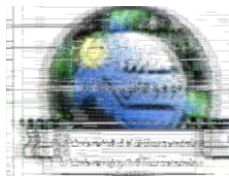


2République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministre de l'Enseignement Supérieure de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Université de M'Hamed Bougara, Boumerdes
جامعة احمد بوقرة- بومرداس

Faculté de Sciences,
Département de Biologie



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de
Master académique en biologie
Spécialité : Ecologie, Biodiversité, Evolution, Conservation.

Thème :

**Effet des rayons ultraviolets-B et de la température sur les divers
processus physiologiques du blé dur « *Triticum durum* »**

Soutenu publiquement le 04/07/2016

Présenté par :

- ❖ Makedhi Hakima
- ❖ Sali Hadjer

Devant le jury :

M ^{me} Benhabiles K.	MAB	UMBB	Présidente
M ^r Latreche Kh.	MCB	UMBB	Promoteur
M ^r Bellout Y.	MAA	UMBB	Examineur

Promotion 2015/2016

Remerciement

- ✿ *Avant tout chose, nous remercions le Dieu, le tout puissant, pour nos avoir donnée la force et la patience.*
- ✿ *A l'issue de ce travail, nous tenons à exprimer nos profonds reconnaissances et nos respect à nos familles en témoignage leurs encouragement et leurs sacrifice durant toutes nos années d'études.*
- ✿ *Nous remercions également à Mr Latreche Kh. Maître de conférence au département de biologie d'avoir accepté de nos encadrées et dirigées, ainsi que pour tous ses conseils et orientations et sa patience.*
- ✿ *Nos remerciements vont également à M^m Benhebiles K. Maître-assistant au département biologie de nos avoir fait l'honneur de présider le jury.*
- ✿ *Nous remercions aussi notre enseignant Mr Bellout Y. Maître-assistant au département biologique à d'avoir accepté et pris le temps d'examiner ce document.*
- ✿ *Nos sincères remerciements à chef de spécialité t Ecologie Mr Amghar. Maître de conférence au département biologie avoir fait l'honneur de nous encourager à admettre cette spécialité.*
- ✿ *Nous remercions chaleureusement toutes les techniciennes nos laboratoires biologique : M^m Loundja. Ingénieure de laboratoire d'Ecologie, M^m Fatima technicienne de laboratoire et M^{lle} Kamilia technicienne de laboratoire biochimie.*
- ✿ *Nous tenons aussi un grand remerciement à Mr Kadi A. Chef de département de physique à de nous aider dans notre recherche ainsi que M^m Azzoug L. enseignante au département biologie.*
- ✿ *Nos remerciements vont aussi à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation.*
- ✿ *Nous adressons également nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail.*

A cœur vaillant rien d'impossible
A conscience tranquille tout est accessible
Quand il y a la soif d'apprendre
Tout vient à point à qui sait attendre
Quand il y a le souci de réaliser un dessein
Tout devient facile pour arriver à nos fins
Malgré les obstacles qui s'opposent
En dépit des difficultés qui s'interposent
Les études sont avant tout
Notre unique et seul atout
Ils représentent la lumière de notre existence
L'étoile brillante de notre réjouissance
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal
Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal
Espérant des lendemains épiques
Un avenir glorieux et magique
Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri
Aujourd'hui, ici rassemblés auprès des jurys,
Nous prions dieu que cette soutenance
Fera signe de persévérance
Et que nous serions enchantés
Par notre travail honoré

« Nous dédions cette thèse à ...? »

*A mes très chères parents Khoukha et Said,
Affables, honorables, aimables : Vous représentez 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.*

*Vos prières et vos bénédictions m'ont été d'un grand secours pour
mener à bien mes études.*

*A mon très cher mari Hachimi, ma vie à ta coté est remplie de
belles surprises. Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel, ta
gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de
réussir mes études. Sans ton aide, tes conseils et tes
encouragements ce travail n'aurait vu le jour.*

*A mes très chers frères qui me sont les pères et les mères, les mots
ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et
l'affection que je porte pour vous.*

*A mes très chères sœurs, En témoignage de l'attachement, de
l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous remercie
pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère
A tous les membres de ma famille, petits et grands
Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon
affection.*

*A mes chères amies : à ma binome Hadjer, Tizi, Sissi, Wafa,
Rahma, Naoul, Nour, Meriam, Fatima, Fairouz, Mellilia,
Karima , Razika et Aicha.*

*A toute la promotion d'écologie, Je ne peux trouver les mots justes
et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous
êtes pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui je peux compter.*

Hakima

A mes très chères parents Taous et Bouaza

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Vos prières et vos bénédictions m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

*A mes très chers frères, mes anges gardiens : Abd rahmen, Abd nour et Ayoub , surtout mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse oncle Lakhdar
Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

A mes très chères sœurs : Inas, Soussou, Hiba, Hamida et Rima, vous êtes toujours dans mon cœur. Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère.

*A toute ma famille de grands à petits et surtout :
A mes grands-mères et mon grand-père, qui ont tant sacrifiés pour nous et à mes cousins et mes oncles*

A mes très chères amies, à ma binome Hakima, ma copine de chambre Khadidja, Khaira, Zahra, Yasmine, Rama, Zahia, Farida, Tizi, Sissi, Wafa, Rahma, Naoul, Nour, Meriam, Fatima, Karima et Razika.

A toute la promotion d'écologie, je vous remercie tous les membres un par un, les hommes et les femmes.

Hadjer

Liste des figures et des tableaux

Figures

Figure 1. Le trou de la couche d’ozone.....	2
Figure 2 . Spectre électromagnétique	2
Figure 3. Le blé en coupe longitudinale et entier.....	6
Figure 4. Les différentes phases de développement du blé dur.....	9
Figure 5. Répartition de la production de céréales dans le monde, en 2008.....	12
Figure 6. Répartition de la superficie emblavée en 2008 en Algérie.....	13
Figure 7. Le blé dur.....	16
Figure 8. Chambre UV (modèle Haier) munie d’un émetteur des rayonnements UV-B.....	18
Figure 9. La courbe étalon des sucres solubles.....	21
Figure 10. La courbe d’étalonnage des protéines.....	23
Figure11. La courbe étalon de la proline.....	22
Figure 12. Le début de la germination.....	23
Figure 13. La germination du blé en condition normal.....	23
Figure 14. La germination du blé en condition normal.....	24
Figure 15. La croissance des plantules du blé à la température ambiante en fonction des jours.....	24
Figure 16. Germination du blé à différentes températures en fonction des jours.....	25
Figure 17. Germination du blé sous UV en fonction des jours.....	26
Figure 18 : la croissance du <i>Triticum durum</i> . (A) Témoin, sous UV-B (B à une dose de 12h) et (C à une dose de 24h).....	26
Figure 19. Variation des teneurs relatives en eau (RWC %) dans les feuilles du blé dur exposées à des doses croissantes en UV-B.....	27
Figure 20. Variation des teneurs en pigments photosynthétiques.	29
Figure 21. Variation des teneurs en caroténoïdes en fonction de la durée d’exposition aux UV-B.....	30
Figure 22. Variation des rapports : (A) <i>Chl.a</i> / <i>Chl.b</i> et (B) <i>Chl/Car</i> en fonction de la durée d’exposition aux UV-B.....	30
Figure 23. Variation des teneurs en sucres solubles (mg/g) en fonction de la durée d’exposition aux UV-B.....	31
Figure 24. Variation des teneurs en protéines (mg/g) en fonction de la durée d’exposition aux UV-B.....	32
Figure 25 : Variation des teneurs en prolines (mg/g) en fonction de la durée d’exposition aux UV-B.....	32

Tableau

Tableau 1 : les constituants chimiques du blé.....	7
Tableau 2: Superficies cultivées en blé (2008) dans les principales willayas Productrices de blé.....	13

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribose Nucléique

BSA : Bovine Sérum Albumine

Car : Caroténoïde

CCl₄ : Tétrachlorure de carbone

CE : Conductivité Electronique

CFC : Les chlorofluorocarbures

CH₃CCl₃ : Méthylchloroforme

Chl : Chlorophylle

Do : Densité optique

DW: poids sec

FW: poids frais

HCFC : Les hydrochlorofluorocarbures

INA

K: Potassium

MVF : Matière Végétale Fraiche

N: Azote

nm : Nanomètre

P: Phosphore

pH

RWC : La teneur relative en eau

RWL : Perte Graduelle en Eau

SAO : Les substances qui appauvrissent la couche

TW : poids turgescence

UV : Ultraviolet

Liste des figures et des tableau**Liste des abréviations**

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Etude bibliographique

I.1. Généralité sur les ultra-violets	2
I.1.1. Qu'est-ce que la couche d'ozone ?.....	2
I.1.2. Qu'est-ce que les ultraviolets ?.....	3
I.1.3. Effets des rayons ultraviolets	3
I.2. Généralités sur le modèle biologique étudié : Le blé dur	4
I.2.1. Origine du blé	4
I.2.2. Position systématique	4
I.2.3. La morphologie et l'anatomie du blé dur.....	5
I.2.3.1. La morphologie du blé	5
A / Appareil souterraine.....	5
B / Appareil aérienne	5
I.2.3.2. L'anatomie du blé	6
I.2.4. les composantes chimiques du blé	6
I.2.5. Le cycle du développement	7
I.2.5.1. Période végétative.....	7
a) Phase germination – levée.....	7
b) Phase levée – tallage.....	7
c) Phase tallage-Montaison.....	8
I.2.5.2. Période de reproduction.....	8
a) Phase de la montaison – Gonflement.....	8
b) Phase de l'épiaison – fécondation	8
c) La maturation du grain	8
I.2.6. Les exigences du blé	10
I.2.6.1. Les exigences édaphiques	10
I.2.6.2. Les exigences climatiques.....	10
I.2.6.3. La fertilisation.....	11

I.2.7. Importance économique du blé.....	12
I.2.7.1 dans le monde	12
I.2.7.2. En Algérie.....	13
I.3. Notion d'adaptation des plantes.....	14
I.3.1. La phénologie	14
I.3.2. La morphologie	14
I.3.3. La physiologie	14
I.3.4. La biochimie	14
I.3.5. La chimie	15
Chapitre II : Matériels et méthode	
II.1. Matériel et Méthode.....	16
II.1.1. Le choix de l'espèce végétale.....	16
II.1.2. Sélection des grains	16
II.1.3. Les tests de germination.....	17
II.1.4. La mise en culture dans des pots	17
II.1.5. Etude de la croissance linéaire	18
II.1.6. Exposition des plantules aux ultraviolets.....	18
II.1.7. Analyse physiologique du blé.....	18
a) Le contenu relatif en eau des tissus	18
b) Dosage des pigments synthétiques	19
c) Analyse des sucres solubles	19
d) Dosage des protéines	20
e) Dosage de la proline	21
Chapitre III : Resultats et discussion	
III.1. Résultats.....	23
III.1.1. Développement du blé en condition normal.....	23
a) Germination.....	23
b) La croissance.....	24
III.1.2. Réaction du blé à la contrainte physique	25
III.1.2.1. Effet de la température sur la germination	25
III.1.2.2. Effet des radiations UV-B sur le taux de la germination.....	26
III.1.2.3. Effet des radiations UV-B sur l'aspect morphologique du blé dur	26

III.1.3. Réponse physiologique du blé dur radiations UV-B	27
III.1.3.1. La teneur relative en eau (RWC %).....	27
III.1.3.2. Les pigments photosynthétiques.....	28
III.1.3.3. Les sucres solubles	31
III.1.3.4. Les protéines	31
III.1.3.5. La proline.....	32
III.2. Discussion général.....	33
Conclusion.....	36
Références bibliographiques	38

INTRODUCTION

Introduction

Le soleil est la principale source naturelle de rayonnements UV sur terre. Ces derniers en atteignant le sol ne comporte que des UV-A (95%) et des UV-B (5%). Les UV-C sont alors totalement absorbés par la couche d'ozone présente dans la stratosphère. (Garrec, 2009). Cette couche absorbe la plus grande partie des rayonnements, notamment le rayonnement solaire, et de façon plus cibler le rayonnement ultraviolet B et C. La couche d'ozone représente donc un véritable parapluie naturel antisolaire. (Dyevre et Mereau, 1994).

La forte utilisation des chlorofluorocarbures et autres polluants atmosphériques, a entraîné ces dernières années des perturbations considérables sur l'équilibre climatique mondial et particulièrement un appauvrissement prononcé de la couche d'ozone stratosphérique, connue sous le nom de « trou d'ozone ». La diminution de cette couche d'ozone, qui nous protège de certains rayonnements ultraviolets, entraîne systématiquement une augmentation des flux d'UV-B (280-320) en sachant que chaque fois que la quantité de l'ozone stratosphérique baisse de 1% l'intensité du rayonnement UV-B augmente de 2%. (Garrec, 2009). Si pour des raisons de circulation atmosphérique du niveau de la planète, cette baisse d'ozone concerne essentiellement les zones antarctiques, il faut signaler que l'on observe aussi actuellement une diminution de l'ozone stratosphérique dans tout l'hémisphère nord qui serait de l'ordre de 1.7 à 3% ces dernières années.

Cette perturbation au niveau de l'intensité des rayons UV-B, a des conséquences drastiques sur les organismes vivants, en particulier les plantes. Ces dernières subissent un stress de nature physique qui entraîne l'apparition de nombreuses modifications morphologiques, physiologiques et histo-cytologiques. De ce fait, il serait plus judicieux d'approfondir les connaissances sur les réactions des plantes en cas d'exposition prolongée à des radiations UV-B. Pour cela, nous avons choisi dans cette étude une espèce ayant des intérêts économiques et écologiques très importants, à savoir le blé dur. Différentes mesures et dosages seront réalisés pour évaluer l'effet des UV-B et des températures sur la croissance et le métabolisme de cette essence.

Le travail sera structuré en trois grands chapitres, après l'introduction générale, le premier présentera une synthèse bibliographique donnant des notions générales sur le blé dur et les ultraviolets. Le second chapitre sera réservé à la partie expérimentale qui décrit les méthodes et les différents protocoles utilisés dans cette étude. Quant au dernier chapitre, il récapitulera les différents résultats obtenus et les discussions qui en découlent. Et enfin, nous terminerons ce travail par une conclusion générale qui résume les principaux résultats obtenus et qui présente les perspectives de travail.

CHAPITRE I

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.Généralité sur les ultraviolets

I.1.1. Qu'est-ce que la couche d'ozone ?

L'atmosphère est composée de cinq couches concentriques : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère. Ces couches varient en altitude et température selon la latitude et la saison.

