

République Algérienne Démocratique et Population
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Centre Universitaire de MILA
Institut des Sciences et de Technologie
Département Science de la Nature et de la Vie

N° D'ordre :

Série :

Spécialité : biotechnologie végétale

Mini-projet

Thème :

**Effet de stress hydrique sur la
croissance de plusieurs variétés de
blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

Présenté par :

KOUICEM KH

KHIDOUR M

NASRI W

Promotrice : BELATTAR H

Année Universitaire : 2011/2012

Liste des abréviations

Abréviation	Explication
Cm	Centimètre
Cm²	Centimètre carré
C°	Degré Celsius
FAO	Food and Agricultural Organization
g	Gramme
HP	Hauteur de la plante
LF	Longueur de la Feuille
MPa	Méga Pascals
mg	Milligramme
PMG	Poids de mille grains
PT	Poids de turgescence
PF	Poids frais
PS	Poids Sec
PSF	Poids spécifique foliaire
%	Pourcent
q/ha	Quintaux par hectare
SF	Surface foliaire
TRE	Teneur relative en eau

Liste des figures

Figure 01 : Origine génétique du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.).....	03
Figure 02 : Cycle de développement du blé.....	07
Figure 03 : Influence du stress hydrique sur la teneur relative en eau.....	19
Figure 04 : Influence du stress hydrique sur la surface foliaire.....	20
Figure 05 : Influence du stress hydrique sur le poids spécifiques foliaire.....	21
Figure 06 : Influence du stress hydrique sur la hauteur de la plante.....	22
Figure 07 : Influence du stress hydrique sur la longueur de la feuille.....	23

Liste des tableaux

Tableau 01 : Production mondiale de blé dur.....08

Tableau 02: Caractéristique des variétés de blé dur utilisées dans l'expérience.....16

Sommaire

Introduction.....	01
Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur	
1-Historique de blé.....	02
2-Origine de blé dur.....	02
2-1-Origine géographique.....	02
2-2-Origine génétique	02
3-Caractère botanique de blé dur.....	03
3-1-Classification botanique.....	03
3-2-Caractère morphologique.....	04
4-Cycle de développement de blé.....	05
5-Importance de blé dur.....	07
5-1-En monde.....	07
5-2-En Algérie.....	08
6-Importance économique de blé dur.....	09
7-Exigence de blé dur.....	09

Chapitre 02 : Généralité sur le stress hydrique

1-Définition de stress hydrique.....	10
2-Le potentiel Hydrique.....	10
3-L'eau dans la plante.....	12
4-Le mouvement d'eau dans le sol.....	12
5-Les contraintes de stress hydrique.....	12
6-Effet de déficit hydrique sur le blé dur.....	13
7-Les mécanismes d'adaptation de blé au stress hydrique.....	14
7-1-Adaptations phénologiques.....	14
7-2-Adaptations morphologiques.....	15
7-3Adaptations physiologiques.....	15

Chapitre 03 : Matériel et méthode

1- Matériel végétal utilisé.....	16
2-Méthodes d'études.....	17
2-1- Mise en place de l'expérimentation.....	17
2-2-Conduite de l'essai.....	17
3-Paramètres mesurés	18
3-1-Paramètres morphologiques.....	18
3-2- Paramètres physiologiques.....	18

Chapitre 03: Résultats et discussion

1-Résultats.....	19
------------------	----

2-Discussion.....	24
Conclusion	26

Références bibliographiques

Annexes

Le blé représente environ 8% des superficies cultivées dans le monde, il est cultivé principalement dans les pays du bassin méditerranéen, il occupe une place importante dans l'alimentation humaine, ainsi, il présente l'origine de nombreux aliments traditionnels (couscous, pâtes alimentaires, et galettes de semoule,...).

L'Algérie représente l'une des ces pays les plus riches en diversité génétique, ou l'on peut recenser une grande variété de milieux agro-écologiques ; néanmoins la caractéristique aléatoire des précipitations annuelles et sécheresses sévères qui présente des irrégularités imprévisibles des pluviosités et d'autres paramètres météorologique et viennent souvent aggraver la situation de l'agriculture algérienne. Celles-ci seraient responsables des pertes représentant 10 à 50% de la collecte suivant les années.

La sécheresse est la contrainte environnementale qui cause certainement le plus de dommages dans les productions agricoles. En effet, chaque année, les surfaces perdues à cause de stress hydrique est considérable. Un milliard d'ha est menacé dont 3.2 millions d'ha en Algérie (Belkhoudja et Bidai, 2004).

La lutte contre les sécheresses doit être envisagée moyennant une approche multidisciplinaire qui intègre, dans le cas des céréales, essentiellement l'irrigation, les techniques culturales et la sélection d'un matériel adapté.

Dans ce contexte, ce travail a pour but d'étudier l'effet de stress hydrique sur la croissance de plusieurs variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) du point de vue des paramètres physiologiques et morphologiques.

1- Historique de blé

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1981). Des restes de blé, diploïde et tétraploïde, remontant au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découvertes sur sites archéologique au Proche-Orient (Harlan, 1975).

Selon Yves et Debuyser (2000), le blé dur est une espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe tétraploïde, du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces, le blé (*Triticum* Desf.), le riz (*Oriza* L.) et le maïs (*Zea mays* L.) constituent la base alimentaire des populations du globe, et semblent avoir une origine commune, issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles.

2-L'origine de blé

2-1-Originé géographique

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une espèce très ancienne, sa culture couvre près de 8% des superficies réservées aux céréales dans le monde (Baldy, 1986 a). Le premier centre de diversité, centre d'origine probable du blé dur est l'Abyssinie (Morris et Sears., 1967). Le blé, le riz et le maïs semblent avoir une origine commune, issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles (Debuyser, 2000).

2-2-Originé génétique

Selon Mackey (1968), l'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom d'*Aegilops speltaoides*. Le blé dur (*Triticum durum*) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, possède $2n=4x=28$ chromosomes. D'après Feillet (2000), le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A) X *Aegilops speltaoides* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp.*dicocoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum* ssp.*dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé) (Fig.01).

<i>Triticum monococcum</i>	×	<i>Aegilops speltaoides</i>
AA		BB
n=7		n=7
Hybride		AB
		n =14
Doublement chromosomique 2n=4x=28 chromosomes		
Blés à 28 chromosomes		
<i>Triticum durum</i>		
<i>Triticum polonicum</i>		
<i>Triticum persicum</i>		
<i>Triticum dicoccoïdes</i>		

Fig 01: Origine génétique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Croston et Williams, 1981).

3-Les caractères botaniques du blé dur

3-1-La classification botanique

De différentes classifications sont basées sur des critères morphologiques ont été proposées par de nombreux auteurs (Kornicke, 1885 in Grignac, 1965 et Dalhgreen et Clifford, 1985), et nous avons pris la classification de Bonjean et Picard (1990), qui est la suivante :

Embranchement : Spermatophytes

S/Embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Super ordre : Commilini-florales

Ordre :	Poales
Famille :	Graminées
Genre :	Triticum
Espèce :	<i>Triticum durum</i> Desf.

3-2- Caractère morphologique

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une Monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs (Bozzini, 1988).

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre-nœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (Clarke *et al.* , 2002). Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale. Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation. Dans des conditions normales, une plante peut produire en tout trois brins en plus de la tige principale, mais tous ne grènent pas nécessairement (Bozzini, 1988).

Selon Bozzini (1988), comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes). La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal. L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre-nœuds. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est enfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi

qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur.

4- Cycle de Développement du blé

Le cycle biologique du blé est une succession de période subdivisée en phases et en stades, et selon (Jonard, 1952 in Prat, 1971), le cycle du développement du blé peut se subdiviser en trois périodes (Fig.2).

4-1- La période végétative

Elle se divise en trois phases :

4-1-1- La phase semis - levée

Cette phase peut être accomplie dès que la semence soit capable de germer et que le sol peut lui fournir l'humidité, la chaleur et l'oxygène nécessaire. La teneur minimale en eau qui permet la germination est de l'ordre de 35 à 40%. Lorsque la graine a absorbé de 20 à 25% de son poids d'eau. La température optimale de la germination se situe entre 5 à 22°C, avec un minimum de 0°C et un maximum de 35° C (Yves et Debuyser, 2000).

4-1-2- La phase levée - tallage

Selon Soltner (1988 a), c'est un mode de développement propre aux graminées, caractérisé par la formation du plateau du tallage, l'émission de talles et la sortie de nouvelles racines. La durée de cette période varie de 31 à 89 jours pour des températures moyennes de 09 à 32° C respectivement (Mekliche, 1983).

