2005,105p

Cillard J, Cillard P (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des antioxydations. *OCL*.13 (1) : 24-29 .

Clément-Grandcourt M, et Parts j1971, « les céréales ».J B –Baillère et fils.,351p

Cornic G. &Fresneau C. 2002. Photosynthetic carbon reduction and carbon oxidation cycles are the main electron sinks for photosystem II activity during a mild drought. *Ann. Bot.* 89: 887- 894 p

Couvreur F Et Robert D,1993 « L'époque De Semis Conditionne La Densité».Perspectives Agricoles. ITCF.N°183-Septembre,Pp8-12.

Crowe J.H., Hoekstra F.A. &Crowe L.M. 1992. Anhydrobiosis. . *physiol.* 54.579-599 p.

Dakheel A. J., Nasi I., Mahalakshmi V. et Peacock J. M. 1993. Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* 34.*Physiology of varieties* 307- 297.

DESCEEMAEKER K., 2004. Nutri- &Phytothérapie: développements récents. Ed. Garant: 4151

Dixon R. &Paiva N. L. 1995. Stress - induced phenylpropanoid metabolism. *The plant cell* .7: 1085 - 1097 p

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

Dubcovsky J., Dvorak J. (2007). Genome Plasticity a Key Factor in the Success of Polyploid Wheat Under Domestication. *Science* 316 [Issue 5833], pp 1862.

Dvorak, J. (1998). Genome analysis in the *Triticum-Aegilops* alliance. In: Proc. 9th inters. Wheat Genet. Symp., Saskatchewan, Canada 2-7 August 1998. pp: 8-11.

Ehdaie.B, Allosh.G.A et Waines.J.G., 2008 «Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat ». *Field Crops Research* 106, pp34-43

El-Hakimi, 1995 - Sélection sur la base physiologique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse du blé.

El-Sayyad H I, Ismail M F, Shalaby FM, Abou-El-Magd RF, Gaur R L, Fernando A, Raj MHG, Ouhtit A (2009) Histopathological effects of cisplatin, doxorubicin and 5-fluorouracil (5-FU) on the liver of male albino rats. *International Journal of Biological Sciences*:5(5):466-473.

Favier, A. (2003). Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Review*. *L'actualité chimique*, novembre, pp : 108-115

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

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.

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.

Gate P., Bouthier A., Casabianca H., Deleens E., 1993. Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In *tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne (diversité génétique et amélioration variétale)*. Ed. INRA France, les colloques n° 64. PP 61 – 73.

Gate P., Bouthier A., Casabianca 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 et Couvreur, F 1993, « le gel constitue-t-il un risque important ? » perspectives agricoles, n°178-mars, pp 46-82.

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

GHESTEM A., SEGUIN E., PARIS M., ORECCHIONI A.M., 2001- Le préparateur en Pharmacie. 2ème ed. Ed. Tec et Doc, Paris. France. 275p

Ghettouche R., 1990 -Contribution a l'identification des caractères morpho - physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum drums* Desf.).Diplôme d'agronomie approfondie.

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

Gitte P., Seberg O., Yde M., Berthelsen K. (2006). Phylogenetic relationships of Triticum and Aegilops and evidence for the origin of the A, B, and D genomes of common wheat (*Triticumaestivum*).Molecular Phylogenetics and Evolution, 39: 70-82.

Google, 2018

Hadjichristodoulou A., 1993. Barley genotypes satisfying different needs in Drylands, Marginal lands and uncultivated Areas.*In the agrometeorology of Rainfed Barley- based Farming systems*. Proceedings of an International symposium (6 – 10 march 1989, Tunis). Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D. PP 233 – 243.

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

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

Hansen, C. E., Del Olmo, M. And Burric., 1998. Enzyme Activities In Cocoa Beans During Fermentation. *J. Sci. Food Agric* 77: 273-281.

Hazmoune T. 2000. Etude comparée de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (*Triticumdurum*Desf.). *1er Symposium International sur la filière blé*. Enjeux et Stratégie du 07 au 09 fev. Alger. P 181-185

Hemingway RW, Lak PE (1992). Plant poly phénols : synthesis, properties, significance. Plenum Press, New York. P 639-690

Henry, Y., B uyser, J.(2000).L'origine du blé. Pour la Science,Hors-série.26 :60-62.

Hernandez J A & Almansa M S (2002). Short-Term Effects Of Salt Stress On Antioxidant Systems And Leaf Water Relations Of Pea Leaves. *Physiologia Plantarum* 115: 251-257

Hideo Yamasaki, Yasuko Sakihama, And Norikatsu Lkehara, Flavonoid-Peroxidase Reaction As A Detoxification Mechanism Of Plant Cells Against H₂O₂, Laboratory Of Cell And Functional Biology, College Of Science, University Of The Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-01, Japan

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

Hiner, A., Ruiz, J., Lopez, J. N., Arnao, M. B., Raven, E. L., Canovas, F. G. And Ascota, M., 2002. Kinetic Study Of The Ascorbate-Peroxidase By Hydrogen Peroxide. *Biochem. J* 348: 321-328.

Hirt,H Et Shinozaki,K, 2003«Plant Responses To Abiotic Stress ».Ed.Springer-Verlag Berlin Heidelberg.Topics In Current Genetics,Vol.4, ,320p

I.N.P.V, 2018, Constantine

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

Jonard .P, 1964 : étude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Annal de l'amélioration des plantes*, pp101-130.

Julkunen-Titto, R., 1985. Phenolic Constituents In The Leaves Of Northern Willows: Methods For The Analysis Of Certain Phenolics. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry* 33: 213-217.

KAMRA D.N., AGARWAL N., CHAUDHARY L.C., 2006. Inhibition of ruminalmethanogenesis by tropical plants containing secondary compounds.*International Congress Series.* Vol. (1293) : 156–163

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

Khalfallah (2013) Et **Adoum** (2002), « In :Bara Et Hamadou,2017, L'étude Phytochimique Des Feuilles De Ble Dur (Triticum Durum) Des Deux Varietes Waha Et Vitron Et L'évolution De Leur Activite Antioxydante, Master Biochimie Moleculaire Et Sante, Constantine.

KHANBABAE K., REE T.R., 2001- Tannins:Classification and Defenition.*Journal of Royal Society of Chemistry.* Vol. (18): 641-649

KHANBABAE K., REE T.R., 2001- Tannins:Classification and Defenition.*Journal of Royal Society of Chemistry.* Vol. (18): 641-649.

KHENAKA K., 2011- Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles sur la méthanogénèseruminale chez l'ovin. Thèse de Magister En Microbiologie Appliquée. Université Mentouri- Constantine. Algérie. 81p.

Kouidri S.L., 1999. Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques lignées d'orge (*Hordeumvulgare*L.). Thèse d'ingénieur. INA, El-Harrach. 73 p.

- Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., Abdelly, C.,** 2007. Salinity Effects On Polyphenol Content And Antioxidant Activities In Leaves Of The Halophyte *Cakile Maritime*. *Plant Physiology And Biochemistry* 45: 244-249
- Kumar R.G. &Dubey R.S.** 1999. Glutamine synthetase isoforms from rice seedlings: effects of stress on enzyme activity and the protective roles of osmolytes. *J Plant Physiol.* 155: 118 - 121 p.
- Levitt J.** 1982. Responses of plants to environmental stresses.*Academic Press*. New York San Francisco – London: 607p.
- M.Iqbal. Nafees A.Khan.,**2017.EnzymaticAntioxydant in Reactive Oxygen Species And Antioxidant Systems In Plants: Role And Regulation Under Abiotic Stress.library of congress control.number:2017948012.singapore.p39
- Macheix, J.J., Fleuriet, A Et Billot, J .**1990. Fruit Phenolics, Crc Press, Boca Roton. In : Les Polyphenols En Agroalimentaire Sarni-Manchado P, Cheynier V.2006., Tec Et Doc Lavoisier-Paris.
- Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. et JanardhanReddy K.** 2006. Printed in the Netherlands.*Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants.Springer:* 1-14 p
- Maggio A., Bressan R.A., Hasegawa P.M. &Locy R.D.** 1997.Moderately increased constitutive proline does not alter osmotic stress tolerance. *PhysiologiaPlantarum.* 101 : 240 - 246 p.
- MAKKAR H.P.S.** 2003- Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research.* Vol. (49) : 241-256.
- MANGAN J. L.** 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds.*Nutr. Res. Rev.* Vol. (1) : 209-231
- Manivannan, P., C.A. Jaleel, R. Somasundaram And R. Panneerselvam,** 2008. Osmoregulation And Antioxidant Metabolism In Drought Stressed *Helianthus Annuus* Under Triadimefon Drenching. *Comp. Rend. Biol.,* 331: 418–425.
- Maski et al .**(1998) . Differential rol of catalase and glutation peroxidase in cultured human fibroblasts undes exposure of H₂O₂ or ultra violet B light *Arch .Dermotol, Médecine-Sciences.* Flammarion; 209(3) : 113
- Matkowski, A. And Piotrowska, M.,** 2006. Antioxidant And Free Radical Scavenging Activities Of Some Medicinal Plants From The Lamiaceae. *Fitoterapia* 77: 346-353.
- Mckey J.** (1968). Species relations in *Triticum*.*Proc.2nd International Wheat Genetic symposium.Hereditas*2, 237-276.

MCSWEENEY C.S., PALMER B., MCNEILL D.M. and KRAUSE D.O., 2001- Microbial interaction with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. (91): 83-93.

Mekhlouf., Bourerzourre, A H. benmahammed, A., hadjSahraoui., A. ET HARKATI, n, 2006 «Adaptation des varieties de blédur (triticum durum Desf.) au climat semi aride » ; 17(4).pp507-13.

Mittler R., Vanderauwera S., Gollery M., Van Breusegem F2004. :Reactive oxygen gene network of plants .*Trends plant Sci* ,9,p497.

Monsuez J-J.(2009) Complications cardiaques des chimiothérapies anticancéreuses : aspects cliniques. *La Lettre du Cardiologue*. 421 : 16-20

Morales, F. J. And Jimenez-Perez, S., 2001. Free Radical Scavenging Capacity Of Maillard Reaction Products As Related To Colour And Fluorescence. *Food Chem* 72: 119-125.

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

Murray ; Bender ; Bothan ; Kennly ; Rodwell ; wiel . (2013). Biochimie de Harper 5 édition. DeBoech supérieure s.a Paris ;p : 561

Nabila souilah.2009.diversité de 13 genotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de Blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Etude Des Caractéristiques De Production Et D'adaptation. Magister. Biologie végétale. Mentouri Constantine.

Niemenak, N., Rohsius, C., Elwers, S., Ndoumou, D. O. And Lieberei, R., 2006. Comparative Study Of Different Cocoa (*Theobroma Cacao* L.) Clones In Terms Of Their Phenolics And Anthocyanins Contents. *J. Food Comp. Analysis* 19: 612–619.

Nor Hanimah Hamidi, 2013 Enzymatic Depolymerization Of Lignin By Laccases, University Of Nottingham, United Kingdom.

Nouri L., Ykhlef N. & Djekoun A. 2002. Ajustement osmotique et comportement hydrique chez certaines variétés de blé dur : relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire' IIIème journées Scientifiques sur le blé'. (éd). Univ. Mentouri. Constantine.

P. Debaeke, J. Puech, M. L. Casal, 1998 «Elaboration Du Rendement Du Blé D'hiver En Conditions De Déficit Hydrique. L. Etude En Lysimètres» *Revue Agronomie*, 16(1), Volume 16, ,Pp3-23.

Patrick B., Jean L., Et Michel S. (1988). Bactériologie : Les Bactéries Des Infections Humaines. 1er Ed Médecine –Sciences Flammarion. Paris. P :100-108-274.

Peronny S. 2005. La Perception Gustative Et La Consommation Des Tannins Chez Le Maki (*Lemur Catta*). These De Doctorat, Museum National D'histoire Naturelle, Paris, P. 12.

Price, M. L., Van Scoyoc, S. And Butler, L. G., 1978. A Critical Evaluation Of The Vanillin Reaction As An Assay For Tannin In Sorghum Grain, *J. Agric. Food Chem* 26: 1214-1218.

Priti K, 2003«Plant Responses To Heat “Stress”.Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.2003Topics In Current Genetics,Vol.4, , 73p-103p

Ribereau-Gayon, J. And Peynaud, E. (1968) Les Composes Phenoliques Des Vegetaux, Traite D'oenologie. Edition Dunod, Paris.

Samir Bouraine.2011.Effet De L'environnement Sur Les Paramètres Agronomiques Et Technologiques De Quelques Variétés De Blé Dur. Magister. Amélioration Des Production Végétales. Université De Saad Dahleb De BLIDA.

Sarrafi A., Mentewab A., Monneveux P., 1993. Variabilité génétique de la fluorescence chlorophyllienne chez des haploïdes doubles d'orge et son utilisation dans la sélection pour la résistance au stress hydrique. *In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne (diversité génétique et amélioration variétale)*. Ed. INRA, les colloques n° 64. PP 397 – 402.

Scandalios, J.G. (2005) Oxidative Stress: Molecular Perception And Transduction Of Signals Triggering Antioxidant Gene Defences. *Brazilian Journal Of Medical And Biological Research*, 38, 995-1014. Doi:10.1590/S0100-879x2005000700003.

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

Simon,H,Codccioni,P Et Le Coeur,X1989,« produire des céréales la pailles ».Lavoisier, 333p

Singleton, V.L. And Rossi, J. A., 1965. Colorimetry Of Total Phenolics With Phosphomolybdic Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal Of Ecology And Viticulture* 16: 144-158.

SLAMA,A.,Bensalem,M.,BenNaceur,M et Zid ezzidine.,2005 « les céréales en Tunisie :production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance » ;16(3),pp 225-229.