La stratosphère s'étend de 10 à 45 km au-dessus de la surface de la terre et elle contient une couche d'ozone essentielle à la vie car celle-ci absorbe la plupart des rayons ultraviolets nuisibles du soleil. L'absorption des rayons ultraviolets par la couche d'ozone réchauffe l'air et ainsi la température augmente avec l'altitude dans la stratosphère. (Raven et al, 2008)

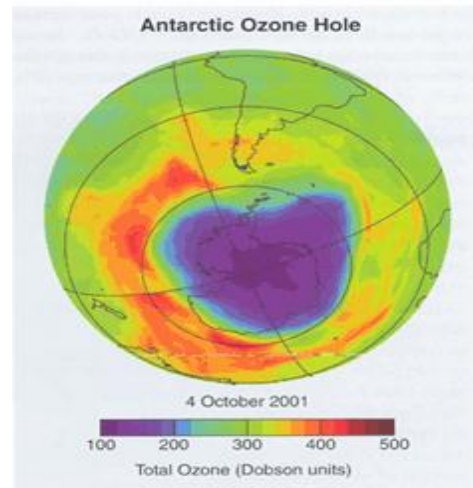


Figure 1: le trou de la couche d'ozone

L'appauvrissement de la couche d'ozone provoque un forçage radiatif négatif du climat, c'est-à-dire un effet indirect de refroidissement. La principale cause de cet appauvrissement observé depuis 1970 est la hausse des concentrations de composés chlorés et bromés réactifs qui sont issus de la dégradation des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO) d'origine anthropique, notamment les halons, les CFC, les HCFC, le méthylchloroforme (CH_3CCl_3), le tétrachlorure de carbone (CCl_4) et le bromure de méthyle.

Les radiations solaires (la lumière) qui pénètrent dans la couche d'ozone à l'état normal réagissent tous les processus vitaux sur la terre. Sans l'apport énergétique constant du soleil, notre planète irradierait sa propre énergie en peu de temps et la vie serait impossible. Cette lumière est subdivisée en cinq régions principales :

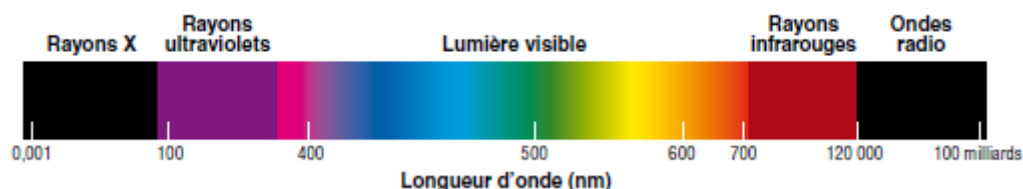


Figure 2 : Spectre électromagnétique

I.1.2. Qu'est-ce que les rayons ultraviolets ?

Le rayonnement ultraviolet est une portion de la partie non-ionisante du spectre électromagnétique se situant dans l'intervalle de longueurs d'ondes compris entre 100 et 400nm et peut être émis par des sources naturelles (rayonnement solaire) ou artificielles .Le spectre UV est habituellement classé en trois régions : les UVA (315-400 nm), les UVC (100-280 nm) et les UVB (280-315 nm). Ces derniers, représentent jusqu'à 5% de la partie UV qui atteint la surface de la terre et ils sont très énergétiques et peuvent avoir des effets néfastes sur les êtres vivants. (AFSSE, 2005).

I.1.3. Effets des rayons ultraviolets

A une faible dose les rayonnements UV sont bénéfiques pour les êtres vivants et indispensables à la synthèse de la vitamine D et servent également à traiter diverses maladies, notamment le rachitisme, le psoriasis et l'eczéma. Cependant, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique a conduit les scientifiques à s'interroger sur les effets d'une exposition intense et prolongée aux UVB sur les différents organismes de la biosphère (faune et flore). Chez l'homme, UV peuvent induire de nombreuses maladies comme les Mélanomes cutanés malins, les Naevusmélanotiques acquis, le Cancer non mélanotique de la peau, l'Immunosuppression, Affections oculaires, etc. (Protocole Montréal, 1987-1997) D'autres effets néfastes sont constatés également sur les végétaux. En effet, une augmentation des UVB a des effets biologiques et physiologiques très importants à cause de leur absorption par l'ADN et par les protéines. Ci-après quelques effets néfastes des rayonnements ultraviolets sur les plantes :

- ❖ **Sur la photosynthèse** : L'aptitude des chloroplastes à produire des sucres peut être perturbée, ce qui entraîne une diminution de la productivité foliaire.
- ❖ **Sur la croissance** : La surface foliaire, la hauteur de la plante et la taille des fruits peuvent être altérées.
- ❖ **Sur la reproduction** : Le pollen et les ovules exposés peuvent être endommagés, ce qui entraîne une baisse de la fertilité et de la production des semences.
- ❖ **Sur l'écologie des espèces** : Les tolérances étant variables, un type de plante peut être favorisé au détriment d'autres, ce qui est un élément important de la coexistence culture/mauvaises herbes et des mélanges de variétés de pâturage.
- ❖ **Sur la qualité les espèces** : La présence de taches superficielles sur les légumes ou les fruits en diminue la qualité. La production de pigments en réponse aux UVB peut

aussi influencer sur leur goût. Une baisse de la qualité de la culture peut être beaucoup plus coûteuse, en valeur monétaire, qu'une diminution du rendement.

Les effets des niveaux accrus de rayonnement UVB sur les animaux et les micro-organismes pourraient être multiples. Les effets directs possibles sont notamment la mortalité, des anomalies du développement embryonnaire et larvaire, des dommages aux organes exposés comme les yeux et la peau et des effets systémiques dus à la suppression du système immunitaire. Parmi les effets indirects, on note des changements dans l'abondance relative des prédateurs, des parasites et des espèces en compétition, ainsi que des effets toxiques liés à la production de substances chimiques ou à leur expulsion des sédiments par suite de réactions photochimiques. (Protocole Montréal, 1987-1997).

I.2. Généralités sur le modèle biologique étudié : Le blé dur (*Triticum durum*)

I.2.1. Origine du blé

L'histoire de l'homme et celle des plantes cultivées constituent un ensemble d'interactions continues dans le temps et l'espace. (Bonjean et Picard, 1990). Au néolithique, le changement du mode de vie des hommes d'une civilisation de nomades à celui du sédentarisé est le résultat de la domestication progressive des graminées dont la plus ancienne ensemble être le blé dur. (feillet, 2000).

Le blé dur est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme depuis plus de 7000 à 10.000 ans dans le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran. (Croston et Williams. 1981). Des restes du blé, diploïde et tétraploïde remontent au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient. (Harlan, 1975).

I.2.2. Position systématique

Le blé dur est une espèce connu depuis la plus haute antiquité. Elle appartient au groupe tétraploïde ($2n=4x=28$ chromosomes), de genre *triticum* qui comprend de nombreuses espèces. Le blé avec le riz (*Oriza* L.) et le maïs (*Zeamaydis* L.) constituent la base alimentaire des populations du globe. Ils semblent avoir une origine commune, issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles (Yves et De Buyser, 2000). Selon Mckey. (1968), l'origine génétique du blé dur,

appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom de *Aegilops speltaoides*. D'après la classification de Bonjean et Picard. (1990), le blé dur est une monocotylédone classée comme suit :

Classification hiérarchique du blé dur	
Embranchement :	<i>Spermatophyta.</i>
S/ Embranchement :	<i>Angiospermae</i>
Classe :	<i>Monocotylédoneae.</i>
Super ordre :	<i>Commelinidae.</i>
Ordre :	<i>Poales</i>
Famille :	<i>Poaceae.</i>
Genre :	<i>Triticum sp</i>
Espèce :	<i>Triticum durum</i>

I.2.3. La morphologie et l'anatomie du blé dur

I.2.3.1. La morphologie du blé

Le blé se présente d'abord comme une plante herbacée, dont l'appareil végétatif se caractérise par :

A / Appareil souterraine : L'appareil racinaire du type fasciculé peu développé. 55% du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur. 17,5% entre 25 et 50 cm, 14,9% entre 50 cm et 75%, 12% au-delà. En terre très profond (sols de limon), les racines descendent jusqu'à 1,50 mètre.

B / Appareil aérienne

- **Tige et feuille :** La tige ne commence vraiment à prendre son caractère de tige qu'au début de la phase végétative, la tige en quelque sorte télescopée à partir d'un massif cellulaire qui forme le plateau de tallage. La tige elle-même ou chaume s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre nœud. Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe.

- **Épi :** Il est aussi du bourgeon terminal du plateau de tallage. Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail. C'est l'épiaison.

L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un épillet.

- **Épillets** : Ne comportent pas de pédoncule il est attaché directement sur le rachis. Les épillets nombreux (jusqu'à vingt-cinq). Ils représentent petits groupes de fleurs, inséré sur l'axe de l'épi. Il est protégé à sa base par deux glumes (bractées), les fleurs sont protégées par des glumelles et des glumellules . Après la fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le caryopse ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves. (Clement, 1971).

I.2.3.2. L'anatomie du blé

Le grain de blé (caryopse) montre une face dorsale (arrière) et une face ventrale (avant), un sommet et une base. La face ventrale est creusée d'un profond sillon qui s'allonge du sommet à la base. Le caryopse est surmonté d'une brosse (système respiratoire du grain), et l'embryon est situé au bas de la surface dorsale. Le grain comprend quatre parties : l'enveloppe de la graine (péricarpe), l'enveloppe du fruit (assise protéique), l'endosperme (albumen) et le germe ou embryon.

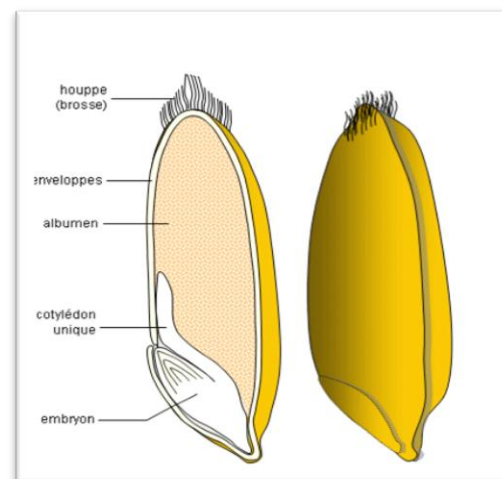


Figure 3: Le blé en coupe longitudinale et entier

I.2.4. les composantes chimiques du blé

La composition chimique du blé est représentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : les constituants chimiques du blé

Constituant en p.100 matière sèche	Teneurs
Protéines (N*6,25)	13,3
Lipides p.100	2,2
Cendres p.100	2
Matières cellulosiques p.100	3
Glucides (extractif non azotés) p.100	78,5
Thiamine mg/kg	5,5
Niacine mg/kg	63,6
Riboflavine mg/kg	1,3
Acide pantothénique mg/kg	13,6

I.2.5. Le cycle du développement

Dans ce cycle annuel, une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser le cycle évolutif du blé en deux grandes périodes : une période végétative et une période reproductrice.

I.2.5.1. Période végétative

Elle s'étend de la germination jusqu'à l'ébauche de l'épi, elle est subdivisée en plusieurs phases :

a) Phase germination - levée

La germination commence quand le grain absorbe environ 30 % de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale, couverte d'une enveloppe appelée « Coleorhize », apparaît, suivie par la sortie de la première feuille qui amorcent la photosynthèse, couverte d'une enveloppe appelée « Coléoptile », à la surface du sol, puis apparaissent d'autres racines et feuilles. La durée de cette phase varie avec la température de 8 à 15 jours. (Chabi et *al*, 1992).

b) Phase levée – tallage

On peut distinguer pendant cette phase à travers le coléoptile, un filament ou rhizome termine par un renflement qui va se gonfler de plus en plus pour former le plateau de tallage qui se forme presque au niveau de la surface du sol. Le plateau de tallage s'épaissit et des racines secondaires se développent très vite. Des nouvelles feuilles apparaissent et à chacune

correspond l'apparition d'une talle. La place des épillets fait par un simple étranglement sur la partie supérieure du végétal. (Clement et Prats, 1970).

c) Phase tallage-Montaison

La différenciation des épillets se poursuit par étranglements successifs du cône formateur de l'épi. Les talles herbacées se forment activement. (Clement et Prats, 1970).

I.2.5.2. Période de reproduction

Elle s'étend de la montaison à la fécondation :

a) Phase de la montaison – Gonflement

Elle se manifeste à partir du stade épi à 1 cm, c'est la fin du tallage herbacé. La tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entrenœuds, auparavant emplies sous l'épi (Belaid, 1996). Il est suivi du stade 1 à 2 nœuds, ici les nœuds sont aisément repérables sur la tige. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus. (Mrizek, 1992).

b) Phase de l'épiaison – fécondation

La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, à l'organisation détaillée des épillets et à la fécondation, la durée de cette phase est d'environ 32 jours. Cette phase est suivie par le grossissement du grain qui devient mou et le dessèchement de presque toutes les feuilles. Sa durée est de 16 à 17 jours. (Clement et Prats, 1970).

c) La maturation du grain

C'est la dernière phase du cycle végétatif. D'après Belaid (1996), la maturation correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains et à la migration très active des réserves (glucides et protéines) vers le grain. Par la suite, les grains perdent leur humidité jusqu'au 45%. La durée de cette période est de 25 à 26 jours en moyenne.