4-1-3- La phase tallage - montaison

Elle est caractérisée par la formation de talles et l'initiation florale qui se traduit par l'apparition de la future ébauche de l'épi; tout déficit hydrique durant cette période se traduit par une diminution du nombre de grains par épi (Martin, 1984).

4-2- La période reproductrice

Elle se divise en trois phases :

4-2-1- La phase montaison

Elle débute lorsque les entre-nœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage, ce qui correspond à la formation du jeune épi à l'intérieur de la tige (Belaid, 1987). Couvreur (1981) considère que ce stade est atteint quand la durée du jour est au moins de 11 heures et lorsque la culture a reçu au moins 600° C (base 0° C depuis la levée).

4-2-2- La phase épisaison

Cette période commence dès que l'épi apparaît hors de sa graine foliaire et se termine quand l'épi est complètement libéré (Maume et Dulac, 1936). La durée de cette phase est de 7 à 10 jours, elle dépend des variétés et des conditions du milieu, (Martin, 1984) c'est la phase où la culture atteint son maximum de croissance.

4-2-3- La phase floraison - fécondation

Elle est déterminée par la sortie des étamines hors des épillets, la fécondation est accomplie lorsque les anthères sortent des glumelles. Le nombre de fleurs fécondées dépend de la nutrition azotée et d'une évapotranspiration pas trop élevée (Soltner, 1988 a).

4-3- La période de maturation

Cette phase est caractérisée par le grossissement du grain, l'accumulation de l'amidon et les pertes de l'humidité des graines qui marque la fin de la maturation (Soltner, 1988 a). Cette phase de maturation dure en moyenne 45 jours. Les graines vont progressivement se remplir et passer par différentes stades :

4-3-1- Maturité laiteuse

Ce stade est caractérisé par la migration des substances de réserves vers le grain et la formation des enveloppes. Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive (Soltner, 1988 a).

4-3-2- Maturité pâteuse

Durant cette phase les réserves migrent depuis les parties vertes jusqu'aux grains. La teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue. Quand le blé est mûr le végétal est sec et les graines des épis sont chargées de réserves (Soltner, 1988 a).

4-3-3 Maturité complète

Après le stade pâteux, le grain mûrit, se déshydrate, il prend une couleur jaune, durcit et devient brillant. Ce stade est sensible aux conditions climatiques et à la condition de récolte (Soltner, 1988 a).

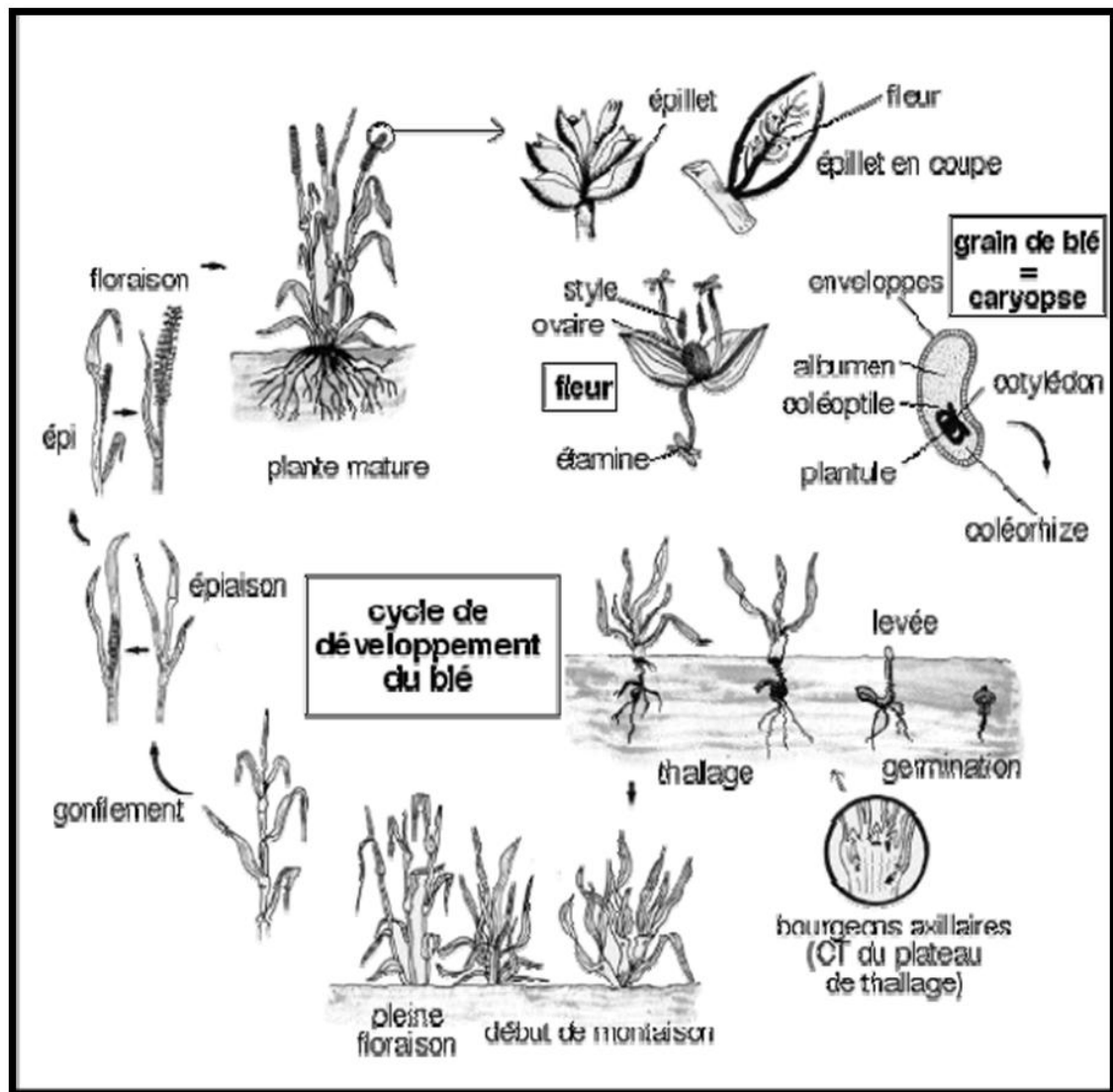


Fig 02 : Cycle de développement du blé (Yves et Debuyser, 2000).

5-Importance de blé dur

5-1-En monde

Le blé dur occupe 8 à 10% du total des terres réservées aux blés dans le monde. La FAO (2007) estime que la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur est de 18 millions d'hectares, pour une production annuelle moyenne de 27.5 millions de tonnes. La culture du blé dur est concentrée au Moyen-Orient, en Afrique du Nord, en Russie, aux Dakotas, au Canada, en Inde et en Europe méditerranéenne.

Avec une production de 8.08 millions de tonnes par an, moyenne de la période 1994-2007, l'Union européenne est le plus grand producteur de blé dur, le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes par an, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 1.99 et 2.67 millions de tonnes respectivement. Ces quatre pays fournissent à eux seuls les deux tiers de la production mondiale (Tableau 01).

Tableau 01 : Production (106 t) mondiale de blé dur (FAO, 2007)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
UE	7,16	6,17	7,59	6,7	8,72	7,2	9,07	7,53	9,52	8,34	11,9	7,33	7,66	8,3
Canada	4,64	4,65	4,63	4,35	6,04		5,71	2,99	3,88	4,28	4,96	4,75	4,8	4,6
USA	2,63	2,78	3,16	2,39	3,76	2,7	2,99	2,27	2,18	2,63	2,45	2,56	2,3	2,6
Tunisie	0,44	0,47	1,62	0,8	1,1	1,14	1,1	0,94	0,37	1,31	1,4	1,15	1,1	1,6
Syrie	1,95	2,35	2,45	1,9	2,6	1	1,1	2,4	2,3	2,3	2,1	2,1	2,1	2,5
Turquie	1,08	1,3	1,5	2,2	2,4	1,6	2	1,6	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,7
Inde	1,7	1,9	1,8	1,8	1	1	1	1,2	1,4	0,8	1,2	1,2	1,2	1,1
Russie	1,8	1	1,3	2	0,5	1	1	1,3	1,5	1,2	1	1,2	1,2	1,7
Maroc	1,8	1	1,3	2	0,5	1	1	1,3	1,5	1,2	1	1,2	1,2	1,7
Algérie	0,56	1,19	2,04	0,46	1,5	0,9	0,49	1,22	0,95	1,81	1,82	1	1	1,3
Mexique	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	0,48	1,2
Kazakhstan	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3
Australi	0,06	0,2	0,26	0,28	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,45	0,4	0,4	0,4	0,7
Argentine	0,1	0,1	0,19	0,29	0,16	0,18	0,19	0,14	0,1	0,15	0,18	0,16	0,16	0,4
Monde	26,2	24,2	30,4	25,7	31,1	23,8	26,7	24,2	26,8	28,6	33	26,2	26	33,2

5-2-En Algérie

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.), est la première céréale cultivée dans le pays. Elle occupe annuellement plus d'un million d'hectares. La production nationale en blé dur est encore faible, elle ne couvre que 20 à 25% des besoins du pays le reste étant importé (Anonyme, 2008). La cause principale de la faiblesse de la production du blé dur en Algérie est le faible niveau de production (rendement) obtenu, soit 9 à 11 quintaux/hectare. Cette faible productivité est elle-même due à des contraintes abiotiques (pluviométrie surtout), biotiques (adventices surtout) et humaines (itinéraires techniques appliqués etc....) (Chellali, 2007).