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

Soltner., 2007,les bases de la production végétales

Souahi H. 2016, Evalutaion De La Toxicite Des Xenobiotiques (Sekator Et Zoom) Sur Des Cultures Cerealieres : *Triticum Durum* Et *Triticum Aestivum*, Doctorat Science, Universite Badji Mokhtar – Annaba, 196 P.

Steven. P., Rachel. C., Martha. E., Paul. H., Jane. S., Et Peter W.J. (2004).*Microbiology Of Waterborne Diseases. Ed Elsevier Academic Press. P :71-132.*

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 p.

TANGUY M., 2009. Antioxydants Première partie : Les antioxydants dans l'alimentation . Médecine. Vol 5 (6):256-260.

Taylor J ., 1994, «Plante Tolerant La Sechresse ».Ed.La Maison Rustique 192p

Anonyme, Thèse de Doctorat en biologie. Université Aboubakr Belkaïd, Tlemcen. Algérie. 113 p.

TOUSSANT B., 2008. Oxygène et stress oxydants, Faculté de Médecine de Greenble (UJF), Université Jose Ph. Furier : 19p.

Van Oosterom E.J., Acevedo E., 1992. Adaptation of barley (*Hordeum vulgare* L.) to harsh mediterranean environments. *Euphytica* 62, Kluwer Academic publishers (Netherlands). PP 15 -27.

Van oosterom.EJ, Ceccarelli.S, Peacock.JM. « yield response of bareley to rainfall and temperature in Mediterranean environment». *J Agric Sci (Cambridge)* 1993; 121: pp 304-313.

Von Bothmer R., Seberg O., Jacobsen N., 1992. Genetic resources in Triticeae. *Hereditas* 116. PP 141 - 150.

Wardlaw I. F., Dawson I. A. et Munibi P. M. 1989. Tolerance of wheat to hight temperature during reproductive stage. *Australian Journal research* 46: 15-24.

YAO L.H., JIANG Y.M., SHI J., TOMAS-BARBERAN F.A., DATTA N., SINGANUSONG R., Chen S.S., 2004- Flavonoids in Food and their health benefits. *Plant. Food Hum. Nutr.* Vol (59) : 113-122.

Yasmina Lounes, Amina Guerfi. 2010. Comportement Agronomique De 27 Nouvelle Variété De Blé Dur En Vue De Leur Inscription Au Catalogue Officiel National. Ingéniorat. Mouloud Mammeri Tizi Ouzou

Ykhlef N. & Djekoun A. 2000. Adaptation photosynthétique et résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) : Analyse de la variabilité génotypique. Option Méditerranéennes. Série A. 40 : 327 -330 p.

Zbinden S, Bühlmann M, Aebi S, Suter M T, 2010, Effets indésirables cardiovasculaires du traitement médicamenteux moderne du cancer. *Forum Med Suisse.* 10(8) : 143-147.

Zeghad Nadia, 2009, Etude Du Contenu Polyphenolique De Deux Plantes Medicinales D'interet Economique (*Thymus Vulgaris*, *Rosmarinus Officinalis*) Et Evaluation De Leur Activite Antibacterienne, Magister (Ecole Doctorale) Option : Biotechnologie Vegetale, Constantine.

Zhishen, J., Mengcheng, T. And Jianming, W., 1999. The Determination Of Flavonoid Contents In Mulberry And Their Scavenging Effects On Superoxide Radicals. *Food Chemistry* 64 (4): 555- 559.

Zielinski, H., 2000. Antioxidant Activity And Total Phenolics In Selected Cereal Grains And Their Different Morphological Fractions. *J. Agric. Food Chem* 48: 2008-2016.

commons.wikimédia.org

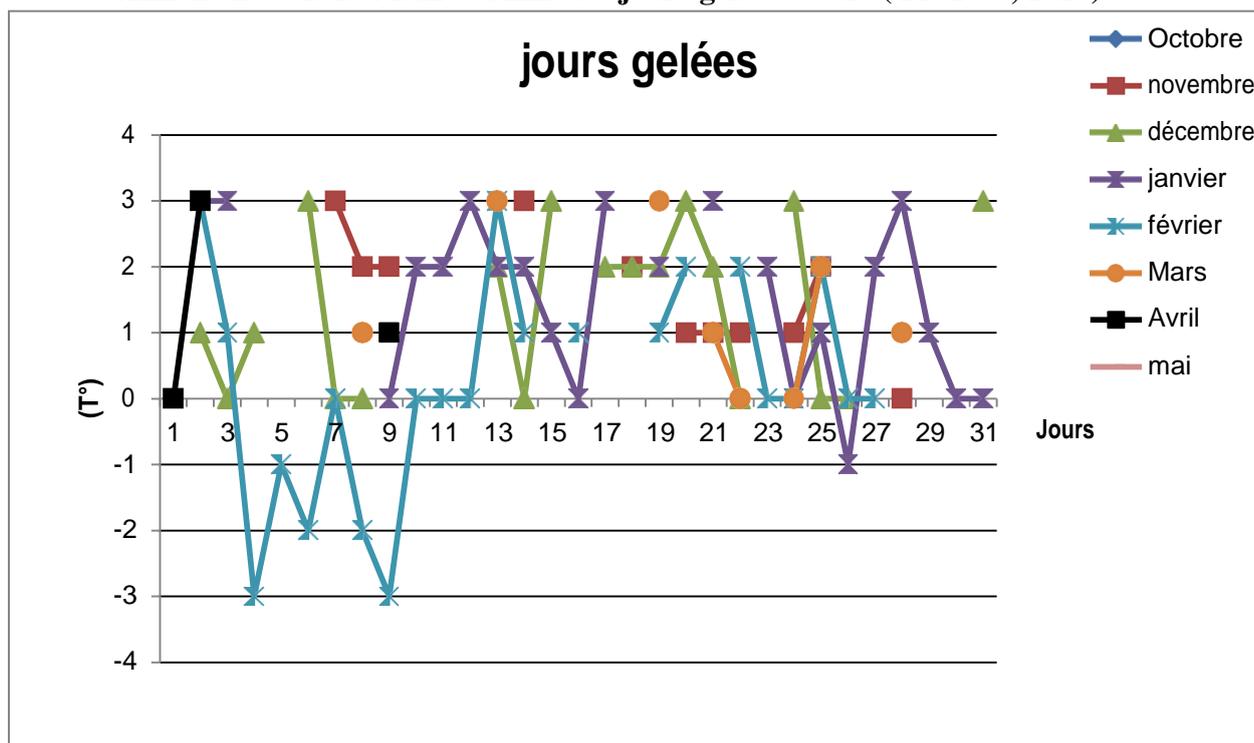
<https://www.syngenta.fr/agriculture-durable/reglementation/dossierbbch/article/echelle-bbch-cereales>

www.aquaportail.com/definition-5212-gaz-a-effet-de-serre.html

www.google.2018

Annexe

Annexe Tab. 1. T° Maxi et Mini. des jours gelées/ Jours (I.N.P.V., 2018).