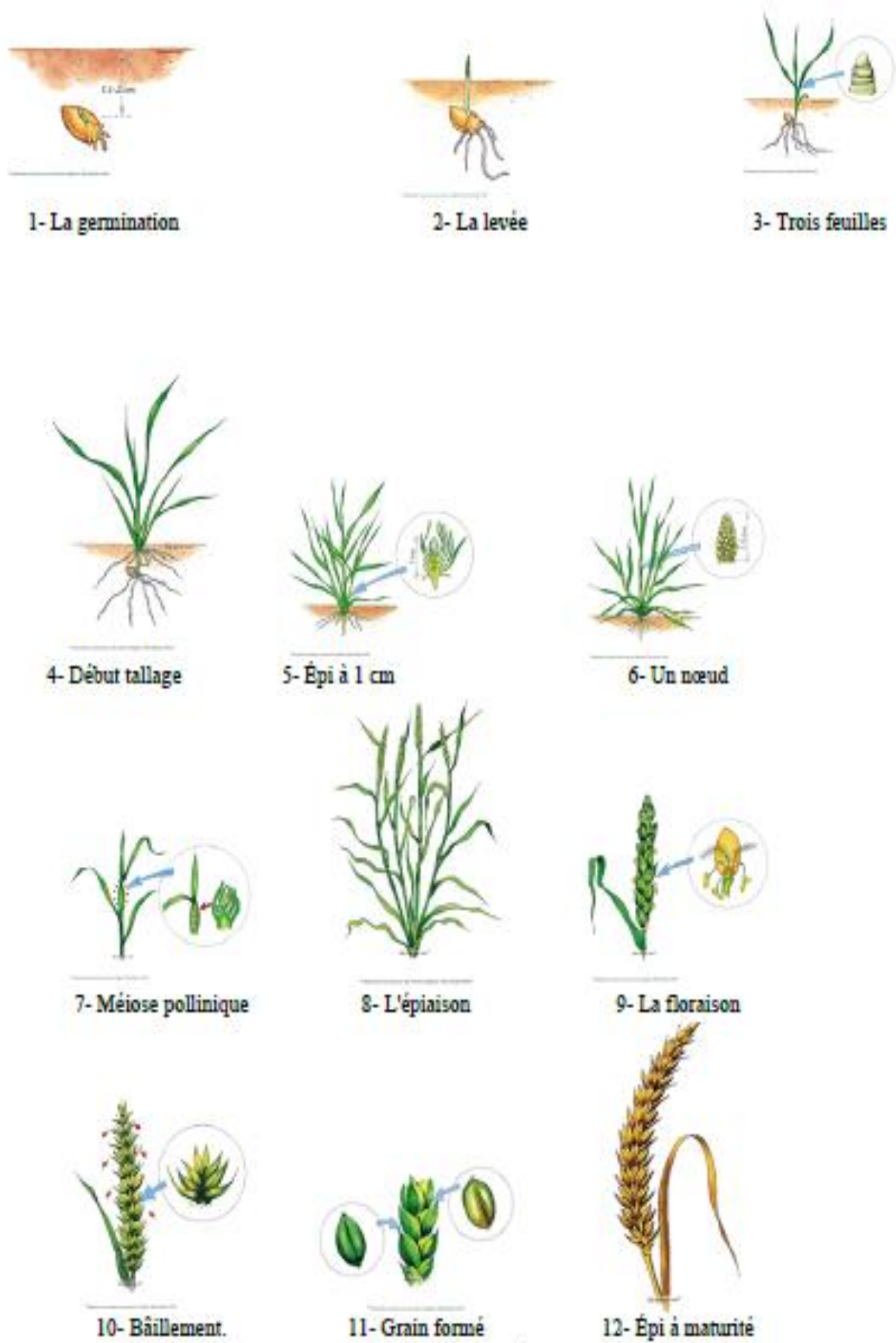


Figure 4 : Différents stades de développement de blé dur « *Triticum durum* »

I.2.6. Les exigences écologiques du blé

Un bon comportement de la culture du blé durant tout son cycle de développement exige la réunion de certains facteurs écologiques qui assurent la bonne croissance et développement de l'espèce, parmi ces facteurs on peut citer :

I.2.6.1. Les exigences édaphiques

Pour avoir un meilleur rendement, le blé exige certaines conditions édaphiques qui sont les suivantes :

- Un sol profonds (60cm), suffisamment riches en matière organique et minéraux, bien drainés pour éviter tout développement de maladies et capables de maintenir une réserve en eau suffisant.
- Une texture fine, limono argileuse qui assura aux racines fasciculés du blé une grande surface du contact, d'où une bonne nutrition. (Soltner, 1990 ; Baldy, 1993).
- Un pH optimal se situe dans la gamme de 6 à 8. La culture du blé modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la C.E. ne doit pas dépasser 04 mmhos/cm (Clement, 1971).

I.2.6.2. Les exigences climatiques

❖ La température

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

Mekhlouf *et al.*, (2001) situent les exigences en température pour les stades suivants :

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

Clement *et al.*, (1970) voient que la température journalière intervient à divers moment de la vie du blé de plusieurs manières : Elle détermine la rapidité de la germination et du début du développement de la jeune plante, et elle intervient au moment de la montaison dans

l'élaboration de la quantité de la matière sèche. Mais elle a un effet défavorable sur l'évolution des talles vers l'épiaison (condition de déficit hydrique) ainsi que l'excès au cours de la maturation du grain, elle peut conduire à l'échaudage.

❖ Eau

Selon Soltner, (1990) l'eau a une grande importance dans la croissance de la plante. En plus de l'eau de constitution des cellules et de celle qui entre dans les synthèses glucidiques catalysées par la chlorophylle, l'eau est le véhicule des éléments minéraux de la sève brute. A cet égard, Clement et Prats, (1970) ont été intéressé de définir le coefficient de transpiration du blé, c'est-à-dire la quantité d'eau qui doit traverser la plante pour l'élaboration d'une certaine quantité de matière sèche. Pour le blé, selon les variétés, la valeur du coefficient de transpiration varie de 450 à 550 grammes d'eau pour un gramme de matière sèche.

❖ L'éclairement

Selon Clement et Prats, (1970) le blé est une plante de pleine lumière. Le tallage herbacé s'achève pour une valeur précise du photopériodisme valable suivant les variétés. L'écartement des lignes aux semilles permet de placer le blé dans des conditions d'éclairement optimales, garantissant un bon tallage.

I.2.6.3. La fertilisation

La fertilisation est raisonnée sur le principe de la restitution au sol des quantités d'éléments (NPK) fertilisants prélevés par les récoltes.

Le blé a besoin de ces trois éléments essentiels et le rôle de chaque élément sur la plante du blé est le suivant :

- . **L'azote (N)** : C'est un facteur déterminant du rendement, et qui permet la multiplication, l'élongation des feuilles et des tiges.
- . **Phosphore(P)** : C'est élément de croissance qui favorise le développement des racines en cours de végétation et favorise la maturation. Cet élément a un rôle à la résistance au froid et aux maladies et aussi contrôle la qualité du rendement.
- . **Potassium(K)** : D'une part, il régule les fonctions vitales de la croissance végétale et essentielle à l'efficacité de la fumure azotée, et il permet aussi une économie d'eau dans les tissus de la plante. D'autre part, grâce à lui les plantes du blé ont une meilleure résistance contre la verse et les maladies.

I.2.7. Importance économique du blé

I.2.7. 1.dans le monde

Depuis plus de 10.000 ans, l'histoire de la civilisation humaine et celle de la culture du blé ont évolué conjointement. Le blé constitue la première ressource en alimentation humaine et la principale source d'hydrates de carbone des pays de la zone tempérée. L'importance des surfaces consacrées au blé sur la planète dépasse celle de toutes les autres cultures. (Bonjean et Picard, 1990).

Parmi les pays producteurs de blé dans le monde, la Chine, les Etats Unis, la France, l'Inde, la Turquie, le Canada et l'Ukraine (Clement et Prats, 1970 ; Pastre, 1993). La production mondiale de blé qui était aux environs de 247 millions de tonnes en 1961, a doublé en 1981 pour atteindre 485 millions de tonnes. A partir de cette date, la progression dans le temps de cette production était lente pour atteindre plus de 584 millions de tonnes en 1996, ce qui correspond à 25 % de la production totale des céréales qui est de 2 milliards de tonnes (Anonyme, 1998a).

En Méditerranée, la France est le premier producteur du blé. En 1996, elle a produit 36 millions de tonnes. Elle a également enregistré les plus hauts rendements, pour le blé également, avec 7 tonnes/ha. Des améliorations de rendements ont été obtenues un peu partout en Méditerranée et en Arabie Saoudite .Les superficies céréalières sont en légère régression, les plus importantes emblavures céréalières sont celles de la Turquie avec 14 millions d'hectares, de la France avec 8,8 millions d'hectares, de l'Espagne avec 6,7 millions d'hectares et enfin le Maroc avec 6 millions d'hectares (Anonyme, 1998a). (Fig 5).

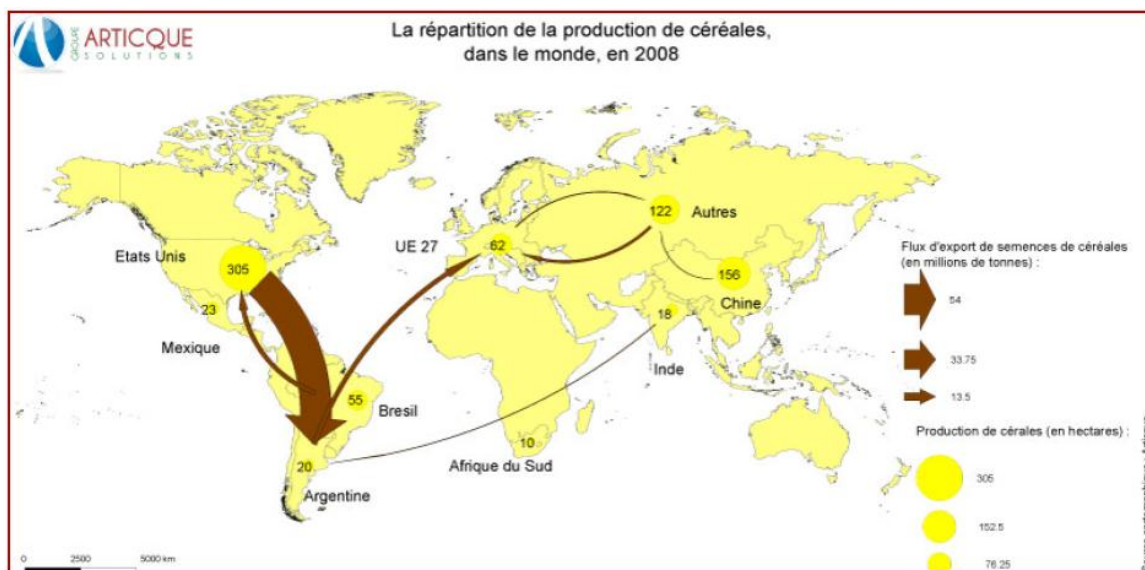


Figure 5 : Répartition de la production de céréales dans le monde, en 2008

1.2.7.2. En Algérie

Sur une superficie de 4,5 millions d'hectares consacrées aux cultures herbacées au cours de la campagne agricole 1997/1998, les céréales ont occupé un peu plus des 4/5 soit une superficie de l'ordre de 3,7 millions d'hectares emblavée, produisant ainsi un peu plus de 33 millions de quintaux. L'analyse par espèce montre la prédominance du blé dur de près de 46 %, suivi de l'orge (28 %) et du blé tendre (23 %). (Fig 6). Le blé occupait au cours de cette campagne agricole 57 % des terres cultivées avec une superficie totale de 2,5 millions d'hectares. Cette culture est concentrée essentiellement dans la région des Hauts Plateaux dont on peut citer Oum et Bouaghi, Tiaret, Sétif, Souk Ahras, Tébessa, Sidi Bel Abbes et Saida (Tableau 02)

La situation concernant la production nationale de blé montre une stagnation sur 34 ans à partir de 1961 à 1995, pour doubler en 1996 (Tableau 01) Cette production ne représente que 0,48 % de la production mondiale (Anonyme, 1998a).

Cette situation est due à plusieurs contraintes dont (Belaid, 1990) cite :

Le travail du sol mal réalisé, les engrais peu utilisés et les variétés pas toujours adaptées aux conditions climatiques régionales

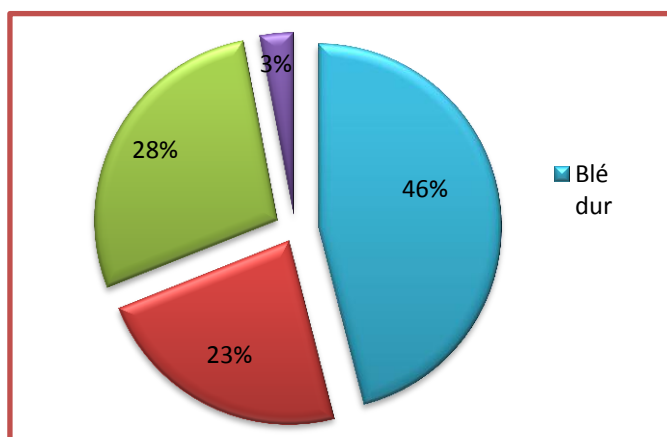


Figure 6 : Répartition de la superficie emblavée en 2008 en Algérie

Wilaya	Blé dur
Oum. El. Bouaghi	116.705
Tiaret	113.3385
Souk Ahras	122.000
Setif	100.786
Tebessa	81 860
Sidi Bel Abbes	42.98
Batna	37.000

Tableau 2: Superficies cultivées en blé (2008) dans les principales wilayas productrices de blé

I.3. Notion d'adaptation des plantes

Turer (1979), définit l'adaptation comme étant : la capacité de la plante à croître et à donner des rendements satisfaisants, dans des zones sujettes à des déficits hydriques périodiques. Au plan organique, le degré d'adaptation de la plante influence directement la productivité (Bammoune, 1997).

Il existe plusieurs mécanismes d'adaptations aux stress (biotique et abiotique) :

I.3.1. La phénologie : Chaque phase phénologique est un événement, pour chaque plante, chaque stade phénologique de développement nécessite des conditions précises liées aux facteurs du climat (température, lumière, eau, évaporation, vent...). Ainsi, une plante lorsqu'elle est face à un stress biotique ou abiotique, elle réagit par sa phénologie : Le cycle de développement total « de la graine semer à la graine récoltée » peut se faire en quelques semaines. Cette adaptation est liée à la rapidité du développement du végétal. Ces sont les théories de Levitt (1972) : Esquive-Evitement.

I.3.2. La morphologie : Elle se fait dans les changements de la structure architecturale de la plante : modification des organes végétaux. Exemple : L'accroissement du système racinaire, en effet les racines de certaines plantes peuvent atteindre jusqu'à 01 mètre au plus, pour chercher l'eau en profondeur. Un autre exemple, tel que le développement d'un réseau racinaire superficiel pour utiliser les rares précipitations, ou encore la réduction de la surface évaporante aérienne.

I.3.3. La physiologie : Lorsque le végétal est en condition de stress, plusieurs paramètres entrent en jeu : -Le statut hydrique : plusieurs formes d'adaptations comme l'enroulement des feuilles.

- Problème de turgescence cellulaire : test de la turgescence (RWC).
- Perte graduelle en eau d'une feuille : test de la perte d'eau $\text{g/cm}^2/\text{min}$ (RWL)

I.3.4. La biochimie : par

➤ **Accumulation des sucres solubles :** d'après Bensari *et al* (1990) et Bammoune, (1998) lors d'un déficit hydrique, les réserves amylacées sont progressivement utilisées et pourraient être un facteur de tolérance au manque d'eau. Lorsque la contrainte hydrique cesse,

la feuille reconstitue les réserves d'amidons, et si une nouvelle contrainte hydrique intervient, le temps d'adaptation est plus court.

Par ailleurs plusieurs chercheurs semblent aboutir aux mêmes conclusions : c'est en général le saccharose qui augmente tandis que les teneurs en glucose et fructose sont réduits.

➤ **Accumulation de la proline** : beaucoup d'auteurs associent cette accumulation à la résistance des plantes aux contraintes hydriques du milieu, car elle sert de critère de résistance à un stress chez le blé et qui pourrait être un des facteurs qui explique le milieu des stratégies d'adaptation. (Mounneveux, 1991).