6-Les exigences de blé

6-1-Température

D'après Simon et al (1989), la température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0°C ; cependant l'optimum se situe entre 20 et 22 °C. Une température élevée est

favorable au développement et à la croissance, ajoute que les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine.

6-2-L'eau

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé. Ce dernier exige l'humidité permanente durant tout le cycle de développement (Soltner, 1988 a). Elle est le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute (Soltner, 1990 b).

6-3-La sécheresse

La sécheresse est parmi les facteurs qui expliquent la faiblesse et la variabilité des rendements des céréales. Le rendement d'une culture sera affecté en fonction de l'intensité du déficit hydrique et de sa position dans le cycle de la plante. (Soltner, 1990 b).

6-4-Déficit hydrique

Selon Baldy (1993 b), le déficit hydrique est un phénomène courant durant le cycle de développement des plantes, il est lié à l'évapotranspiration. Il se traduit rapidement par une réduction de la croissance de la plante. Le stress hydrique s'installe dans la plante quand l'absorption ne peut satisfaire la demande de la transpiration. La plante perd une partie de son eau d'imbibition et la majeure partie des processus physiologiques commence à être affectés.

6-5-La lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé (Soltner, 1988 a). Le tallage herbacé s'achève pour une valeur précise du photopériodisme valable selon les variétés (Clement et Parts, 1970).

6-6-Le sol

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-siliceux et avec des éléments fins. Du point de vue caractéristiques climatiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un PH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puis qu'il favorise l'assimilation de l'azote (Soltner, 1988 a).

1-Définition de stress hydrique

Le stress provoqué par un déficit en eau constitue une menace permanente pour la survie des plantes, néanmoins beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques qui leur permettent de survivre dans des régions de faible pluviosité, et dont la teneur en eau des sols est peu élevée.

Un stress hydrique peut se produire aussi bien sous l'effet d'un excès que d'un manque d'eau, un exemple d'excès d'eau est l'inondation, le stress provoqué par l'inondation est habituellement une réduction de l'apport d'oxygène aux racines, la réduction de l'apport d'oxygène limite à son tour la respiration, l'absorption de nutriments et d'autres fonctions racinaires cruciales.

Le stress provoqué par un déficit hydrique est bien plus fréquent, de sorte que l'expression de stress de déficit hydrique est abrégé en stress hydrique, comme le stress hydrique dans l'environnement naturels et dû à l'absence de pluies, une condition dite de sécheresse, ce stress est appelé stress de sécheresse (Hopkins, 2003).

La notion de stress hydrique a toujours été assimilée à la notion de sécheresse (Hennin, 1976). Levitte (1980) définit la sécheresse comme une période caractérisée par un manque de pluies qui conduit le souvent à un stress hydrique, il y'a sécheresse lorsque l'eau devient facteur limitant de la croissance et du rendement.

2-Le potentiel hydrique

D'après Salsbry et Ross (1985), la matière fraîche des plantes est constituée de 85 à 90% d'eau .cette eau est puisée du sol par les racines qui dirigent vers la partie aérienne ou elle est transpirée par les feuilles. Ce transfert est soumis à un gradient de pression dans le contrôle est assuré par la transpiration qui est-elle même soumise à la demande climatique ambiant. Le potentiel hydrique de la plante (Ψ_w) est la résultante du potentiel de turgescence (Ψ_p), du potentiel osmotique (Ψ_π) et du potentiel matriciel (Ψ_m) de sorte que :

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_\pi + \Psi_m$$

Le potentiel osmotique (Ψ_π) est la résultant de la concentration des solutés à l'intérieur des cellules.il devient de plus en négatif à mesure que la concentration des solutés augmente.la baisse est proportionnelle au nombre d'ions ou de molécules présent en solution. Le potentiel matriciel (Ψ_m) est la résultante de l'adhésion des molécules d'eau

aux surfaces avec lesquelles elle sont en contact. Le potentiel de turgescence (Ψ_p) est généré par les molécules d'eau qui rebondissent sur les membranes cellulaires.

3-L'eau dans la plante

L'eau est nécessaire à la plante comme à tout être vivant. À l'échelon cellulaire elle participe au maintien des structures et permet le déroulement du métabolisme. Par la pression de turgescence qu'elle exerce sur les parois, elle contribue au port des végétaux, qui sans elle se flétrit, elle commande divers mouvements d'organes (feuilles, étamines) et de cellules (stomates) et elle participe à l'allongement cellulaire. Au niveau de l'organisme elle sert de véhicule aux substances nutritives, déchets et hormones (René et *al.*, 2004).

4-Le mouvement d'eau dans le sol

Selon René et *al.* (2004) le mouvement de l'eau à travers la racine est, dans les conditions normales, essentiellement dû à l'appel des parties aériennes (transpiration), mais le mécanisme de la poussée radiculaire est mal élucidé. Il s'agit indiscutablement d'un processus actif lié au métabolisme, mais comme nous l'avons vu pour l'absorption, il paraît peu probable qu'il existe un transport actif de l'eau et donc une sécrétion active de l'eau dans les vaisseaux.

L'eau entrée par les poils absorbants gagne les vaisseaux par le cortex (écorce) et la stèle (cylindre central). Elle suit trois trajets :

- L'apoplasme, ensemble des parois, des lacunes et des méats; très accessibles à l'eau et aux ions minéraux.
- Le symplasme, ensemble des cytoplasmes qui sont en continuité par les plasmodesmes.
- De vacuole à vacuole, au travers des parois et des couches cytoplasmiques; ce transport est dit transport transcellulaire, par opposition aux transports transmembranaires, limités à une seule membrane.

Dans le cortex, l'apoplasme, qui offre très peu de résistance à l'eau, est la voie principale ; mais le cadre subérifié des cellules endodermiques (cadre de Caspary) forme un barrage que l'eau doit contourner par le symplasme. Les trois voies sont d'ailleurs en constante communication.

5-Les contraintes de stress hydrique

Selon Abdellah (1989) ; le déficit d'eau dans les plantes provoque une diminution de l'activité végétative de point de vue physiologique, structurel, fonctionnel et biochimique. Le dépérissement des plantes causé par le déficit hydrique passe par une diminution du volume cellulaire, une diminution du niveau de la chlorophylle dans la plante, fermeture des ports et réduction de la surface foliaire spécialement dans les premiers stades végétative.

Le stress hydrique prend différents degrés de sévérité. C'est un stress léger lorsqu'il a un réduction du contenu relatif en de 8 à 10 points(%).il est moyen lorsqu'il réduit le potentiel hydrique de la plante de -1.2 à -1.5 MPa (1MégaPascals = 10 bars).Ceci correspond à une diminution du contenu relatif en eau de 10 à 20 points (%).Sous stress est sévère, le potentiel hydrique de la plante diminue de plus -1.5 MPa et le content relatif en eau baisse de plus de 20%. Sous contrainte hydrique modérée, des différences importantes dans les valeurs du potentiel hydrique ont été notées chez le blé dur des valeurs variant de -0.8 à -1.2 MPa (Araus et al.1998).

Le stress hydrique provoque la mort des fleurs y affecte la fertilité des graines et diminue la croissance des racines et engendre un déséquilibres nutritionnel spécialement l'absorption des certains élément tel que le calcium, magnésium et le sulfate.

Les symptômes de stress hydrique est évident dans le début de déficit hydrique, car se manifeste par la fermeture des ports des feuille, diminution des quantités de chlorophylle dans la feuille (jaunissement).

Le stress hydrique qui ne provoque aucun déficit ou un mort au niveau de plantes, peut causer des modifications structurelles fonctionnelles et morphologiques, pour cela la sècheresse ramène à la décroissance dans la photosynthèse pour la raison de la superficie réduite des feuilles et la diminution de la fixation de CO₂.

Le stress hydrique provoque une diminution de la quantité d'eau dans les cellules, Kramer (1989) reporte que le stress hydrique ramène à la décomposition de glucides en glucoses par l'activité de l'enzyme de l'amylase et la dégradation des protéines et acides aminés qui s'accumulent dans les cellules.