Annexe 1 Tab. 1: les stades phénologiques chez différentes variétés de blé dur, blé tendre et orge sous des conditions climatiques naturels.

variétés	Semi -Levée	Semi - Tallage	Semi- Montaison	Semi - Gonflement	Semi - Epiaison	Semi- Floraison
WAHA	25,00	70,00	98,00	109,00	113,00	124,00
CIRTA	21,00	66,00	105,00	105,00	109,00	120,00
WAHBI	21,00	66,00	94,00	105,00	109,00	120,00
BOUSSELEM	21,00	66,00	94,00	115,00	131,00	145,00
SIMETO	18,00	70,00	98,00	109,00	113,00	124,00
GTA DUR	18,00	70,00	98,00	109,00	113,00	124,00
VITRON	18,00	70,00	98,00	109,00	113,00	124,00
ARZ	18,00	71,00	99,00	110,00	114,00	125,00
AS	18,00	71,00	99,00	115,00	119,00	130,00
HD	21,00	75,00	103,00	114,00	118,00	129,00
FOUWARA	18,00	79,00	102,00	109,00	111,00	113,00
BARBEROUSSE	18,00	91,00	119,00	130,00	133,00	135,00
SAIDA	15,00	77,00	100,00	108,00	111,00	113,00

Annexe 2 Tab. 1a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	77,231	6,436	2,731	0,002

Annexe 2 Tab. 1b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
BOUSSLEM	4,083	A		
GTA dur	3,583	A	B	
CIRTA	3,417	A	B	C
VITRON	3,333	A	B	C
waha	3,250	A	B	C
ARZ	2,917	A	B	C
Fouwara	2,833	A	B	C
Barbarous	2,833	A	B	C
simeto	2,417	A	B	C
Saida	2,250	A	B	C
wahbi	2,083	A	B	C
AS	2,000		B	C
HD	1,500			C

Annexe 2 Tab. 2a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	16478,695	1373,225	55,915	< 0,0001

Annexe 2 Tab. 2b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Saida	119,167	A
HD	108,333	B
AS	103,625	C
Fouwara	100,667	C
Barbarous	100,167	C
BOUSSLEM	92,333	D
waha	92,333	D
wahbi	91,875	D
ARZ	90,750	D
CIRTA	90,500	D
GTA dur	86,808	D
VITRON	82,000	E
simeto	81,517	E

Annexe 2 Tab. 3a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	512,848	42,737	49,605	< 0,0001

Annexe 2 Tab. 3b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
AS	12,292	A
HD	10,000	B
Fouwara	7,000	C
GTA dur	6,917	C D
ARZ	6,750	C D
waha	6,667	C D
Saida	6,458	C D
wahbi	6,342	C D
CIRTA	6,333	C D
VITRON	6,250	C D
BOUSSLEM	6,000	C D
Barbarous	5,833	C D
simeto	5,717	D

Annexe 2 Tab. 4a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	2378.790	198.233	119.338	< 0,0001

Annexe 2 Tab. 4b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements			
waha	17,167	A			
BOUSSLEM	16,333	A	B		
VITRON	16,000	A	B		
GTA dur	15,692		B		
Barbarous	15,333		B	C	
CIRTA	14,417		C	D	
wahbi	14,208		C	D	
simeto	13,542			D	E
Saida	12,750				E
Fouwara	9,917				F
ARZ	6,750				G
AS	6,208				G
HD	5,833				G

Annexe 2 Tab. 5a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	33524,228	2793,686	213,830	< 0,0001

Annexe 2 Tab. 5b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
AS	60,708	A		
HD	59,375	A		
ARZ	55,042	B		
Fouwara	41,583	C		
wahbi	41,408	C		
GTA dur	39,800	C		
simeto	36,367		D	
Barbarous	35,292		D	
Saida	35,208		D	
CIRTA	23,083			E
BOUSSLEM	19,500			F
waha	16,417			F
VITRON	16,333			F

Annexe 2 Tab. 6a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	3706,184	308,849	57,903	< 0,0001

Annexe 2 Tab. 6b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements			
BOUSSELEM	36,393	A			
WAHA	35,363	A			
AS	34,290	A	B		
GTA DUR	31,917	A	B	C	
CIRTA	31,563	A	B	C	
WAHBI	29,303		B	C	D
VITRON	28,140			C	D
SIMETO	25,403				D
ARZ	19,713				E
HD	19,387				E
FOUARA	13,377				F
SAIDA	7,730				G
BARBAROUS	7,640				G

Annexe 3 Tab. 1a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	0,243	0,020	1,727	0,088
phase	2	1,811	0,905	77,154	< 0,0001
variété*phase	24	0,711	0,030	2,524	0,003

Annexe 3.1b

Modalités	Moyenne	Regroupements
Gon	0,323	A
Mon	0,054	B
Tall	0,024	B

Annexe 3 Tab. 1c

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
GTA DUR	0,285	A
VITRON	0,264	A
HD	0,221	A B
WAHBI	0,213	A B
WAHA	0,186	A B
BOUSSELEM	0,161	A B
AS	0,158	A B
ARZ	0,148	A B
BARBAROUS	0,123	A B
CIRTA	0,102	A B
SAIDA	0,093	A B
FOUARA	0,090	A B
SIMETO	0,045	B

Annexe 3 Tab. 1d

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements					
variété-GTA DUR*phase-Gon	0,624	A					
variété-VITRON*phase-Gon	0,544	A	B				
variété-HD*phase-Gon	0,503	A	B	C			
variété-WAHBI*phase-Gon	0,451	A	B	C	D		
variété-WAHA*phase-Gon	0,398	A	B	C	D	E	
variété-AS*phase-Gon	0,332		B	C	D	E	F
variété-BOUSSELEM*phase-Gon	0,327		B	C	D	E	F
variété-BARBAROUS*phase-Gon	0,256			C	D	E	F
variété-ARZ*phase-Gon	0,233			C	D	E	F
variété-CIRTA*phase-Gon	0,215				D	E	F
variété-FOUARA*phase-Gon	0,151					E	F
variété-SAIDA*phase-Mon	0,129					E	F
variété-ARZ*phase-Mon	0,125					E	F
variété-SAIDA*phase-Gon	0,114					E	F
variété-VITRON*phase-Mon	0,093					E	F
variété-BOUSSELEM*phase-Mon	0,068					E	F
variété-FOUARA*phase-Mon	0,057					E	F
variété-SIMETO*phase-Mon	0,050					E	F
variété-SIMETO*phase-Gon	0,050						F
variété-GTA DUR*phase-Mon	0,044						F
variété-WAHBI*phase-Mon	0,043						F
variété-ARZ*phase-Tall	0,043						F
variété-AS*phase-Tall	0,035						F
variété-FOUARA*phase-Tall	0,033						F
variété-BARBAROUS*phase-Tall	0,033						F
variété-SIMETO*phase-Tall	0,030						F
variété-WAHA*phase-Tall	0,030						F
variété-WAHBI*phase-Tall	0,025						F
variété-WAHA*phase-Mon	0,025						F
variété-SAIDA*phase-Tall	0,024						F
variété-AS*phase-Mon	0,020						F
variété-CIRTA*phase-Mon	0,019						F
variété-GTA DUR*phase-Tall	0,018						F
variété-CIRTA*phase-Tall	0,016						F
variété-HD*phase-Mon	0,014						F
variété-VITRON*phase-Tall	0,013						F
variété-BARBAROUS*phase-Mon	0,013						F
variété-HD*phase-Tall	0,007						F
variété-BOUSSELEM*phase-Tall	0,005						F

