

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Gestion des Agrosystèmes

Présenté par : **Mme** KHOULDI Samira

Thème

ETUDE COMPARATIVE BIOCHIMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE
DE SIX VARIETES DE BLE DUR *Triticum durum* Desf. EN
CONDITIONS SAHARIENNES - OUARGLA

Soutenu publiquement

Le : 10/09/2020

M. CHELOUFI	Hamid	Pr.	Président	UKM Ouargla
Mme DERAOU	Naima	M.C.B.	Encadreur	UKM Ouargla
Melle SALHI	Nasrine	Pr.	Co-Encadreur	UKM Ouargla
M. KARABI	Mokhtar	M.C.A.	Examineur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2019 / 2020

A decorative border of pink roses and petals surrounds the text. On the left side, there are several large, detailed pink roses with green leaves and water droplets. The top and right sides feature a row of pink rose petals. A string of small, light-colored beads forms a semi-circular frame around the text on the right side.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail à :

Mes parents,

*À mes frères (Miloud,
Killali, Oussama, Dia Eldinne,*

Mohammed hassan)

À ma soeur, (Doaa)

À toute ma famille,

À mes amis

A mon mari,

(Walid)

A mon fils, Mohammed

Sofiane

À tous.

Samira

Remerciements

En premier lieu, nous remercions ALLAH le Tout Puissant de nous avoir donné la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude à Mme DERAOUI Naima, de nous diriger pour la préparation de ce mémoire.

Elle a toujours fait tout son possible pour nous aider. Qu'elle trouve ici l'expression de notre très vive reconnaissance, de notre profond respect et de notre infinie gratitude pour tous les efforts déployés ainsi que pour ses précieux conseils pour la réalisation de ce travail.

Un grand merci à Melle SALHI Nesrine, pour avoir dirigé ce travail, Merci pour ses conseils, orientations et ses encouragements.

Nos remerciements vont également au Pr CHELOUFI d'avoir accepté de présider notre jury et au Dr KARABI M. d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Merci à tout le personnel des laboratoires pédagogiques de la faculté SNV et le laboratoire de recherche de Bio-ressources sahariennes de l'Université Kasdi Merbah Ouargla.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin.



Liste des abréviations

Pf : poids frais

Ps : poids sec

TRE : teneur relative en eau

Chl : chlorophylle

MF : matière fraîche

H : horizon

ONM : organisation national météorologique

DO : densité optique

UKMO : université kasdi marbah ouargla

Liste des tableaux

<i>Nombre</i>	<i>Titre des tableaux</i>	<i>N page</i>
01	Le marché mondial du blé (FAO, 2016)	11
02	Les principaux ravageurs, maladies de blé (Richard et Dary, 1985).	12
03	Données climatiques de la région d' Ouargla	35
04	Pluviométrie et les températures moyennes mensuelles.	39
05	Caractéristiques physico-chimiques du sol	42
06	Caractéristiques de l'eau d'irrigation du site expérimental.	43
07	Variation de la teneur relative en eau des feuilles en fonction des variétés	54
08	Variation des paramètres biochimiques des feuilles en fonction des variétés	55
09	Variation des paramètres agronomique en fonction des variétés	60

Liste des figures

<i>Nombre</i>	<i>Titre des figures</i>	<i>N page</i>
01	Phylogénie du blé dur	05
02	figure représente la fécondation du blé par son propre pollen (Autofécondation)	08
03	Histologie du grain de blé	10
04	La fermeture des stomates.	25
05	Illustration des mécanismes de tolérances à la salinité	28
06	Voie de synthèse de la proline	31
07	Localisation la wilaya de Ouargla	34
08	Climagramme d'EMBERGER de la région d'OUARGLA	39
09	L'exploitation de l'université « ITAS »	41
10	<i>Dispositif expérimentale</i>	45
11	Etapas dosage chlorophylle	47
12	Etapas dosage proline	49
13	Etapas dosage sucre total	51
14	Variation de la teneur relative en eau des feuilles en fonction des variétés	55
15	Variation de la teneur en chlorophylle a des feuilles en fonction des variétés	56
16	Variation de la teneur en chlorophylle b des feuilles en fonction des variétés	57
17	Variation de la teneur en chlorophylle total des feuilles en fonction des variétés	58
18	Variation de la teneur en proline des feuilles en fonction des variétés	58
19	Variation de la teneur en sucre totaux des feuilles en fonction des variétés	59
20	Variation de Nombre d'épis en fonction des variétés	60
21	Variation de Hauteur de la tige en fonction des variétés	61
22	Relations entre paramètres physiologique, biochimiques et agronomiques	62

Introduction

La majeure partie de l'alimentation est fournie par les aliments en grain, dont 96% sont produits par les cultures céréalières tels que le blé, l'orge, le riz, et le maïs ...etc. Les céréales constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays, parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum Desf*).

En effet, le blé dur occupe une place très privilégiée en fournissant plus de 60% de l'apport calorique et 15 à 20% de l'apport protéique, Son débouché principal c'est l'alimentation humaine (fabrication des semoules, couscous, pain et pâtes), le reste est utilisé pour l'alimentation animale (bétail) et l'industrie (amidon) (Zegrari, 2014).

La production des céréales en Algérie, avec le blé dur comme la première céréale cultivée et la plus ancienne, demeure le pivot de l'agriculture, c'est une filière stratégique et représente un poids considérable dans l'économie agricole, en raison de leur valeur nutritive pour les différentes couches de la population quel que soit leur niveau de vie.

Avant les années 1830 l'Algérie, exporte son blé au monde entier, actuellement durant les dix dernières années, à sept reprises, la production annuelle de cette céréale demeure très insuffisante pour satisfaire la demande en constante augmentation de ce produit de large consommation, pour cela l'Algérie importe massivement son blé et se trouve dépendante du marché international pour couvrir une partie de ses besoins, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et une forte évolution démographique.

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie est souvent expliquée par l'influence des mauvaises conditions climatiques associées, notamment à la sécheresse, la température et la salinisation des sols qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie. En réalité, cette culture étant dépendante beaucoup plus de son environnement, ces conditions climatiques représentent les principaux facteurs limitant la croissance des plantes ainsi que la productivité des cultures céréalières par une perte partielle ou totale, du moment que 60% de la superficie réservée aux céréales se situe dans les zones arides et semi-arides qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations et de fortes températures sur une grande partie de l'année ainsi qu'une terre salée. Plusieurs études ont montré que, face à un stress abiotique, les plantes étant un organisme sessile, adoptent des stratégies d'acclimatation et de tolérance qui diffèrent en fonction de l'espèce et des conditions du milieu et qui font intervenir une large combinaison et de modification des facteurs morphologiques, physiologique, biochimique et moléculaire.

La connaissance et la compréhension de ces mécanismes demeure d'une grande importance, en ce qui concerne la recherche fondamentale mais aussi en tant que voie d'amélioration des plantes. Effectivement, ils constituent une perspective intéressante pour les améliorateurs, généticiens et biotechnologues (Ainaoui, 2016), pour contribuer à la gestion de l'impact du changement climatique, et sur le plan pratique pour le développement d'espèces agricoles tolérantes à la sécheresse (Bousbaa, 2012).

La plupart des travaux de recherche effectués sur le blé dur ont eu durant de nombreuses années pour objectif principal l'augmentation de la productivité. Ces dernières années, un intérêt plus croissant a été porté sur les études qui concernent l'amélioration génétique de la tolérance aux différents stress abiotique chez le blé.

Cette amélioration exige l'analyse de la plante en tant que système, dans son intégralité pour mieux comprendre la fonction biologique et les interactions des gènes exprimés dans certaines conditions de stress. Il est donc crucial d'étudier et d'analyser intensivement la variation d'expression sous l'effet de différents stress chez différents variétés (Hamla 2016).

Dans ce contexte l'objectif de ce présent travail consiste à analyser le comportement de six variétés de blé dur soumises aux conditions naturelles de la région d'Ouargla exploitation (ITAS) au stade épiaison « gonflement de gain » tout en effectuant une étude comparative de quelques mécanismes de tolérance relatifs aux effets de ces contraintes abiotiques.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

Chapitre1 : synthèse bibliographique qui se base sur les généralités sur le blé dur, et les notions de stress et ses différents types, ainsi que les mécanismes physiologique et biochimique de tolérance face à ces contraintes

Chapitre 2 : englobe la description du matériel végétal, des conditions de culture et les paramètres d'analyse étudiés pour exploiter ce travail.

Chapitre3 : comprend la représentation des résultats obtenus dans ce travail ainsi que leur discussion.

Le mémoire est achevé, par une conclusion, suivie de la liste de références bibliographiques et l'annexe.

Chapitre I. Synthèse bibliographique

1. Les stress abiotiques et leurs effets sur la plante :

Sous les conditions de production des principales zones céréalières algériennes, notamment celles des hauts plateaux, la plante est le plus souvent soumise à une série de contraintes de nature abiotique. Les plus importantes de ces contraintes, suite aux rôles majeurs qu'elles jouent dans les fonctions essentielles de la plante, sont la variation de la précipitation, de la température, de l'humidité du sol, et de la salinité, ces stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur mode de vie.

1.1. Notion de stress

Le terme « stress » définit l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. C'est un processus qui induit une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

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

En effet, le stress signifie la déviation dans le développement et les fonctions normaux 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'ensuit modifie la croissance et le développement, et influence les capacités reproductives de la plante, causant ainsi des dommages aux plantes. (Benkoli et Bouzeghaia, 2016)

La plante accomplit le retour à la stabilisation et les réactions de répartition par un réajustement d'états adaptés et le maintien de grands pouvoirs de résistance, qui font tous appel à une énergie additionnelle et métabolite

1.2. Stress abiotique

Les facteurs abiotiques sont ceux liés à l'action du non-vivant sur le vivant ils sont dû principalement à des facteurs environnementaux. (Izzar et Meziani, 2015), susceptibles de déclencher des modifications dommageables, provoquant ainsi chez une espèce végétale une augmentation du taux de mortalité de la population.

En effet les plantes se trouvent rarement dans des conditions environnementales

optimales, elles se trouvent souvent dans des conditions extrêmes qui amènent les organismes à la limite de la survie.

Un stress peut l'être pour une plante sans l'être pour une autre. Des facteurs comme l'âge sont importants et avec le réchauffement climatique, la pression exercée par certains stress augmentera très certainement.

1.3 Stress hydrique

La notion de stress hydrique ou sécheresse renvoie en réalité le plus souvent à de nombreuses définitions :

- ◇ En météorologique, la sécheresse est une absence prolongée, voire une faible distribution, des précipitations, en relation avec une valeur dite normale.
- ◇ En hydrologie, on parle de sécheresse dès lors qu'à l'échelle régionale la hauteur des pluies est inférieure à la moyenne saisonnière, ce qui se traduit par un approvisionnement insuffisant des cours d'eau et des réserves d'eau superficielles ou souterraines.
- ◇ En agriculture, Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, (Mouellef, 2010), La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration.

En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période de sécheresse (Kara et Zerguine, 2016), où la plante est placée dans un environnement qui amène à ce que la quantité d'eau transpirée par la plante soit supérieure à la quantité qu'elle absorbe.

L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatrice. Le manque d'eau, déficit hydrique ou la sécheresse représente le stress abiotique le plus sévère, auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de productions des zones arides et semi- arides (Chennafi et *al*, 2006).

1.4 Stress salin

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme étant la présence processus pédologique selon lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles acquérant ainsi un

caractère salin, C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité. La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale.

La salinité se rencontre en de nombreuses zones arides et semi arides du bassin méditerranéen (Drevon et *al*, 2001). En Algérie les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à : l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel et la conduite empirique des irrigations, Le fort ensoleillement et la faible pluviométrie font accumuler les sels dissous en surface. Ces accumulations transforment profondément les propriétés physique et chimique du sol avec pour conséquence principale un milieu qui devient non productif voir stérile, Le sol est alors colonisé d'une manière plus au moins dense par des peuplements de plantes halophytes.

1.5 Stress thermique

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, Lorsque la température avoisine se limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (Haichour, 2009).

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

On appelle températures critiques, les températures minima et maxima au-dessous et au-dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation.

2. Les effets des stress abiotique sur le blé :

2.1 Effet du stress hydrique:

L'eau constitue le milieu interne des plantes. C'est une véritable matrice vitale du fonctionnement cellulaire, les différents organes de la plante renferment entre 80 et 90 % d'eau. Cette eau est nécessaire au fonctionnement de la plante. L'eau d'imbibition qui s'évapore suite à la transpiration est renouvelée en permanence par l'eau absorbée par les racines.

L'eau joue un rôle primordial dans la photosynthèse, le transport et l'accumulation des éléments nutritifs ainsi que dans la division cellulaire et la régulation thermique, c'est l'élément essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivées

En effet l'eau est indispensable aux plantes à tous les niveaux. A l'échelle moléculaire, l'eau agit comme matrice pour toutes les réactions enzymatiques au niveau de la phase photochimique de la photosynthèse, et apporte de l'hydrogène et de l'oxygène. A l'échelle de la cellule, l'eau a un impact direct sur l'architecture des organes et leur élongation. Enfin, à l'échelle de la plante, elle permet l'assimilation des solutés présents dans le sol et leur migration vers les parties aériennes de la plante.

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde, il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économique. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides tel qu'en Algérie, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Mefti et *al*, 2000).

Tardieu (2005) mentionne que le statut hydrique de la plante passe progressivement par trois principales phases, selon le développement du stress hydrique. Au cours de la phase initiale, la transpiration et l'assimilation se déroulent comme si la plante dispose de l'eau à volonté. Cette phase se poursuit jusqu'au moment où le niveau d'absorption racinaire ne peut plus satisfaire la demande des feuilles faute de l'épuisement des réserves utile du sol.

Après ce seuil, la plante entre dans la seconde phase, au cours de laquelle la transpiration et l'assimilation sont réduites relativement à leur potentiel. La plante réagit de façon dynamique au cours de cette phase, pour rétablir l'équilibre entre la demande et l'offre du sol, en faisant intervenir des mécanismes qui lui sont propres Quand le déficit

hydrique devient plus intense, alors la plante entre dans la troisième et dernière phase au cours de laquelle la croissance s'arrête.

Le manque d'eau ou déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère auquel la culture du blé dur fait face (Chenaffi et *al*, 2006), il affecte plusieurs paramètres au niveau de la plante, qui sont :

□ *La photosynthèse :*

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration. La baisse du potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence (Benkolli et Bouzeghaia, 2016) ensuite à une perte de fonctions vitales. Donc un stress hydrique provoque la fermeture des stomates, ralentissant la photosynthèse en même temps que la transpiration (Issad, 2013). La sécheresse menace la capacité de la plante à maintenir sa photosynthèse (Hamla, 2016).

En cas de déficit hydrique, la plante pourra être exposée d'abord à une perte de turgescence.

□ *La croissance végétative :*

Un stress hydrique limite sérieusement la croissance de la plante et sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. (Bouakaz, Hamadouche, 2015).

On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre noeuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (Attia, 2007). Il affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aérienne, ainsi que le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Neffar, 2013), donc un déficit hydrique contrôle la croissance végétative en réduisant la vigueur de la plante. Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence s'accélérer; et une perte trop importante d'eau par transpiration peut conduire à la mort des cellules (Bouchabke et *al*, 2006).

□ *Le rendement et la composition du grain :*

Le déficit hydrique est une contrainte abiotique majeure de la production agricole, il impacte négativement sur le rendement de culture et la qualité des produits (Benkhellef, 2016).

Le déficit hydrique affecte significativement les composantes du rendement, en effet le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épi, du poids de grains par épi et du nombre d'épis par m². Le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales, une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit le nombre et la taille des talles chez le blé, après la fécondation il réduit la taille des organes et si il se poursuit pendant la phase de remplissage, il affecte leur composition. Et entraîne une diminution du poids de 1000 graines par altération de la vitesse et la durée de remplissage des grains (Bouthiba et al, 2010).

Le déficit hydrique se manifeste aussi par la production très réduite du nombre de grains par épi, du nombre d'épis par plante, (Condon et al, 2004), et du nombre d'épis par unité de surface (Benhabdelhafid, 2016), réduisant par conséquent le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80%.

□ **Le métabolisme de la graine :**

Les différents métabolismes sont inégalement affectés par le déficit hydrique (le métabolisme carboné l'est davantage que le métabolisme azoté).

Les concentrations relatives des différents composés sont modifiées : un manque d'eau induit généralement une baisse des teneurs en amidon et en huile des graines, et une augmentation des teneurs en protéines (Hireche, 2006).

Les effets physiques, chimiques et physiologiques du stress hydrique dépendent du degré et du temps des conditions de sécheresse en relation avec le stade de développement de la plante (Bouakez et Hamadouche 2015), mais Les risques de manque d'eau vont devenir de plus en plus fréquents et persistants, à l'avenir, par suite des changements climatiques causés par l'effet de serre .

2.2. Effets du stress salin :

La salinité constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance et le développement de la plante cultivées (Abdelly et al, 2008). Cette salinité peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais.

Par ailleurs, la salinité est un facteur environnemental très important qui affecte : la réduction du nombre des feuilles, la conductance et la résistance stomatique (Rejeb et al,

1991), la synthèse des protéines, le métabolisme énergétique et la photosynthèse. La présence de NaCl dans le milieu de culture limite l'alimentation de la plante en cations majeurs, tels que le potassium (K^+) et le calcium (Ca^{2+}) (Zid et Grignon, 1991).

La réduction de la chlorophylle est corrélée avec l'accumulation du Cl^- dans les tissus. De plus la salinité impose à la plante une réduction de l'absorption des ions essentiels tels que le K^+ et Ca^{2+} , conduisant à un déséquilibre ionique (Zhu, 2001). Le calcium est nécessaire pour le maintien de la sélectivité et l'intégrité de la membrane cellulaire, d'où un déficit en Ca^{2+} affecte la sélectivité de la cellule et l'intégrité de la membrane, accélérant le passage passif des ions Na^+ et leur accumulation dans les tissus (Cramer, 2002).

Cependant Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions.

Les plantes produisent des espèces réactives à l'oxygène, nommés ROS (radicaux superoxide (O_2^-), peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), et radicaux hydroxyle (OH) en réponse à un stress salin. Ceci cause d'importants dommages dans des lipides membranaires, des protéines et acides nucléiques.

La genèse de ROS dans une plante soumise aux contraintes salines a pour origine à un dysfonctionnement des métabolismes photosynthétique et respiratoire. Ainsi, une réduction de la photosynthèse suite à une fermeture des stomates conduit à une diminution de la teneur en eau, réduisant les possibilités de piégeage de l' O_2 par les systèmes antioxydants couplés à la photosynthèse (Hsu et Kao, 2004).