6-Effet du déficit hydrique sur le blé dur

L'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivées (Riou, 1993). Un déficit hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un déficit hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke et al., 1996).

Le déficit hydrique peut engendrer des pertes de rendement à n'importe quel stade de développement du blé. Chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), en région méditerranéenne, la sécheresse est une des causes principales des pertes de rendement, qui varient de 10 à 80% selon les années (Nachit et al., 1998). La sécheresse de début de cycle coïncide avec le démarrage de la culture (levée, tallage) et celle de fin du cycle, qui est la plus fréquente et qui affecte le remplissage des grains (Watts et El Mourid, 1988).

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. (Assem et al., 2006). Le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales (Hucl et Baker, 1989) et une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit le nombre et la taille des talles chez le blé (Davidson et Chevalier, 1990), (Stark et Longley, 1986) et (Blum et al., 1990). Un déficit hydrique à la montaison se traduit par la régression du nombre d'épis par m², la régression intense des talles et/ou la diminution du nombre de grains par épi (notamment par accroissement du taux d'avortement des épillets et l'induction de stérilité mâle) (Slama et al., 2005).

À la fin de la montaison, 10-15 jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (Debaeke et al., 1996). Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et/ou de la durée de remplissage (Triboï, 1990). Selon Gate (1993) au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant par conséquent le rendement

7-Les mécanismes d'adaptation de blé au stress hydrique

Le manque d'eau ou déficit hydrique 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 (Chenaffi et *al.* , 2006). En effet, l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement de la culture du blé dur, le manque d'eau se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype, ainsi qu'un manque d'eau précoce affecte principalement la croissance des racines, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke et *al.* , 1996). Ceci se répercute sur le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80% (Chenaffi et *al.* , 2006).

Pour contrer le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. La résistance de la plante à la contrainte hydrique peut être définie, physiologiquement, par la capacité de survivre et de croître, et du point de vue agronomique par la capacité de réaliser un rendement élevé. Sela résistance globale d'une plante vis-à-vis du déficit hydrique est la résultante de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques, ces dernières interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production (Passioura, 2004).

7-1- Adaptations phénologiques

Pour éviter les périodes critiques du manque d'eau, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. La précocité constitue, de ce fait, un important mécanisme d'esquive du déficit hydrique de fin de cycle. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress abiotiques que les génotypes tardifs. De ce fait le rendement grain est positivement corrélé à la précocité d'épiaison. La précocité de l'épiaison est efficacement utilisée comme critère de sélection pour améliorer les productions des zones sèches (Reynolds et *al.* , 2005; Mekhlouf et *al.* ; 2006).

7-2- Adaptations morphologiques

L'adaptation peut prendre plusieurs formes, suite à des modifications d'ordre morphologiques pour améliorer l'absorption de l'eau, et/ou diminuer la transpiration et la compétition entre organes pour les assimilâtes produits. Ainsi certaines variétés réduisent

de la surface foliaire et le nombre de talles, pour ajuster leur consommation en eau, elles sont dites plantes économes. D'autres possèdent la capacité d'enrouler le limbe foliaire pour minimiser la transpiration et réduire l'effet du stress lumineux, et d'autres variétés investissent dans le développement d'un système racinaire profond, pour avoir accès à des horizons plus humides, et ainsi elles s'assurent une meilleure alimentation hydrique, ces plantes sont dites dépensières en eau (Slafer et *al.* , 2005).

7-3- Adaptations physiologiques

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante. L'augmentation de la production, dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (Slafer et *al.* , 2005). Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (Tardieu et *al.* , 2004).

La diminution de la transpiration engendre la réduction de la photosynthèse, et donc du rendement. Cependant, il apparaît que les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le déficit hydrique présentent une meilleure efficience d'utilisation de l'eau (Condon et *al.* , 2005).

Les osmolytes qui s'accumulent sous conditions de déficit hydrique, sont des sucres et la proline (Kameli et Losel, 1995). Ces osmolytes jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation de la plante au manque d'eau. La présence de la variabilité génétique pour l'accumulation des sucres et de la proline, sous contrainte hydrique, suggère la possibilité de sélectionner, sur la base de ces caractères, des génotypes plus tolérants du stress hydrique (Zhang et *al.* , 1999).

1- Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué d'une collection qui comporte quatre variétés de blé dur : GTA-Dur, Cirta, Vitron, Simeto. L'ITGC nous a fournis les différentes caractéristiques et origine de ces variétés (tableau 02).

Tableau 02: Caractéristique des variétés de blé dur utilisées dans l'expérience (ITGC).

Les caractéristiques de variétés utilisées		Les variétés			
		Vitron	GTA-Dur	Simeto	Cirta
L'origine		Mexique et sélectionnée a la ITGC / Tiaret.	Sélection lignée locale a la ITGC/Tiaret	Italie	Hybridé : Algérie/Italie
Caractéristique morphologique	Epi	Demi-lâche et blanc	Blanc, compact à barbes noire et divergentes	Compact à barbe noire	Blanc, compacité moyenne
	Paille	Demi-pleine et courte	Moyenne et pleine	/	/
	Grain	Roux et moyen	Jaunes foncé, assez gros et peu allongé	Poids élevé	/
Caractéristique culturelle	Cycle végétal	Semi-précoce	Semi-tardif	Précoce	Semi-précoce
	Tallage	Moyen	Moyen	/	Fort
Caractéristiques technologiques		PMG : élevé	PMG : élevé	PMG : élevé	PMG : élevé
Production		Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne
Zone d'adaptation		hauts plateaux, zone sahariennes	Littoral, plaine intérieure	Zone semi-humide	Hauts plaines, hauts-plateaux
Conseil de culture		Semer en Novembre	Semer en demi-Novembre	/	Semer en fin Nov-Décembre
Caractéristiques à l'égard des maladies		Peu sensible aux rouilles, bienne tolérance à la vers	Moyenne sensible à la rouille jaune et sensible à la rouille brune et noire	/	Peu sensible aux rouilles brune

2-Méthodes d'études

2-1- Mise en place de l'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée à l'Instituts de science et de technologie qui dépend au Centre Universitaire de Mila, sous les conditions de laboratoire.

2-2-Conduite de l'essai

- **Pré-germination**

Les grains ont été stérilisés avec solution qui contient : 09 ml d'eau distillé + 01 ml de l'eau de javel pendant 10 min, avec trois rinçages successifs. Les graines sont ensuite disposées dans des boîtes de pétri et mises à l'étuve pendant 72 heures, après la sortie des racines et de la coléoptile. Elles sont transférées dans des pots qui contiennent un mélange de trois volumes de terre et un volume de sable. L'étape de pré-germination est nécessaire pour éviter les pourritures des germes et augmenter ainsi le nombre des plantes pour l'essai.

- **Installation de l'essai**

Le semis est réalisé manuellement le 01 Mars 2012, avec une densité de 06 grains par pot raisonnée pour une densité de 250 grains/m² selon le calcul suivant :

La surface du pot = $r^2 \times \pi = (8.5)^2 \times 3.14 = 226.865 \text{ cm}^2$

10000 cm² ----- 250 grains

226.865 cm² ----- Y

$Y = 226.865 \times 250/10000 \approx 6 \text{ grains / pot.}$

A remarque que les conditions régnant dans le laboratoire se rapprochent des conditions naturelles. L'arrosage est affecté à la dose de 562.5 ml/pot à raison de 3 fois par semaine. Lorsque les plantes ont formé une biomasse importante la fréquence d'arrosage à été ramenée à 2 fois par semaine avec quatre doses d'irrigation (100 %, 75 %, 50 %, 25 %CC).

3-Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés sont les suivants : caractères physiologiques, et morphologiques durant l'année 2011/2012.

3-1- Paramètres physiologiques

La teneur relative en eau (TRE) l'un des principaux paramètres qui indique le niveau hydrique de la plante ou encore la turgescence cellulaire. La TRE est mesurée selon la méthode décrite par Barrs, (1968).

La formule est: **TRE en % = $\frac{PF - PS}{PT - PS} \times 100$** (Ladigues, 1975).

3-2- Paramètres morphologiques

Les différents paramètres morphologiques mesurés sont :

- **La surface foliaire (SF)**

La surface foliaire a été déterminée par la méthode traditionnelle qui consiste à reprendre la feuille étandard de blé sur du papier calque, la feuille de papier est ensuite pesée sur une balance de précision, puis on découpe un carrée de 3 cm de côté de ce même papier, qui est pesée et on déduit la surface assimilatrice de cette feuille de blé dur par une règle de trois (Paul et *al.* , 1979). On compte 3 échantillons par plante /répétition de chaque génotype.