(Annexe 3 Tab. 2a)

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	80,533	6,711	1,082	0,394
phase	2	720,955	360,477	58,121	< 0,0001
variété*phase	24	152,888	6,370	1,027	0,453

(Annexe 3 Tab. 2b)

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Gon	6,734	A
Mon	1,742	B
Tall	0,508	B

(Annexe 3 Tab. 2c)

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
SAIDA	5,751	A
FOUARA	4,966	A
CIRTA	4,739	A
HD	4,132	A
BARBAROUS	4,035	A
WAHA	3,893	A
BOUSSELEM	3,791	A
GTA DUR	2,856	A
WAHBI	2,850	A
VITRON	2,659	A
AS	2,589	A
SIMETO	2,186	A
ARZ	1,426	A

(Annexe 3 Tab. 2d)

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
variété-FOUARA*phase-Gon	10,909	A		
variété-SAIDA*phase-Gon	10,593	A	B	
variété-CIRTA*phase-Gon	9,841	A	B	
variété-HD*phase-Gon	8,190	A	B	C
variété-WAHA*phase-Gon	7,596	A	B	C
variété-BOUSSELEM*phase-Gon	7,378	A	B	C
variété-BARBAROUS*phase-Gon	6,858	A	B	C
variété-WAHBI*phase-Gon	5,273	A	B	C
variété-GTA DUR*phase-Gon	5,227	A	B	C
variété-VITRON*phase-Gon	5,054	A	B	C
variété-AS*phase-Gon	4,749	A	B	C
variété-SAIDA*phase-Mon	4,008	A	B	C
variété-SIMETO*phase-Gon	3,648		B	C
variété-BARBAROUS*phase-Mon	2,972		B	C
variété-ARZ*phase-Gon	2,225			C
variété-WAHBI*phase-Mon	1,899			C
variété-AS*phase-Mon	1,761			C
variété-WAHA*phase-Mon	1,628			C
variété-SIMETO*phase-Mon	1,520			C
variété-ARZ*phase-Mon	1,518			C
variété-CIRTA*phase-Mon	1,464			C
variété-GTA DUR*phase-Mon	1,441			C
variété-HD*phase-Mon	1,401			C
variété-BOUSSELEM*phase-Tall	1,292			C
variété-VITRON*phase-Mon	1,243			C
variété-BOUSSELEM*phase-Mon	0,909			C
variété-FOUARA*phase-Mon	0,878			C
variété-BARBAROUS*phase-Tall	0,864			C
variété-HD*phase-Tall	0,777			C
variété-GTA DUR*phase-Tall	0,715			C
variété-SIMETO*phase-Tall	0,661			C
variété-WAHA*phase-Tall	0,603			C
variété-VITRON*phase-Tall	0,481			C
variété-CIRTA*phase-Tall	0,359			C
variété-SAIDA*phase-Tall	0,232			C
variété-AS*phase-Tall	0,177			C
variété-WAHBI*phase-Tall	0,168			C
variété-FOUARA*phase-Tall	0,139			C
variété-ARZ*phase-Tall	0,135			C

Annexe 3 Tab. 3a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	95120,625	7926,719	5,179	<0,0001
phase	2	306118,029	153059,015	100,000	<0,0001
variété*phase	24	218788,130	9116,172	5,956	<0,0001

Annexe 3 Tab. 3b

Modalités	Moyenne	Regroupements
Gon	123,405	A
Mon	11,837	B
Tall	1,141	B

Annexe 3 Tab. 3c

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
VITRON	131,926	A
WAHBI	119,028	A
GTA DUR	108,570	A B
BOUSSELEM	87,983	A B C
HD	62,676	B C D
WAHA	58,196	B C D
AS	49,921	B C D
ARZ	47,969	B C D
CIRTA	38,833	C D
SAIDA	8,807	D
FOUARA	7,977	D
BARBAROUS	7,020	D
SIMETO	6,841	D

Annexe 3 Tab. 3d

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
variété-VITRON*phase-Gon	299,517	A	
variété-WAHBI*phase-Gon	266,229	A B	
variété-GTA DUR*phase-Gon	245,069	A B	
variété-BOUSSELEM*phase-Gon	198,483	B C	
variété-HD*phase-Gon	139,657	C D	
variété-WAHA*phase-Gon	131,065	C D	
variété-AS*phase-Gon	107,591	D	E
variété-ARZ*phase-Gon	99,527	D	E
variété-CIRTA*phase-Gon	81,448	D	E
variété-BARBAROUS*phase-Mon	17,628	D	E
variété-ARZ*phase-Mon	16,411	D	E
variété-WAHBI*phase-Mon	14,454	D	E
variété-CIRTA*phase-Mon	13,507	D	E
variété-SAIDA*phase-Gon	13,116		E
variété-AS*phase-Mon	12,949		E
variété-VITRON*phase-Mon	12,410		E
variété-GTA DUR*phase-Mon	12,309		E
variété-FOUARA*phase-Mon	12,137		E
variété-FOUARA*phase-Gon	10,470		E
variété-BOUSSELEM*phase-Mon	9,645		E
variété-SIMETO*phase-Mon	9,369		E
variété-HD*phase-Mon	9,301		E
variété-SIMETO*phase-Gon	7,595		E
variété-SAIDA*phase-Mon	7,272		E
variété-WAHA*phase-Mon	6,493		E
variété-BARBAROUS*phase-Gon	4,496		E
variété-SAIDA*phase-Tall	3,878		E
variété-SIMETO*phase-Tall	3,181		E
variété-WAHBI*phase-Tall	2,801		E
variété-ARZ*phase-Tall	2,190		E
variété-WAHA*phase-Tall	0,594		E
variété-HD*phase-Tall	0,578		E
variété-BOUSSELEM*phase-Tall	0,573		E
variété-AS*phase-Tall	0,388		E
variété-CIRTA*phase-Tall	0,236		E
variété-BARBAROUS*phase-Tall	0,199		E
variété-GTA DUR*phase-Tall	0,085		E
variété-FOUARA*phase-Tall	0,076		E
variété-VITRON*phase-Tall	0,055		E