D'autres auteurs, signalent que le stress salin a pour effet immédiat de limiter la croissance en inhibant la croissance foliaire par des messages hormonaux partant des racines en directions des feuilles. L'hormone impliquée est probablement l'acide abscissique. La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement, D'une manière générale ; la croissance en longueur, le diamètre des tiges et la grosseur des fruits diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité (Boukachabia, 1993).

Une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique est insuffisant, l'eau a

tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence.

Sous les conditions salines il y'a un changement dans le modèle d'expression des gènes, et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse des protéines. Plusieurs études révèlent que le chlorure de sodium diminue la synthèse des protéines et augmente leur hydrolyse chez les plantes cultivées telle que le petit pois, le blé et le haricot. (Agastian *et al*,2000) ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent à des seuils élevés de concentrations salines chez certaines plantes.

Le degré de sensibilité au stress salin dépend aussi du stage végétatif au cours duquel la plante subit le stress. Chez certaines espèces, c'est le stage juvénile qui est le plus sensible, alors que chez d'autres espèces, c'est le stade adulte qui est le plus sensible. Ainsi par exemple l'orge, le blé, le sorgho, la betterave et le tournesol se montrent plus sensibles au stade juvénile qu'au stade plante adulte (Munns *et al*, 2006).

2.3. Effets du stress thermique :

Le stress thermique est l'un des stress abiotiques qui limitent le développement de la plante, en effet lors des trente dernières années la température de la terre a augmenté de 0,2°C chaque décennie un réchauffement de 1,4 jusqu'à 5,8°C est prévu au cour du 21ème siècle (Braun *et al*, 2002).

L'influence du stress des hautes températures est variable en fonction du stade végétatif de la plante et de l'interaction avec d'autres stress tel que le stress hydrique. En effet, une plante qui est exposée à une haute température mais qui a accès à suffisamment d'eau aura la possibilité de maintenir ces stomates ouverte afin que l'évaporation abaisse la température des feuilles, Dans la nature, la combinaison de deux stress reste une situation habituelle.

Les céréales sont fortement confrontées à ce stress. Son effet Sur le semis se matérialise par une réduction de la longueur de la coléoptile, et du nombre de plantes levées par unité de surface, dans ce cas la plante ne peut pas s'ancrer en profondeur et devient très sensible.

Les hautes températures sont parmi les facteurs intervenant dans la limitation des rendements. Effectivement, les organes floraux et la formation du fruit sont affectés. De

même que la méiose et la phase de remplissage de la graine sont particulièrement sensibles à l'élévation de la température. Le nombre de grains par épi et le poids moyen du grain sont fortement réduits (Kara et Zerguine, 2016).

L'effet de cette haute température se manifeste aussi par une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (Bendarradji, 2013). Notamment une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante. Qui en résulte un effet négatif sur la productivité globale de la plante.

Ibrahim et Quick (2001) montrent que l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau, et à les utiliser, au rythme imposé par le stress thermique.

En clair, beaucoup de cultures en régions tropicales sont déjà soumises au stress de chaleur. Si les températures montent plus haut, la défaillance des cultures dans certaines régions traditionnelles deviendrait de plus en plus courante.

3. Mécanismes d'adaptation du blé au stress abiotique

3.1. Mécanismes d'adaptation au stress hydrique chez le blé :

Le stress hydrique provoqué par un déficit en eau constituant une menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (Benderradji et al, 2013).

L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, (Ainaoui, Lafala,2016), pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production, tolérant ainsi la sécheresse.

D'autre part, la réponse de la plante à la sécheresse dépend de l'espèce, le génotype, la durée et la sévérité de la perte d'eau (Bouakez et Hamadouche,2015).

3.1.1. Adaptation phénologique « l'esquive / l'échappement » :

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 plante réalisera donc son cycle pendant la période favorable (pluvieuse) en réduisant voire en annulant les effets du stress hydrique qui se produit au cours d'une phase sensible. La précocité constitue de ce fait un important mécanisme d'esquive au

stress hydrique de fin de cycle (Mazouz ,2006), ce mécanisme consiste en un ensemble d'astuces dont se sert la plante pour conserver le potentiel hydrique de ses tissus à un niveau assez élevé durant les périodes de déficit hydrique afin d'éviter leur déshydratation, en effet les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs.

La précocité chez les céréales en zones méditerranéennes est un mécanisme largement exploité par les agriculteurs comme stratégie d'adaptation aux stress dans le contexte à faire coïncider les phases les plus sensibles avec les périodes où le stress est moins intense. La précocité peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes.

De nombreux travaux ont montrés l'existence d'une corrélation positive entre la longueur du cycle et le rendement potentiel. L'adoption d'une telle stratégie par l'utilisation de variétés précoces entraine le sacrifice de productivité (Jean-pierre et al, 2006).

3.1.2. Adaptation morphologique « l'évitement » :

En milieux défavorables, les caractères morphologiques peuvent jouer des rôles assez importants réduisant la variabilité des rendements.

Les mécanismes d'adaptation peut prendre forme, suite à des modifications d'ordre morphologiques pour améliorer l'absorption de l'eau, et/ou diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés. Ce phénomène est défini par l'évitement parmi ces mécanismes d'adaptations morphologique on cite :

□ Réduction de la surface foliaire :

La diminution de la surface foliaire des feuilles est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau, en effet cette réduction de la surface foliaire est un moyen judicieux pour le contrôle des pertes d'eau, en ajustant la consommation en eau chez les céréales, ces dernières sont dites plantes économes (Chaves et al, 2009).

D'autre type d'adaptation foliaire développé à plus long terme par les plante face à un manque d'eau est l'enroulement de la feuille. Chez le blé, l'enroulement foliaire observé chez certaines variétés peut être considéré comme un caractère d'évitement de la

déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration (Nabors, 2008) tout en minimisant le rayonnement absorbé par les feuilles.

□ **Développement racinaire accru :**

L'efficacité de l'extraction de l'eau du sol par les racines figure parmi les types d'adaptation permettant à la plante d'éviter ou, plus exactement, de retarder la déshydratation de ses tissus. L'augmentation de l'absorption peut être due à l'extension de l'absorption en profondeur pour avoir accès à des horizons plus humides, ainsi elles s'assurent une meilleure alimentation hydrique (Jackson *et al*, 2000), par une vitesse de croissance et de ramification des racines. Ces plantes sont dites dépendantes en eau.

El hassani et Persoon (1994) ont démontré que les plantes à enracinement superficielle et peu dense souffrent plus du déficit hydrique que ceux à enracinement profond, et Bagga *et al* (1970) ont conclu que les blés hauts ont un indice de sensibilité à la contrainte hydrique plus faible comparativement aux blés nains et semi-nains. Ceci s'expliquerait par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure.

Cette stratégie, bien que favorable au maintien du statut hydrique du végétal, est pénalisante pour le gain de carbone.

3.1.3. Adaptation physiologique « tolérance » :

La survie des plantes, dans la plupart des environnements, nécessite la mise en oeuvre de la stratégie de tolérance aux stress (Mazouz, 2006), étant donné que le stress hydrique provoque une diminution de la turgescence la plante doit maintenir son statut hydrique fonctionnel, En effet, Face à ce stress, les plantes déploient différentes stratégies adaptatives.

Celles-ci sont souvent le résultat de plusieurs remaniements physiologique (Bousbaa *et al*, 2009), ces mécanismes intervenant dans la tolérance assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire .Ces procédés se manifeste par :

□ **La capacité photosynthétique et la teneur en chlorophylle:**

La survie des plantes au manque d'eau est en partie due à la diminution de la capacité photosynthétique des feuilles, permettant le rétablissement rapide des plantes suite à une période de stress hydrique (Mouellef, 2010).

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (Bousba et al, 2009). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, cet économie en l'eau se traduit par une dilution de la chlorophylle.

□ La fermeture stomatique :

En situation de déficit hydrique, la plante transpire énormément, cette transpiration se manifeste par une perte d'eau sous forme de vapeur, devant ça les plantes répondent immédiate au stress hydrique par la fermeture des stomates (Figure 1), en effet, en cas de déficit hydrique, les racines synthétisent l'ABA qui est véhiculé par la sève jusqu'aux feuilles où il déclenche alors la fermeture de stomates (Benkhellef, 2016), Le contrôle stomatique équilibre le bilan hydrique de la plante, restaure la turgescence et la croissance, des feuilles sensibles vis à vis du déficit hydrique.

En revanche cette stratégie provoque une augmentation de la température foliaire et une réduction de l'assimilation du CO₂ d'où une réduction de l'activité photosynthétique.

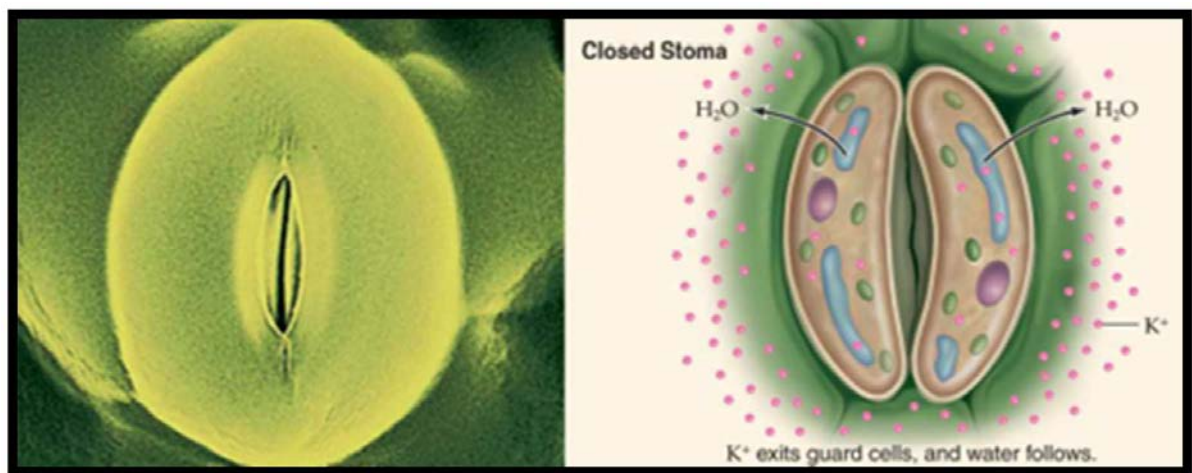


Figure04: La fermeture des stomates. (Chantal, 2009)

□ Ajustement osmotique

Le stress hydrique provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par une régulation du potentiel osmotique, L'ajustement osmotique est un exemple d'adaptation qui permet le maintien d'une turgescence positive pour des teneurs en eau relativement faible ,il intervient aussi en retardant la sénescence foliaire et en améliorant l'extraction de l'eau par les racines de ce fait de continuer ses activités métaboliques et survivre à la contrainte (Leonardis et al,2010).

On parle d'ajustement osmotique quand les concentrations des solutés à l'intérieur de la cellule augmentent pour maintenir une pression osmotique cellulaire élevée. La cellule accumule alors activement des molécules comme réponse à la chute du potentiel osmotique, se traduisant ainsi par une plus grande capacité d'attraction et de rétention des molécules d'eau. (Nadjim, 2008).

Ces molécules, appelées osmoticum, s'accumulent le plus souvent dans le cytoplasme peuvent être des acides aminés (proline, alanine), des sucres (saccharose, tréhalose, fructanes), des ions quaternaires (bétaines, proline-bétaine), des ions inorganiques (K^+) ou encore des acides organiques (malate, glutamate, citrate), des hormones (acide abscéscique). La nature des osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique est généralement spécifique de l'espèce étudiée.

3.2. Mécanismes d'adaptation au stress salin chez le blé :

La tolérance à la salinité représente la capacité de la plante à maintenir la croissance sous conditions salines. Pour réaliser cela, la plante doit posséder des mécanismes pour tolérer la salinité (Mahajan et Tuteja, 2008). En ce qui concerne la tolérance des céréales à la salinité, celles-ci dépend de la variabilité génétique telle que certaines espèces qui résistent à ce type de stress abiotique que d'autres. Particulièrement l'effet toxique des sels est moins prononcé chez le blé tendre que chez le blé dur (Munns, 2007).

La tolérance à la salinité n'est pas un mécanisme qui est présent ou absent, c'est plutôt un phénomène qui prend différents degrés d'expression, variables selon les génotypes et les conditions de croissance. La conséquence est une large variabilité de réponses chez les plantes soumises au stress salin et les différents mécanismes utilisés par les plantes pour tolérer le stress salin sont décrits comme suit :

3.2.1. L'exclusion :

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine, la tolérance à la salinité est associée à l'exclusion de l'ion Na^+ (Alberico et Cramer, 1993). L'exclusion n'est, cependant, pas toujours synonyme de tolérance au stress salin. En effet certains génotypes, sensibles au stress salin, accumulent fortement moins d'ions Na^+ dans la tige comparativement aux génotypes tolérants (Zerroumda, 2012). Ainsi ont noté qu'un génotype de maïs tolérant le stress salin accumule l'ion Na^+ à un rythme qui est le double de celui noté chez le génotype sensible (Cramer et al, 1994).

3.2.2. L'inclusion :

Les ions chlorures et sodium pénètrent les plantes par les racines et sont véhiculés par le xylème vers les tiges et les feuilles, à ce niveau ils sont stockés et il s'agit de plante de type « includers » (Gaid, 2015). Cette stratégie « inclusion » caractérise le fait de favoriser le stockage du sodium dans les feuilles en préservant le méristème apical.

L'inclusion et la compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (Jebnoue, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux.

A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (Sentenac et Berthomieu, 2003).

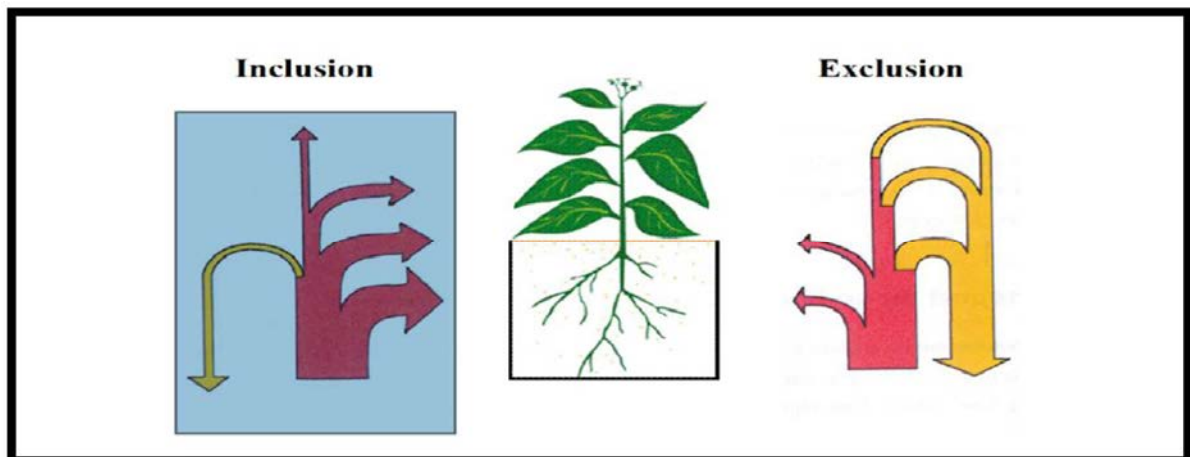


Figure05: Illustration des mécanismes de tolérances à la salinité, (Levigneron et *al*, 1995)

[Au stress salin, les plantes accumulent plus de solutés compatibles qui jouent un rôle important dans la protection des protéines et de la membrane, dans l'ajustement osmotique, et dans le nettoyage des espèces réactives d'oxygène (ROS) et des excès des ions d'ammonium accumulés (Munns et *al*, 2006)].

3.3. Mécanismes d'adaptation au stress thermique chez le blé :

Etant les plantes immobiles, elles doivent s'adapter aux conditions dominantes du sol et de la météo. En réalité, les plantes sont incapables d'adapter la température de leurs tissus.

Réciproquement, ces dernières ont mis au point plusieurs mécanismes qui leur permettent de tolérer de plus hautes températures. Parmi les mécanismes de tolérance à la chaleur, on cite :

- La transpiration, un mécanisme simple et efficace qui met à profit l'énergie d'évaporation de l'eau pour refroidir les feuilles. La fermeture des stomates provoque des augmentations de température de plusieurs degrés.
- Le métabolisme C4 : Avec l'élévation de la température, la solubilité du CO₂ diminue plus vite que celle de l'O₂. Le « gaspillage » énergétique que représente l'activité oxygénase de la Rubisco est accentué. Les mécanismes de concentration du CO₂ dans les plantes en C4 (blé) permettent d'éviter cette contrainte.
- La modulation des proportions en acides gras membranaires saturés/insaturés, en particulier dans les membranes chloroplastiques, passe parmi les mécanismes majeurs d'acclimatation et d'adaptation aux températures extrêmes. Une forte proportion d'acides gras saturés dans les lipides membranaires aura tendance à apporter de la stabilité sous une contrainte chaleur.

4. Les marqueurs biochimiques et leurs rôles

4.1. La chlorophylle

La chlorophylle est le pigment assimilateur principal des végétaux supérieurs. Ce pigment, situé dans les chloroplastes des cellules végétales, intervient dans la photosynthèse pour intercepter l'énergie lumineuse, première étape dans la conversion de cette énergie en énergie chimique. Son spectre d'absorption du rayonnement lumineux est responsable de la couleur verte des végétaux : la longueur d'onde la moins absorbée est le vert, c'est donc cette couleur qui est perçue.

Les chlorophylles sont associées à d'autres pigments, les carotènes et les xanthophylles. Ces derniers, de couleur orangée – rouge, sont en partie à l'origine de la coloration des feuilles en automne lorsque les chlorophylles se dégradent. Il existe deux chlorophylles principales chez les végétaux verts, chlorophylle a et chlorophylle b (Milcent et Chau, 2003).

4.1.1. Structure chimique et biosynthèse.

La chlorophylle est une chlorine (quatre noyaux pyrroles en cercle), chélatant un atome de magnésium au centre, ainsi qu'un alcool à longue chaîne, le phytol. Elle présente

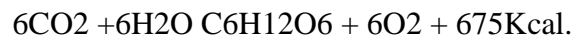
une structure quasi-identique à l'hème (présente dans les globules rouges sanguins). La présence de nombreuses doubles liaisons conjuguées, dans sa structure, permet une interaction avec le rayonnement lumineux et son absorption (Encyclopédie, 2006).

Les chaînes latérales de la chlorine sont variables et ceci entraîne une modification du spectre d'absorption entre les différentes familles de chlorophylles.

Le spectre visible se situe approximativement entre 380 nm à 780 nm bien qu'une gamme de 400 nm à 700 nm soit plus commune (Encyclopédie, 2006).

4.1.2. Rôle de la chlorophylle.

En plus de son rôle primordial dans la photosynthèse, cette dernière est responsable de la formation des réserves glucidiques.