- **Le poids spécifique foliaire (PSF)**

On coupe les feuilles à la base du limbe, puis les mises à l'étuve à 85°C pendant 48 heures pour avoir leur poids sec. Le poids spécifique de chaque variété est exprimé par le rapport du poids de la feuille(g) sur sa surface (cm²).

- **La hauteur de la plante (HP)**

On mesure un échantillon de 3 plantes /répétition de chaque génotype, au stade de 2^{ème} feuilles à partir du ras du sol jusqu'à le sommet de la plante. Elle est exprimée en cm.

- **Longueur de la feuille (LF)**

On mesure un échantillon de 3 feuilles /répétition de chaque génotype, au stade de 2^{ème} feuilles à partir de la tige jusqu'au sommet de la feuille. Elle est exprimée en cm.

1-Résultats

1-1-La teneur relative en eau (TRE)

Les résultats relatifs à la teneur relative en eau sont enregistrés en annexe (tableau 04), qui donne la fig 03.

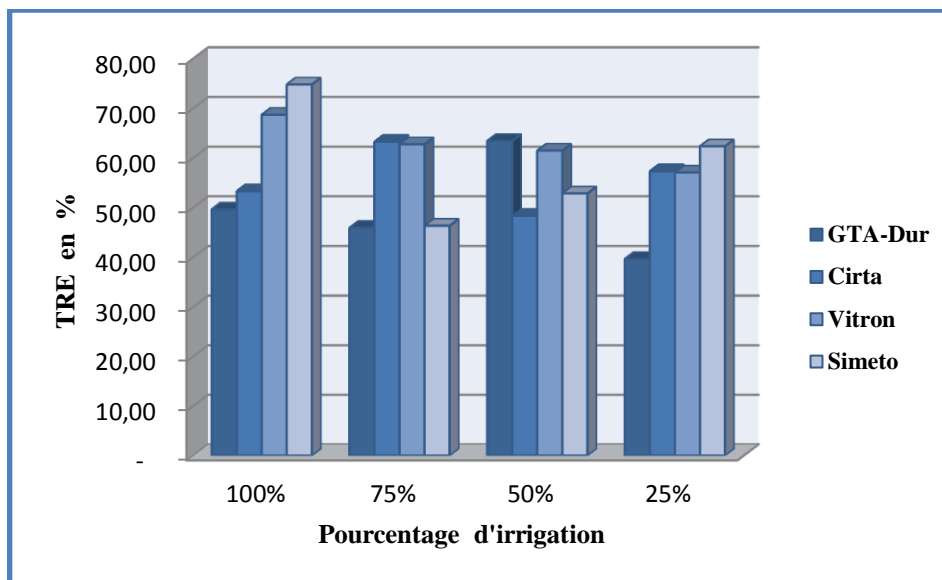


Fig 03 : Influence du stress hydrique sur la teneur relative en eau.

Chez le génotype GTA-Dur, la teneur relative en eau fluctue entre 63.43% et 39.68%, la valeur maximale est marquée au traitement 50% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 25%, les deux traitements 100% et 75% marquent des teneurs proches et égales à 49.65% et 45.93% respectivement.

Chez la variété Cirta, la TRE varie entre 63.29% et 48.38%, la valeur maximale est marquée au traitement 75% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 50%, les deux traitements 100% et 25% marquent des teneurs proches et égales à 53.32% et 57.36% respectivement.

Chez le génotype Vitron, la TRE change entre 68.72% et 57.08%, la valeur maximale est marquée au traitement 100% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 25%, les deux traitements 50% et 75% marquent des teneurs proches et égales à 61.50% et 62.77% respectivement.

Chez la variété Simeto, la TRE fluctue entre 74.82% et 46.37%, la valeur maximale est marquée au traitement 100% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 75%, les deux traitements 50% et 25% marquent des teneurs proches et égales à 52.87% et 62.36% respectivement.

1-2-La surface foliaire (SF)

Les résultats relatifs à la surface foliaire sont enregistrés en annexe (tableau 04), qui donne la fig 04.

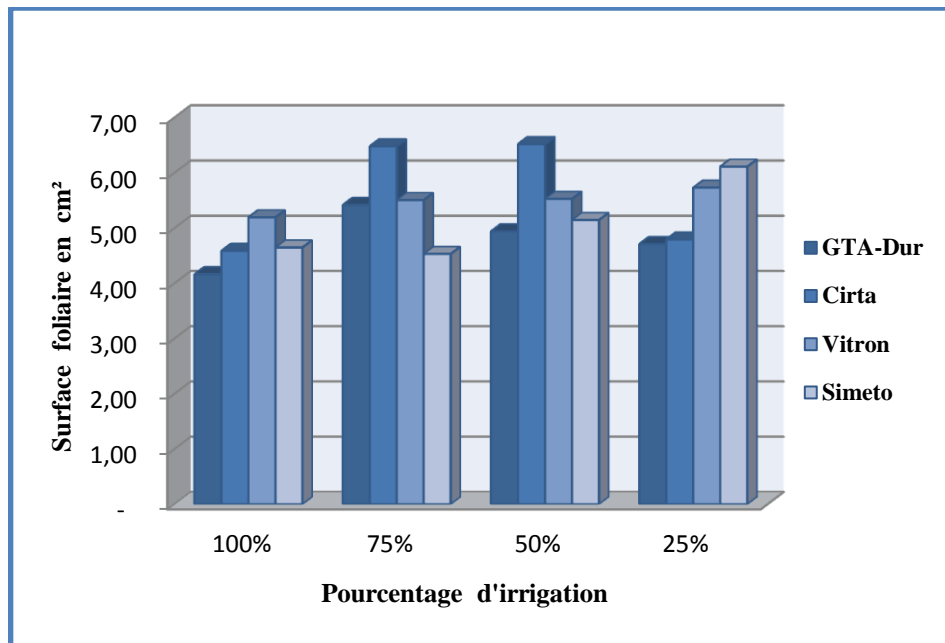


Fig 04 : Influence du stress hydrique sur la surface foliaire.

Au traitement 100% les quatre variétés étudiées marquent des surfaces variant entre 4.16 et 5.19 cm², la surface maximale est enregistrée chez le génotype Vitron (5.19 cm²), la surface minimale est enregistrée chez la variété GTA-Dur (4.16 cm²), les génotypes Cirta et Simeto marquent des surfaces égales à 4.59 et 4.65 cm² respectivement.

Au traitement 75% les quatre génotypes marquent des surfaces fluctuant entre 6.48 et 4.53cm², la surface maximale enregistrée chez la variété Cirta est de 6.48cm², tandis que la surface minimale est mentionnée par le génotype Simeto avec une valeur de 4.53cm², les deux autres génotypes GTA-Dur et Vitron marquent des surfaces égales à 5,42 et 5,51cm² respectivement.

Au traitement 50% les quatre génotypes marquent des surfaces changeant entre 4,94 et 6,52cm², la surface maximale enregistrée chez la variété Cirta est de 6,52cm², tandis que la surface minimale est mentionnée par le génotype GTA-Dur avec une valeur de 4,94cm², les deux autres génotypes Vitron et Simeto marquent des surfaces égales à 5,53 et 5,14cm² respectivement.

Au traitement 25% les quatre variétés marquent des surface fluctuant entre 4,71 et 6,11cm², la surface maximale enregistrée chez la variété Simeto avec une valeur de 6,11 cm², tandis que la surface minimale est mentionnée par le génotype GTA-Dur avec une valeur de 4,71cm², les deux autres variétés Vitron et Cirta marquent des surfaces égales 5,73 et 4,79 cm² respectivement.

1-3-Le poids spécifique foliaire (PSF)

Les résultats relatifs au poids spécifique foliaire sont enregistrés en annexe (tableau 04), qui donne la fig 05.