I.3.5. La chimie : comme pour le stress salin, les mécanismes de tolérance et de résistance à la salinité sont l'inclusion et l'exclusion : Théorie de l'équilibre ionique.

D'après Karmer, (1980) et Ait kaki, (1993) l'adaptation est liée à la modification héréditaire de structure, en fonction qui augmente la possibilité de l'organisme à survivre et se produire dans un environnement particulier. Selon Demarly, (1984), l'adaptation se traduit en réponse à la contrainte par une succession de modification au niveau cellulaire, subcellulaire, et moléculaire qui est dépendantes des potentialités génétique de l'espèce.

Du point de vue écologique et physiologique, c'est la capacité de survie des périodes de faible fourniture en eau. (Leveitt *et al*, 1960).

CHAPITRE II
ETUDE
EXPEREMENTALE

II.1. Matériels et méthodes

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire d'écologie et de l'environnement de la faculté des sciences de l'Université M'hamed Bougara de Boumerdes (FS-UMBB). Il vise à étudier les effets des rayons ultraviolets et de la température sur les divers processus physiologiques du blé dur.

II.1.1. Le choix de l'espèce végétale

Le choix de la plante utilisée comme organisme d'essais dans ce travail, à savoir : le blé dur (*Triticum durum*), a été établi selon un certain nombre de critères techniques et scientifiques, dont on cite les principaux : d'abord elle représente une plante modèle dans les études physiologiques et métaboliques, d'où les nombreuses études réalisées sur cette espèce. En sus, elle est caractérisée par sa rapidité de croissance, chose qui permet d'avoir un nombre élevé de plantules en un temps assez court. Mais surtout à cause, de l'importance économique très considérable de cette espèce à l'échelle nationale et internationale, nécessitant de ce fait, une attention particulière. Les semences du blé dur (*Triticum durum*) utilisées dans les différentes expérimentations de ce travail proviennent de la récolte de 2015 et obtenues auprès de la coopérative des céréales et légumes secs (CCLS) de la wilaya de Bouira, située à environ 100 km à l'Est de la capitale.



Figure7 :Le blé dur

II.1.2. Sélection des grains

Afin de minimiser les erreurs lors des différents dosages physiologiques et pour maîtriser les facteurs ayant une influence sur la réponse métabolique de la plante lors des différentes expérimentations, nous avons sélectionné méticuleusement les grains de façon à avoir un matériel végétal homogène. Sur cette base, nous avons fait en sorte que tous les

grains échantillonnés et triés sous la loupe binoculaire aient, dans la mesure du possible, les mêmes caractéristiques, sains, bien développés, de même taille et de la même récolte et appartenant à la même variété.

II.1.3. Les tests de germination

La germination est le développement de l'embryon contenu dans une graine, mettant fin à la vie latente, ou dormance. On considère que la germination commence lorsque la graine est mise en contact avec de l'eau, (Si les conditions extérieures sont favorables), et se termine lorsque la radicule a percé la cuticule. (Bewley, 1997).

Dans cette étude, 750 grains sont mis à germer dans différentes conditions, à raison de 50 grains par boîte de pétri contenant du papier absorbant, les grains ont été humidifiés avec de l'eau du robinet après avoir été désinfectés dans l'eau javellisée pour quelques minutes. Pour évaluer l'influence des radiations UV-B sur la germination, nous avons exposé un lot de 50 grains du blé dur aux UV pendant quelques jours d'affilée, à raison de six heures d'exposition par jour (6h, 12h 18h 24h).

D'autre part, et pour voir l'influence de la température sur la germination du blé dur nous avons également réalisé une série de tests qui consistent à placer des lots de 50 grains du blé dans un gradient de température allant de 4 °C jusqu'à 37 °C (4, 13, 22, 30 et 37°C). Le taux de la germination a été calculé pour chacune des variables considérées. Il s'agit du pourcentage de germination maximale ou le taux maximal obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur, (Mazliak, 1982), et qui correspond au nombre de graines germées par rapport au nombre total de graines. Il est exprimé en pourcentage.

$$TG = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre total de graines}} \times 100$$

II.1.4. La mise en culture dans des pots

Pour les différentes analyses physiologiques sur les plantules, les semences préalablement germées dans les boîtes de pétri ont été repiquées dans des pots en plastique de 4 cm de diamètre et de 14 cm de profondeur contenant du sol qui a été récupéré au niveau du campus universitaire de l'UMBB, après avoir été nettoyé des débris, tamisé et homogénéisé, à raison de 03 grains par pots. L'arrosage est effectué régulièrement tous les jours, avec un volume de 30 ml d'eau environ.

II.1 .5.Etude de la croissance linéaire

Le processus de croissance, qui est un phénomène quantitativement mesurable, correspond à une augmentation irréversible du poids et de la dimension. (Koftler, 1980). Afin de suivre la croissance des plantules de blé dur, des mesures de la longueur des parties aériennes ont été réalisées sur trente (30) plantules à une température ambiante (22°C) et ce jusqu'à l'âge de 21 jours. Ces mesures sont faites soigneusement à l'aide d'une règle. Chaque valeur représente la moyenne de toutes les mesures. Elle est exprimée en cm.

II.1.6.Exposition des plantules aux ultraviolets

Afin d'évaluer la réponse physiologique du blé dur à une exposition prolongée aux radiations UV-B lors d'une éventuelle destruction de la couche d'ozone, nous avons exposé plusieurs lots de plantules à des doses croissantes des UV-B pendant plusieurs jours d'affilée. En effet, les plantules âgées de 21 jours préalablement obtenues, ont été mises dans une chambre UV munie d'un émetteur des rayonnements UV-B puissant à effet germicide (fig8). Les plantules ont été réparties en sept (07) lots : le premier lot, servant de témoin, a été mis à l'écart et ne reçoit pas des radiations UV. Les six autres lots, recevront des doses croissantes à raison de six heures d'exposition par jour (1h, 3h, 6h, 12h, 18h, 24h).



Figure 8 : Chambre UV (modèle Haier) munie d'un émetteur des rayonnements UV-B

II.1.7. Analyse physiologique du blé

a) La teneur relatif en eau des tissus RWC (%)

Cette analyse nous permet de suivre l'évolution de l'état hydrique des plantules exposées aux rayonnements UV-B. La teneur relative en eau des tissus (RWC) est mesurée par la Méthode de Barrs et Weatheley. (1968). Les valeurs de la RWC sont déterminées à partir de la formule :

$RWC (\%) = [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100$ où (FW) représente le poids frais(FW), (TW) est le poids de réhydratation (les feuilles du blé sont coupées et placées dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée, pendant 24 heures à 4°C) et (DW) est le poids sec déterminé après séchage des échantillons dans une étuve à 80°C jusqu'à poids constant.

b) Dosage des pigments photosynthétiques

Cette analyse a pour objectif de quantifier par méthode spectrophotométrique l'activité photosynthétique des plantules du blé exposées aux UV et les comparer à celles réservées comme témoins, dans les conditions normales. Le dosage des pigments a été réalisé sur 0,1 g de la matière végétale fraîche. Pour chaque échantillon, 2 réplicas ont été effectués. Les plantules du blé préalablement coupés ont été placées et broyées dans 10 ml d'acétone à 80%.Le broyat obtenue est centrifugé à 3000 tr/min pendant 10 minutes. A l'issue cette centrifugation, le surnageant est ensuite récupéré pour le dosage des pigments photosynthétiques. Les teneurs en chlorophylles a, en chlorophylles b et en caroténoïdes ont été calculé à partir des équations de densités optiques qui ont été déterminé grâce à la lecture au spectrophotomètre aux longueurs d'ondes respectivement : 647, 663 et 470 nm.

Les formules ci-dessous ont été utilisées pour le calcul des concentrations en pigments :

- $Chla = 12,25 \times DO_{663} - 2,79 \times DO_{647}$ (mg/g de MVF);
- $Chlb = 21,5 \times DO_{647} - 5,1 \times DO_{633}$ (mg/g de MVF);
- $Chla + Chlb = 7,15 \times DO_{663} + 18,71 \times DO_{647}$ (mg/g de MVF);
- $Caroténoïdes = (1000 \times DO_{470} - 1,82 \times Chla - 85,02 \times Chlb) / 198$ (mg/g de MVF)

Les teneurs en pigments foliaires sont exprimées en mg/g de MVF aussi bien pour les chlorophylles que pour les caroténoïdes.

c) Analyse des sucres solubles

L'extraction des sucres solubles à partir du blé a été réalisée selon le protocole de Gomez *et al.* (2002). Cette technique, souvent recommandée, permet une meilleure extraction et séparation des oligosaccharides à partir la matière végétale. Les plantules sont découpées et broyées en petits fragments ; 50 mg de cette MVF sont placées dans un tube à essai contenant 4 ml d'un mélange méthanol : eau (v/v). Après l'ajout de 3 ml de chloroforme, les tubes sont bien agités au vortex durant 30 mn. Une centrifugation de 15

min à 4 °C permet l'obtention de deux phases séparées par la poudre végétale. La phase inférieure (chloroformique) contient la fraction lipidique, la phase supérieure (méthanol : eau) renferme les sucres solubles. Cette dernière a été récupérée dans du méthanol et analysée.

Dosage de l'extrait glucidique

A 300 µl d'extrait glucidique on ajoute 2 ml de réactif à l'anthrone qui est préparé dans de 0,2% de l'acide sulfurique. Après refroidissement, les densités optiques sont lues au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 630 nm. L'étalonnage du spectrophotomètre se fait par un blanc préparé à partir de 100 µl de mélange méthanol : eau (v/v) et 2 ml de réactif à l'anthrone. Des dilutions peuvent être effectuées selon les concentrations des échantillons en sucres.

Courbe étalon

La courbe étalon nous permet d'établir la correspondance entre les densités optiques et les concentrations en sucres. Elle est réalisée à l'aide de solution de glucose, de concentrations croissantes obtenues à partir d'une solution mère de 100 µg.ml⁻¹ (Fig 9).

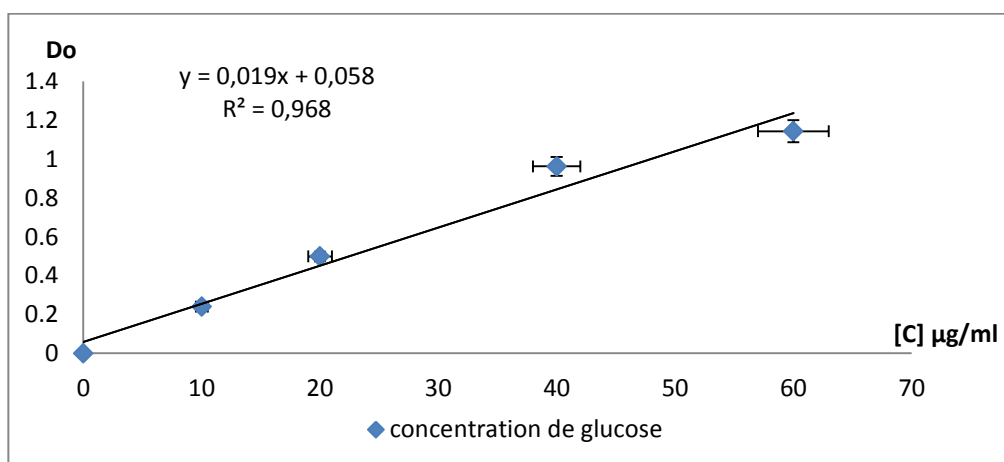


Figure 9. La courbe étalon des sucres soluble

d) Dosage des protéines

➤ Extraction

Pour éviter la dégradation des activités enzymatiques toutes les opérations ont été faites à 4°C. Les échantillons de feuilles du blé dur ont été broyés dans un mortier dans la glace. Les protéines solubles ont été extraites par suspension de 200 mg du broyat dans 1.5 ml de tampon d'extraction contenant: 5mM tampon Tris-HCl, pH 7.2, 0.25M sucrose et 1mM

MgCl₂. Le surnageant est récupéré dans un nouveau tube après une centrifugation à 4000tr/min pendant 30min. Le surnageant recueilli correspond donc à la fraction protéique soluble (S). Les extraits sont utilisés immédiatement pour le dosage des protéines ou stockés à -80°C.

La concentration en protéines est mesurée selon la méthode de Bradford. (1976) en utilisant la BSA (bovine sérum albumine) comme standard (Sigma). Le Tableau 2 représente les concentrations croissantes de BSA et les densités optiques correspondantes

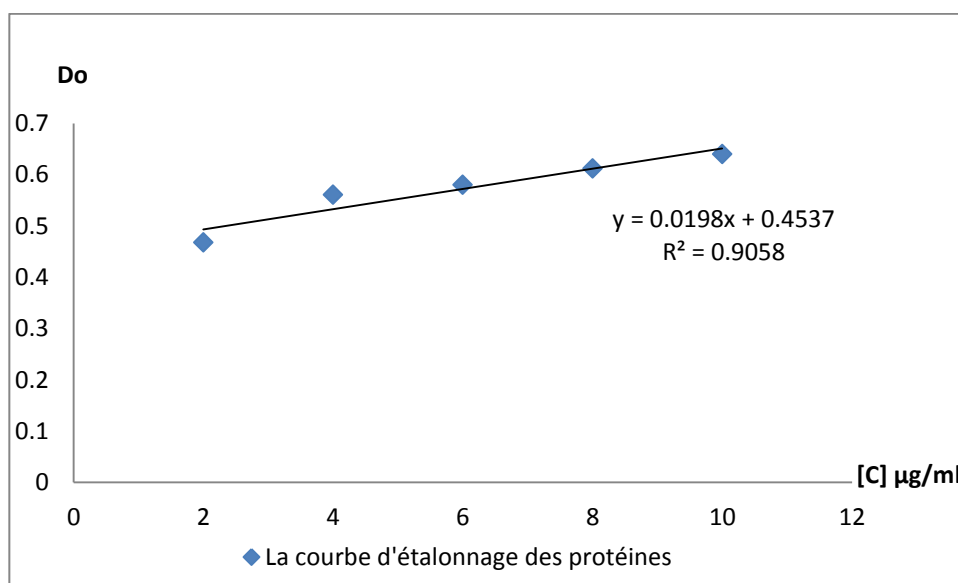


Figure 10. La courbe d'étalonnage des protéines

e) Dosage de la proline

La méthode utilisée est celle de Troll et Lindsey. (1955) modifiée par Magné et Larher. (1992). Cette technique est basée sur la réaction, en milieu acide et chaud, de la proline et ninhydrine qui donne un composé rose soluble dans le toluène. Cette méthode consiste à placer des échantillons de 20 mg de MVS broyée à sec avec un peu de sable et 1 ml d'eau distillée dans des tubes à essai. L'ensemble est porté à 90°C dans un bain marie pendant 30 minutes. Les échantillons ont été abandonnés quelques minutes pour refroidir, puis placés dans une centrifugeuse pendant 15 minutes à 13000 tr/min. A la fin les surnageants ont été récupérés. Une autre centrifugation a été réalisée après avoir ajouté 0,5ml d'eau distillée au culot, et le deuxième surnageant a été récupéré avec le premier pour avoir 1,5ml d'extrait de proline.