Le glucose se transforme en amidon par polycondensation :



La réaction de synthèse du glucose est une réaction fortement endothermique, elle s'effectue en deux phases :

- ▶ Une phase photochimique : la chlorophylle absorbe les radiations lumineuses et amorcerait les réactions de synthèses.
- ▶ Une phase thermochimique ; la réaction de synthèse déclenchée par la lumière grâce à la chlorophylle se poursuit par un mécanisme chimique sensible à toute variation de température (Laval et Mazliak, 1979 in Gherbi, 2003).

4.2. La proline :

Une autre réponse forte que de nombreuses plantes, apportées aux stress hydrique, consiste en une diminution du potentiel osmotique, provoquée par l'accumulation de solutés. Ce processus est appelé ajustement osmotique. Alors qu'une certaine augmentation de la concentration en solutés être considérée comme résultant de la déshydratation de la cellule et de la diminution de son volume l'ajustement osmotique se rapporte spécifiquement à une augmentation nette de la concentration de solutés stress. Les solutés qui participent à l'ajustement osmotique, comprennent une série d'ions inorganiques (particulièrement K⁺), des glucides et des acides aminés.

La proline est une acide aminé particulièrement sensible au stress. Un grand nombre de plantes synthétisent dans leurs feuilles de la proline à partir de glutamine. Le rôle joué par la proline a été montré lors expériences menées sur des cultures de cellules de tomates. Des cellules soumises à un stress hydrique (osmotique) par une exposition à des concentrations hypertoniques de polyéthylène glycol (PEG) répondent d'abord par une perte de turgescence puis par une rapide accumulation de proline. Cependant au fur et à mesure de l'accumulation de proline, la turgescence réapparaissait (HANDA et al., 1986).

La proline, un polyalcool, et la bétaine (N, N, N-triméthyle glycine) sont d'autres solutés qui s'accumulent communément. La majeure partie de solutés associés à l'ajustement osmotique ont en commun la propriété de ne pas s'interférer de façon importante avec les voies métaboliques normales (WILLIAM, 2003).

La proline est synthétisée à partir de l'acide glutamique, une réaction qui se déroule entre γ -carboxyle du glutamate et la molécule d'ATP pour former l'acyle phosphate et donne γ -glutamyl phosphorique, acide qui se cyclera en dégageant une molécule d'H₂O et forme de D pyrroline carboxylique qui se cyclera à son tour avec une molécule NADPH et donne la proline (STRYER, 1992 ; TAYLOR, 1996).

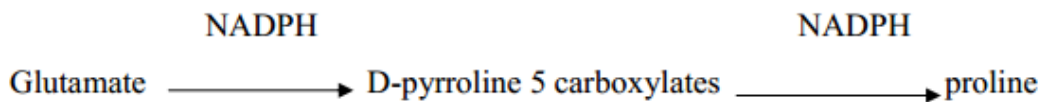
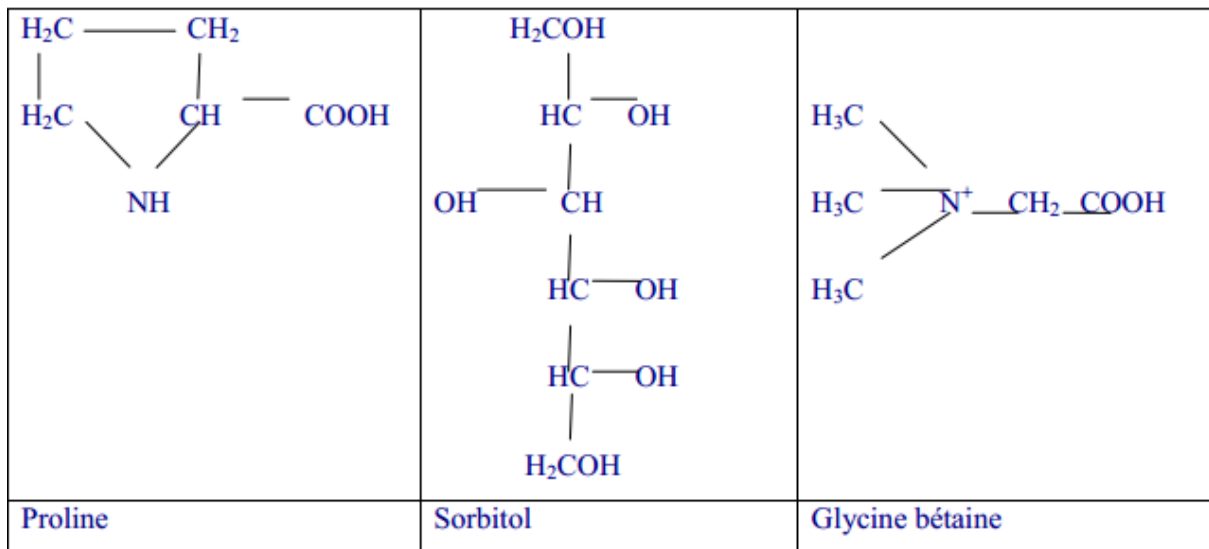


Figure 06 : Voie de synthèse de la proline

L'accumulation de la proline consécutive à la sécheresse serait à la fois la résultante d'une diminution de la synthèse protéique (STEWART et BOGGESS, 1978), d'une inactivation des réactions d'oxydations conduisant à la formation d'acide glutamique (STEWART et al., 1977), d'une reconversion en proline des produits d'oxydation.

4.3. Les sucres totaux :

4.2.1. Notion de sucres solubles :

Les sucres solubles dans l'eau constituent une source rapidement métabolisable et couvrent les besoins immédiates de la plante. Ce sont des intermédiaires métaboliques qui sont également une forme de transport et qui peuvent être dans certains cas considérés comme forme de stockage. Ainsi le saccharose, sucre soluble majoritaire dans la plupart des espèces contribue également au stockage hivernal en l'accumulant dans les vacuoles.

Son accumulation est initiée par une baisse des températures hivernales et contribue à augmenter la résistance au froid (PALONEN, 1999). La température de congélation s'abaisse suite à l'augmentation de pression osmotique sur robinier (SIMINOVITCH, 1953) sur peuplier (SAUTER et KLOTH, 1987) donnant au sobitol un rôle cytoprotecteur des membranes et des protéines cellulaires.

Les autres sucres (glucose, fructose et maltose) peuvent être considérés comme des métabolites intermédiaires à durée de vie relativement courte chez des arbres jeunes (sans fruit); leur importance pondérale est négligeable à l'exception du maltose, en quantité assez importante par l'hydrolyse des dextrines (BAILEY et al., 1957).

4.2.2. Influence du potentiel osmotique sur la teneur solubles :

La diminution du potentiel osmotique conduit à une accumulation de sucres solubles dans les feuilles, étroitement dépendante de la teneur en amidon tandis que la quantité des glucides solubles dans les racines est inversement à celle des feuilles.

D'après (HENIN, 1976 ; HSIAO et al., 1976), l'abaissement du potentiel osmotique conduisait à l'augmentation dans les feuilles, non seulement de l'activité spécifique des ribonucléase et phosphatase acides, mais aussi du taux spécifique de sucres solubles.

Depuis les travaux de WYN-JONES et al.,(1977) il était connu que, dans des conditions de sécheresse, la teneur en hexoses s'augmentait dans les feuilles de cotonnier, tandis que celle de l'amidon se diminuait. Les auteurs admettaient que la sécheresse réduisait l'utilisation des glucides par la plante plus qu'elle ne diminuait la photosynthèse. Le même point de vue était tenu par NENIN, (1976) ; le transfert des glucides en dehors de la feuille était considéré comme une condition nécessaire à l'obtention de rendements photosynthétiques élevés (HANNANA et al., 1995).

L'accumulation, due à la sécheresse, de glucides dans les feuilles paraît varier avec l'espèce étudiée (MUNNS, 1981 ; HENIN, 1976 ; HSIAO et al., 1976). Dans les plantes extrêmement résistantes comme *larrea tridentata*, une quantité plus réduite de glucides solubles paraît caractériser les écotypes les plus adaptés à la sécheresse (MONNEVEUX et NEMMARBURT, 1986).

A partir des feuilles les glucides seraient transférés sous la forme de saccharose d'après les travaux de (HENIN, 1976 ; et MONNEVEUX ET NEMMAR, 1986).

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de la base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. La filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie (Djermoun, 2009).

1. Origine géographique et génétique du blé dur :

1.1. Origine géographique :

Le blé sauvage tétraploïde était largement répandu au Proche-Orient, où les humains ont commencé à le récolter dans la nature (Bousnane, 2012). La plupart des recherches archéologiques ont confirmé que les origines du blé se situent dans les zones du Croissant fertile (Boulal et al, 2007) plus précisément au sud de l'Anatolie et au nord de la Syrie. C'est à partir de cette zone que le blé a été diffusé vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe.

La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (Bonjean., 2001), certains auteurs affirment que le monde Romain a largement contribué à la diffusion des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et l'Europe de l'Ouest.

1.2. Origine génétique :

L'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom *Aegilops speltoides*. Le blé dur *Triticum durum*, appelé ainsi en raison de la dureté de son grain. Le nombre chromosomique de base est de $2n = 4x = 28$, (donc fait partie du groupe des espèces tétraploïdes). le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A) × *Aegilops speltoides* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum ssp.dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum ssp.dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé) (Feillet.,2000) (**Figure 01**).

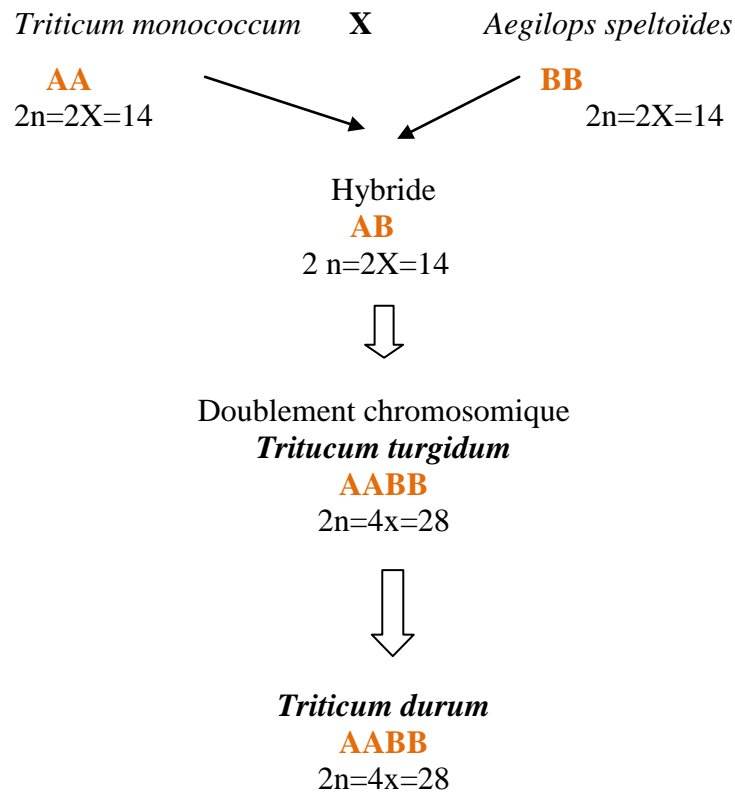


Figure 1. Phylogénie du blé dur (Debiton, 2010)

Le blé est une monocotylédone de la famille des *Poaceae* appartenant au genre *Triticum*.

Cette plante annuelle produit un fruit sec indéhiscant : le caryopse. Le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) sont les deux espèces les plus cultivées dans le monde (Debiton, 2010).

2. Classification botanique

Le blé est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille, qui sont caractérisés par des critères morphologiques particuliers.

Dahlgren et **Clifford** (1985) in **Bonjean** et **Picard** (1990) ont proposé la classification suivante :

Embranchement	Spermaphytes
S /Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Genre	Triticum
Espèce	<i>Triticum durum Desf</i>

3. Stades de développement du blé

Selon **Ramade (2008)**, la germination est le phénomène par lequel les graines entrent en vie végétative. Outre la germination désigne l'ensemble des phénomènes par lesquels la plantule, en vie ralentie dans la graine mure, commence une vie active et se développe grâce à l'énergie contenue dans les réserves de la graine.

3.1. La levée :

La date de levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile, gaine rigide et de protectrice enveloppant la première feuille. Le stade levé englobe par conséquent trois étapes successives de nature différente :

- La germination correspond à l'entrée de la semence en vie active, début de croissance de l'embryon.
- L'élongation de la coléoptile, premier organe du système aérien à émerger à la surface du sol.
- La croissance de la première feuille qui perce en son sommet la coléoptile.

3.2. Stade 2-3 feuille :

Ce stade est caractérisé par le nombre de feuille de la plantule, les ébauches foliaires enlacées en position alternée de la base jusqu'au tiers médiane de l'apex, croissent et émergent les unes après les autres selon un rythme régulier.

3.3. Le tallage

3.3.1. Stade début tallage :

La plante possède trois à quatre feuille. Une nouvelle tige apparait. L'émergence de cette première talle hors de la gaine de la première feuille constitue le repère conventionnel du stade début tallage.

3.3.2. Stade plein tallage :

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

3.3.3. Stade épi à 1 cm :

Les plantes se redressent la tige , principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entre-noeuds auparavant empilés sous l'épi. Ainsi, la proportion de tiges qui parviendra jusqu'à l'épiaison dépend directement du rapport entre l'offre et la demande.

L'offre provient essentiellement des facteurs trophiques (1 cm du plateau de tallage).

3.4. Stade 1-2 noeuds :

Tige court-nouée, constituée essentiellement de noeuds empilés à l'origine, grandit par l'éloation des premiers entre-noeuds. Le stade de deux noeuds sont visibles à la base de la tige principale sur 50 % des plantes.

3.5. Stade méiose pollinique

C'est un stade critique par rapport aux conditions d'alimentation instantanée de l'épi et à son environnement microclimatique.

La méiose pollinique se réalise quand le sommet du jeune épi touche la ligule de l'avant-dernière feuille, le limbe de cette dernière est parfaitement déployé. Rappelant que le blé est auto fécondable.

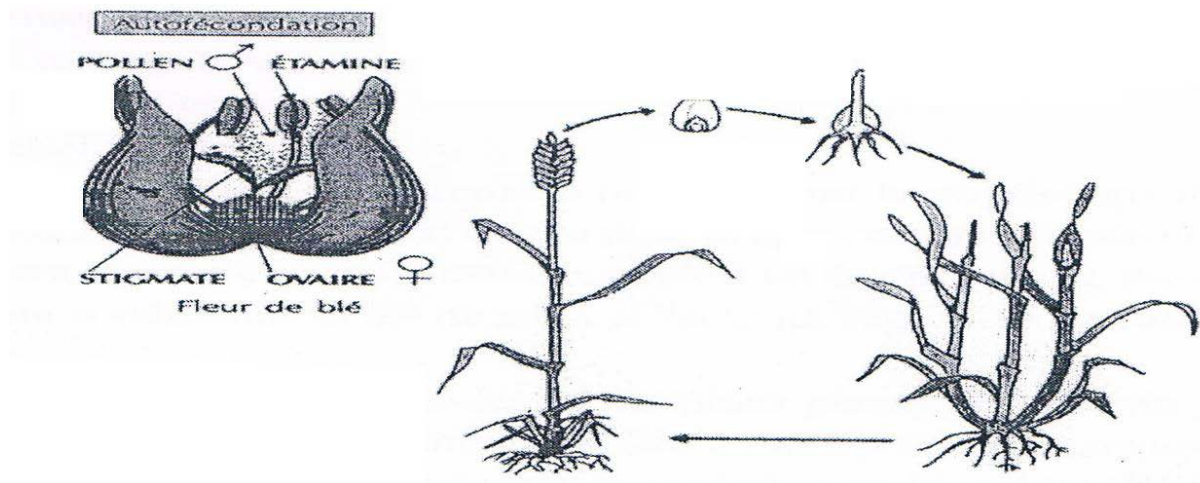


Figure (02) : figure représente la fécondation du blé par son propre pollen (Autofécondation) (Maciejewski, 1991)

3.6. Stade épiaison :

La gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement des derniers entre-nœuds de la tige. Puis le sommet de l'épi sort de la dernière gaine qui alors atteint sa longueur définitive. A la croissance de la tige, l'épiaison peut se situer plus ou moins tôt, l'élongation du pédoncule et de l'épi lui-même peuvent être plus ou moins tôt que la dernière feuille.

3.7. Stade floraison :

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

3.8. Formulation de la graine :

a. Stade grain laiteux : Les événements qui succèdent à la fécondation se caractérisent par des divisions cellulaires intenses au niveau de l'endosperme. Au fur et à mesure que les cellules se multiplient, les premières formées commencent progressivement à se différencier en cellules de stockage de l'amidon par la synthèse d'amyloplastes, structures

cellulaires spécialisée. Au stade laiteux, le poids potentiel est fixé car le nombre maximum de cellules et d'amyloplastes est atteint

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

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

4. Structure et composition du grain de blé

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties: le germe, l'albumen et les enveloppes (Figure 03).

Il est constitué majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen.les protéines représentent entre 10% et 15% de la matière sèche et se retrouvent dans tous les tissu du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche à aleurone, les pentosanes (polysaccharides non amylacés) représentent quant à eux entre 2 et 3% de la matière sèche et sont les principaux constituants des pouvoirs cellulaires de l'albumen(70% à 80%) (in Pomeranz, 1988).

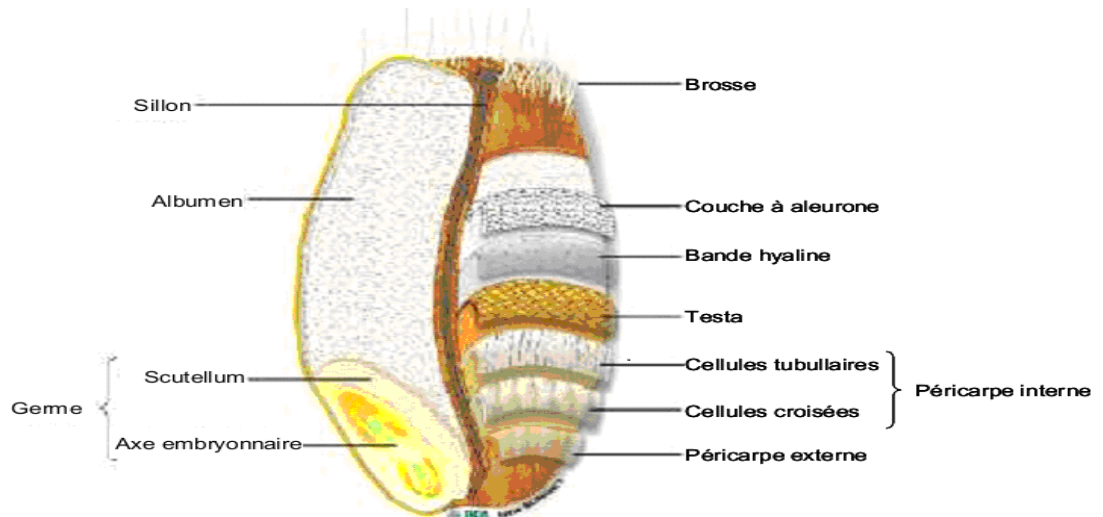


Figure 03 : Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

2. Importance et production du blé dur:

2.1. Dans le monde :

Historiquement c'est une des premières céréales cultivées dans le monde avec une production annuelle d'environ 600 millions de tonnes. Les échanges qui se multiplient entre les régions du monde font de cette céréale l'un des principaux acteurs de l'économie mondiale.