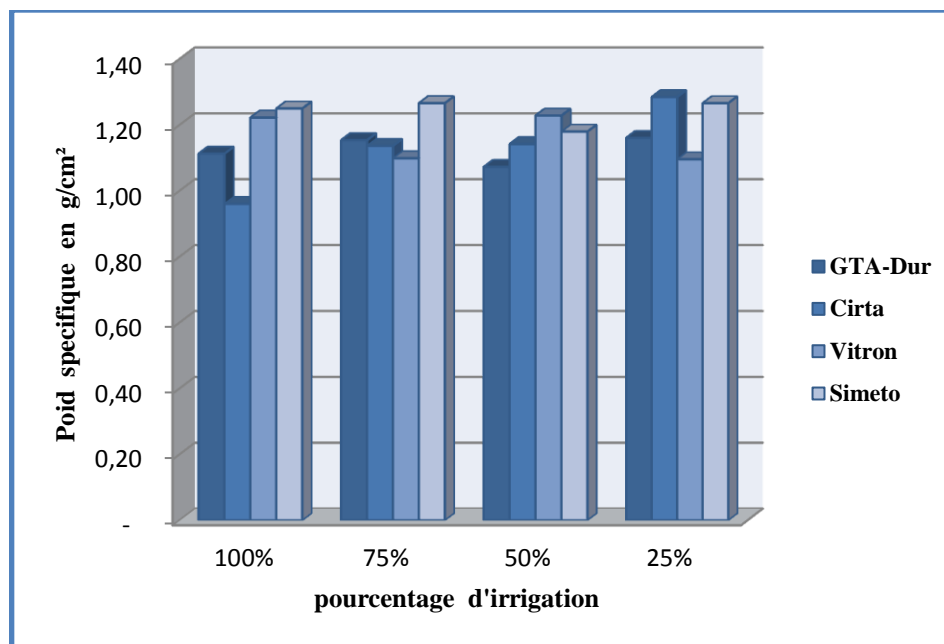


Fig 05 : Influence du stress hydrique sur le poids spécifique foliaire.

Chez la variété GTA-Dur, le poids spécifique foliaire change entre $1.16\text{mg}/\text{cm}^2$ et $1.07\text{mg}/\text{cm}^2$, la valeur maximale est marquée au traitement 25% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 50%, les deux traitements 100% et 75% marquent des poids proches et égales à $1.11\text{mg}/\text{cm}^2$ et $1.15\text{mg}/\text{cm}^2$ respectivement.

Chez la variété Cirta, le poids spécifique foliaire varie entre $1.29\text{mg}/\text{cm}^2$ et $0.96\text{mg}/\text{cm}^2$. La valeur maximale est marquée au traitement 25% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 100%, les deux traitements 50% et 75% marquent des poids proches et égales à $1.14\text{ mg}/\text{cm}^2$.

Chez la variété Vitron, le poids spécifique foliaire fluctue entre $1.23\text{mg}/\text{cm}^2$ et $1.10\text{mg}/\text{cm}^2$, la valeur maximale est marquée au traitement 50% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 75% et 25%, le traitement 100% marque un poids proche et égale à $1.22\text{mg}/\text{cm}^2$.

Chez la variété Simeto, le poids spécifique foliaire varie entre $1.27\text{mg}/\text{cm}^2$ et $1.18\text{mg}/\text{cm}^2$, la valeur maximale est marquée aux traitements 75% et 25% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 50%, le traitement 100% marque un poids proche et égale à $1.25\text{mg}/\text{cm}^2$.

1-4-La hauteur de la plante (HP)

Les résultats relatifs à la hauteur de la plante sont enregistrés en annexe (tableau 05), qui donne la fig 06.

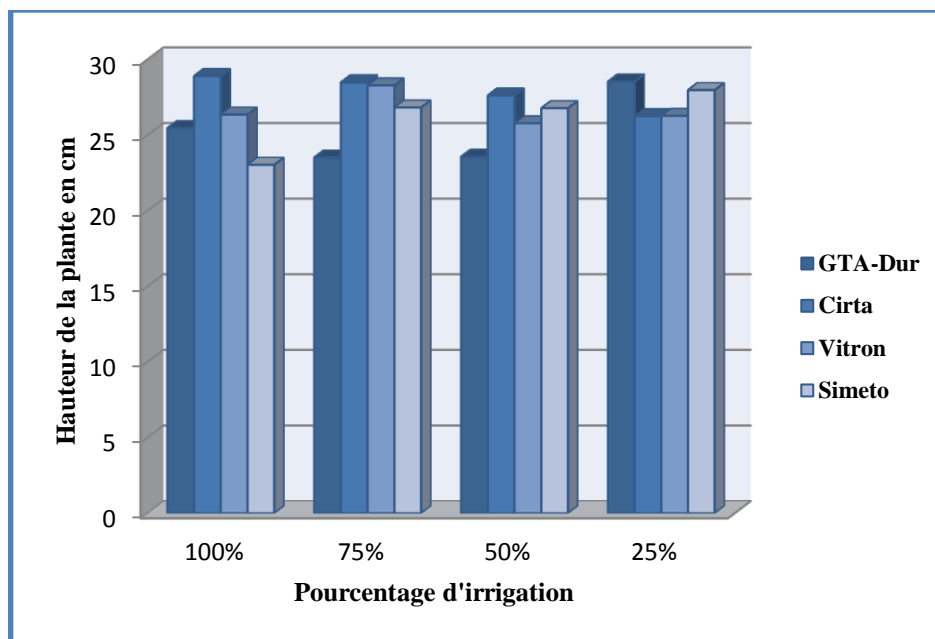


Fig 06 : Influence du stress hydrique sur la hauteur de la plante.

Chez la variété GTA-Dur, hauteur de plante fluctue entre 28.54 cm et 23.52cm, la valeur maximale est marquée au traitement 25% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 50%, les deux traitements 100% et 75% marquent des hauteurs proches et égaux à 25.46cm et 23.52cm respectivement.

Chez la variété Cirta, hauteur de plante fluctue entre 28.91 cm et 26.26cm, la valeur maximale est marquée au traitement 100% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 25%, les deux traitements 75% et 50% marquent des hauteurs proches et égaux à 28.49cm et 27.63cm respectivement.

Chez la variété de Virton, hauteur de plante fluctue entre 28.29cm et 25.78cm, la valeur maximale est marquée au traitement 75% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 50%, les deux traitements 100% et 25% marquent des hauteurs proches et égaux à 26.36cm et 26.27cm respectivement.

Chez la variété de Simeto, hauteur de plante fluctue entre 27.98 cm et 23.04cm, la valeur maximale est marquée au traitement 25% alors que la valeur minimale est marquée au traitement 100%, les deux traitements 75% et 50% marquent des hauteurs proches et égaux à 26.83cm et 26.78cm respectivement.

1-5-La longueur de la feuille (LF)

Les résultats relatifs à la longueur de la feuille sont enregistrés en annexe (tableau 06), qui donne la fig 07.

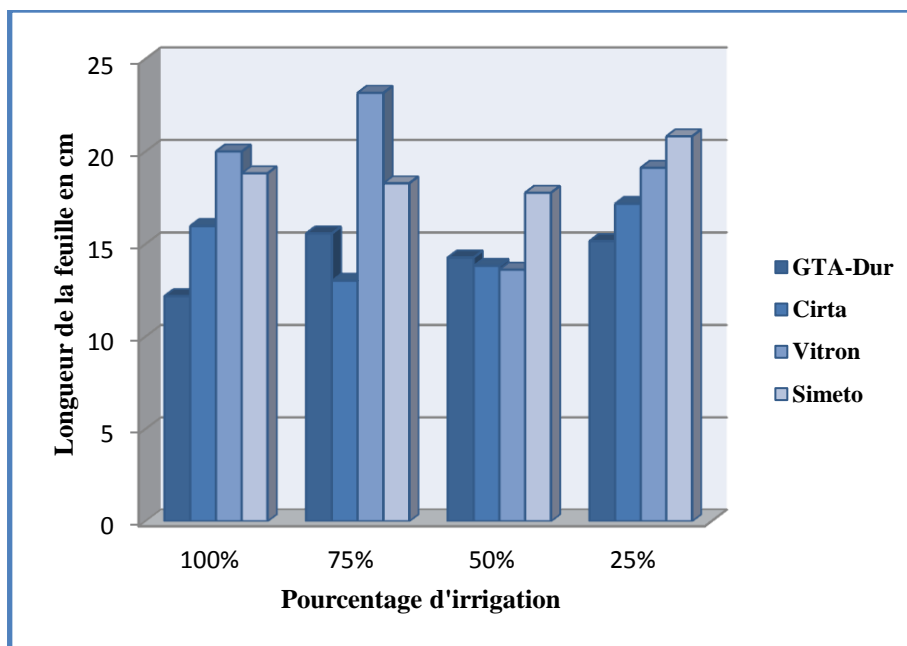


Fig 07 : Influence du stress hydrique sur la longueur de la feuille

Au traitement 100% les quatre variétés étudiées marquent des longueurs fluctuent entre 20.01cm et 12.19cm, la longueur maximale est enregistrée chez le génotype Virton (20.01cm), et la longueur minimale est enregistrée chez la variété GTA-Dur (12.19cm), les variétés Cirta et Simeto marquent des longueurs égaux à 15.98cm et 18.83cm respectivement.

Au traitement 75% les quatre variétés étudiées marquent des longueurs fluctuent entre 23.18cm et 13.03cm, la longueur maximale est enregistrée chez le génotype Virton (23.18cm), et la longueur minimale est enregistrée chez la variété Cirta (13.03cm), les variétés Simeto et GTA-Dur marquent des longueurs égaux à 18.29cm et 15.98cm respectivement.