Le dosage de la proline consiste à additionner à une quantité de 1 ml de l'extrait de la proline 1ml de ninhydrine. La solution de ninhydrine se prépare comme suit : 25 mg de ninhydrine et 100 ml de la solution de 25ml d'eau distillée, 60 ml acide acétique et 15 ml acide orthophosphorique. On met le tout dans le bain-marie 15 minute à 90°C, puis on récupère les tubes et on les laisse à refroidir. Pour finir on a additionné 3ml de toluène aux tubes qui seront agités par la suite vortex pour avoir deux phases. La phase inférieure est à éliminer alors que la phase supérieure organique contient la proline. Cette dernière a été récupérée afin de lire les densités au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 520 nm.

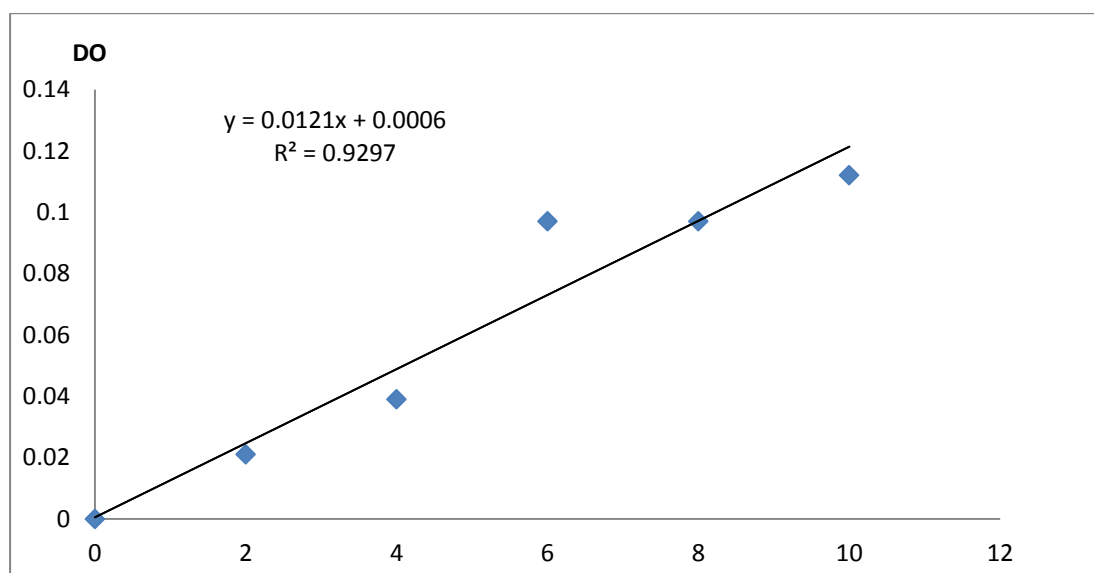


Figure 11. La courbe étalon de la proline

CHAPITRE III
RESULTATS ET
DISCUSSION

III.1.Résultats

Cette étude a été menée dans le but de suivre la réaction et le développement de la partie aérienne du blé dur (*Triticum durum*), sous deux types de stress physiques, à savoir : les UV-B et les températures. Les résultats obtenus sont les suivants :

III.1.1. Développement du blé en condition normal

a) Germination

La figure 13 représente la variation du taux de germination des semences du blé dur (*Triticum durum*) dans des conditions normales de température (22 °C environ) et de lumière en fonction des jours. Les résultats obtenus révèlent que cette espèce a une vitesse de germination très rapide, les semences commencent à germer dès le premier jour et atteignent un taux de germination de 82% après 24 heures. Le taux maximum de germination (100%) a été enregistré après 48heures.



Figure 12. Le début de la germination

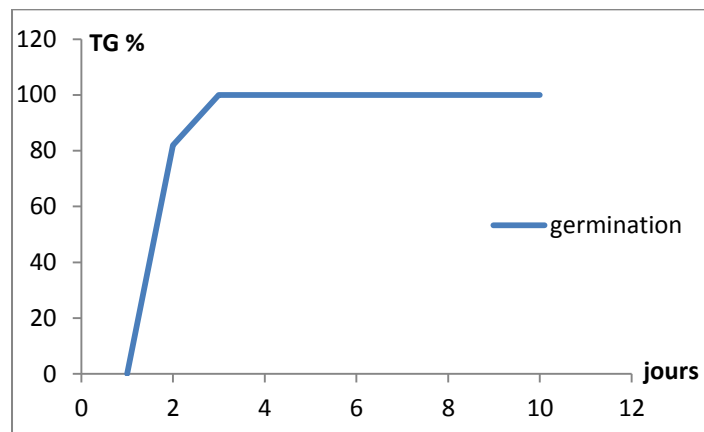


Figure 13. La germination du blé en condition normal

b) La croissance

On a suivi la croissance linéaire de la partie aérienne de 30 plantules (la longueur) dans des conditions normales de température (22 °C environ) et de lumière pendant 21 jours. Les résultats obtenus révèlent une croissance graduelle, plus ou moins régulière, depuis le premier jour de mesure avec une valeur moyenne 9.173 cm et jusqu'à une longueur de 27.987 cm à l'issue du 21 jour.



Figure 14. La germination du blé en condition normal

D'après les résultats on a obtenu ce graphe :

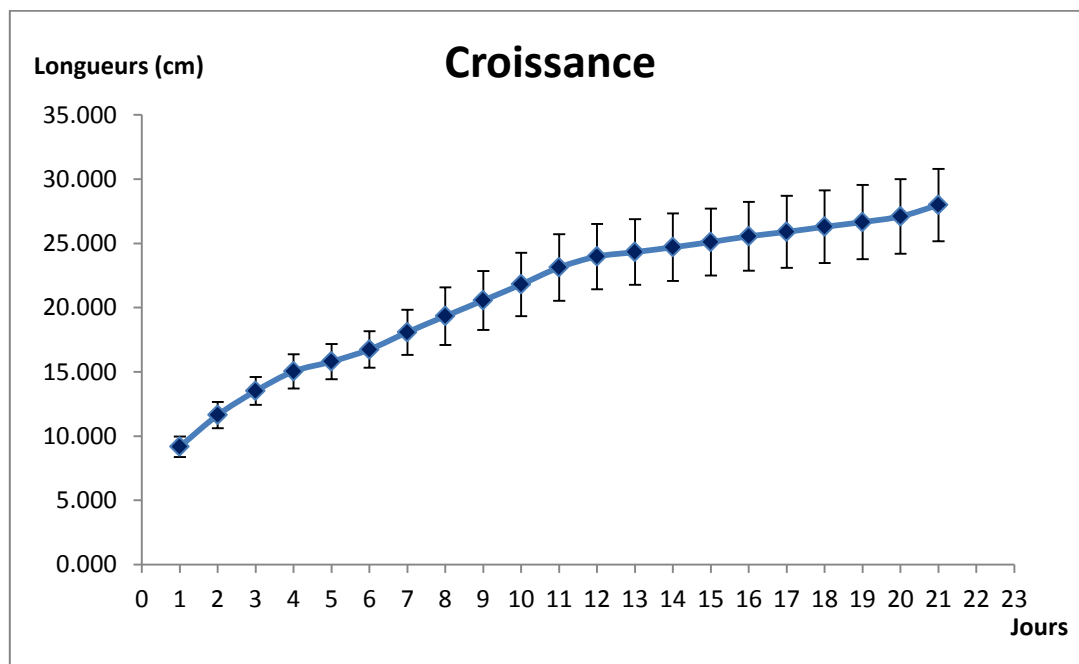


Figure 15. La croissance des plantules du blé à la température ambiante en fonction des jours

III.1.2. Réaction du blé à la contrainte physique

III.1.2.1. Effet de la température sur la germination

La figure 16 montre l'effet de la variation de la température sur la germination du blé dur. Les résultats obtenus révèlent que la germination est très rapide entre 13 et 30 °C et elle est optimale à 22 °C. Dans cette intervalle de température germination débute dès le premier jour et atteint des taux de 58%, 82%, 66% pour les températures 13°C, 22°C et 30°C respectivement après 24 heures. Le maximum de germination (100%) a été enregistré dès le troisième jour pour les températures 13°C et 22°C ; cependant, nous avons constaté un ralentissement de germination des semences soumises à la température 30 °C ; le maximum de germination de cette dernière a été enregistré après 07 jours. Pour les températures extrêmes étudiées, à savoir : 4 et 37 °C, le taux de la germination des plantules était beaucoup plus faible que les précédentes. En effet, pour la température la plus basse (4°C), la germination a commencé le troisième (03) jours et a continué en ralenti jusqu'au neuvième (09) jour où elle a atteint les 100%. Quant à la température la plus élevée (37°C), la germination n'a débuté qu'au sixième (06) jour et elle a atteint les 100% au dixième (10) jour.

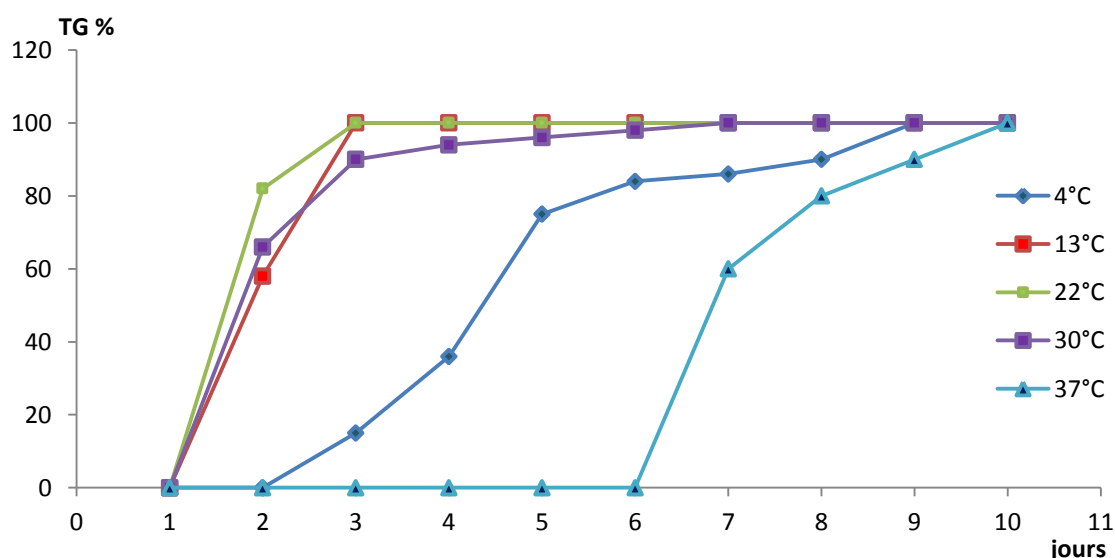


Figure 16 .Germination du blé à différentes températures en fonction des jours

III.1.2.2. Effet des radiations UV-B sur le taux de la germination

La figure 15, montre l'effet des radiations UV-B sur le taux de germination des semences du blé dur. D'après les résultats obtenus, on remarque que la germination commence dès le premier jour aussi bien pour les témoins que pour les semences exposées aux UV-B. Après 24 heures, le taux de germination atteint les 82% pour le témoin et les 62% pour les grains sous UV. Cependant, le taux de germination optimal (100%) pour les deux tests (témoin et UV-B) a été enregistré après 48heurs.

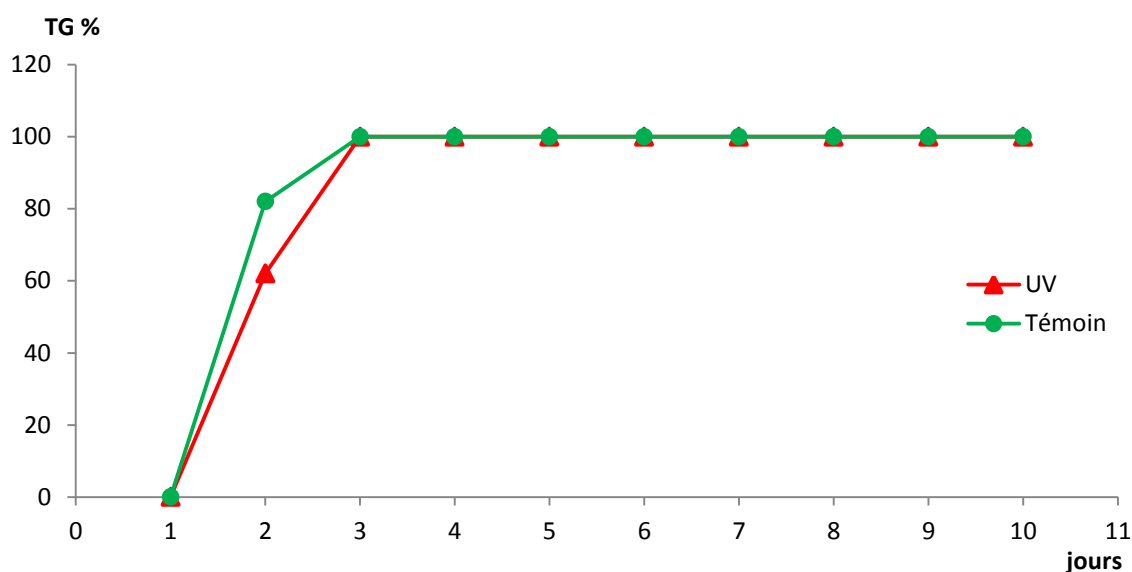


Figure 17. Germination du blé sous UV en fonction des jours

III.1.2.3. Effet des radiations UV-B sur l'aspect morphologique du blé dur

L'observation du développement du blé sous les UV-B nous a révélé plusieurs modifications sur l'aspect morphologique de cette espèce. En effet, un assèchement progressif de la plante suivi par un enroulement des feuilles. Ces dernières deviennent pâles avec une couleur jaunâtre.



Figure 18 : La croissance du *Triticum durum*. (A) témoin, sous UV-B : (B à une dose de 12h) et (C à une dose de 24h)

III.1.3. Réponse physiologique du blé dur radiations UV-B

III.1.3.1. La teneur relative en eau (RWC)

La connaissance de teneur relative en eau dans les plantes a un intérêt très important sur le plan physiologique. En effet, elle représente un très bon indicateur sur l'état de santé des plantes, d'autant que l'eau est le substrat de toutes les réactions physiologiques et biochimiques.