Elle est l'une des céréales les plus cultivées et les plus consommées dans le monde. Selon les dernières prévisions, la production mondiale de blé en 2015 devrait atteindre un niveau record de 735 millions de tonnes, soit près de Deux millions de tonnes de plus qu'en 2014, en raison principalement d'une production accrue en Australie, en Chine, au Maroc, en Turquie, en Ukraine et aux États-Unis. (FAO. A, 2015).

Les stocks mondiaux, à la clôture des campagnes de 2016 (Tableau.02), devraient atteindre leur plus haut niveau depuis 13 ans. Sur la base des prévisions actuelles, le rapport stocks mondiaux-utilisation en 2015/16 devrait s'établir à 29%, son plus haut niveau depuis 2011/12. L'UE, la Fédération de Russie et les États-Unis font partie des pays où les réserves devraient croître le plus. En revanche, au Canada, où la production a fortement reculé cette année, les stocks de clôture devraient se réduire à leur plus bas niveau historique. (FAO. B, 2015 in Gueraiche, 2016).

Tableau01 : Le marché mondial du blé (FAO, 2016)

Marché mondial du blé						
	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16 estimation	2016/17 prévision	
					précédente (07 avr 2016)	dernière (05 mai 2016)
(..... millions de tonnes))						
Production¹	655.1	710.8	729.5	732.9	712.7	716.9
Disponibilités²	850.6	882.5	910.8	931.9	917.2	920.2
Utilisation	683.4	692.1	711.3	723.4	722.8	724.1
Commerce³	143.0	156.5	155.6	153.0	153.0	154.0
Stocks de clôture⁴	171.7	181.4	199.0	203.3	193.7	195.2
(..... pour cent))						
Rapport stocks mondiaux- utilisation	24.8	25.5	27.5	28.1	26.0	26.2
Rapport stocks des princi- paux exportateurs- utiliza- tion totale⁵	14.1	14.1	16.6	18.2	17.2	18.2

2.2. En Algérie :

La céréaliculture constitue en Algérie la principale activité et le blé dur occupe une place centrale dans l'économie Algérienne. Il couvre la moitié de la surface consacrée à cette activité. La production algérienne de blé dur est très instable d'une année à l'autre. (Mazouz et al, 2006)

La cause principale de la faiblesse de la production du blé dur en Algérie est le faible niveau de productivité obtenu, soit 9 à 11 quintaux/hectare. Cette faible productivité est due à des contraintes abiotiques (pluviométrie surtout), biotiques (adventices, surtout) et humaines (itinéraires techniques appliqués etc...).

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. (FAO. B., 2015) .Si la production nationale de blé a dépassé la barre d'un million de tonnes plusieurs fois depuis l'indépendance, elle demeure tout de même loin du niveau réel de la consommation qui a augmentée progressivement avec la croissance démographique.

3. Principaux parasites et ravageurs du blé

Les céréales à pailles peuvent être attaquées par un grand nombre d'organismes macroscopiques et microscopique (Tab 02). Ces organismes peuvent être classés en champignon, bactéries, virus, parasites, animaux et mauvaises herbes. (Richard et Dary, 1985).

Tableau 02: Les principaux ravageurs, maladies de blé (Richard et Dary, 1985).

Stade végétatif	Maladies cryptogamiques	Ravageurs
Semis levée	Fonte de semis : <i>Fusarium</i>	Limaces <i>agriolimax</i> Mouches grises <i>phorbia coactata</i> Tipules <i>Tipula</i> <i>paludosa</i> Taupins plusieurs espèces
Levée-tallage	Maladie du pied : Rhizoctone <i>Rhizoctonia</i>	Pucerons <i>Rhopalosiphum padi</i>
Montaison	Rouilles <i>puccinia</i> Piétin-verse <i>Cercospora</i> <i>Oidium erysiphe</i>	Tordeuse <i>cnephasia</i> <i>pumicana</i> mineuse <i>agromyza</i> Oiseaux plusieurs espèces
Epiaison	Fusariose <i>fusarium</i> Septoriose <i>septoria</i> Charbons <i>Ustilago</i>	Cécidomyies des pucerons <i>rhopalosiphum padi</i> Oiseaux plusieurs espèces

4. Exigences climatiques du blé :

Pour être fructueux, la production des céréales nécessite une connaissance accrue du développement de la culture. Les facteurs climatiques ont une réaction prédominante de la culture sur les différentes périodes de la vie du blé (Djermoun, 2009). Parmi ces facteurs on cite principalement :

L'eau :

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité éternelle durant tout le cycle de développement. Pendant les différentes phases de son cycle, le blé a besoin de 600 à 1.500 mm d'eau par an et surtout bien répartie. Les besoins sont plus élevés au vu des conditions climatiques défavorables.

Lumière :

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement.

La température :

Température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative. Le zéro de germination du blé est comme celui du blé tendre très voisin de 0 °C. Les exigences en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400 °C selon les variétés.

Chapitre II. Matériel et méthodes

1. Caractéristiques du site d'essai

1.1. Localisation :

La Wilaya d'Ouargla est située au Sud-Est du pays à environ 970 Km d'Alger. Selon (ROUVILLOIS- BRIGOL, 1975), elle se trouve à 134 m d'altitude, (31°58' N, 5°20' E.) Elle est localisée au fond d'une cuvette de la basse de la vallée de l'Oued m'ya.

La Wilaya d'Ouargla, couvre une superficie de 16323 Km². Elle est limitée :

- Au nord par les wilayets de Djelfa et d'El Oued.
- Au Sud par la wilayets d'Ilizi et de Tamanrasset.
- A L'Est par la Tunisie.
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa.

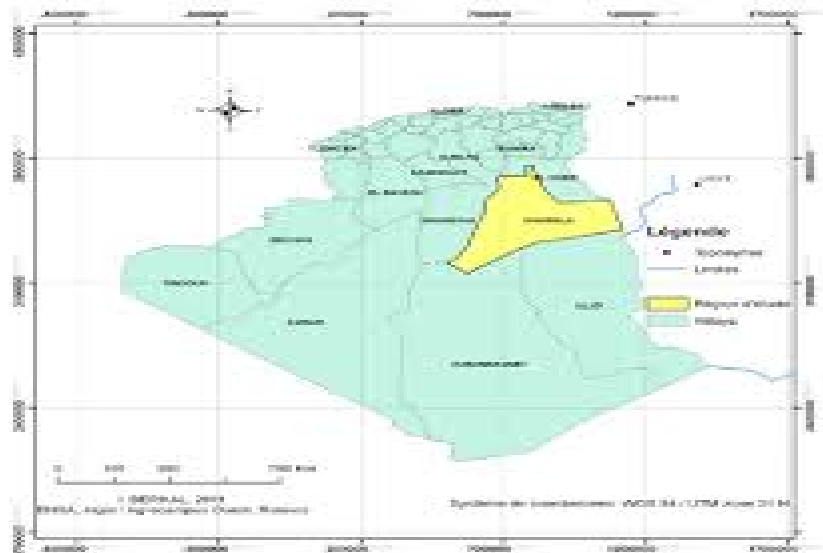


Figure 07 : localisation la wilaya de Ouargla

2. Caractéristiques générales du milieu d'étude

2.1. Données météorologiques

Les données météorologiques de la région de Ouargla sont indiquées dans le tableau suivant. Ces données représentent les moyennes enregistrées au cours de la période 2008-2017.

Tableau 03 : Données climatiques de la région de Ouargla (moyennes enregistrées sur une période de dix ans de 2008 à 2017)

Mois	Tm (°C)	TM (°C)	T moy. (°C)	PP (mm)	Hm (%)	HM (%)	H moy. (%)	EVA (mm)	VM (m/s)	INS (Heure)
Janvier	5,22	19,27	12,25	8,51	35,40	78,60	57	93,54	7,96	248,35
Février	6,89	21,35	14,12	3,15	28,30	68,70	4850	124,57	7,58	241,46
Mars	1,057	25,62	18,10	5,19	23,90	63,40	43,65	18230	9,32	268,45
Avril	15,29	30,90	23,10	1,48	19,50	53,70	36,60	234,80	10,10	289,16
Mai	20,07	35,44	27,76	1,58	16,60	45	30,80	307,45	10,39	309,28
Juin	2476	40,35	32,56	0,81	15,20	40,80	28	366,46	9,9	234,35
Juillet	27,99	43,79	35,89	0,30	13,30	34,70	24	433,33	8,83	319,78
Aout	27,78	42,71	35,05	0,23	14,60	39,10	26,85	384,46	8,61	340,13
Septembre	23,54	38,15	30,85	5,16	20,25	52,50	36,38	271,48	9,18	264,23
Octobre	17,33	31,82	24,58	6,20	29,63	61,90	45,77	203,66	7,89	266,92
Novembre	10,39	24,39	17,39	2,69	31,20	67,30	49,25	121,51	7,24	249,86
Décembre	5,92	19,65	12,79	3,80	36,70	81,30	59	87,42	7,06	230,97

(ONM-OUARGLA, 2018)

Tm (°c) : Température moyenne minimale en °c.

TM (°c) : Température moyenne maximale en °c.

T moy. (°c) : Température moyenne en °c.

PP (mm) : Cumul des pluies en mm.

Hm (%) : Humidité relative minimale en %.

HM (%) : Humidité relative maximale en %.

H moy. (%) : Humidité relative moyenne en %.

EVA (mm) : Evaporation totale en mm.

VM (m/s) : Vitesse maximale des vents en m/s

INS (Heure) : Durée d'insolation en heure.

Le climat de la région de Ouargla est aride et chaud. Ce climat est particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. L'aridité s'exprime par des températures très élevées en été, de faibles précipitations et surtout par l'importance de l'évaporation, en raison de la sécheresse de l'air (ROUVILLIOS-BRIGOL, 1975).

L'étude des paramètres climatiques à partir du tableau 03, permet de constater que :

A. Température

Le climat thermique du Sahara est relativement uniforme ; dès la partie septentrionale, on rencontre des étés brûlants qui ne sont guère plus dure que ceux qui s'observent dans la partie centrale et même soudanaise (OZENDA, 1991).

La température du sol en surface peut dépasser 70 °C. Cependant, en profondeur, les températures vont diminuer rapidement et s'équilibrer. Il ne peut geler, normalement, que dans la partie Nord du Sahara et bien entendu sur les montagnes (OZENDA, 1991).

L'analyse des valeurs du tableau ci-dessus montre que la température moyenne annuelle est de 23,70 °C, avec un maximum de 43,79 °C enregistrée au mois de juillet et un minimum de 5,22 °C au mois de janvier.

B. Précipitations

Les pluies sont rares et irrégulières dans la région d'étude. Les quantités les plus importantes de pluies sont enregistrées au mois de janvier, avec 8,51 mm Le cumul annuel de précipitations est de 39,10 mm.

C. Humidité relative

L'humidité de l'air enregistrée à Ouargla donne un maximum de 81,30 % au mois de décembre et un minimum de 13,30 % au mois de juillet. L'humidité moyenne annuelle est de 40,48 %. L'humidité est généralement comprise entre 20 et 30% pendant l'été et s'élève à 50 et 60% parfois davantage en janvier (OZENDA, 1991).

D. Evaporation

C'est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'air et l'agitation de cet air (OZENDA, 1991).

L'évaporation est très importante dans la région de Ouargla suite aux températures élevées et des vents fréquents, chauds et violents.

Le cumul annuel est de 2806,98 mm et une moyenne annuelle de 233,92 mm. Le maximum est enregistré au mois de Juillet, avec 433,33 mm, et l'évaporation minimale est enregistrée au mois de décembre, avec une valeur de 83,42 mm.

Selon DUBIEF (1953), Le Sahara apparaît comme la région du monde qui possède l'évaporation la plus élevée. Cette perte d'eau, peut avoir comme origine :

- l'évaporation de masses d'eau libre ou de celle contenues dans le sol : évaporation physique.
- l'évaporation par les végétaux (qui peut être considérée comme secondaire dans les régions sahariennes) : évaporation physiologique.

E. Vent

La moyenne annuelle de la vitesse du vent dans la région de Ouargla est de 8,70 m/s (31,32 km/h). Cette vitesse varie d'une saison à l'autre. En effet, elle est plus faible en hiver, surtout au mois de décembre avec 7,06 m/s (25,42 km/h). La vitesse du vent la plus élevée est enregistrée au mois de mai, avec 10,39 m/s (37,40 km/h).

F. Durée d'insolation

A cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (OZENDA, 1991).

La durée moyenne d'insolation mensuelle est très importante dans la région d'Ouargla. Elle est de 271,91 heures. La durée maximale est enregistrée en mois d'août, avec 340,13 heures, et la durée minimale en mois de décembre avec 230,97 heures.

Les durées d'insolation sont évidemment très importantes au Sahara (de 9 à 10 heures par jour). Ce désert est avant tout le pays du soleil. Les durées d'insolation varient assez notablement d'une année à l'autre et même suivant les périodes de l'année envisagée (DUBIEF, 1953).

2.2. Synthèse climatique et l'étage bioclimatique de la région

A. Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Pour déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude, et le situer dans le climagramme d'EMBERGER, d'après (ARAR 2002), il faut calculer le quotient pluviométrique d'EMBERGER par la formule suivante :

$$Q = 3.43 P / (M-m)$$

Où :

P : Les précipitations annuelles en mm.

M : La température maximale du mois le plus chaud.

m : La température minimale du mois le plus froid.

Donc :

$$P = 39,10 \text{ mm.}$$

$$M = 43,79 \text{ °C.}$$

$$m = 5,22 \text{ °C.}$$

Après l'application de la formule précédente on obtient :

$$Q = 3,43 \times 39,10 / (43,79 - 5,22), \text{ donc : } Q = 3,48.$$

Ces valeurs nous permettent de classer la région d'OUARGLA selon le Climagramme d'EMBERGER dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Figure n°07).

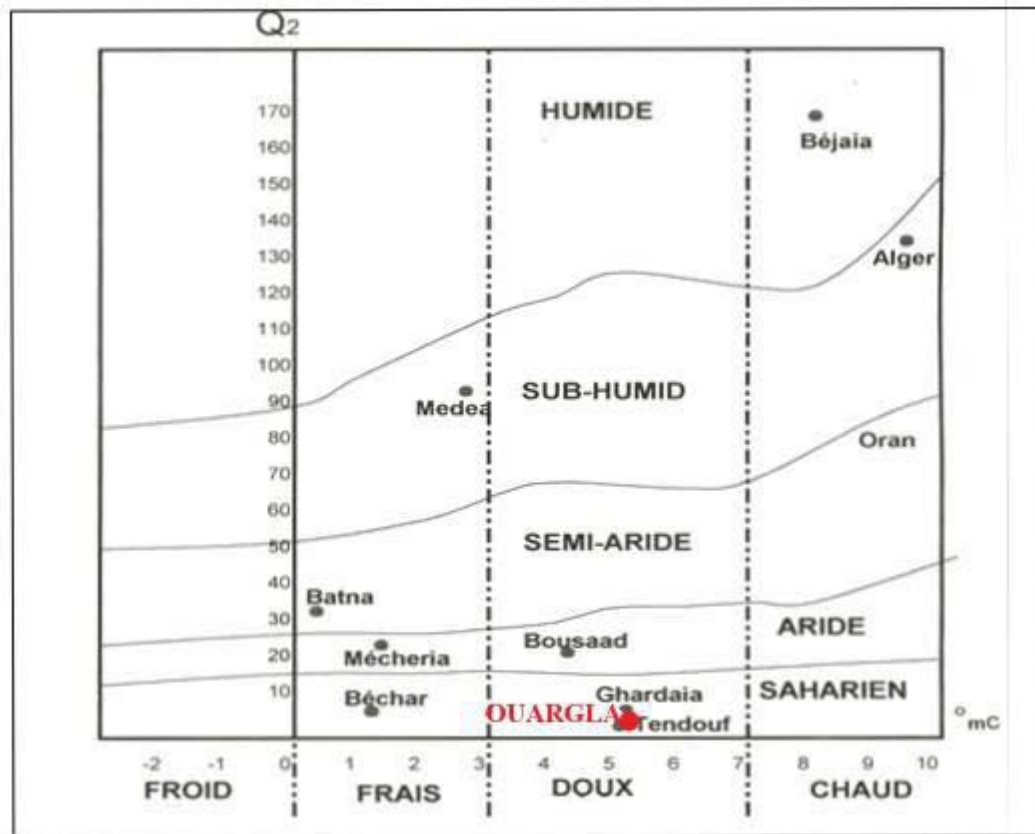


Figure 08 : Climagramme d'EMBERGER de la région d'OUARGLA (période : 2008-2017).

B. Le tableau ombrothermique de GAUSSEN

D'après GAUSSEN (1956) in ARAR (2002), un mois est sec quand la quantité totale de précipitation P est inférieure à deux fois la température correspondante, la courbe de pluie passe au-dessous de la courbe des températures, et l'aire comprise entre les deux courbes correspond à la période sèche. Le tableau suivant comporte la pluviométrie et les températures moyennes mensuelles de 10 ans.

Tableau 04: Pluviométrie et les températures moyennes mensuelles.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
P mm	8.51	3.15	5.19	1.48	1.58	0.81	0.30	0.23	5.16	6.2	2.69	3.80
T (°C)	12.25	14.12	18.10	23.10	27.76	32.56	35.89	35.05	30.85	24.5	17.93	12.79

Selon ce tableau, la période sèche à OUARGLA s'étale sur toute l'année (12 mois).

C. Indice d'aridité de DEMARTONNE

Cet indice se calcule d'après la formule suivante :

$$I = P / T + 10$$

Où :

P : Pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

T : Température moyenne annuelle en (°C) (HALITIM, 1988 in BOUTOUIL, 2007).

Le calcul de cet indice permet de classer la région selon les limites suivantes :

Climat aride : $I < 10$.

Climat semi-aride : $10 < I < 20$.

Climat subhumide : $25 < I < 28$.

Climat humide : $I < 35$.

Donc : $I = P / (T + 10) = 3,26 / (23,70 + 10) = 0,10 < 10$ donc : le climat de la région est un climat aride.

Conclusion climatique :

D'après les différents points étudiés précédemment, l'étage bioclimatique de la région de Ouargla est le saharien à hiver doux selon EMBERGER ; avec un climat aride selon L'indice d'aridité de DEMARTONNE, et une période sèche qui s'étale sur toute l'année selon le tableau Ombrothermique de GAUSSEN.