Annexe 4 Tab. 1a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	5,548	0,462	3,827	0,000
phase	2	46,120	23,060	190,875	< 0,0001
variété*phase	24	12,042	0,502	4,153	< 0,0001

Annexe 4 Tab. 1b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Gon	2,272	A
Mon	2,231	A
Tall	0,680	B

Annexe 4 Tab. 1 c

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
BARBAROUS	2,293	A
FOUARA	2,214	A B
WAHA	2,058	A B C
SIMETO	1,869	A B C
CIRTA	1,813	A B C
BOUSSELEM	1,793	A B C
VITRON	1,749	A B C
GTA DUR	1,664	B C
SAIDA	1,650	B C
HD	1,611	B C
WAHBI	1,592	B C
AS	1,590	B C
ARZ	1,574	C

Annexe 4 Tab. 1 d

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
variété-FOUARA*phase-Mon	3,750	A
variété-BARBAROUS*phase-Mon	3,347	A B
variété-WAHA*phase-Mon	3,347	A B
variété-BOUSSELEM*phase-Gon	2,720	B C
variété-BARBAROUS*phase-Gon	2,688	B C
variété-CIRTA*phase-Gon	2,484	B C D
variété-GTA DUR*phase-Gon	2,441	B C D
variété-SIMETO*phase-Gon	2,435	B C D
variété-SAIDA*phase-Mon	2,298	B C D
variété-FOUARA*phase-Gon	2,296	B C D
variété-VITRON*phase-Gon	2,296	B C D
variété-SIMETO*phase-Mon	2,194	B C D E
variété-AS*phase-Gon	2,167	C D E
variété-WAHA*phase-Gon	2,134	C D E
variété-WAHBI*phase-Gon	2,059	C D E
variété-VITRON*phase-Mon	2,048	C D E
variété-ARZ*phase-Gon	2,038	C D E
variété-CIRTA*phase-Mon	2,008	C D E
variété-HD*phase-Mon	2,000	C D E
variété-HD*phase-Gon	1,952	C D E
variété-SAIDA*phase-Gon	1,823	C D E
variété-WAHBI*phase-Mon	1,758	C D E F
variété-BOUSSELEM*phase-Mon	1,677	C D E F
variété-AS*phase-Mon	1,613	C D E F
variété-ARZ*phase-Mon	1,492	D E F
variété-GTA DUR*phase-Mon	1,468	D E F
variété-ARZ*phase-Tall	0,960	E F
variété-SAIDA*phase-Tall	0,742	F
variété-WAHBI*phase-Tall	0,726	F
variété-HD*phase-Tall	0,710	F
variété-AS*phase-Tall	0,702	F
variété-SIMETO*phase-Tall	0,694	F
variété-GTA DUR*phase-Tall	0,694	F
variété-WAHA*phase-Tall	0,653	F
variété-BARBAROUS*phase-Tall	0,645	F
variété-VITRON*phase-Tall	0,629	F
variété-CIRTA*phase-Tall	0,613	F
variété-FOUARA*phase-Tall	0,556	F
variété-BOUSSELEM*phase-Tall	0,516	F

Annexe 4 Tab. 2a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	387691,244	32307,604	9,596	< 0,0001
phase	2	4901518,426	2450759,213	727,961	< 0,0001
variété*phase	24	711137,709	29630,738	8,801	< 0,0001

Annexe 4 Tab. 2b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Gon	1269,270	A
Tall	854,027	B
Mon	818,337	C

Annexe 4 Tab. 2c

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
GTA DUR	1062,682	A
WAHA	1055,275	A
VITRON	1044,164	A
SIMETO	1043,266	A
AS	1029,068	A
SAIDA	998,204	A B
HD	954,770	B C
BARBAROUS	953,086	B C
CIRTA	941,470	B C
BOUSSELEM	927,609	B C
FOUARA	922,334	B C
ARZ	920,090	B C
WAHBI	895,062	C

Annexe 4 Tab. 2d

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
variété-WAHA*phase-Gon	1318,687	A
variété- AS*phase-Gon	1311,111	A
variété-GTA DUR*phase-Gon	1308,586	A
variété-VITRON*phase-Gon	1281,313	A
variété-SAIDA*phase-Gon	1279,798	A
variété-CIRTA*phase-Gon	1276,263	A
variété-ARZ*phase-Gon	1272,727	A
variété-BOUSSELEM*phase-Gon	1267,677	A
variété-BARBAROUS*phase-Gon	1246,465	A
variété-HD*phase-Gon	1242,424	A
variété-WAHBI*phase-Gon	1241,414	A
variété-SIMETO*phase-Gon	1228,788	A
variété-FOUARA*phase-Gon	1225,253	A
variété-WAHA*phase-Mon	964,983	B
variété-SIMETO*phase-Mon	955,556	B
variété-GTA DUR*phase-Tall	954,545	B
variété-SAIDA*phase-Mon	950,842	B
variété-SIMETO*phase-Tall	945,455	B
variété-VITRON*phase-Tall	942,088	B
variété-HD*phase-Mon	925,253	B C
variété-GTA DUR*phase-Mon	924,916	B C
variété- AS*phase-Mon	916,498	B C
variété-WAHBI*phase-Tall	911,448	B C
variété-VITRON*phase-Mon	909,091	B C
variété-ARZ*phase-Tall	888,552	B C D
variété-WAHA*phase-Tall	882,155	B C D
variété-BOUSSELEM*phase-Tall	863,973	B C D
variété- AS*phase-Tall	859,596	B C D
variété-CIRTA*phase-Tall	858,586	B C D
variété-BARBAROUS*phase-Mon	813,468	B C D E
variété-FOUARA*phase-Mon	805,724	B C D E
variété-BARBAROUS*phase-Tall	799,327	B C D E
variété-SAIDA*phase-Tall	763,973	C D E F
variété-FOUARA*phase-Tall	736,027	D E F
variété-HD*phase-Tall	696,633	E F G
variété-CIRTA*phase-Mon	689,562	E F G
variété-BOUSSELEM*phase-Mon	651,178	F G
variété-ARZ*phase-Mon	598,990	G H
variété-WAHBI*phase-Mon	532,323	H

Annexe 4 Tab. 3a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Variété	12	6626487,203	552207,267	15,530	< 0,0001
Phase	2	12410941,591	6205470,796	174,521	< 0,0001
variété*phase	24	7133798,328	297241,597	8,360	< 0,0001

Annexe 4 Tab. 3b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Tall	1720,459	A
Gon	1067,557	B
Mon	996,977	B

Annexe 4 Tab. 3c

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
SIMETO	1631,345	A
VITRON	1536,023	A
WAHA	1526,667	A
GTA DUR	1485,146	A B
ARZ	1472,865	A B
WAHBI	1283,977	B C
AS	1266,433	B C
BOUSSELEM	1155,906	C D
CIRTA	1146,550	C D
FOUARA	1013,216	D
SAIDA	997,427	D
HD	945,965	D
BARBAROUS	940,117	D