Au traitement 50% les quatre variétés étudiées marquent des longueurs fluctuent entre 17.78cm et 13.62cm, la longueur maximale est enregistrée chez le génotype Simeto (17.78cm), et la longueur minimale est enregistrée chez la variété Virton (13.62cm), les variétés GTA-Dur et Cirta marquent des longueurs égaux à 15.98cm et 18.83cm respectivement.

Au traitement 25% les quatre variétés étudiées marquent des longueurs fluctuant entre 20.83cm et 15.17cm, la longueur maximale est enregistrée chez le génotype Simeto (20.83cm), et la longueur minimale est enregistrée chez la variété GTA-Dur (15.17cm), les variétés Virton et Cirta marquent des longueurs égaux à 15.98cm et 18.83cm respectivement.

2-Discussion

2-1-La teneur relative en eau

Selon Kramer (1969), les variétés de blé qui ont la teneur relative en eau importante sont plus tolérantes à la sécheresse.

Mais nos résultats diffèrent des résultats de Kramer à la raison du retard de semis et les conditions de celui-ci.

2-2-La surface foliaire

Pour réduire leurs besoins hydriques en conditions de déficit hydrique, certaines variétés diminuent la surface du limbe (Darera et al., 1969). Pour Adjab (2002), l'augmentation de la surface foliaire du blé soumis à un stress modéré ou sévère pourrait être un caractère d'adaptation. Une corrélation négative entre toutes les variétés est enregistrée entre la surface foliaire de la feuille drapeau ; Alors qu'elle est insignifiante entre les variétés précoces.

2-3-Poids spécifique de la feuille

Le déficit hydrique peut engendrer un épaississement de la feuille (Kramer, 1969). En effet, Dubey (1994) pense que l'augmentation du poids spécifique foliaire chez les plantes stressées est due au rétrécissement des cellules qui provoque une diminution du volume et même du suc intracellulaire ce qui le rend plus concentré.

2-4-Hauteur de la plante et longueur de la feuille

On justifie l'instabilité en longueur des plantes et leurs feuilles des différents génotypes étudiés par le retard de semis, par ce que les quatre variétés sont des variétés précoces ou semi-précoces.

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les quatre variétés de blé dur (GTA-Dur, Cirta, Vitron, Simeto) testées, révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés.

Lors du premier essai conduit au laboratoire, nous avons étudié la réponse de ces quatre variétés de blé dur au stress hydrique (100%, 75%, 50% et 25% de CC), du point de vue des paramètres morphologiques et physiologiques.

On a pu observer chez le génotype Cirta une importante valeur de la surface foliaire et la hauteur de plante au traitement 75% de CC, par contre chez le génotype Simeto on a marqué une grande valeur du poids spécifique foliaire, ainsi qu'une longueur de feuille chez le génotype Virton, par contre La grande valeur de la teneur relative en eau a été marquée chez le génotype Cirta.

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- D'appliquer cette étude sur plusieurs stades de cycle de vie.
- Vérifier les résultats sur champ.

- Utiliser plusieurs variétés.
- D'étudier le rendement.
- De compléter le travail par des études de biologie moléculaire et de biochimie pour identifier les gènes responsables.

Référence bibliographique

- 01 _ Adjab M. 2002.** Recherche des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au stress hydrique chez différents génotypes de blé dur *Triticum durum* Desf. Thèse de Magister, faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- 02 _ Anonyme. 2002.** Conseil international des céréales. International Grains Council. World Grains statistics. Pp 13-17.
- 03 _ Anonyme. 2008.** l'Algérie couvre seulement 25% de ses besoins en céréales. [http://www.libertealgerie.com/edit.php?=102098&=L'Algérie%20couvre%20selment%2025%de%20ses%20en%20céréales\(29.10.2008\)](http://www.libertealgerie.com/edit.php?=102098&=L'Algérie%20couvre%20selment%2025%de%20ses%20en%20céréales(29.10.2008))
- 04 _ Araus J.L; Amaro T; Voltas, J; Mekhlouf H and Nachit M.M.1998.** Chlorophylle fluorescence as selection criteria for grain yield in durum wheat Under Mediterranean Condition. Field Crop Research, P (55:209-223).
- 05 _ Assem N., El Hafid L, Haloui, B, El Atmani, K. 2006.** Effets du stress hydrique appliqué au stade trois feuilles sur le rendement en grains de dix variétés de blé cultivées au Maroc oriental. Science et changements planétaires / Sécheresse. Volume 17, Numéro 4. Pp 499-505.
- 06 _ Baldy C. 1986.** Comportement du blé sous climats méditerranéens *ecologia mediterranea*. P (3-73-88).

- 07** _ **Baldy C. (1993_a)**.progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé (*Triticum* sp).Ann. Agron. (paris).Pp 241-276.
- 08** _ **Belaid D. 1987**. Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba3) en conditions de déficit hydrique, Mémoire de magistère. I.N.A. P 108.
- 09** _ **Barrs H. 1968**. Determination of water deficit in plant tissues. In: water deficit and plant growth. Koslowski T. (Ed). Academy Press, New York. Pp 235-238.
- 10** _ **Ben Abdallah N., Ben Salem M. 1993**. paramètres morpho-physiologique de sélection par la sécheresse des céréales : tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. P. Monneveux et M. Ban Salem des intra Paris (les colloques n^o64).
- 11** _ **Blum A., Ramaiah S., Kanemasu E.T., Paulsen G.M. 1990**. Recovery of wheat from drought stress at the tillering developmental stage. Field CropRes. P (24: 67-85).
- 12** _ **Bonjean A., Picard E. 1990**. Les céréales à paille origine, historique, économie et selection. Eds Nathan. P 235.
- 13** _ **Bozzini A. 1988**. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world.
- 14** _ **Chellali B. 2007**. Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.
<http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pbf>. (31.05.2008).
- 15** _ **Chennafi H., Aidaoui A., Bouzerzour H., Saci A. 2006**. Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semiarid growth conditions. Asian J. Plant Sci. P (5:854-860).
- 16** _ **Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R., Buckley T.W. 2002**. Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. Can. J. Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie. P (82: 27-33).
- 17** _ **Clement G., Prats J. (1970)**. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2^{ème} Ed. P 351.
- 18** _ **Condon A.G., Richards R.A., Rebetzke G.J. 2004**. Breeding for high water-use efficiency. Journal of Experimental Botany. P (55:2447-2460).
- 19** _ **Couvreur F., 1981** : La culture du blé se raisonne. Cultivar juin. Pp 39-41.
- 20** _ **Croston R.P., Williams J.T. (1981)**. A world survey of wheat genetic resources. IBRGR. Bulletin. P (80-59- 37).

- 21 _ **Darera N.F., Marshall D.R., Balaam L.N. 1969.** Genetic variability in root development in relation to drought tolerance in spring wheat expt; Agric 5. Pp 327-337.
- 22 _ **Davidson D.J., Chevalier P.M. 1990.** Pre-and thesis tiller mortality in spring wheat. CropSci. P (30: 832-6).
- 23 _ **Debuyser. 2000.** Etude de la repose à l'androgénèse in vitro des lignées de substitution disomique chez le blé dur in vitro and rogrnsis respons of durum wheat substitution lines. Institut. Institut. National de la recherche agronomique. rabat. Maroc.
- 24 _ **Debaeke P., Cabelguenne M., Casals M.L., Puech J. 1996.** Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées: Epicphase-blé. Agronomie. Pp (16: 25-46).
- 25 _ **Dubey R.S. 1994.** Protein synthesis by plants under stressful conditions, in: M. Pessarakli (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress, Marcel Dekker, New York. Pp (277-299).
- 26 _ **FAO. 2007.** Statistical database of the food and agriculture organisation of the United Nations.
- 27 _ **Feillet P. 2000.** Le grain du blé. Composition et utilisation. Ed. INRA, Paris. Pp (17-18).
- 28 _ **Gate P. 1993.** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France: interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier (France), 15-17 décembre 1992. Les colloques, n°64. Paris: Inra- éditions.
- 29 _ **Gillete M.1980.** es graminées fourragères de scription fonctionnement, application à la culture de l'herbe.
- 30 _ **Harlan G. R. 1975.** Crops and man. Eds john Wiley and sons. NY. P 350.
- 31 _ **Hennin S. 1976.** Défition de la sècheresse et politique d'utilisation de l'eau Fourrages. P (67 ; 13-2).
- 32 _ **Hopkins W.G.** physiologies végétale 2^{ème} édition. De Bck & lancier S.A. Pp 118-464.
- 33 _ **Hucl P., Baker RJ. 1989.** Tillering patterns of spring wheat genotypes grown in a semi-arid environment. Can J Plant Sci. P (69: 71-9).
- 34 _ **Jonard P. 1952.** Les céréales. Larousse Agricola. Ed. Paris. Pp15-198.