2.3. Ressource en sol

Le sol de la région d'Ouargla est léger, à prédominance sableuse et à structure particulière. Il se caractérise par un faible taux de matière organique. Le pH est alcalin et varie entre 7,6 et 8,4 (ROUVILLIOS - BRIGOL, 1975 et KHADRAOUI, 2007).

2.4. Ressources hydriques

A Ouargla, comme dans la plupart des régions arides, les ressources en eau sont représentées par les ressources hydriques souterraines essentiellement. Elles sont caractérisées par les nappes suivantes :

2.4.1. La nappe phréatique

Elle est contenue dans les sables alluviaux de la vallée. Sa profondeur varie de 1 à 8 mètres, en fonction des lieux et de la saison. Son écoulement est du sud vers le nord, suivant la pente de la vallée (ROUVILOIS-BRIGOL, 1975).

2.4.2. Le Complexe Terminal

Deux formations aquifères distinctes existent dans ce complexe terminal. La première est contenue dans les sables du Miopliocène. Cette nappe est fortement exploitée dans la région, pour satisfaire aux besoins agricoles. Elle se trouve à une profondeur qui varie entre 60 m au niveau de Rouissat, à 200 m au niveau de N'goussa). Elle s'écoule du Sud-Ouest vers le Nord-Est en direction du chott Melghigh ; la salinité de cette nappe varie de 1.8 à 4.6 g/l, et de température de 23°C à 25 °C.

La seconde nappe du complexe terminal se trouve dans le Sénonien supérieur. Elle est formée par le calcaire et destinée principalement à l'alimentation en eau potable. La profondeur de cette nappe est comprise entre 180 et 290 m. (ROUVILLOIS-BRIGOLE, 1975).

2.4.3. Continental Intercalaire (Nappe albienne)

Composé des grés et d'argiles. Cette dernière nappe couvre une superficie de 600 000 km² et se caractérise par des eaux chaudes. Sa profondeur varie entre 100 et 1200 m avec un écoulement général du Sud vers le Nord. Les eaux de l'albien sont beaucoup plus chaudes, arrivent en surface à une température de 55°C et une faible teneur en sels variant entre 1.7 à 2 g/l (ROUVILLOIS - BRIGOL, 1975 ; ANRH, 2011).

3. Situation géographique de la station d'étude :

L'exploitation de l'ITAS, se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Ses coordonnées sont les suivantes :

*latitude : 31°57' nord.

*longitude : 5°20' est.

* les altitudes sont comprises entre 132,5 et 134m (le lièvre, 1969).

L'exploitation se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. La dénivelé topographique entre le chott et l'exploitation est environ deux mètres.

Elle s'étend sur une superficie de 44 hectares, dont les 14,4 hectares sont aménagés, répartis sur quatre secteurs notés A, B, C et D occupant chacun une superficie de 3,6 hectare et cultivés essentiellement de palmier dattier. (MAHBOB, 2008).



Figure 09 : l'exploitation de l'université « ITAS »

4. Matériel d'étude :

4.1. Matériel végétal

L'étude a porté sur six variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) qui sont Siméto, Vitron, Targui, Oued El Bared, Chen's et Boussalem.

5. Sol :

Soelon, Les résultats analytiques présentés dans le tableau N° : 05, montrent que le sol est caractérisé par une homogénéité morphologique et de texture totalement sableuse, le sol est non calcaire à peu calcaire ($0,68 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 2,91\%$) (Baize, 1988), les teneurs en gypse sont très élevées surtout au niveau des horizons médians ($3,68\% \leq \text{CaSo}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 55,27\%$).

Le sol est très pauvre en matières organiques ($\text{Mo} \leq 1\%$), (Henin, 1969), le PH du sol alcalin ($7,32 \leq \text{PH} \leq 8,16$).

Les valeurs de la capacité d'échanges cationique (CE) sont très élevées ($3,57 \text{ ds/m} \leq \text{CE} \leq 14,05 \text{ ds/m}$), ce qui rend le sol salé à extrêmement salé, le faciès chimique global est sulfaté sodique, sulfaté magnésien.

Tableau 05: Caractéristiques physico-chimiques du sol

Source :(Niboua, 2010).

Caractéristique	H0	H1	H2	H3	H4
Profondeur (cm).	0-5	5-20	20-40	40-78	+78
Densité apparent	1,34	1,34	1,29	1,33	1,19
Calcaire totale %.	2,18	1,86	0,68	2,91	1,23
Gypse%	9,21	22,11	55,27	53,43	3,68
PH	8,16	7,81	7,32	7,36	7,44
CE(ds/m)à 25C°	3,27	14,05	6,26	6,16	5,00
Residus sec g/l.	1,27	4,66	2,45	1,37	1,12
Classe texturale	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse
Faciès chimique globale.	So4.Mg	SO4.Na	SO4.Na	So4.Mg	So4.Mg
Carbone organique.	0.42	0.28	0.36	0.07	0.34
Matière organique %	0.72	0.48	0.62	0.13	0.59

6. Caractéristiques des eaux d'irrigation :

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe du moi-pliocène qui se trouve à une profondeur de 130 m.

Tableau 06 : caractéristiques de l'eau d'irrigation du site expérimental.

(Source Niboua yamina, 2010).

	CE à 25°C (dS/m)	SAR	pH	Les anions (meq/l)			les cations (meq/l)			
				HCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Forage Miopliocène	5.28	6.3	7.32	0.5	20.5	21.62	26.28	1.14	6.02	22.78
Forage Sénonien	3.74	12.46	8.08	1.5	31	43.2	40.13	1.07	7.04	13.20

L'eau utilisée pour l'irrigation de la nappe de miopliocène a une température de 24,30C°. Cette eau est très salée (C.E à 25C°=5, 2ds/m) et moyennement sodique.

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation de **RIVERSIDE**, modifié par **DURAND (1958)**, notre eau d'irrigation appartient à la classe C5-S3 (eau de mauvaise qualité pour l'irrigation »).

7. Méthode expérimentale :

7.1. Protocole expérimentale.

7.1.1. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté dans cet essai est en bloc aléatoire complet à trois (03) répétitions, chaque bloc comporte six (06) variétés. Le nombre de traitement totaux est de 18 parcelles élémentaires, chaque parcelle mesure 3 m².

Le nombre de ligne par parcelle est de 7 espacé de 20cm. Les blocs sont espacés de 0,5m, et l'espace entre les parcelles élémentaires est de 1m.

7.1.2. Précédent cultural :

Notre parcelle expérimentale n'a aucun précédent cultural.

7.1.3. Pré irrigation :

Le pré irrigation à début le 12/12/2019, elle a durée quelque jours, l'objectif recherche est la germination des mauvaises herbes le lessivage des sels.

7.1.4. Travail de sol :

Le labour a été effectué le 17/12/2019, il a consisté à réalisé manuellement à la houe, pioche et pelle à une profondeur de 30 cm. en suite la préparation des parcelles, pour ainsi préparé le lit de semence, ameublir le sol en profondeur, faciliter le lessivage des sels et incorporé la fumure de fond.

7.1.5. Semis :

Le semis manuel a été réalisé le 21/12/2019. Dans chaque traitement, la répartition homogène des grains est réalisée sur 7 lignes parallèles, écartées de 15 cm et une profondeur de 3cm. La dose de semis est de 2qx /ha.

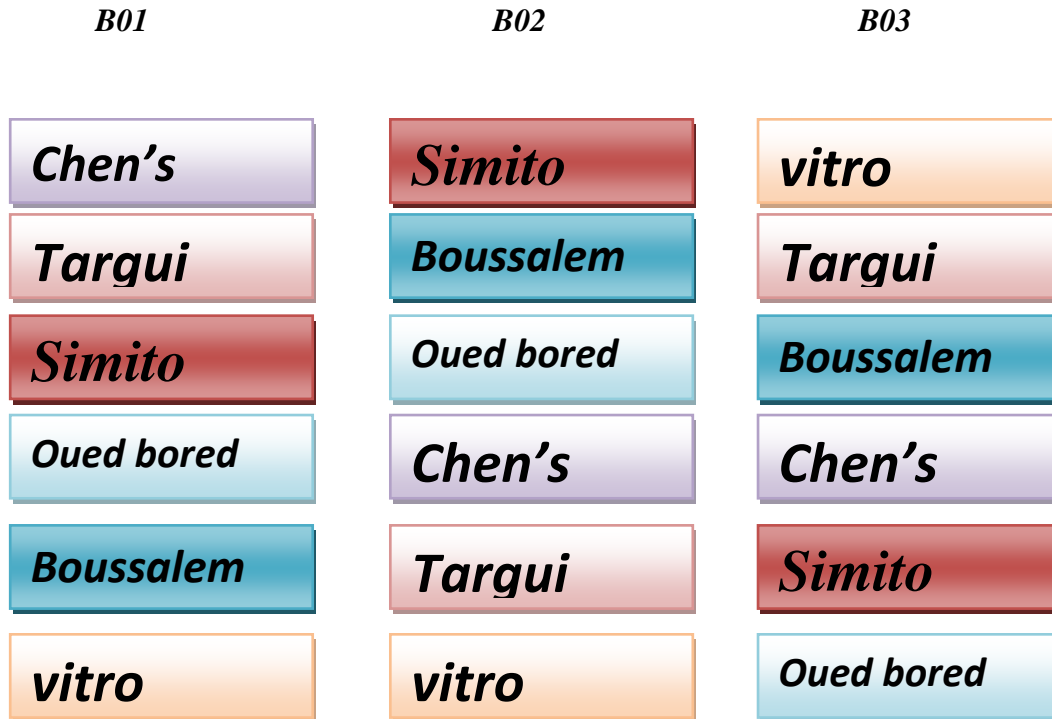


Figure 10 : Dispositif expérimental

8. Paramètres étudiés

8.1. Paramètre physiologique :

8-1-1 : Teneur relative en eau

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par Barrs (1968). Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (**PF**) .Ces feuilles sont mises par la suite

dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés à l'obscurité dans un endroit frais. Après 24h, les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (**PT**). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur

poids sec (**PS**). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (Clark et Mac-Caig,1982) :

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

Où

- **PF** représente le poids frais (le limbe de la feuille qui coupé à sa base est immédiatement pesé),
- **PT** est le poids de réhydratation (la même feuille placée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée pendant 24h à 4°C),
- **PS** est le poids sec et déterminé après le passage de l'échantillon dans une étuve à 80°C pendant 48 heures.

Ce caractère constitue un critère de sélection prometteur pour la résistance à la Sécheresse, de plus il présente le terme le plus satisfaisant pour qualifier le déficit hydrique des tissus d'une plante car elle n'est pas influencée par les variations du poids sec des tissus (Kahali, 1998).

8.2. Paramètres biochimiques

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

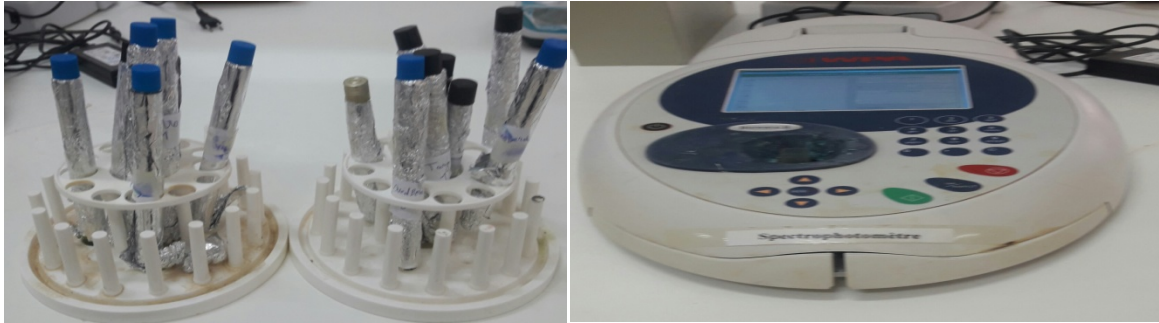
8.2.1. Dosage des pigments chlorophylliens : chl (a, b)(mg/g/MF)

L'extraction de la chlorophylle est faite suivant la méthode de Mac Kiney (1941) et Arnon (1949). Elle consiste en une macération des feuilles dans un mélange d'acétone et d'éthanol à des proportions respectives de 75% et 25%. Cent milligramme (100 mg) de matière fraîche (feuilles) auxquelles sont ajoutées 10 ml de la solution d'extraction sont conservées dans des boites noires afin d'éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière. Après 48h, la densité optique est mesurée aux longueurs d'ondes 663nm et 645nm correspondant respectivement aux chlorophylles (a) et (b). Les résultats sont exprimés en mg/g de MF et les concentrations en chlorophylle (a) et (b) sont déterminées à l'aide des équations suivantes :

$$\square \text{Chl. (a) mg/g MF} = [12,7 * \text{DO (663)} - 2,69 * \text{DO (645)}] * 0,1$$

$$\square \text{Chl. (b) mg/g MF} = 22,9 * \text{DO}(645) - 4,69 * \text{DO}(663)] * 0,1$$

$$\square \text{Chl. Total mg/g MF} = 7.5 * \text{DO}(663) + 18.71 * \text{DO}(645)$$



a) Extraction

b) Lecture

Figure11 : Etapes dosage chlorophylle

8.2.2. Dosage de la proline

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricétohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley, (1955), modifiée par (Dreier et Goring ,1974), et ensuite par (Monneveux et Nemmar, 1983).

a) L'extraction

Elle consiste à prendre 100 mg de matériel végétal (1/3) médian de la feuille étendard dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 60mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool).

b) La coloration

Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

-1 ml d'acide acétique (CH₃COOH) ; -25 mg de ninhydrine (C₆H₆O₄) et 1 ml de mélange contenant 120 ml d'eau distillée ; 300 ml d'acide acétique et 80 ml d'acide ortho phosphorique (H₃PO₄, d=1,7).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge.

c) La séparation

Après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent, une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline.

d) La déshydratation

Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na₂SO₄ anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient).

e) La lecture

On détermine la densité optique à l'aide d'un spectrophotomètre sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une « courbe étalon », préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes. Les teneurs en proline sont obtenues par l'équation suivante :

$$Y = 0,62 \text{ DO /MF. (Benlaribi, 1990)}$$

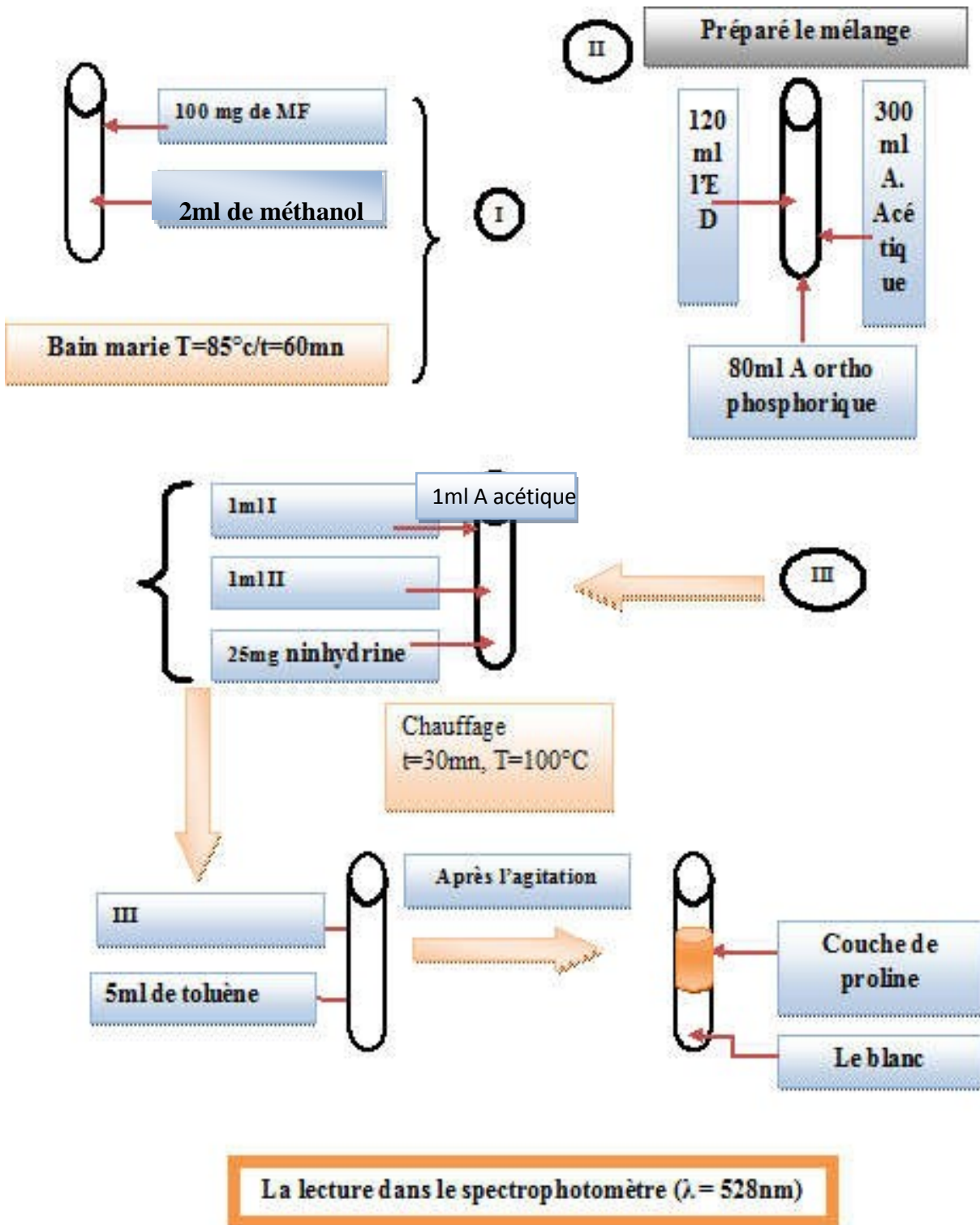


Figure12 :étapes de dosage proline



A- L'extraction



B- La coloration



C- La séparation



d-La lecture

8.2.3. Dosage des sucres solubles

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois *et al.*, (1956).

a) L'extraction

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait.

b) La coloration

C'est la solution à analyser. Dans des tubes à essais propres, on met 2ml de la solution

à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée); on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface. Puis passé au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures).

c) La lecture

Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm. Les teneurs en sucres solubles sont obtenus par l'équation suivante :

$$Y = 1,657 DO / MF$$



A-L' extraction



B- La coloration



C-La lecture

Figure13 : Etapes dosage sucres totaux

8.3. Paramètres agronomiques

8.3.1. Hauteur de la tige

Il a été calculé au stade épiaison en utilisant une règle graduée sur vingt (20) pieds pris aléatoirement pour chaque parcelle élémentaire.

8.3.2. Nombre d'épi au m²

Le nombre d'épi au m² a été compté au stade épiaison sur six mètres linéaires dans chaque parcelle élémentaire.