Annexe 4 Tab. 3d

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
variété-VITRON*phase-Tall	2389,825	A	
variété-ARZ*phase-Tall	2389,825	A	
variété-SIMETO*phase-Tall	2331,930	A	
variété-WAHBI*phase-Tall	2203,860	A	B
variété-WAHA*phase-Tall	1924,912		B C
variété-GTA DUR*phase-Tall	1765,263		C D
variété-CIRTA*phase-Tall	1621,404		C D E
variété-GTA DUR*phase-Mon	1542,456		C D E F
variété-SIMETO*phase-Mon	1524,912		C D E F
variété-FOUARA*phase-Tall	1503,860		C D E F
variété- AS*phase-Tall	1486,316		C D E F
variété-BOUSSELEM*phase-Tall	1445,965		C D E F G
variété- AS*phase-Gon	1410,877		D E F G
variété-WAHA*phase-Mon	1335,439		D E F G H
variété-WAHA*phase-Gon	1319,649		D E F G H
variété-ARZ*phase-Gon	1298,596		D E F G H I
variété-BARBAROUS*phase-Tall	1252,982		D E F G H I
variété-SAIDA*phase-Tall	1238,947		E F G H I
variété-VITRON*phase-Gon	1188,070		E F G H I J
variété-GTA DUR*phase-Gon	1147,719		E F G H I J
variété-HD*phase-Mon	1102,105		E F G H I J
variété-CIRTA*phase-Gon	1042,456		F G H I J
variété-SIMETO*phase-Gon	1037,193		F G H I J
variété-VITRON*phase-Mon	1030,175		F G H I J
variété-BOUSSELEM*phase-Gon	1028,421		F G H I J
variété-WAHBI*phase-Gon	1026,667		F G H I J
variété-BOUSSELEM*phase-Mon	993,333		F G H I J
variété-HD*phase-Gon	924,912		G H I J
variété-SAIDA*phase-Gon	921,404		G H I J
variété- AS*phase-Mon	902,105		G H I J
variété-SAIDA*phase-Mon	831,930		H I J
variété-HD*phase-Tall	810,877		H I J
variété-BARBAROUS*phase-Mon	805,614		H I J
variété-CIRTA*phase-Mon	775,789		H I J
variété-FOUARA*phase-Gon	770,526		H I J
variété-FOUARA*phase-Mon	765,263		H I J
variété-BARBAROUS*phase-Gon	761,754		H I J
variété-ARZ*phase-Mon	730,175		I J
variété-WAHBI*phase-Mon	621,404		J

Annexe 4 Tab. 4a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	553020,893	46085,074	18,371	<0,0001
phase	2	422010,826	211005,413	84,115	<0,0001
variété*phase	24	652376,828	27182,368	10,836	<0,0001

Annexe 4 Tab. 4b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
Tall	636,581	A
Mon	564,957	B
Gon	489,487	C

Annexe 4 Tab. 4c

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenn e	Regroupement s
VITRON	726,296	A
GTA DUR	604,074	B
SIMETO	600,741	B
BARBAROUS	588,519	B
ARZ	574,444	B C
FOUARA	572,963	B C
WAHBI	571,481	B C
SAIDA	566,296	B C
WAHA	557,407	B C
BOUSSELEM	550,741	B C
CIRTA	512,222	C D
AS	490,000	D
HD	412,593	E

Annexe 4 Tab. 4d

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
variété-VITRON*phase-Mon	872,222	A
variété-SIMETO*phase-Tall	755,556	B
variété-VITRON*phase-Tall	751,111	B
variété-ARZ*phase-Tall	732,222	B C
variété-WAHBI*phase-Tall	712,222	B C D
variété-WAHA*phase-Mon	693,333	B C D E
variété-GTA DUR*phase-Tall	687,778	B C D E
variété-FOUARA*phase-Tall	680,000	B C D E F
variété-SAIDA*phase-Tall	664,444	B C D E F G
variété-WAHA*phase-Tall	640,000	B C D E F G H
variété-BARBAROUS*phase-Tall	635,556	B C D E F G H I
variété-BOUSSELEM*phase-Tall	614,444	C D E F G H I J
variété-SAIDA*phase-Mon	614,444	C D E F G H I J
variété-ARZ*phase-Gon	598,889	C D E F G H I J K variété-
CIRTA*phase-Mon	597,778	C D E F G H I J K variété-
BOUSSELEM*phase-Mon	588,889	D E F G H I J K L
variété-GTA DUR*phase-Gon	587,778	D E F G H I J K L
variété-BARBAROUS*phase-Mon	578,889	D E F G H I J K L M
variété-FOUARA*phase-Mon	576,667	D E F G H I J K L M
variété-SIMETO*phase-Gon	561,111	E F G H I J K L M N variété-
VITRON*phase-Gon	555,556	E F G H I J K L M N variété-
BARBAROUS*phase-Gon	551,111	E F G H I J K L M N variété-
GTA DUR*phase-Mon	536,667	F G H I J K L M N
variété-AS*phase-Gon	528,889	G H I J K L M N O
variété-WAHBI*phase-Gon	502,222	H I J K L M N O P
variété-WAHBI*phase-Mon	500,000	H I J K L M N O P
variété-CIRTA*phase-Tall	492,222	I J K L M N O P
variété-SIMETO*phase-Mon	485,556	J K L M N O P
variété-AS*phase-Tall	474,444	J K L M N O P Q
variété-AS*phase-Mon	466,667	J K L M N O P Q
variété-FOUARA*phase-Gon	462,222	K L M N O P Q
variété-BOUSSELEM*phase-Gon	448,889	L M N O P Q
variété-CIRTA*phase-Gon	446,667	L M N O P Q
variété-HD*phase-Mon	441,111	L M N O P Q
variété-HD*phase-Tall	435,556	M N O P Q
variété-SAIDA*phase-Gon	420,000	N O P Q
variété-ARZ*phase-Mon	392,222	O P Q
variété-HD*phase-Gon	361,111	P Q
variété-WAHA*phase-Gon	338,889	Q

Annexe 5 Tab. 1a

Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
variété	12	5,169	0,431	0,965	0,497
heurs	2	10,797	5,399	12,094	< 0,0001
variété*heurs	24	2,646	0,110	0,247	1,000

Annexe 5 Tab. 1b

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
WAHA	1,019	A
SAIDA	0,974	A
WAHBI	0,708	A
GTA DUR	0,688	A
VITRON	0,600	A
FOUARA	0,578	A
AS	0,469	A
CIRTA	0,406	A
ARZ	0,348	A
HD	0,344	A
SIMETO	0,233	A
BOUSSELEM	0,229	A
BARBAROUS	0,219	A

Annexe 5 Tab. 1c

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
48h	0,826	A
24h	0,747	A
72h	0,000	B