La figure19, représente les teneurs relatives en eau (RWC %) enregistrées chez les plantules du blé exposées à des doses croissantes en UV-B. Chez les plantes témoins, la valeur moyenne de la RWC % dans la partie aérienne est assez élevée estimée à 90,72% de MVF. Chez les plantes soumises à un stress physique induit par des UV-B, les valeurs enregistrées varient en fonction de la durée d'exposition. En effet, dans les premières heures qui suivent l'exposition des plantules aux UV-B (entre 1h et 3h), nous constatons une tendance à l'augmentation des teneurs en eau dans les feuilles du blé dur, bien que cette augmentation ne soit pas statistiquement significative. Au-delà de 6h d'exposition, une chute très importante des teneurs relatives en eau a été enregistrée. Les valeurs baissent brusquement à environ 63.79% et 68.30% respectivement après 6h et 12h d'exposition ($p<0.01$). Cette diminution continue progressivement avec le temps et le prolongement de la durée d'exposition pour atteindre dans les stades ultimes (après 24 heures d'exposition) environ 43.35% de MVF, montrant ainsi une différence très hautement significative sur le plan statistique ($p<0.001$).

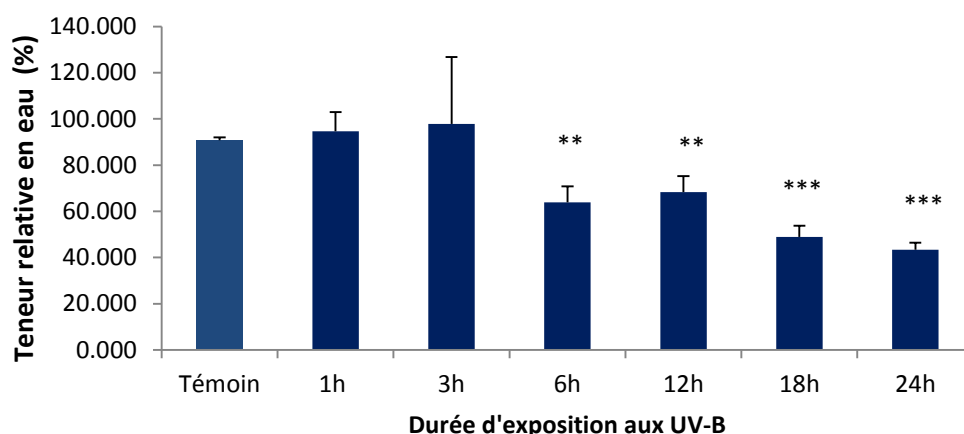


Figure 19. Variation des teneurs relatives en eau (RWC %) dans les feuilles du blé dur exposées à des doses croissantes en UV-B

III.1.3.2. Les pigments photosynthétiques

Les pigments photosynthétiques sont des agents qui permettent de mesurer la photosynthèse des plantes vertes autotrophes ; principalement les chlorophylles situées dans les membranes chloroplastiques, regroupées au sein des photosystèmes (PSI et PSII). Les résultats montrant l'effet des UV-B sur l'activité photosynthétique sont résumés dans les Figures 20, 21, 22 et 23.

Dans les feuilles des plantules témoins, le contenu moyen en chlorophylles totales équivaut à $1.82 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$. Il est de 1.01 mg.g^{-1} pour la chlorophylle a et 0.79 mg.g^{-1} pour la chlorophylle b. Les caroténoïdes, quant à eux, sont présents avec une teneur moyenne égale à $0.091 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$. Chez les plantules exposées aux radiations UV-B, les teneurs en chlorophylles varient significativement selon la durée d'exposition. En effet, le contenu en chlorophylle totale, a et b, diminue fortement dès les premières heures d'exposition aux UV. En effet, on note une baisse brutale de la chlorophylle totale à environ $0,61$ et $0.75 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$ dans la première et la troisième heure d'exposition (1h et 3h), soit 66.48% et 58.79% respectivement de la valeur initiale. Avec le temps nous constatons une reprise progressive des teneurs en chlorophylles dans les plantules exposées à des radiations prolongées d'UV-B. Les valeurs en chlorophylles totales atteignent les 3.52 et $3.44 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$ après 12h et 24h respectivement d'exposition, soit environ deux fois la valeur normale. Il paraît également selon la figure 20 que les valeurs en chlorophylle a et en chlorophylle b pris séparément changent de façon identique que celles des chlorophylles totales.

Les teneurs en caroténoïdes foliaires semblent également affectées aux premières heures d'exposition. Le profil obtenu est quasiment semblable à ceux observés pour les chlorophylles (a), (b) et totales. De même, au stade prononcé d'exposition, on note une augmentation progressive et sensiblement significative de la concentration foliaire en caroténoïdes. Les teneurs moyennes quantifiées après 18h d'exposition ($0.25 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$) sont relativement supérieures aux valeurs maximales enregistrées chez le control sain ($0.19 \text{ mg.g}^{-1} \text{ MF}$), soit environ fois et demi (1.5) la valeur normale.

Le rapport *Chla/b* des sujets témoins est, en moyenne, équivaut à 1.271 (figure 22 (A)). Ce résultat corrobore ceux obtenus par de nombreux auteurs, chez les plantes supérieures en générale (Heller, 1969), et chez le blé dur en particulier. Pour les plantules du blé exposées aux radiations UV-B, l'examen des variations des rapports *Chla/b* laisse apparaître des différences entre les individus en fonction de la durée d'exposition. Les résultats obtenus montrent, en effet, une augmentation

significative du rapport *Chl a/b* au début de l'exposition suivie par une diminution progressive de ce même rapport après 12h d'exposition qui peut chuter à environ la moitié (1/2) de la valeur témoin. Ceci est due en particulier à la chute plus rapide des teneurs en *Chl b* par rapport à celles en *Chl a* au début de l'affection, mais qui s'inverse progressivement avec la progression de stress. Quant au rapport *Chl/car*, les résultats révèlent une diminution progressive et statistiquement significative au début de l'exposition (jusqu'à environ 6h) puis on constate une augmentation brusque de ce rapport au-delà de cette durée (Figure 22 (B)).

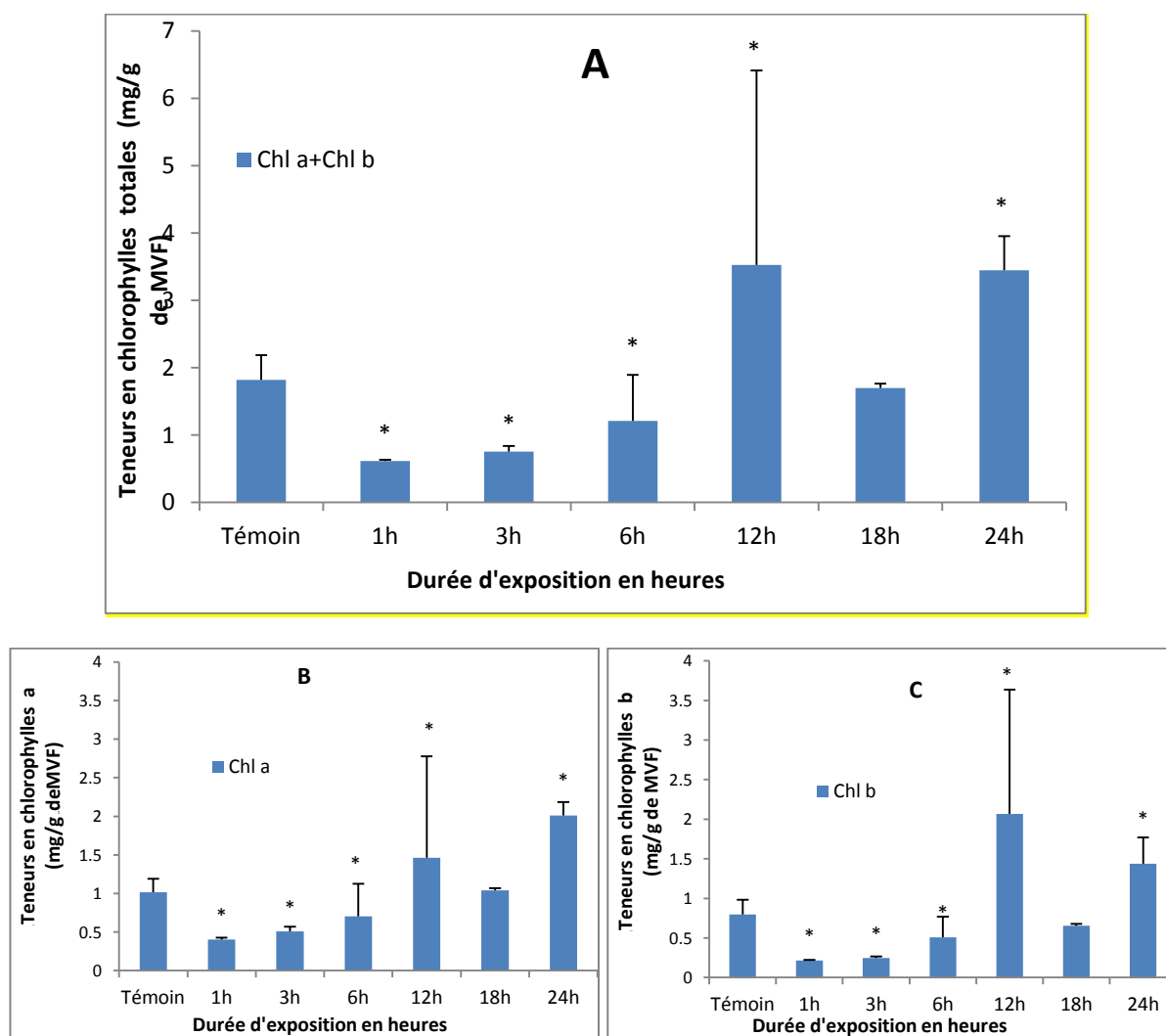


Figure 20. Variation des teneurs en pigments photosynthétiques. (A) chlorophylles totales (B) chlorophylles a et (C) chlorophylles b en fonction de la durée d'exposition aux UV-B

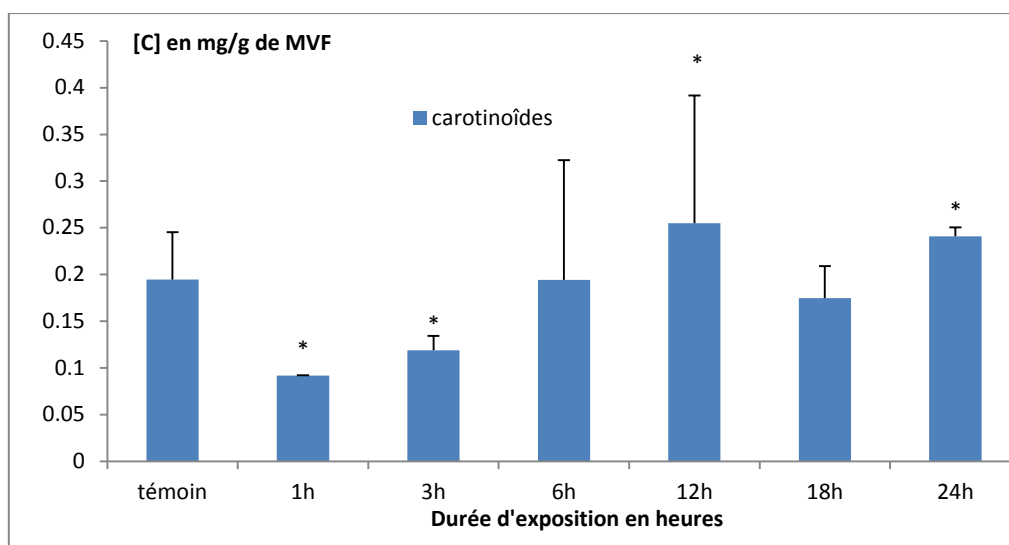


Figure 21. Variation des teneurs en caroténoïdes en fonction de la durée d'exposition aux UV-B.

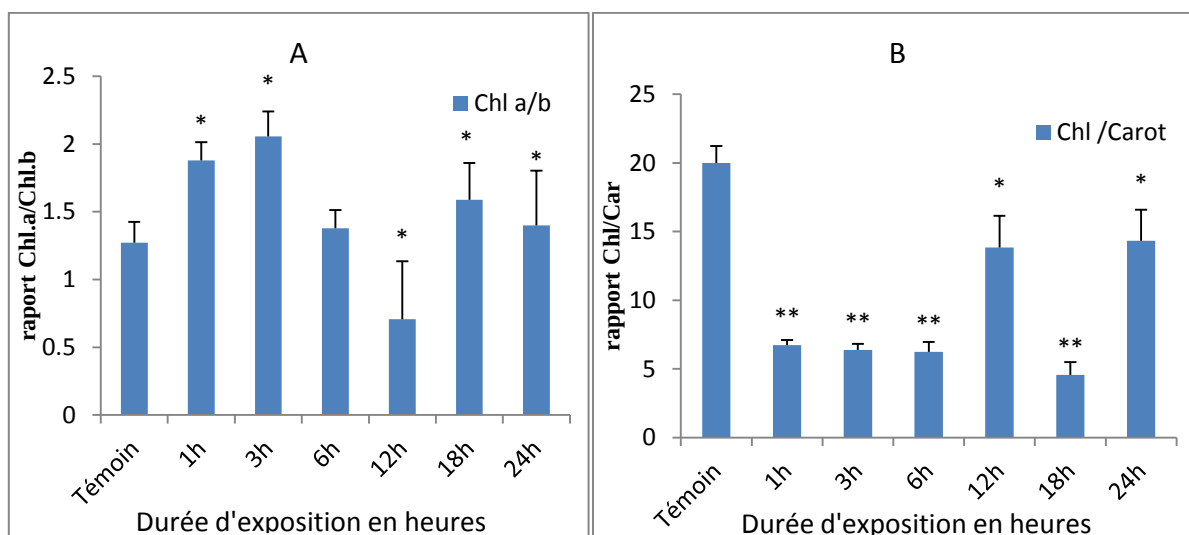


Figure 22: Variation des rapports : (A) *Chl.a / Chl.b* et (B) *Chl/Car.* en fonction de la durée d'exposition aux UV-B

III.1.3.3. Les sucres solubles

Les résultats obtenus dans les feuilles de plantes témoins (figure 23) montrent des teneurs en sucres solubles évaluées d'environ 1.465 mg.g^{-1} de MVF. Après l'exposition aux UV-B, une variation significative des teneurs en sucres solubles a été enregistrée. Elle débute par une diminution des concentrations dans les feuilles des plantes soumises pendant 3h aux UV (1.121 mg.g^{-1} de MVF), suivie par une augmentation hautement significative des teneurs en sucres dans les plantules ayant reçue des doses plus élevées en UV-B. Les valeurs grimpent à environ 2.896 mg.g^{-1} de MVF.