9. Analyses statistiques :

Tous les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) par le test NEWMAN-KEULS au seuil de 5% réalisée sur le logiciel STAT-BOX, version "A.6". Le logiciel EXCEL a été utilisé en vue de calcul de la moyenne et de l'écart-type pour l'établissement des graphes.

Chapitre III. Résultats et discussion

1. Teneur relative en eau des six variétés de blé dur au stade gonflement :

Les résultats de l'analyse de la variance du paramètre physiologique, teneur relative en eau des feuilles sont présentés dans le tableau 07 et l'annexe 02.

Tableau 07. Variation de la teneur relative en eau des feuilles en fonction des variétés

Variétés	TRE (%)
Vitron	72
Chen's	76
Targui	74
Boussalem	78
Oued El Bared	76
Sémito	75
Moyenne	75
Effet variété	Ns

La teneur relative en eau des feuilles de blé n'est pas influencée significativement ($p > 0,05$) par les variétés de blé.

La variété Boussalem a présenté la plus grande TRE avec 78%, alors que la variété Vitron a donné la plus faible valeur avec 72%.

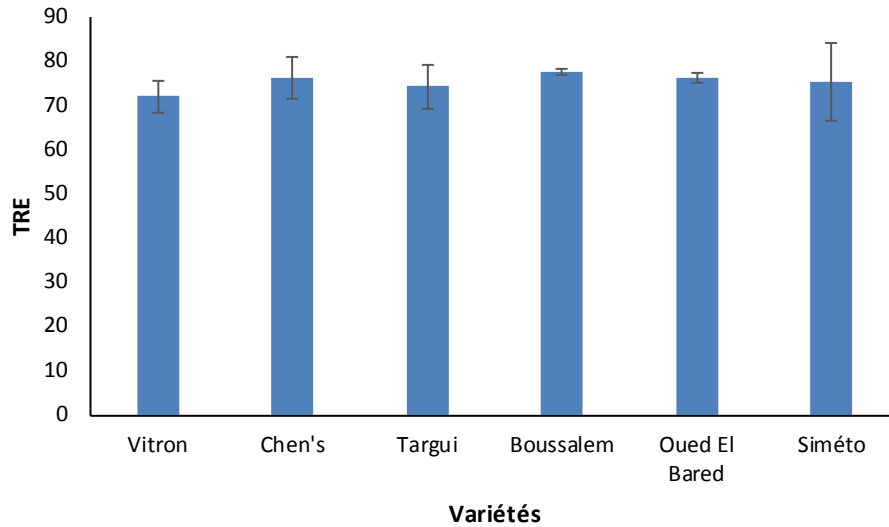


Figure 14: Variation de la teneur relative en eau des feuilles en fonction des variétés

2. Paramètres biochimiques des six variétés de blé dur au stade gonflement:

Les résultats de l'analyse de la variance des paramètres biochimiques sont présentés dans le tableau 08 et l'annexe 02.

Tableau 08. Variation des paramètres biochimiques des feuilles en fonction des variétés

	Chl <u>a</u>	Chl <u>b</u>	Chl <u>ab</u>	Proline	Sucres T.
Vitron	14,67 ^a	4,554 ^a	7,553	3,665 ^b	29,76 ^{abc}
Chen's	5,779 ^b	2,312 ^b	3,062	7,143 ^a	34,35 ^{ab}
Targui	8,652 ^b	2,917 ^{ab}	5,968	7,671 ^a	32,88 ^{abc}
Boussalem	7,742 ^b	3,966 ^{ab}	7,746	0,749 ^b	36,58 ^a
Oued El Bared	7,961 ^b	2,385 ^b	4,946	6,438	24,83 ^c
Sémito	13,17 ^a	4,637 ^a	7,639	2,49 ^b	25,74 ^{bc}
Moyennes	9,663	3,348	6,152	4,693	30,69
Effet variété	**	*	Ns	***	*

2.1. Effet sur les pigments chlorophylliens

2.1.1. Teneur en Chlorophylle a :

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence hautement significative ($0,01 > p > 0,001$) entre les différentes variétés pour la teneur en Chl a (tableau 08, annexe 02). La comparaison des moyennes a mis en évidence deux groupes homogènes, le groupe (a) renferme les deux variétés vitron et siméto, et le groupe (b) renferme le reste des variétés, à savoir chen's, targui, oued el bared et boussalem.

La figure 15 montre que la teneur en Chl a la plus élevée est enregistrée chez la variété vitron, avec une valeur de $14,67 \mu\text{g/g}$, contre la valeur minimum de $5,77 \mu\text{g/g}$ obtenue chez la variété chen's.

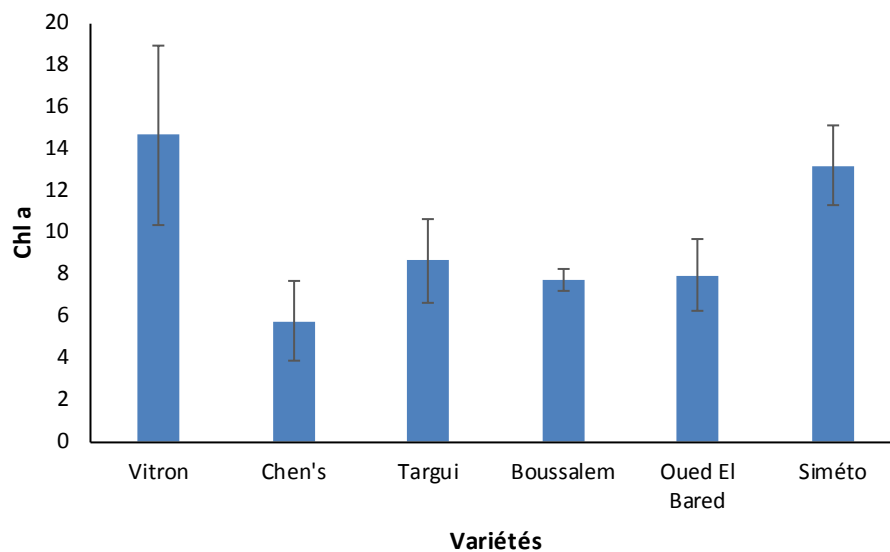


Figure 15: Variation de la teneur en Chlorophylle a des feuilles en fonction des variétés

2.1.2. Teneur en Chlorophylle b :

L'analyse de la variance révèle des différences significatives ($0,05 > p > 0,01$) entre les différentes variétés pour la teneur en Chl b (tableau 08, annexe 02). La comparaison des moyennes deux à deux met en évidence trois groupes homogènes (a, ab et b). le groupe (a) renferme les deux variétés vitron et siméto. Le groupe (ab) comprend les variétés targui et boussalem, et le groupe (b) est présenté par les variétés chen's et oued el bared.

La figure 16 montre que les meilleurs résultats sont obtenus chez la variété Sémito avec 4,63 $\mu\text{g/g}$, alors que les plus faibles sont donnés par chen's avec 2,31 $\mu\text{g/g}$.

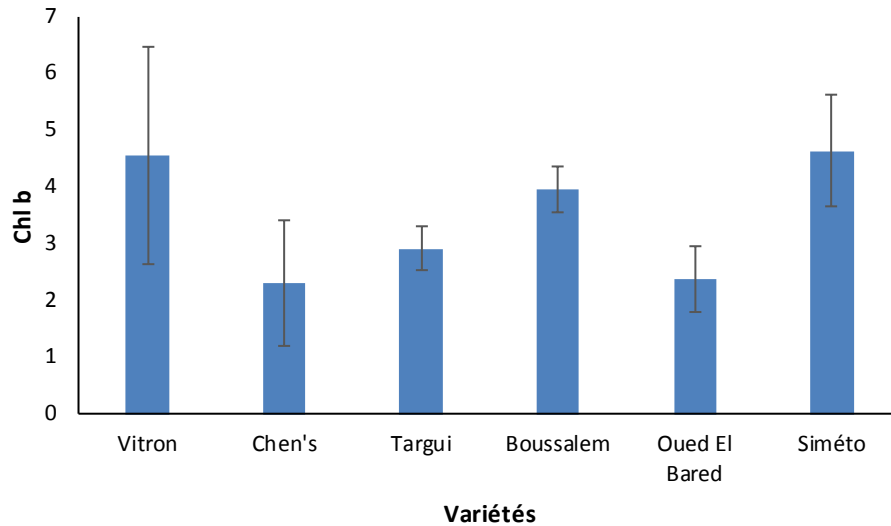


Figure 16 : Variation de la teneur en Chlorophylle b des feuilles en fonction des variétés

2.1.3. Teneur en Chlorophylles totales ab :

Les résultats de l'analyse de variance ne montrent aucun effet significatif du facteur variété pour le paramètre Chl ab (tableau 08, annexe 02).

La figure 17 illustre que la meilleure teneur en chlorophylles ab est enregistrée chez la variété Boussalem avec une valeur de 7,74 $\mu\text{g/g}$, par contre la variété chen's a donné la plus faible teneur avec 3,06 $\mu\text{g/g}$.

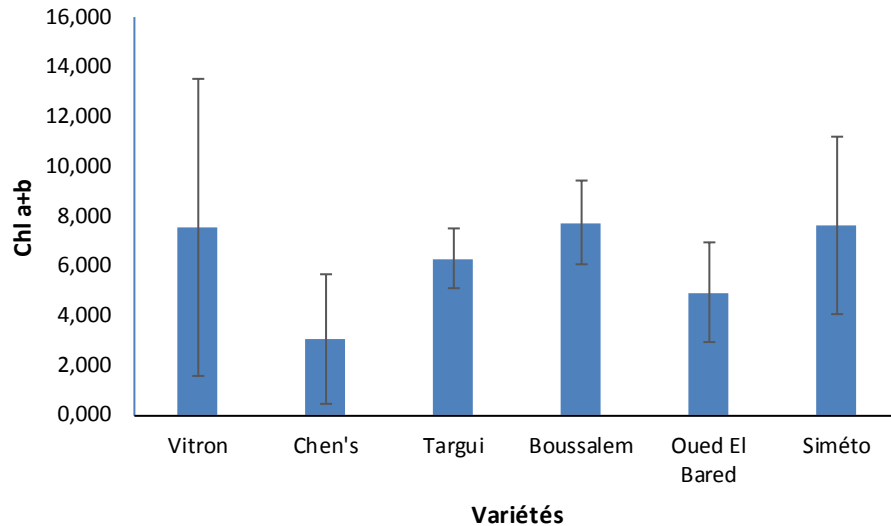


Figure 17 : Variation de la teneur en Chlorophylle total des feuilles en fonction des variétés

2.2. Teneur en Proline :

Le tableau 08 et l'annexe 02 montrent que le caractère teneur en proline des feuilles de blé est influencé significativement par la variation variétale ($p < 0,001$). Deux groupes homogènes sont formés, le groupe (a) renferme les variétés chen's, targui et oued el bared ; le groupe (b) renferme les variétés vitron, boussalem et sémito.

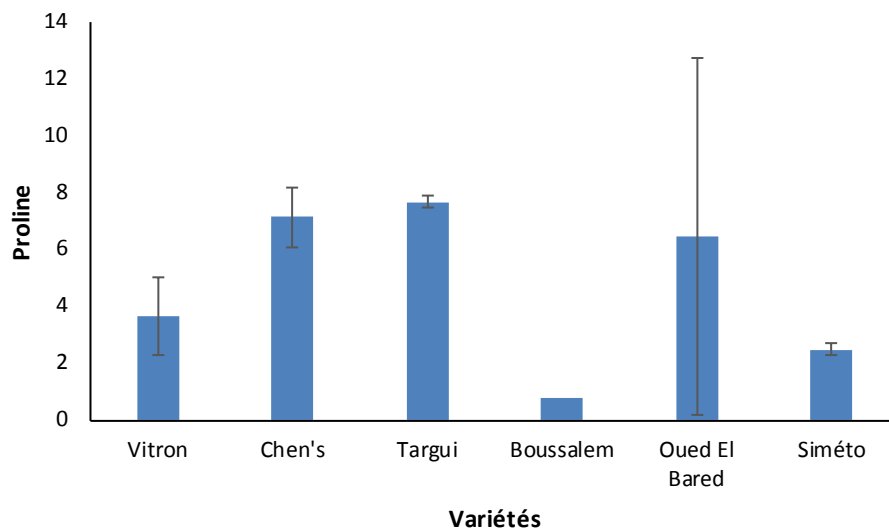


Figure 18 : Variation de la teneur en proline des feuilles en fonction des variétés

Selon la figure 18, la variété Targui a présenté la plus grande teneur en proline des feuilles ($7,67\mu\text{g/g/mf}$), alors que la variété boussalem a donné la valeur la plus faible ($0,74\mu\text{g/g/mf}$).

2.3. Teneur en Sucres solubles totaux :

L'analyse de la variance révèle des différences significatives ($0,05 > p > 0,01$) entre les différentes variétés pour la teneur en sucres solubles (tableau 08, annexe 02).

La comparaison des moyennes nous a permis de mettre évidence les groupes homogènes suivants, le groupe (a) représenté par la variété boussalem, le groupe (ab) qui renferme la variété chen's, le groupe (abc) regroupe vitron et targui, le groupe (bc) qui est représenté par la variété sémito, et enfin le groupe (c) qui renferme la variété oued el bared.

Selon la figure 19, la variété Boussalem a présenté la plus grande teneur en sucres de feuilles ($36,58\mu\text{g/g/mf}$), alors que la variété Oued el bared a donné la valeur la plus faible ($24,83\mu\text{g/g/mf}$).

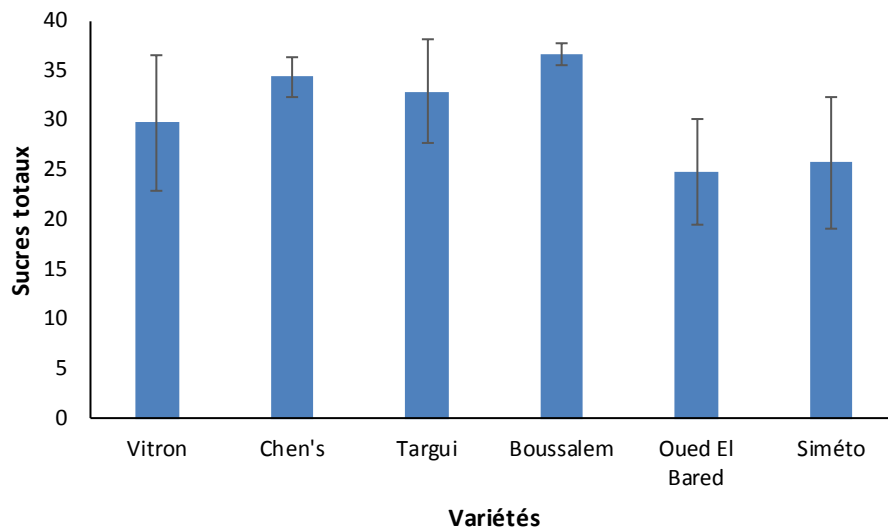


Figure 19 : Variation de la teneur en sucre soluble des feuilles en fonction des variétés

3. Paramètres agronomiques

Les deux paramètres agronomiques étudiés sont le nombre d'épis/m² et la hauteur de la tige, qui sont considérés comme des caractères très liés au génotype.

Tableau 09. Variation des paramètres agronomique en fonction des variétés

	Vitron	Chen'S	Targui	Boussalem	Oued El Bared	Simeto	Moy.	S.S.
Epis/m ²	311,7	349,2	388,3	311,7	380,8	312,5	342,4	NS
HT cm	64,4	63,85	71,02	68,27	66,85	63,97	66,39	NS

3.1. Nombre d'épis/m²

Les résultats de l'analyse de variance ne montrent aucun effet significatif du facteur variété pour le paramètre nombre d'épis (tableau 09).

La figure 20 illustre que le meilleur nombre d'épis est enregistré chez la variété Targui avec une valeur de 388,3 épis / m², par contre la variété Vitron a donné le plus faible nombre avec 311,7 épis / m².

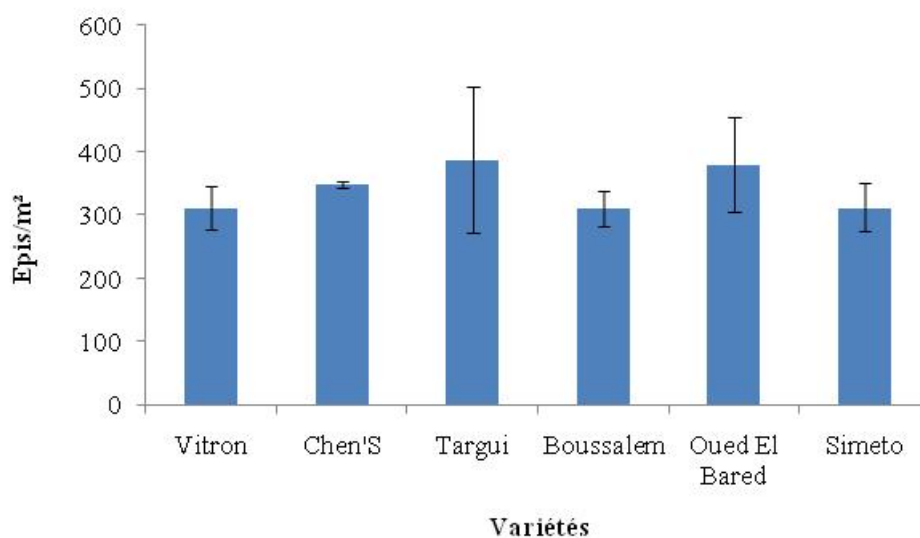


Figure 20 : Variation de Nombre d'épis en fonction des variétés

3.2. Hauteur de la tige

Les résultats de l'analyse de variance ne montrent aucun effet significatif du facteur variété pour le paramètre hauteur de la tige (tableau 09).

La figure 21 illustre que la meilleure hauteur est enregistrée chez la variété Targui avec une valeur de 71,02cm par contre la variété chen's a donné la plus faible teneur avec 63,85cm.