Annexe 5 Tab. 1d

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
variété-WAHA*heurs-48h	1,594	A
variété-SAIDA*heurs-48h	1,531	A
variété-WAHA*heurs-24h	1,463	A
variété-SAIDA*heurs-24h	1,390	A
variété-WAHBI*heurs-48h	1,094	A
variété-GTA DUR*heurs-48h	1,094	A
variété-WAHBI*heurs-24h	1,031	A
variété-GTA DUR*heurs-24h	0,969	A
variété-VITRON*heurs-48h	0,900	A
variété-VITRON*heurs-24h	0,900	A
variété-FOUARA*heurs-48h	0,890	A
variété-FOUARA*heurs-24h	0,844	A
variété-AS*heurs-48h	0,750	A
variété-CIRTA*heurs-48h	0,688	A
variété-AS*heurs-24h	0,656	A
variété-ARZ*heurs-48h	0,575	A
variété-HD*heurs-48h	0,531	A
variété-CIRTA*heurs-24h	0,531	A
variété-HD*heurs-24h	0,500	A
variété-ARZ*heurs-24h	0,469	A
variété-BOUSSELEM*heurs-48h	0,438	A
variété-BARBAROUS*heurs-24h	0,359	A
variété-SIMETO*heurs-48h	0,356	A
variété-SIMETO*heurs-24h	0,344	A
variété-BARBAROUS*heurs-48h	0,298	A
variété-BOUSSELEM*heurs-24h	0,250	A
variété-SAIDA*heurs-72h	0,000	A
variété-BARBAROUS*heurs-72h	0,000	A
variété-FOUARA*heurs-72h	0,000	A
variété-HD*heurs-72h	0,000	A
variété-AS*heurs-72h	0,000	A
variété-ARZ*heurs-72h	0,000	A
variété-VITRON*heurs-72h	0,000	A
variété-GTA DUR*heurs-72h	0,000	A
variété-SIMETO*heurs-72h	0,000	A
variété-BOUSSELEM*heurs-72h	0,000	A
variété-WAHBI*heurs-72h	0,000	A
variété-CIRTA*heurs-72h	0,000	A
variété-WAHA*heurs-72h	0,000	A

Annexe 4.

Tab. 1a : Matrice de corrélation Activité enzymatique Blé dur

Tallage			
	CAT	APX	GPX
CAT	1	-0,530	0,615
APX	-0,530	1	-0,268
GPX	0,615	-0,268	1

Montaison			
	CAT	APX	GPX
CAT	1	-0,570	0,092
APX	-0,570	1	0,215
GPX	0,092	0,215	1

Gonflement			
	CAT	APX	GPX
CAT	1	-0,236	0,863
APX	-0,236	1	-0,349
GPX	0,863	-0,349	1

Tab2. Matrice de corrélation Activité enzymatique Blé tendre

Matrice de corrélation : Tallage			
	CAT	APX	GPX
CAT	1	-0,988	0,599
APX	-0,988	1	-0,467
GPX	0,599	-0,467	1

Matrice de corrélation : Montaison			
	CAT	APX	GPX
CAT	1	-0,151	0,882
APX	-0,151	1	0,333
GPX	0,882	0,333	1

Matrice de corrélation : Gonflement			
	CAT	APX	GPX
CAT	1	0,998	0,984
APX	0,998	1	0,970
GPX	0,984	0,970	1

Tab 3. Matrice de corrélation de L'activité enzymatique chez l'orge

Matrice de corrélation : Tallage

	CAT	APX	GPX
CAT	1	0,387	-1,000
APX	0,387	1	-0,369
GPX	-1,000	-0,369	1

Matrice de corrélation : Montaison

	CAT	APX	GPX
CAT	1	0,454	-0,985
APX	0,454	1	-0,292
GPX	-0,985	-0,292	1

Matrice de corrélation : Gonflement

	CAT	APX	GPX
CAT	1	-0,949	-0,999
APX	-0,949	1	0,931
GPX	-0,999	0,931	1

Phase 1

Blé Dur



Blé Tendre



Orge



Phase 2

Blé Dur



Blé Tendre



Orge



Phase 3

Blé dur



Blé Tendre



Orge



**Intitulé : Etude comparative de la variabilité interspécifique :
morpho-phénologique et évaluation de l'activité antioxydante et
l'activité biologique chez
Triticum durum, *Triticum aestivum* et *Hordeum vulgare***

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en biodiversité et
amélioration des plantes

RESUME :

Notre étude a porté sur trois espèces céréalières, blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum*) et orge (*Hordeum Vulgare*) cultivées à la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures El Khroub. Le matériel végétal est constitué d'une collection de sept blés durs, 3 blés tendres et 3 orges cultivées au champ. Le travail se base sur le suivi des caractères phénologiques, morphologiques. Une évaluation antioxydant enzymatiques (catalase, APX, GPX), et non enzymatiques (MDA, polyphénols, Flavonoïdes, Tanins) était suivie durant trois phases de cycle de vie de la plante (Tallage, montaison et gonflement), renforcé par une étude biologique anti-radicalaire et antimicrobienne : antibactérienne (*E.coli*) et antifongique (*Fusarium*) des extraits de variétés de trois espèces en phase montaison. Les résultats obtenus sur le plan phénologiques à la phase floraison, déterminent la préciosité des différentes variétés. Les six variétés de blé avec les deux orges Fouara et Saida sont des variétés précoces. Cependant, les variétés de blé tendre sont des variétés semi tardives. Alors que les variétés Bousseleme blé dur et Barbarousse orge sont tardives. L'étude du comportement variétale sur la morphologie des céréales étudiées nous a permis de constater que chaque paramètre étudié est influencé par les conditions climatiques et le facteur génétique. Par ailleurs, les résultats de l'activité enzymatique dévoilent que l'activité GPX se manifeste par des quantités remarquables, suivi par l'A.APX, et l'A.CAT. Ce qui explique que les variétés ont subi un stress oxydatif. L'analyse des activités non enzymatique, mène à enregistrer des taux remarquables de peroxydation de lipides en réponse à un stress oxydatif durant les trois phases suivies. La mesure des teneurs en polyphénols a révélé des taux appréciables prouvant que les variétés ont subi un stress au cours des trois phases de cycle de développement de la plante avec des degrés variables. Les extraits des variétés de trois espèces en phase montaison, ont marqué chez la variété Vitron une valeur très élevée du pouvoir antioxydant. Alors que, les extraits des deux variétés Waha et Saida ont exercée des effets antibactériens plus ou moins appréciables. Les résultats antifongiques sont négatifs.

Mots clés : *Triticum*, *Hordeum*, phénologique, morphologique, Activité enzymatique, non enzymatique, activité antioxydante, activité antibactérienne.

Laboratoire de recherche : Biochimie

Jury d'évaluation :

Président du jury : Dr.BAAZIZ N. (MCA- UFM Constantine)

Rapporteur : Dr. CHAIB G. (MCA-UFM Constantine)

Co-encadreur : Mr.SAKHRI M^{ed} ELHADI (DG-ITGC EL Khroub)

Examineur : Dr. BOUCHOUKH I. (MAA- UFM Constantine).

Date de soutenance : 25 juin 2018