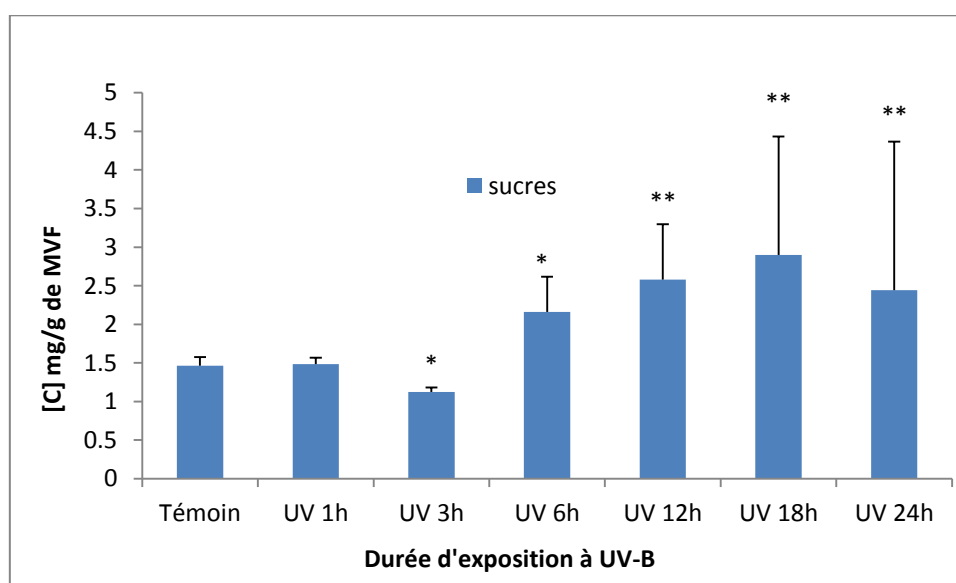


Figure 23. Variation des teneurs en sucres solubles (mg/g de MVF) en fonction de la durée d'exposition aux UV-B

III.1.3.4. Les protéines

Les résultats obtenus sur la teneur en protéines selon la méthode de Bradford (1976) sont rapportés dans la figure 24 Cette dernière révèle les changements quantitatifs des teneurs en protéines chez les plantes exposées à des durées croissantes aux UV-B. Dans les plantes témoins, la teneur moyenne en protéines est de 1.659 mg.g^{-1} MVF. Pour les sujets exposés aux radiations UV, les différents dosages ont décelé une variation des teneurs en fonction de la durée d'exposition. Les teneurs en protéines solubles ont, d'abord, augmenté significativement de 4.310 mg.g^{-1} au début de l'exposition (1h) à plus de 7.329 mg.g^{-1} après 3h d'exposition, ce qui représente une augmentation de 170 % environ, comparativement à la teneur normale enregistrée dans les folioles saines. Par la suite on constate une tendance à la baisse des teneurs en protéines.

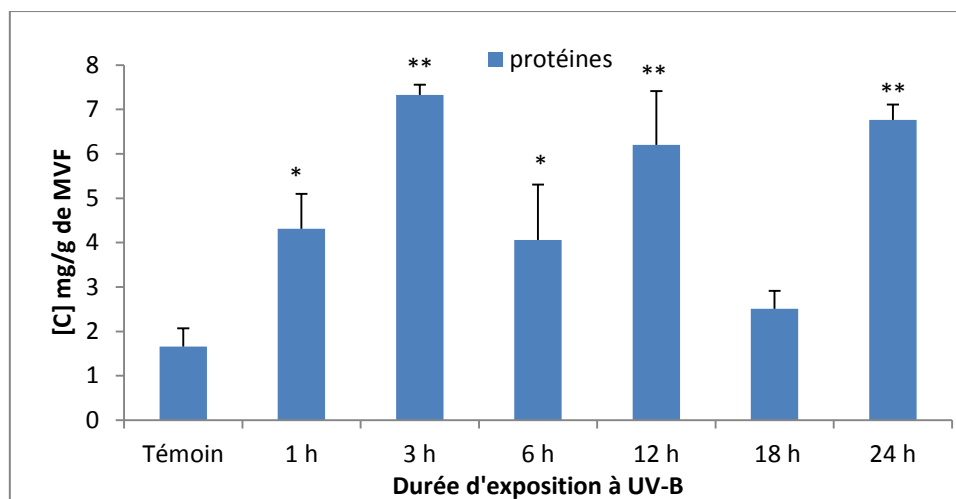


Figure 24. Variation des teneurs en protéines (mg/g) en fonction de la durée d'exposition aux UV-B

III.1.3.5. La proline

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique ($C_5H_9O_2N$), est l'un des vingt principaux acides aminés naturels qui entrent dans la constitution des protéines et considéré comme un bon indicateur de stress chez les végétaux.

Les teneurs en proline chez *Triticum durum* sont déterminées à partir de la courbe étalon de La proline et sont exprimées en microgrammes par gramme de matière végétale sèche ($\mu\text{g/g}$ MVS) dans la figure 25, Les résultats obtenus lors du dosage de la proline effectué sur les plantules des blés cultivés en pots, ne montrent aucune différence significative entre les valeurs de la concentration de la proline des plantules témoins et celles irradiées par les UV-B et quel que soit la durée.

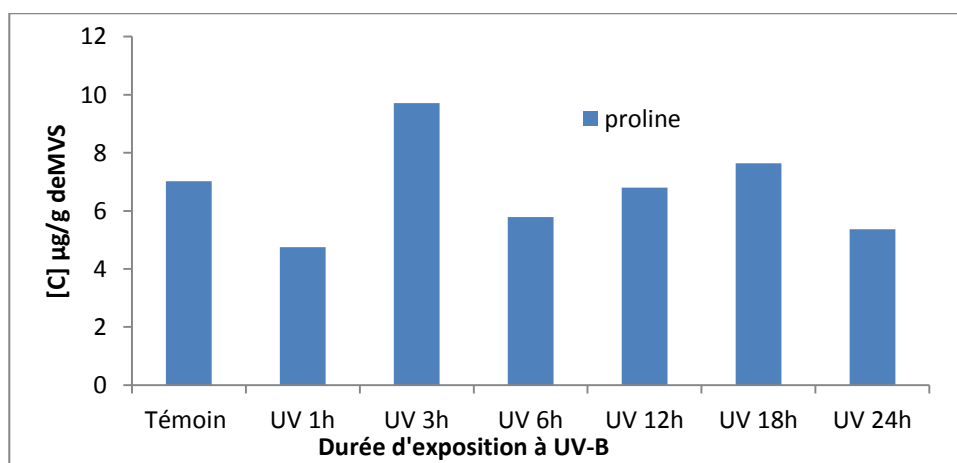


Figure 25. Variation des teneurs en prolines ($\mu\text{g/g}$ de MVS) en fonction de la durée d'exposition aux UV-B

III.2. Discussion générale

Le présent travail a pour objectif d'évaluer les effets des rayons ultraviolets et de la température sur les divers processus physiologiques du blé dur (*Triticum durum*). Plusieurs lots de semences et de plantules de cette essence, ont été exposés à des doses croissantes en UV-B et à un gradient de température pour examiner la réponse de cette espèce à ce type de stress. Différentes techniques et dosages biochimiques ont été réalisés dans cette étude, notamment le dosage de la proline, des sucres solubles, des protéines, le taux des pigments photosynthétiques ainsi que la teneur relative en eau.

Le suivi de la germination et de la croissance du blé dur pendant 21 jours en condition normale de température et de lumière, nous a révélé que cette espèce présente un taux de germination assez rapide et une croissance linéaire et relativement constante d'environ 1,33 cm/jour. Ces résultats colaborent ceux de Prat et Retournard. (1999) ainsi que ceux de nombreux auteurs qui ont déjà travaillé sur cette espèce. Cependant, cette rapidité de germination et de croissance semble être affectée par plusieurs contraintes biotiques et/ou abiotiques et dépend aussi des propriétés intrinsèques de l'espèce. En effet, les résultats obtenus montrent bien que la germination est affecté lorsque la température est trop élevée (37 °C) ou trop basse (4 °C). Lafon et *al.* (1990) et Mazliak. (1990) ont prouvé que la température est le facteur le plus important de la germination, donc si cette température est trop basse elle augmente la durée de la germination et si elle est trop élevée elle inhibe la germination.

Même si l'exposition aux UV-B semble avoir une influence modérée sur la germination ; elle a, en revanche, plus d'impact sur l'aspect et le métabolisme de cette espèce et notamment durant les premières heures d'exposition. En effet, les plantules exposées aux UV-B jaunissent directement après six heures d'exposition, suivi par un enroulement et une réduction des surfaces foliaires ainsi qu'une perte de poids des plantules à une exposition plus prolongée. Ces analyses corroborent ceux de Dai et *al.* (1995) ; Greenberg et *al.* (1997) et Furness et *al.* (1999) qui ont eu les mêmes résultats en exposant les plantes du riz aux UV-B. selon ces auteurs l'enroulement des feuilles revient à la diminution de l'azote, et la couleur jaune implique la présence des xanthophylles et les flavonoïdes qui absorbent l'UV et la lumière bleu. La diminution de la surface foliaire provoque également par la suite une diminution de la teneur en eau chez les plantes.

La diminution de la concentration des pigments photosynthétique (les chlorophylles et les caroténoïdes) au début d'exposition aux lumières UV (après une heure d'exposition) montre que les plantules du blé considèrent les rayonnements UV-B comme un facteur du stress qui affecte de manière significative sur le fonctionnement des photosystèmes PSI et PSII qui sont les centres de la photosynthèse chez les plantes. Cette diminution est suivie par une augmentation des teneurs en pigments photosynthétiques après 12 heures d'exposition. Des résultats similaires ont été enregistrés par de nombreux auteurs (Teramura, 1983 ; Caldwell *et al.*, 1989 ; Tevini *et al.*, 1991 ; Rozema *et al.* 1997) qui ont travaillé sur la laitue « *Lollo rosso* ». Cette augmentation a très probablement un rapport avec les composés phénoliques synthétisés généralement en grandes quantités en condition de stress. En effet, certains chercheurs comme Tevini et Teramura.(1989) ; Rozema *et al.*(1997) ont signalé que les plantes sous UV produisent une large gamme de flavonoïdes et des composés phénoliques qui ont tendance à s'accumuler dans les feuilles des plantes supérieur en réponse à un rayonnement UV-B. Ils ont suggéré que les plantes ont développé des composés absorbants des UV qui s'accumulent dans l'épiderme ce qui empêche ces rayons d'atteindre le mésophile, où se déroule le processus photosynthétiques, et pour protéger l'ADN aux dommages.

En ce qui concerne les concentrations en sucres solubles, les résultats obtenus montrent une diminution par rapport au témoin à une dose de trois heures suivi par une augmentation à partir de six heures d'exposition à la lumière UV-B. Ceci pourrait être expliqué également par la synthèse des antioxydants phénoliques qui empêchent les rayonnements d'atteindre les cellules mésophylliennes, le site de déroulement de la transformation de l'énergie solaire en biochimique « glucose » (Stapleton, 1992 ; Braun et Tevini, 1993). En effet, selon Heinonen *et al.*, (1998), les flavonoïdes ont des propriétés contre les radicaux libres d'oxygène, offrant une protection à des sucres, des lipides, des protéines et les acides nucléiques.

Parmi les composantes métaboliques les plus sensibles et qui réponds aux différents stress on trouve la proline. Les résultats du dosage de cette dernière ne montrent aucune différence significative entre les valeurs de la concentration dans les plantules témoins et celles irradiées par les UV-B et ce, quel que soit la durée. Nos résultats montrent en revanche une variation des teneurs en fonction de la durée d'exposition. Les teneurs en protéines solubles ont, d'abord, augmenté significativement au début de l'exposition (1h à 3h d'exposition) puis nous avons constaté une tendance à la baisse des teneurs.

L'augmentation des protéines démontrent que les plantes ont développé des mécanismes cellulaires de réponse aux stress particulièrement flexibles (**UV-B**) qui leur permettent de s'adapter efficacement à ces stress. Par exemple: **des protéines kinases et LEAP** ("*Late Embryogenesis Abundant Proteins*").

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude a été menée dans l'objectif de mettre en évidence les effets des rayons ultraviolets et de la température sur les divers processus physiologiques du blé dur « *Triticum durum* ». Pour cela, plusieurs lots de semences et de plantules de cette essence, ont été exposés à des doses croissantes en UV-B et à un gradient de température pour examiner la réponse de cette espèce à ce type de stress. Les différentes analyses physiologiques qui ont été réalisés dans cette étude nous ont permis d'avoir des résultats trop intéressants.

En effet, le suivi de la germination du blé dur pendant quelques jours en condition normale de température et de lumière, nous a révélé que cette espèce a un pouvoir germinatif important, qui peut être fortement affecté par des températures extrêmes. Les UV-B, qui semblent avoir un effet modéré sur la germination, ont en revanche un impact plus important sur la croissance et le métabolisme des plantules. En effet, de nombreuses perturbations ont été enregistrées dans les RWC, les protéines, les sucres solubles et des pigments photosynthétiques, quelques heures après l'exposition à des rayonnements en UV-B.

Les résultats de la teneur en eau que nous avons eu montrent que l'exposition du blé à une durée prolongée aux radiations UV-B induit une chute très importante de ces teneurs par rapport au témoin. Les rayons UV-B influent également sur les teneurs en pigments photosynthétiques, notamment au début de l'exposition qui montrent une diminution significative suivie par reprise des teneurs qui augmentent progressivement avec le temps pour les doses prolongées. Des variations similaires ont été observées dans les concentrations en sucres solubles et en protéines. Les résultats obtenus montrent également une chute des teneurs juste après l'exposition suivie par une augmentation hautement significative dans les plantules ayant reçu des doses plus élevées en UV-B. En revanche, les teneurs en proline ne semblent pas être affectées par ce type de stress ; les valeurs obtenues ne montrent aucune variation statistiquement significative.