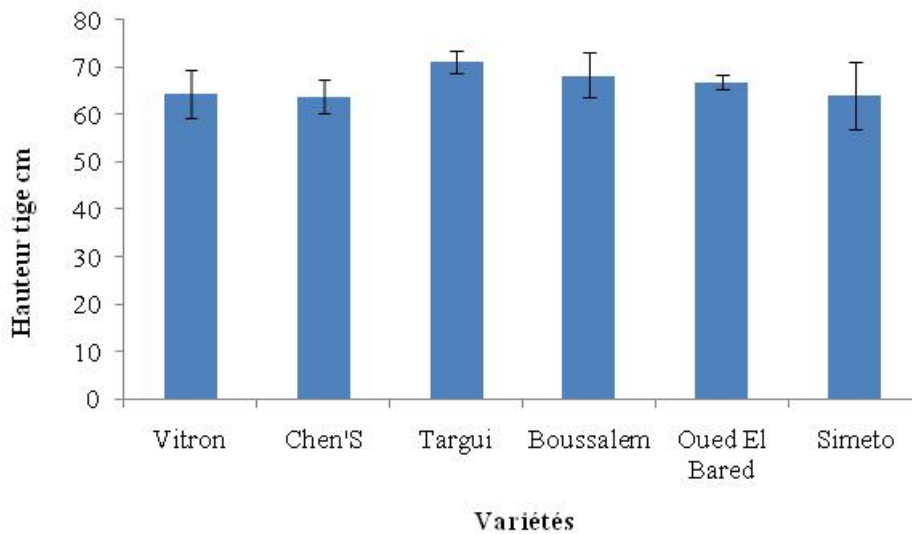


Figure 21 : Variation de la Hauteur de tige en fonction des variétés

4. Relations entre les paramètres physiologiques et biochimiques et les paramètres agronomiques :

L'étude des relations entre les différentes variables mesurées deux à deux indique l'existence de fortes liaisons entre les paramètres agronomiques et quelques bio-indicateurs de stress, à savoir la teneur relative en eau, les chlorophylles totales et la proline.

Les deux figures 22a 22b montrent que la teneur relative en eau est fortement liée au nombre d'épis / m² ($r = - 0,643^{***}$) et à la hauteur de la tige ($r = - 0,648^{***}$). Ces deux liaisons sont négatives.

Tandis que les paramètres biochimiques, chlorophylles totales et la proline sont positivement et significativement liées aux nombre d'épis/m² ($r = 0,681^{***}$ et $r = 0,576^{***}$) et à la hauteur de la tige ($r = 0,585^{***}$ et $r = 0,628^{***}$) (figures 22c, 22d, 22e et 22f).

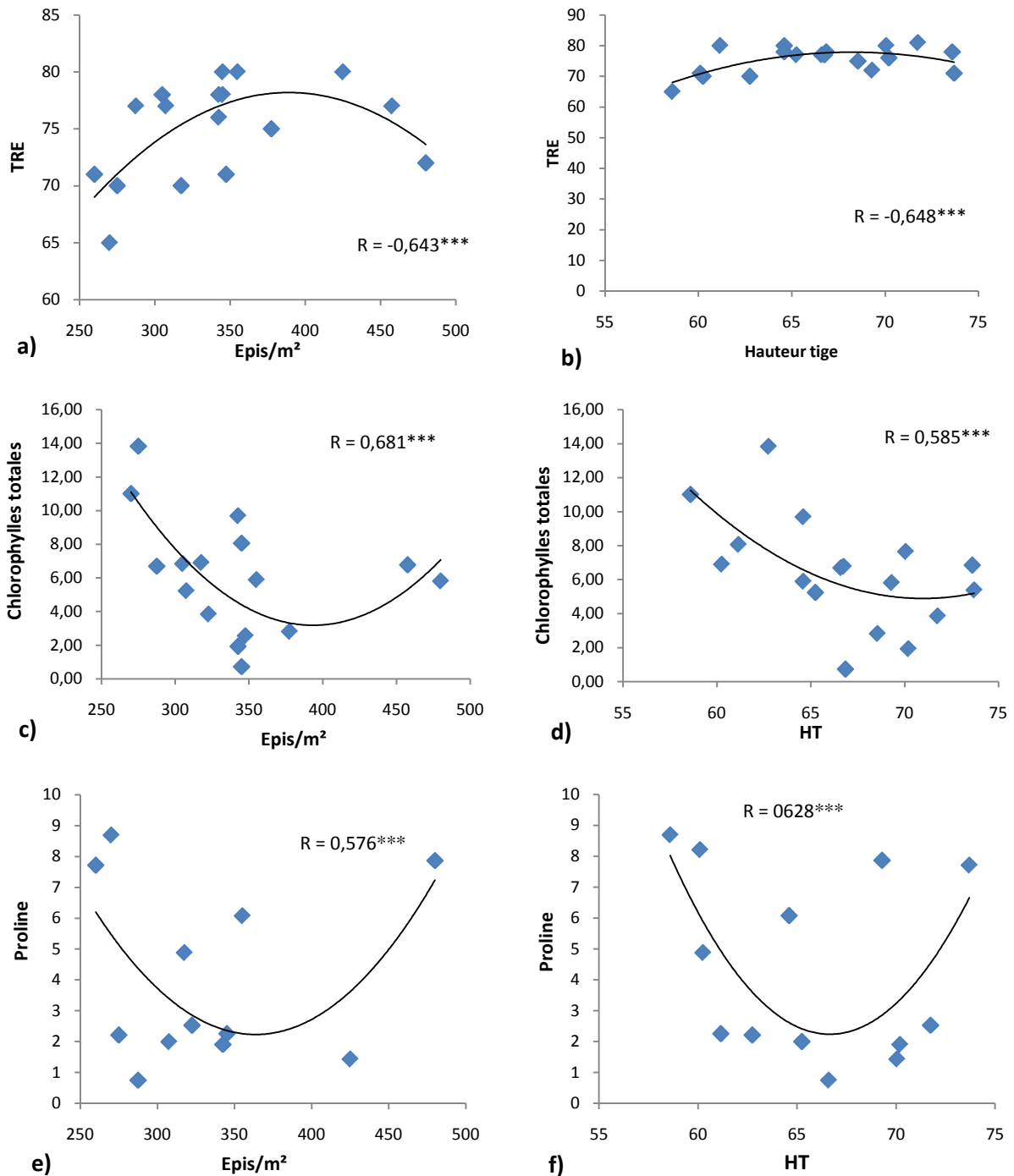


Figure 22: Relations entre paramètres physiologique, biochimiques et agronomiques des six variétés de blé dur

5. Discussion

L'essai que nous avons réalisé a pour objectif l'étude de caractérisation physiologique et biochimique de six (06) variétés de blé dur *Triticum durum* Desf. sous conditions sahariennes.

Le stress abiotique provoque des changements, physiologiques et métaboliques soit au niveau cellulaire ou au niveau de la plante entière, mais cette modification reste corrélée avec le degré de stress, et les variétés en question.

Physiologiquement, la diminution de la teneur relative en eau induite par la diminution de l'absorption de l'eau sous l'effet de la salinité se manifeste par une régulation stomatique dans les feuilles (**CLAVET, 2000**), caractérisée par une diminution de la conductance stomatique (**GIRONA et al., 2002 ; Pervical et al., 1998**) qui se fait évidemment aux dépend des autres processus physiologiques comme la photosynthèse (**SHAGGUAN et al., 2000**).

En situation de déficit hydrique, la plante ferme ses stomates pour réduire ses pertes en eau (**Tardieu et Dreyer, 1997**). La régulation, de l'ouverture et la fermeture des stomates dépend du potentiel hydrique foliaire et de l'humidité de l'air au champ (**Turner, 1997**).

Une faible conductance stomatique induit une fermeture des stomates rapide en condition de déficit hydrique.

L'influence du stress des hautes températures est variable en fonction du stade végétatif de la plante et de l'interaction avec d'autres stress tel que le stress hydrique. En effet, une plante qui est exposée à une haute température mais qui a accès à suffisamment d'eau aura la possibilité de maintenir ces stomates ouverte afin que l'évaporation abaisse la température des feuilles, Dans la nature, la combinaison de deux stress reste une situation habituelle.

La variété Boussalem a présenté les meilleures teneurs relatives en eau dans l'intervalle expérimental.

La réduction de la chlorophylle a et chlorophylle b est peut être liée à la sensibilité de sa biosynthèse au chlorure de sodium. Ce dernier affecte moins la voie de biosynthèse de la chlorophylle b (**Rhim et al., 2013**). Le stress salin joue un rôle dans la diminution de l'activité de la chlorophylle et inhibe la synthèse de l'acide 5-amino-levulinique (**Santos, 2004**). Sous contraintes hydriques, il est constaté une perturbation au niveau des réactions photochimiques de la photosynthèse avec un blocage du transfert d'électrons entre LHCII et PSII (**Neill et al., 2006**). La diminution du taux du CO₂ dans les feuilles est associée à une inhibition de la photosynthèse.

La réponse biochimique, analysée à travers l'expression de l'accumulation de la proline des variétés, où la variété Targui a accumulé la plus grande quantité de proline, par contre Boussalem a présenté la plus faible quantité. Montrant ainsi, l'effet des stress (salin, hydrique) dans l'augmentation de la teneur en proline, et cette augmentation reste corrélée avec la variété. nos résultats confortent ceux de **GRENNAN (2006)** et **LUYAN RAPHAËL (2012)**.

L'accumulation de la proline a été étudiée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress au déficit hydrique chez *Sesuvium portulacastrum* (**SLAMA et al., 2004**) et à la salinité, chez *Atriplex halimus* L (**BIDAI, 2001**). Cette aptitude des plantes à la synthèse et à l'accumulation de proline n'est pas spécifique seulement aux halophytes (**HU et al, 1992**), elle l'est également pour de nombreuses glycophytes, telles que la tomate (**HERNANDEZ et al., 2000**); l'orge (**HASSANI, 2008**) et le blé dur (**ZERRAD, 2006**).

Certains auteurs, **SINGH et al. (1973)** et **GRENNAN (2006)** pensent que les quantités accumulées pourraient être liées au niveau de tolérance aux stress. La proline accumulée pourrait jouer un rôle d'osmoticum (**STEWART et LEE, 1974 ; KAUSS, 1977**). Elle pourrait, également, intervenir dans la régulation du pH cytoplasmique ou constituer une réserve d'azote utilisée par la plante postérieurement à la période de stress (**TAL et ROSENTHAL, 1979**).

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (**Mouellef., 2010**). Dans notre expérience on remarque que la variété Boussalem utilise l'accumulation des sucres solubles comme

moyen de se protéger du stress, contrairement à la variété Oued el bared qui n'utilise pas cette stratégie.

Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en conditions de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez le blé. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules (**Hireche., 2006**). Cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats des chercheurs qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles (**Zerrad et al., 2006**). Différents sucres solubles peuvent être présents dans les tissus bien hydratés, mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation. (**Dubos, 2001 ; Sairam et tyagi ;2004**).

Selon certains auteurs, l'accumulation des sucres solubles peut résulter d'une augmentation de l'hydrolyse de l'amidon puisqu'ils ont enregistré, simultanément, une diminution de l'amidon et une accumulation de sucres solubles dans les tissus stressés (**Bouchelaghem ; 2012**). Les osmolytes, les plus importants, qui s'accumulent chez les céréales en conditions de déficit hydrique, sont représentés, entre autres, par le sucre et la proline. Ces osmolytes jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation de la plante aux contraintes de milieu (**Laala ; 2010**).

Oulmi (2010). En effet, les espèces végétales qui maintiennent des teneurs foliaires relatives en eau élevées sont considérées comme étant des espèces résistantes à la sécheresse (**Berka et Aïd, 2009**). Mais d'après **Bidinger et Witcombe (1989)**, cette stratégie peut aussi diminuer le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique..

Cela signifie qu'une augmentation de la teneur en chlorophylles induit une augmentation de la capacité photosynthétique pour la synthèse des composés carbonés organiques, et par conséquent une augmentation du nombre de grain par épi. Puisque le nombre de grains que produit une plante est lié à ses capacités de croissance, en cas de stress provoquant une diminution de la surface foliaire donc de la photosynthèse, la priorité de la plante est de préserver sa capacité à produire au moins une graine viable. Elle met donc en œuvre un processus d'avortement des graines qui ne pourront pas être remplies faute de ressources suffisantes. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Bouzerzour et al. (1998)** et **Hioun et al. (2002)**.

Conclusion

La salinisation des ressources en sols et eau avec l'augmentation de la température constituent des problèmes majeurs dans les régions du sud de l'Algérie, de ce fait, le développement de variétés tolérantes à ces conditions défavorables constituent une solution durable pour l'extension de la céréaliculture en irrigué.

Notre travail vise à étudier la variabilité génotypique de certains paramètres physiologiques et biochimiques de six (06) variétés de blé dur sous conditions sahariennes dans la région de Ouargla.

La synthèse des résultats obtenus montre clairement que la condition saharienne provoque des changements physiologiques et métaboliques soit au niveau cellulaire ou au niveau de la plante entière, mais cette modification reste corrélée avec le degré de stress et les variétés en question.

Physiologiquement, nos résultats montrent que les condition saharienne a une influence non significative sur la teneur relative en eau. La variété Boussalem a présenté les meilleures teneurs relatives en eau dans l'intervalle expérimental.

Les différents types de stress au Sahara Algérien provoquent une augmentation des pigments chlorophylliens, où il ya des différences significatives entre les variétés sur les teneurs en chl a et chl b ; ce qui influe directement sur le phénomène de photosynthèse et par conséquent la croissance des plants de blé.

La réponse biochimique, analysée à travers l'expression de l'accumulation de la proline des variétés, où la variété Targuie a accumulé la plus grande quantité de proline, par contre Boussalem a présenté la plus faible quantité.

Il ya un effet significatif entre les variétés sur la teneur en sucres totaux, où la variété Boussalem l'a utilisé comme mode d'adaptation aux contraintes sahariennes, contrairement à la variété Oued el bared.

L'augmentation de la teneur en proline, des pigments chlorophylliens et des sucres reste corrélée avec la variété. De ce qui précède, cet effet différencie d'une variété à une autre, concluant ainsi que chaque variété a un mécanisme spécial pour la tolérance au

stress. De même, l'accumulation des sucres solubles et de la proline, permettent de conclure que le stress modifie la composition biochimique des organes.

Il a un fort lien entre paramètres physiologique biochimique et agronomique donc on conclue que il ya un effet significative des conditions saharienne sur les paramètres croissance « hauteur de tige » et de rendement « nombre de épis ».

Les résultats obtenus montrent l'existence de traits ou caractères intéressants chez certains génotypes de blés oasiens, qui méritent d'être valoriser. Nous proposons en perspectives de reprendre ce type d'essai, et d'étudier la réponse des mêmes variétés avec des modifications des conditions et des stades différents de la plante.

Références bibliographiques

- Abdelkrim et al., 2005** . Abdelkrim F., Djebbar R. et Aid F., 2005.
- Abdely C.,OzturkM.,AshrafM etGrignon C.,(2008).**Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance.(Eds) BrikhausenVerlag/L Swizerland,36p.102 illus
accumulation in droughted and rewatered *Lupinus albus* plants. Aust. J.
- Ainaoui S et Lafala Z.,(2016).** Comparative de l'effet du stress hydrique sur le Comportement de quatre géotypes de blé dur (*Triticum durum Desf.*). Université des Frères Mentouri Constantine 1.Mémoire. P : 1-4-6-10-24-25.
- Agastian P., Kingsley S.J., Vivekanandan M., (2000):** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38: 287–290.(Agronomie),pp.4
- A.N.R.H, 2011.** Les ressources hydriques au Sahara. Agence Nationale des Ressources Hydriques, 2011
- Alberico G et Cramar G.R.,(1993).**Is the salt tolerance of maize related to sodium
Annaba 28-30 novembre 2005. Optimale du préparé de printemps (travail du sol) pour une conservation maximale de la teneur en eau dans le sol dans une région semi-aride. Thèse d'ingénieur. INSA. BATNA. 63 P.
- Attia F., Garcia F., Dedieu F., Ben mariem F., Kasraoui M.F., Lamaze T., (2007).** Effet du stress hydrique sur la photosynthèse et la maturité phénolique du cépage Fer Servadou. 8^{ème} Symposium International d'OEnologie, Bordeaux 25-27 juin France.
- Bagga A.K., Ruwal K.N. et Asana R. D.,(1970).** Comparison of some Indian and semi-dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation.*IndianJ.agric.Sci.* 40: 421- 427 p.
- BAILEY RW., BARKER SA, BOURNE E J.,1957** – Significance of oligosaccharide intermediates in dextrin synthesis. *Nature*: 179: 179-310.
- Barcelo J. Poschenrieder C., 1990.** Plant water relations as affected by
- Barrs H., 1968.** Determination of water deficit in plant tissues.
- Benabdelhafid Z., (2016).** Embryogénèse Somatique, Variations Somaclonales et Tolérance à la Salinité chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). (Analyse Génotypique et Moléculaire). Thèse.
- Benkhelif I.,(2016).** Stratégies génomiques pour une meilleure tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*).Université des Frères Mentouri Constantine 1Mémoire. p :1-6-7-11-14- 16-17-19-22
- Benkhelif I.,(2016).** Stratégies génomiques pour une meilleure tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*).Université des Frères Mentouri

Constantine 1Mémoire. p :1-6-7-11-14- 16-17-19-22 (*Triticumaestivum*L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, 21: 29-37p.

Benkolli M et Bouzeghaia B., (2016).Etude biochimique de dix variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) Sous l'effet d'un stress oxydatif gènère par un stress *biologie* Département de Biologie Végétale et Écologie.p53.

Bonjean A., (2001). Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé Tendre

Bonjean, A., et Ricard, E., (1990) : Les céréales à paille Origine.Historique, Economie,

Bouakez D et Hamadouche I., (2015). Effet du stress hydrique au stade de germination sur la croissance de quelque génotype du blé dur (*Triticum durum Desf.*).Mémoire. Université Frères Mentouri.Constantine. P : 1-5-15-20-22-25.

Bouchabke O., Tardieu F., Simonneau T., (2006). Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in watersaturatedsoil. *Plant Ce/l and Environment.* 29: 1138-1148

Bouchelaghem S. Djebbar Berrebbah H. Djebbar M.R. 2011. The

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

Boukachabia E.,(1993.)Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation (*Triticumdurum* Dest). Mémoire de Magister en production et physio Vég. Annaba, 108 P.Université Frères.Mentouri.Constantine .p :4-10.

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, 176 p.

Bousbaa R.,(2012).Caractérisation de la tolérance à la sècheresse chez le blé dur (*Triticum durum*

Bousbaa R.,Ykhlef N.,Djekoun A.,(2009).Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat(*Trticum durum Desf.*).*World Journal of Agricultural Sciences*5.5.P:609-616.

Bousnane I., (2012).Approches génomiques de l'amélioration du blé dur pour la tolérance aux stress abiotiques. Mémoire master, Université des frères Mentouri Constantine 1/Biologie et Ecologie Végétale.P :3-46-47

Bouthiba A. A., Debaeke P., Hamoudi S. A.,(2010).Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. *Irrigation Science.* 26: 239-251.

- BOUTOUIL, A., 2007.** Effet du disque (charrue a disque) sur les différents précédents culturaux (chaumes, jachère travaillée, jachère nue) et leurs impacts sur le rendement dans la zone de Timgad (Ferme pilote ABDESSAMED SALAH - Sidi Maâncer) (W. de BATNA). Mémoire d'ingénieur. Univ. Batna. 158p.
- Chantal P.,(2009).**Mécanismes d'ouverture des stomates. Cours de biologie végétale :10.
- Chaves, M.M., Flexas, J., Pinheiro, C.,(2009).** Photosynthesis under drought and salt stress:
- 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
- Colloque Euroméditerranéen de Biologie Végétale et Environnement,
- David et al., 1998.** 22.David M.M., Coelho D., Bannote I., and Correir de deux variétés de colza : *Brassica napus* L. Eurol et Goeland. 1^{er} de l'eau. INRA (Éditions), (France : Institut National de Recherche de magister ISN-Université Constantine
- de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA.France. 72 p.
- Debiton, C., (2010) :** Identification des critères des grain de blé (*triticum aestivum* L) déférentes-application à la palmeraie de l'université Thèse, Ing, gro, sah. ITAS. Ouargla, 72p.
- Djermoun A., (2009).**La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques.Revue Nature et Technologie.1 :45-53pp.
- Dreier W., Goring M., 1974 -** Der einfluss hoher salzkon zentratimen auf verschieden physiologische parameter von maïswuzeen. *Win Z. der HU Berlin. Nath.Naurrwiss R.*, 23: 641-644
- Drevon J.J .,Saadallah K.,Hajji M., Abdely C. (2001) :** “Genotypic variability for tolerance to salinity of N2-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) “, *Agronomy*, 21, 675-682.
- DUBIEF, J., 1953.** Essai sur l'hydrologie superficielle du Sahar – SES, 453 P.
- Dubos .,2001.** Réponse blé dur (*Triticum durum* Desf.), cultivés en conditions de déficit hydrique thèse durable et la conservation des sols. Fiche technique n°03. 4p. durum Desf) étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 3, 583.
- El Djaafari S., 2000 -** Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: Definin physiological traits and criteria. *Option Mediterranean*, 40 : 251- 256.

- El hassani T.A. et Persoons E.,(1994).** Agronomie moderne. Bases physiologiques et en milieu hydroponique. Thèse de doctorat. Univ. Henri Poincaré,
- Encyclopédie libre, 2006.** <http://wikipédia.Org/wiki/chlorophylle>.
- exclusion.Priliminary screening of seven cultivars.journ.plant Nut.16,2289-2303pp
- FAO a., (2015):** « Statistical Pocketbook – Word Food and Agriculture ».
- FAO b., (2015) :** « Perspectives de l'Alimentation - Les marchés en bref », I5003F/1/10.15.
- FAO., (2016).** Lemarchémondialdu blé. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>
- FAO.b., (2015) situé dans Gueraiche S., (2016).**Diversité Génétique et Adaptation de quelques variétés de Blé Dur- *Triticum durum* Desf-:Utilisation des marqueurs moléculaires.mèmoire.Master.Université des frères Mentouri Constantine 1/Biologie et Ecologie Végétale : 6-7.
- Feillet P., (2000).** Le grain du blé. Composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, pp : 17-18.
- ferhat abbas-setif ufas (algerie) Gaertn. Science (5) : 173-176.
- Gaid S., (2015).**La tolérance à la salinité du pois chiche(*cicer arietinum L.*).Magister. Université Ahmed ben bala, Oran faculté des sciences Département de biologie, Laboratoire de physiologie végétale : 24.
- Haichour R.,(2009).** Stress thermique et limite écologique du Chêne vert. Mémoire. Université Mentouri – Constantine – p : 12-24-49.
- HALITIM A. et DAOUD Y., 1994** – Sécheresse., Revue N°03, V : 05 Septembre 94., 151p.
- Hamla C.,(2016).** Caractérisation des gènes de tolérance à la sécheresse chez le blé dur : étude du rôle des déhydrines et des aquaporines.Thèse. Université Mentouri,Constantine Faculté de biologie Département de Biologie Végétale et Écologie.p32-33.
- HANDA S., HANDA A. K., HASEGAWA P.M., et BRESSAN R.A., 1986** – Proline accumulation anad the adaptation og cultured plant cells to water stress. Plant Pyysiol., 80, p. 938-945.
- HANNANA M., DALIN N., BOUZID., 1995** – Importance du stade de développement de la plante et de la répartition entre amidon et sucres solubles dans la réponse du piment à la présence d'un stress salin.
- HENIN S., 1976** – Définition de la sécheresse, politique d'utilisation de l'eau. Fourrage 67, p13-25.

- Hsu Y.T et Kao C.H.,(2004).** Phosphinothricin tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings is associated with elevated abscisic acid in the leaves. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45: 41-48.
- hungaria, 40: 39-47.
- Ibrahim A.M.H. et Quick, J.S., (2001).** Genetic control of high temperature tolerance in impact of dust emits
- Issaad G.,(2013).** Statut nutritionnel et plasticité de réponse aux stress chez un modèle végétale (*Triticum durum* Desf.).Thèse.Université Badji Mokhtar.ANNABA.P :15-16-21-22-27-33-35.wheat as measured by membrane thermostability.*Crop Sci.* 41: 5, (1405-1407.).
- Jabnoue M., (2008.)**Adaptation des plantes au stress Salin : Caractérisation du transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat,Université. Montpellier II.P :36-37.
- Jackson R.B., J.S. Sperry., Dawston T.E.,(2000).** Root water uptake and transport: using
- Jean-Pierre A., Philippe D., Bernard I., Gilles L.,BernardS.François T., Alban T.,(2006).** John Libbey Eurotext. Paris. 91-108
- Kahali, 1998.** Des paramètres de l'élaboration du rendement chez le blé
- Kara S et Zerguine M.,(2016).** Dosage des anthocyanes et de la glycine bétaine en conditions de stress hydrique et étude des mécanismes de tolérances chez dix variétés du blé dur (*triticum durum*
- KHADRAOUI A., 2007.** Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes. Caractérisation-Contraintes et propositions d'aménagement. 324p.
- Laala., 2010.** Analyse en chemin des relations entre le rendement en
- Leonardis A. M., Marone D., Mazzucotelli E., Neffar F., Rizza F., Di Fonzo, N., et Mastrangelo**
- Levigneron A., Lopez F.,Vansuyt G.,Berthomieu P.,Casse-Delbart F.,(1995).**Les plantes face au stress salin.Chier d'études et recherches Francophones/Agriculture.4 :263-173pp.
- Lezzar H et Meziani A.,(2015).** Recherche in silico et conception d'amorce des gènes de tolérance au stress abiotique chez le blé. Mémoire .Université des Frères Mentouri Constantine1.P :3-10.Desf.). Mémoire. Université des Frères Mentouri Constantine1. p : 1-9-19-28-29-34
- Mahajan S et Tuteja N., (2008).** Calcium- and salt-stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. *Arch Biochem. Biophys.* 471: 146 – 158p.

- Maroti et Bogнар, 1991.** Maroti M., Bogнар J., 1991. Effect of toxic
- Mazouz L.,(2006).** Etude de la contribution des paramètres phéno- morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Mémoire de Magistère. Université Hadj Lakhdar Batna.
- Mefti A., Abdelguerfi A., Chebouti A., (2000).** Etude de la tolérance à la sécheresse chez
- Mefti M., Abdelguerfi A. et Chebouti A., 1998.** Etude de la tolérance à
- Mentouri. Constantine :4-13-14-17-36-38.
- metals inhibiting the growth of plant cell tissues. acta agronomica
- moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique
- MONNEVEUX P et NEMMAR M.,1986** – Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum*) et chez le blé dur (*Triticum*
- Mouellef A., (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur
- Mouellef., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance
- Mousses and lichens. African Journal of Biotechnology Vol. 10(18),
- Munns R., (2007).** Utilizing genetic resources to enhance productivity of salt-prone land. CAB Rev: Perspectives in Agric. Veterinary Sci. Nutr. Nat. Res. 2. No. 009.
- MUNNS R., 1981** “Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat.” Plant Soil, 253, 201–218
- Nabors M., (2008).** Réponse des plantes aux hormones et aux stimuli environnementaux. In : biologie végétal. Structure, fonctionnement, écologie et biotechnologie. Ed. Pearson Education. France. 247p.
- Najdjm, B., El jaafari, S., jlibène, M., Jacquemin, J. M. (2008).** Application des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 7: 17- 35.
- Neffar F.,(2013).** Analyse de l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress abiotique dans différents génotypes de blé dur (*Triticum durum*) et d'orge (*Hordeum vulgare*) soumis à la sécheresse. Thèse. Université Ferhat Abbas. Sétif.p :42-62-63.
- New York. 235_368 p.
- NIBOUA Y., 2010** : Etude comparative de la salinité dans trois situation agricole
- Nickel toxicity and peroxidase activity in seedlings of *Triticum aestivum*
- ONM, 2018.** : office national de météorologie.
- osmotique sur l'accumulation de chlorophylle et des ARNm codant pour

- Oukarroum A., (2007).** Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève
- OZENDA P., 1991.** Flore de Sahara. 3ème édition mise à jour et augmentée. Paris, Editions du CNRS. 662 pages.
- pALONEN P., 1999** – Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. *J Am Soc Hort Sci*: 124, p, 07-13.
- Pandolfini et al., 1992 ,. Pandolfini T, Gabrielli R, Comparini C. 1992.** *physiol .25*: 299-306 physiological processes in global predictions, *Trends Plant Sci.* 5 (11) (2000) 482–488
- Pomeranz, Y., (1988)** : Chemical composition of Krrmel structures. *Wheat : chemistry and*
profondeur de semis. Mémoire de Magister, Université Al Hady Lakhdar-Batna (Algérie), 83p.
- R'him, T. I., Tlili, I., Hnan, R., Ilahy, A., Benali & Jebari, H. (2013).** :Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annum* l.), *Journal of Applied Biosciences*, vol.66, pp.5060-5069.
- Ramade, F ., (2008)** : dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la vie
Régulation des échanges gazeux par les plantes soumises à la
regulation mechanisms from whole plant to cell. – *Ann. Bot.* 103: 551–560.
- Richard, C.,Dary, M.,(1985)** :Produits phytosanitaire, recherche, développement,
- ROUVILLIOS B. M., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed. Pub. Dépt. Géo., Univ. Sarbonne, Paris, T. 2, 316p.
- Santos, C. V. (2004).** : Regulation of chlorophyll biosynthesis and
Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manquesécheresse. In *L'eau dans l'espace rural. Production végétale et qualité*
Sélection.SOFTWORD/GROUPE I.T.M (INRA) :9-147
- Sentenac H., Berthomieu P., (2003).** Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier /Université/CNRS/ INRA) Service Presse INRA. 34p.

- SIMINOVITCH D., WILSON C M., BRIGGS D R., 1953** – Studies of the chemistry of the living black locust in relation of its frost handiness. V. Seasonal transformations and variations in the carbohydrates: Starch-glucose Interconversions. *Plant Physiol*; 28: 383-400.
- SLAMA A., BEN SALEM M., BEN NACEUR M., ZID E.D., 2005-** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbeyeurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md).
- STEWART C R., BOGGESS S F., 1978** – Role of carbohydrates in proline accumulation in wilted barley leaves. *Plant. Physiology*. 61, p, 775- 778
- STEWART C R., BOGGESS S F., ASPINALL D., et PALEG L G.,1977** – Inhibition of proline oxidation by water stress. *Plant. Physiology*. 59, p, 930-932.
- STRYER L., 1992** – La biochimie de Lubert Stryer. Eds Médecine Science Flammarion : Paris 1088p.
- Tardieu F.,(2005).** Plant tolerance to water deficit: physical limits and possibilities for progress. In: Académie des Sciences, Comptes Rendus Geoscience, n° 337, pp.57-67.
- TAYLOR C R., 1996** – Proline and water deficit: Downs and Outs. *The Plant Cell.*, 8,p, 1221-1224.
- Troll W. and Lindsley G., 1955.** A photometric method for the determinations of proline *Biol Chem*, 215, p. 655- 660.
- WILLIAM HOPKIN G., 2003-** Physiologie Végétale 1ère Edition de Boeck universités
- WYNJONES R G , STOREY R , LEIGH R A, AHMED N et POLLARD A., 1977-** Hypothesis on cytoplasmic osmoregulation. In *Regulation of cell membrane activities in plants*. (EMMARRE, O CIFFERI eds), Elsevier, Amsterdam, p121-136.
- Zerrad W., Hillali S., Mataoui B., El Antri S. & Hmyene A.,**
- ZHU J.K., 2001** - Plant salt tolerance. *Trends in plant Sci*. 6: 66-71.
- ZID E., GRIGNON C., 1991-** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon LibbeyEurotext, Paris : 91-108..
- Zid E., Grignon C., 1991.** Tests de sélection précoce et résistance

Annexes

Annexe 01 :

Tableau 1. Caractéristiques des variétés étudiées

Variétés	Caractéristiques agronomiques et technologiques	Résistance aux maladies
Vitron	Rendement Elevé Poids de millegrains(PMG) Elevé Qualitésemoulière Bonne Mitadinage (Résistante) Teneurenprotéines 13,50%	Oïdiumsurfeuille(Résistante) Oïdiumsurépi(Résistante) Rouille brune(Sensible) Septoriose(Moyennementsensible)
Boussalem	Rendement Elevé Poids de millegrains(PMG) Elevé Qualitésemoulière Bonne Mitadinage Résistante Teneurenprotéines 15,01%	Oïdiumsurfeuille (Moyennement sensible) Oïdiumsurépi(Résistante) Rouille brune(Sensible) Septoriose (Moyennementsensible)
Targui	Rendement Elevé Poids de millegrains(PMG) Elevé Qualitésemoulière Bonne Mitadinage Résistante Teneurenprotéines 16,09%	Oïdiumsurfeuille(Résistante) Oïdiumsurépi(Résistante) Rouille brune(Résistante) Charbon(Résistante) Fusariose(Résistante) Septoriose(Résistante)

Annexe 02 :**Tableaux d'analyse de la variance****Tableau 2 : TRE**

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
% var	5	0.005866667	0.0011733	0.5004739	.7704 ns
Error	12	0.028133333	0.0023444	<-	

Total	17	0.034			
Model	5	0.005866667	0.0011733	0.5004739	.7704 ns

Tableau3 : Chlorophylle a

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
% var	5	180.2401195	36.048024	6.5736291	.0036 **
Error	12	65.80479083	5.4837326	<-	

Total	17	246.0449103			
Model	5	180.2401195	36.048024	6.5736291	.0036 **

Tableau4 : Chlorophylle b

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
% var	5	16.82270348	3.3645407	3.1030752	.0501 *
Error	12	13.01112137	1.0842601	<-	

Total	17	29.83382485			
Model	5	16.82270348	3.3645407	3.1030752	.0501 *

Tableau 5 : Chlorophylle ab

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
% var	5	53.15770034	10.63154	1.0009958	.4577 ns
Error	12	127.4515709	10.620964	<-	

Total	17	180.6092712				
Model	5	53.15770034	10.63154	1.0009958	.4577	ns

Tableau6 : proline

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
% var	3	58.69182004	19.56394	25.58612	.0002 ***
Error	8	6.117047767	0.764631	<-	

Total	11	64.80886781			

Tableau7 : sucre totaux

Source	df	Type I SS	MS	F	P

Main Effects					
% var	5	337.6074565	67.521491	2.6933804	.0741 *
Error	12	300.8330713	25.069423	<-	

Total	17	638.4405278			
Model	5	337.6074565	67.521491	2.6933804	.0741

Annexe03 :



Photos1+2 : les parcelles expérimentales



Photo : épis de blé

Etude comparative de six variétés de blé dur Triticum durum Desf. en conditions sahariennes (Ouargla)

Résumé

Notre étude fait partie d'une recherche multidimensionnelle sur le comportement de quelques variétés de blé, cultivées dans le milieu saharien.

Six variétés de blé dur ont été cultivées dans les conditions sahariennes, afin d'étudier quelques mécanismes de tolérance (bio-indicateurs de stress) au stade montaison et leurs effets sur quelques paramètres agronomiques de six variétés sous conditions naturelles de la région d'Ouargla (Exploitation UKMO).

Les résultats obtenus montrent que le facteur variétal a des effets significatifs sur la teneur en chlorophylle *b* et en sucres totaux. Des liaisons significatives sont établies entre la teneur relative en eau et le nombre d'épis/m² ($r = -0,643^{***}$) et à la hauteur de la tige ($r = -0,648^{***}$) d'une part et entre la teneur en proline et le nombre d'épis/m² ($r=0,576^{***}$) et la hauteur de la tige ($r=0,628^{***}$).

Quel que soit le paramètre étudié, les variétés Sémito et Boussalem ont donné les meilleurs résultats.

Mots-clés : région Ouargla – Blé dur - stress –paramètres physiologiques, biochimique et agronomique – adaptation

دراسة مقارنة لستة أصناف من القمح الصلب *Triticum durum Desf* في ظروف الصحراء (ورقلة)

ملخص

دراستنا هي جزء من بحث متعدد الأبعاد حول سلوك بعض أصناف القمح المزروعة في البيئة الصحراوية. تمت زراعة ستة أصناف من القمح القاسي في ظروف الصحراء لدراسة بعض آليات التحمل (المؤشرات الحيوية للضغط) في مرحلة الإنبات وتأثيرها على بعض المعايير الزراعية لستة أصناف تحت الظروف الطبيعية في المنطقة. ورقلة (مستثمر: UKMO). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن العامل المتنوع له تأثيرات معنوية على محتوى الكلوروفيل ب والسكربات الكلية. تم إنشاء روابط مهمة بين المحتوى المائي النسبي وعدد السنابل/م² ($r = -0.643^{***}$) وعند ارتفاع الساق ($r = -0.648^{***}$) من ناحية وبين محتوى البرولين وعدد السنابل / م² ($r = 0.576^{***}$) وارتفاع الساق ($r = 0.628^{***}$). مهما كانت العناصر المدروسة، أعطت أصناف سيميتو وبوسالم أفضل النتائج.

الكلمات المفتاحية: منطقة ورقلة - القمح القاسي - الإجهاد - العوامل الفسيولوجية والكيميائية الحيوية والزراعية - التكيف

Comparative study of six hard wheat varieties *Triticum durum Desf.* in Saharan conditions (Ouargla)

Summary

Our study is part of a multidimensional research on the behavior of a few varieties of wheat, cultivated in the Saharan environment.

Six varieties of durum wheat were cultivated in Saharan conditions, in order to study some tolerance mechanisms (bio-indicators of stress) at the stemming stage and their effects on some agronomic parameters of six varieties under natural conditions in the region. Ouargla (UKMO farm).

The results obtained show that the varietal factor has significant effects on the content of chlorophyll *b* and total sugars. Significant links are established between the relative water content and the number of ears / m² ($r = -0.643^{***}$) and at the height of the stem ($r = -0.648^{***}$) on the one hand and between the proline content and the number of ears / m² ($r = 0.576^{***}$) and the height of the stem ($r = 0.628^{***}$).

Whatever the parameter studied, the Semito and Boussalem varieties gave the best results.

Keywords: Ouargla region- Durum wheat - stress - physiological, biochemical and agronomic parameters - adaptation