Bien que les résultats obtenus dans ce travail soient intéressants, ils restent, néanmoins, assez préliminaires. Il serait donc souhaitable de compléter et d'enrichir cette étude par d'autres analyses supplémentaires dont on cite :

- L'analyse d'autres métabolites primaires et secondaires à l'instar des composées phénoliques et les lipides membranaires.
- La prolongation de la durée d'exposition et la variation de l'intensité des UV utilisées (faire des tests sur les UV-C)
- Elargir l'étude sur la partie souterraine.
- Compléter cette études par des analyses qualitatives sur le blé ; par des observations histo-cytologiques de l'appareil végétative.
- Il serait également intéressant d'associer à ce stress d'autres contraintes environnementales.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- ✱ **Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale (AFSSE).** Mai 2005. Résumé du rapport« Evaluation des risques liés à l'exposition aux ultraviolets », p 24.
- ✱ **Ait Kaki Y.**1993.Contribution à l'étude des mécanismes morphophysiologiques de tolérance au stress hydrique sur 5 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf).Thèse de Magister ,Université d'annaba.
- ✱ **Amokrane A, Bouzezour H, Benmahammed A, Djekoun A.** 2000. Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. Science et technologie, Université Mentouri, Constantine, numéro spécial D. p 38.
- ✱ **Anonyme.**1998a.Inventaire myrmécologique de la réserve naturelle volontaire trésor. Rapport de mission 10 au 25 janvier 2004.p19.
- ✱ **Baldy C.**1993 .Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale.In.Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne,diversité génétique et amélioration variétale.Montpellier.Ed INRA. p99.
- ✱ **Bammoune A.** 1997.Contribution à l'étude de quelques caractères morpho physiologiques ,biochimiques et moléculaires chez 13variétés de blé dur,*Triticum turgidum durum*,pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hautes plateaux de l'ouest algérien .Thèse de Magistère Institut des sciences de la nature, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene.p 96.
- ✱ **Barillot R, Frak E, Combes D, Durand JL, Gutierrez A.** 2010. What determines the complex kinetics of stomatal conductance under blueless PAR in *Festuca arundinacea*? Subsequent effects on leaf transpiration.Journal of Experimental Botany **61**,p 2806.
- ✱ **Barnes PW, Jordan PW, Flint WG et Caldwell MM.**1988. Competition, morphology and canopy structure in wheat (*Triticum aestivum* L) and wild oat (*Avena fatua* L) exposed to enhanced ultraviolet-B radiation. *Funct. Ecol.* p330.
- ✱ **Barrs C et Weatherley PE.** 1968. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Australian J. of Biol. Sci.*, 15 : p 413–428
- ✱ **Belaid D.** 1990- Eléments de phytotechnie générale Ed. O.P.U, Alger.p 157.
- ✱ **Belaid D.** 1996.Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. D'agronomie. Batna.p187.
- ✱ **Bensari M, Calmes J et Viala G.**1990. Régulation du carbone fixé par photosynthèse entre l'amidon et le saccharose dans la feuille de soja .Influence d'un déficit hydrique .plant. Physiolo, Biochem. p 121.
- ✱ **Bewley J.** 1997.Seed germination and dormancy. *plant cell*,9,p 1066
- ✱ **Bonjean A et Picard E.** 1990.Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan. p 235.

- ✱ **Bradford MM.** 1976-A. Rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal Biochem.* V 72. P 254.
- ✱ **Braun J et Tevini M.** 1993. Regulation of UV-protective pigment synthesis in the epidermal layer of rye seedlings (*Secale cereale* L. cv. Kustro). *Photochem. Photobiol.* p 323.
- ✱ **Caldwell MM, Flint SD et Searles PS.** 1994. Spectral balance and UV-B sensitivity of soybean: a field experiment. *Plant Cell Environ.* p 276. Cell 4. p 1358.
- ✱ **Chabi H, Derouiche M, Kafi M et Khilassi E.** 1992. Estimation du taux d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya de sétif. Thèse de Ingénieur. INA El-Harrach. p 317.
- ✱ **Clement G et Prats J.** 1970. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351p.
- ✱ **Croston RP et Williams JT.** 1981. A world survey of wheat genetic resources. *IBRGR. Bulletin.* p 80.
- ✱ **Dai Q, Peng S, Chavez AQ et Vergara BS.** 1995. Effects of UV-B radiation on stomatal density and opening in rice (*Oryza sativa* L.) *Ann. Bot.*, 70 p.
- ✱ **Dyevre, P et Mereau.** 1994. Effets sur la santé de l'exposition professionnelle aux rayonnements ultraviolets. Institut National de Recherche et de Sécurité 30 Rue Olivier-Noyer, n° 75680 Paris. p 9.
- ✱ **EL-Enany.** 1995. Proline effect on shoot organogenesis and protein synthesis in salinity stressed tomato cultures. *Journal Of Islamic Academy Of Sciences*, 8(3). p 142.
- ✱ **Furness N, Upadhyayav MK et Ormrod DP.** 1999. Seedling growth and leaf surface morphological responses of three rangeland weeds to ultraviolet-B radiation. *Weed Sci.* p 434.
- ✱ **Garrec, JP.** 2009. Impact des rayonnements UV sur la santé des végétaux. Laboratoire pollution atmosphérique 54280, CHAMPENOUX (France). p 20.
- ✱ **Gautier H.** 1991. Physiologie des stomates. Réponse à la lumière bleue des protoplastes de cellules de garde. Thèse de doctorat Université Paul Sabatier, Toulouse, France, p 174.
- ✱ **Goas M.** 1965. Sur le métabolisme azote des halophytes. Etude des acides aminés et amides libres. *Bull. Soc. Fr ; physiol. Vegé.* p 314.
- ✱ **Gollek.** 1973. Structure and fonction of plants cells in saline habitats in new trends in the study of salt tolerance, John Wiley and Sons, New-York, Toronto.
- ✱ **Gomez L, Rubio E et Auge M.** 2002. A new procedure for extraction and measurement of soluble sugars in ligneous plants. *J. of the Science of Food and Agriculture*, 82, 360-369
- ✱ **Greenberg BM, Wilson, MI, Huang XD, Duxbury CL, Gerhaddt KE et Gensemer RW.** 1997. The effects of ultraviolet-B radiation on higher plants. In: Wang W, Goursuch J, Hughes J.S. (eds.): *Plants for environmental studies.* Boca Raton, Fl: CRC Press. p 35.

- ✱ **Harlan JR.** 1975. Crops and man. Eds John Wiley and Sons, NY. p 350.
- ✱ **Hasini N.** 2014. Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. Thèse de doctorat, Université d'Annab. 15 p.
- ✱ **Heller R.** 1969. Biologie végétale. II. Nutrition et métabolisme. Ed. Masson et Cie Editeur, Paris. France. 578p
- ✱
Hogewoning SW, Douwstra P, Trouwborst G, van Ieperen W, Baldy C. 1993. Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. In. Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne, diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier. Ed INRA. p99.
- ✱ **et Harbinson J.** 2010. An artificial solar spectrum substantially alters plant development compared with usual climate room irradiance spectra. Journal of Experimental Botany **61**. 1276 p.
- ✱ **Jones HG** (1992) Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. The American Society for Horticultural Science **25**. 109 p.
- ✱ **Karlsson P et Assmann SM** (1990) Rapid and specific modulation of stomatal conductance by blue-light in ivy (*Hedera helix*): an approach to assess the stomatal limitation of carbon assimilation. Journal of Plant Physiology **94**. 447 p.
- ✱ **Kinoshita T, Doi M, Suetsugu N, Kagawa T, Wada M, Shimazaki K** (2001) Phot1 and phot2 mediate blue light regulation of stomatal opening. Nature **414**. 660 p.
- ✱ **Lafon JP.** 1995. Biologie des plantes cultivées. 2, Physiologie du développement et d'amélioration.
- ✱ **Levitt J, Sullivan CY et Krull E.** 1960. Some problems in drought resistance. Bull. Res. Coun, London. p 180.
- ✱ **Lyon.** 1938. Effet des rayons ultraviolets sur les végétaux supérieurs. p 258.
- ✱ **Macias et al.** 2007. Changes in the flavonoid and phenolic acid contents and antioxidant activity of red leaf lettuce (Lollo Rosso) due to cultivation under plastic films varying in ultraviolet transparency. J Agric Food Chem. p 10172.
- ✱ **Magné C et Larher F.** 1992. High sugar content of extracts interferes with colorimetric determination of amino acid and free proline. Anal. Biochem. p 200.
- ✱ **Matthew C.** 1996. Growth of ryegrass and white clover under canopies with contrasting transmission of ultraviolet-B radiation. Proc. Ann. Conf. Agron. Soc. New Zealand. p 30.
- ✱ **Mazliak P.** 1982. Croissance et développement. Physiologie végétale. T2. Hermann, Paris. p465.
- ✱ **Mazliak P.** 1982. Croissance et développement. Physiologie végétale. T2. Hermann, Paris. p465.

- ✱ **Mckey J.** 1968. Species relations in *Triticum*, pro. 2nd International Wheat Genetic Symposium. Hereditas .p 276.
- ✱ **Mekhlouf A, Bouzerzour H, Dehbi F et Hannachi.** 2001. Rythme de développement et variabilité de réponse du blé dur (*Triticum durum* Desf) aux basses températures .Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In Proceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi –arides. OEB.
- ✱ **Merizek S.** 1992. Evolution de la biomasse et des composantes du rendement d'une culture de blé (Waha) conduite en sec et en irrigué .Thèse Ingénieur a .INA El-Harrach. p 10.
- ✱ **Monneveux P et Nemmar M.** 1986. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum*. L) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie. p590.
- ✱ **Monneveux P.** 1991. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales .In Amélioration des plantes par l'adaptation aux milieux aride .AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. p 186.
- ✱ **OMS, ICNIRP, OMM et PNUE.** 2002. L'indice universel de rayonnement UV solaire Guide pratique. p 28.
- ✱ **Pastre.** 1993. The control of insect pests in oil seed rape: deltamethrin file, p201. *Photobiol.* p 487.
- ✱ **Poustini K, Siosemardeh A et Ranjbar M.** 2007. Proline accumulation as a response to salt stress in 30 wheat (*triticum aestivum* L) cultivars differing in salt tolerance .Genetic Ressource And Crop Evolution .V 54. n°5. p934.
- ✱ **Prat J.Y et Retournard D.** 1999. L'ABC de la taille. Ed. Rustica, Paris, 283 p.
- ✱ **Protocole de Montréal.** 1987 -1997. La science de l'ozone : perspective canadienne sur la couche d'ozone. p 10.
- ✱ **Raven, Berg et Hassenzehl.** 2008. Environnement. Ed 6^{ème} de Boeck Université. p 687.
- ✱ **Roetzma J, Vandestaaij, Bjorn LO et Calbwell M.** 1997. UV-B as an environmental factor in plant life, Stress and regulation. *Trends Ecol Evol.* p 28.
- ✱ **Rozema J, Staaij J, Bjorn LO et Caldwell M.** 1997. UV-B as an environmental factor in plant life: stress and regulation. *Trends Ecol. Evol.* p28.
- ✱ sélection. Eds Nathan. p 235.
- ✱ **Simon H et Codaccioni P et Lequeue X.** 1989. Produire des céréales à paille. Coll. Agriculture d'aujourd'hui. Science, Techniques, Application. p 296.
- ✱ **Skorska E.** 1996 a. Changes induced by short-term ultraviolet (UV-B) radiation in photosynthetic activities in pea and rape leaves. *Folia Histochem. Cytobiol.* p 44.
- ✱ **Skorska E.** 1996b. Reakcja zarzek pakunapromieniowanie ultrafioletowe UV-B. *Rosl. Oleist.* p 282.
- ✱ **Smith JL, Burritt DJ et Bannister P.** 2000. Shoot dry weight, chlorophyll and UVB-absorbing compounds as indicators of a plant's sensitivity to UV-B radiation. *Ann Bot.* 86. p 1063.

- ✱ **Soltner.**1990. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 17ème éditions.p 464.
- ✱ **Stapleton AE.** 1992. Ultraviolet radiation and plants: burning questions. Plant
- ✱ **Teramura AH.** 1983. Effects of ultraviolet-B radiation on the growth and yield of crop plants Physiol .p 427.
- ✱ **Tevini M et Teramura AH.** 1989. UVB effects on terrestrial plants. Photochem.
- ✱ **Tevini M, Braun J et Fieser G.** 1991. The protective function of the epidermal layer of rye seedlings against ultraviolet-B radiation.Photochem.Photobiol.p 333.
- ✱ **Troll WetLindsley JA.**1955. Photometric method for the determination of proline. J Biol Chem.1955 Aug, 215(2) . p 660.
- ✱ **Turk et Hali.** 1980. Drought adaptation of cowpeas. Influence of on plant growth and relation with seed yield. Agron.p 433.
- ✱ **Viera DA et Silva J.**1968 .Influence of osmotic potential of the nutrient solution an the soluble carbohydrate and strach content of thrée species of GOOSSYPIUM C.R , cad Sci Paris . p 297.
- ✱ **Yves h et De Buyser J.** 2000. L'origine des blés, pour la science, hors-série n° 26.60-62p.
- ✱ **Zeiger E, Farquhar GD et Cowan IR .**1987.Stomatal function. Stanford University Press, California, p503 .
- ✱ **Zeiger E et Zhu J.** 1998. Role of zeaxanthin in blue light photoreception and the modulation of light-CO2 interactions in guard cells.Journal of Experimental Botany 49. p442 .

Résumé :

Ce travail vise à étudier les effets des rayons ultraviolets et de la température sur les divers processus physiologiques du blé dur « *Triticum durum* ». De nombreuses techniques de dosage et mesures ont été réalisées sur des semences et des plantules du blé qui sont exposées à ces deux contraintes. Les résultats obtenus montrent l'impact des températures extrêmes sur le pouvoir germinatif de cette espèce. En sus, de nombreuses altérations métaboliques ont été observées chez les plantules exposées aux rayons UV-B affectant particulièrement : les protéines, les pigments photosynthétiques, les sucres ainsi que les teneurs relatives en eau (RWC).

Mots clé : UV-B, température, germination, blé dur, métabolisme.

المخلص:

قد ركز هذا العمل على دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية و درجة الحرارة على مختلف الأنظمة

الفيزيولوجية للقمح الصلب. حيث تم اجراء العديد من التقنيات على نبات القمح الصلب الذي تم تعريضه لهذين العاملين.

أظهرت النتائج أن للحرارة القصوى و الدنيى تأثير على قدرة الانتاش لهذا النوع من القمح، مع العلم أن عدة تحولات أيضية تم ملاحظتها على نبات القمح المعرض للأشعة فوق البنفسجية من النوع "ب" خاصة البروتينات، اليخضور، السكريات و كمية الماء.

الكلمات المفتاحية : الأشعة فوق البنفسجية "ب"، الحرارة، الانتاش، القمح الصلب، الأيض

Abstrat

This work aims to study the effects of ultra-violet ray and tempirature on the diferent phisiological processes of durum wheat « *Triticum durum* ». Numirous dosages techniques and measures have been realised on seeds and plants of corn exposed to these constraints. The results obtained demonstrated the impact of hight (extreme) temperatures upon the germanative power of this species, in addition numirous new metabolic alteration have been observed in the plants exposed to ultra-violet rays affecting particularly the photosynthetic pigments, suger and contents relative to water (RWC).

Keywords : UV-B, temperature, germination ,durum wheat, metabolic