- 35 _ **Kameli A., Losel D.M. 1995.** Growth and sugar accumulation on durum.
- 36 _ **Kramer P.J. 1969.** Plant and Soil Water Relationships, Tata McGraw-Hill, Bombay, India. P 360.
- 37 _ **Ladigues P.V. (1975).** Some aspects of issue water relations in three populations of *Eucalyptus viminalis* Labill. New phytol. P (75: 53-62).
- 38 _ **Levitt J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Academic Presse.New York.
- 39 _ **Mackey J. 1968.** Species relations in *Triticum*. proc. 2ndInternational wheat genetic. Symposium. Hereditas. Pp237-276.
- 40 _ **Martin P. 1984.** L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes.
- 41 _ **Maume L., Dulac J. 1936.** Echantillonnage rationnel de la plante en vue des analyses.
- 42 _ **Mekhlouf A., Bouzerzour H., Ben Mohammed A., Hadj Sahraoui A., Harkati N. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. Sécheresse. P (17:507-513).
- 43 _ **Mekliche A. 1983.** Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée du blé d'hiver dans le haut Chélif. Mémoire de magistère. I.N.A. Alger. P 81.
- 44 _ **Morris R., Sears E.R. 1967.** The cytogerretics of wheat and its relatives. In wheat improvement .Eds quisinberry. k. k. & Rietez T.P.ASN. Madison. Wisconsin USA. Pp 65-67.
- 45 _ **Nachit M.M., Picard E., Monneveux P., Labhilili M., Baum M., Rivoal R. 1998.** Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen. Cahiers Agric. P (7: 510-515).
- 46 _ **Passioura J. 2004.** Increasing crop productivity when water is scarce: from breeding to field management. In proceedings of the 4th International Crop Science Congress "New directions for a diverse planet" Brisbane, Australia. 12 pages, www.regional.org-au/au/cs.
- 47 _ **Paul M.H., Planchon C., Ecochard R. 1979.** Etude des relations entre le développement et la productivité chez le soja. Annuaire amélioration des Plantes. P (29:479-792).
- 48 _ **Prats J., Graldcourt C. 1970.** Les céréales. Edition Bailliére. Pp 54-58.
- 49 _ **Reynolds M.P., Pellegrineschi A., Skovmand B. 2005.** Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. Ann. Appl. Biol. P (146:39-49).

- 50** _ **René H., Pobert E., Claude L. 2004.** physiologie végétale -1. Nutrition. DONOD.6^eédition, P (47-52-54).
- 51** _ **Riou C. 1993.** L'eau et la production végétale. Sécheresse. P (2: 75-83).
- 52** _ **Roston RP., Williams j.T. 1981.** A would survey of what genetic RESSOURCES. Ibrgr. Bulletin. P (80-59-37)
- 53** _ **Salisbury F.B., Ross C.W. 1985.** Photopériodisme. In: Plant physiology. Wordsworth, Belmont, California. Pp 426-446
- 54** _ **Slafer G.A., Araus C., Royo LG., Del Moral. 2005.** Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. J. Applied Biology. P (146:61-79).
- 55** _ **Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid B. 2005.** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Sécheresse. P (16: 225-9).
- 56** _ **Simon H., Codaccioni P., Lequeur X. (1989).** Produire des céréales à paille. Coll. agriculture d'aujourd'hui. Sciences et techniques agricoles.17^{ième} Ed. P 464.
- 57** _ **Soltner.1988 a.** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions P 464. Chimiques comparatives, C.R.A.cd Agric Franc 26, Pp906-913. Tempérées et tropicales. Pp 653-667.
- 58** _ **Soltner. 1990 b.** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed .17^{ème} édition. P 464.
- 59** _ **Soltner D. 2005 c.** Les grandes productions végétales. 21^{ème} édition. P (39-41-71).
- 60** _ **Starck J.C., Longley T.S. 1986.** Changes in spring wheat tillering patterns in response to delayed irrigation. Agron J. P (78: 892-6).
- 61** _ **Tardieu F., Reymond B., Muller. 2004.** Dealing with the genotype x environment interaction via a modeling approach: a comparison of QTLs of maize leaf length or width with QTLs of model parameters. J. Exp. Bot. P (55:2461-2472).
- 62** _ **Triboi E. 1990.** Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. Agronomies. P (10: 191- 200).
- 63** _ **Watts D., El Mourid M. 1988.** Rainfall patterns and probabilities in the semi-arid cereal production region of Morocco. USAID Project No.608-0136. Settat: Aridoculture Center INRA. Wheat plant under water stress. New Phytol. P (132:5762).

- 64 _ Yves H ., de Buyser j. 2000. l'origine des blés pour la Science, hors-série n⁰.26. Pp 60-62.
- 65 _ Zhang B. F.M., L.G.Huang, Z.Y.Cheng, Y. Zhang.2006. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. Agricultural Water Management. p (79:28-42.84).

المراجع باللغة العربية

- 01- بول كريم (1989)، "العلاقات المائية للنباتات" مكتبة ليزر للطباعة' بغداد' ص (739-665).
- 02- حمزة قاسم حمزة (1974)، "محاضرات في الفيسيولوجيا النباتية" المطبعة الجديدة منشورات جامعة حلب _ كلية الزراعة "سوريا" ص121.
- 03- سنكري محمد نذير (1681-1980)، أساسيات إنتاج المحاصيل الحقلية _ الطبعة الثالثة _ مديرية الكتب و المطبوعات الجامعية _ جامعة حلب _ ص(125-130-150).
- 04- عبد الله مزيان (1989)، "تأثير نقص الماء على فيزيولوجيا القمح"، رسالة قدمت لنيل شهادة الدراسات العليا D.E.S في بيولوجيا النبات، جامعة قسنطينة، ص (18،19،20).
- 05- محمود عبد العزيز إبراهيم خليل (1998)، العلاقات المائية و نظم الأراضي الرملية المحمية محاصيل الخضر أستاذ كلية الزراعة _ جامعة الزقازيق _ منشأة العارف بالإسكندرية ص (71-96).

Tableau 03 : les mesures TRE et SF et PSF des 4 variétés.

variétés	Pourcentages d'irrigation	PF en g	PT en g	PS en g	TRE en %	SF en cm ²	PSF en g/cm ²	PSF en mg/cm ²
GT-DUR	100%	0,04	0,07	0,0054	53,56	4,45	0,001213483	1,21
		0,05	0,09	0,0063	52,21	5,68	0,001109155	1,11
		0,01	0,02	0,0024	43,18	2,36	0,001016949	1,02
	75%	0,07	0,11	0,0063	61,43	5,57	0,001131059	1,13
		0,04	0,09	0,0061	40,41	5,64	0,00108156	1,08
		0,04	0,1	0,0063	35,97	5,04	0,00125	1,25
	50%	0,04	0,06	0,0061	62,89	5,02	0,001215139	1,22
		0,04	0,06	0,0047	63,83	4,58	0,001026201	1,03
		0,04	0,06	0,0051	63,57	5,22	0,000977011	0,98
	25%	0,03	0,06	0,0049	45,55	4,21	0,001163895	1,16
		0,03	0,09	0,0058	28,74	5,03	0,001153082	1,15
		0,03	0,06	0,0057	44,75	4,89	0,001165644	1,17
CIRTA	100%	0,05	0,07	0,0052	69,14	5,31	0,000979284	0,98
		0,08	0,11	0,0056	71,26	4,97	0,001126761	1,13
		0,01	0,04	0,0027	19,57	3,48	0,000775862	0,78
	75%	0,06	0,12	0,0076	46,62	6,98	0,001088825	1,09
		0,09	0,13	0,0091	66,91	7,49	0,001214953	1,21
		0,07	0,09	0,0055	76,33	4,97	0,00110664	1,11
	50%	0,07	0,12	0,0078	55,44	6,8	0,001147059	1,15
		0,06	0,13	0,0082	42,53	6,8	0,001205882	1,21
		0,06	0,12	0,0064	47,18	5,96	0,001073826	1,07
	25%	0,08	0,15	0,0084	50,56	6,56	0,001280488	1,28
		0,06	0,09	0,0065	64,07	5,74	0,001132404	1,13
		0,03	0,05	0,003	57,45	2,08	0,001442308	1,44

Tableau 03 : suivant

VITRON	100%	0,07	0,09	0,0061	76,16	5,57	0,001095153	1,10
		0,06	0,1	0,007	56,99	5,21	0,00134357	1,34
		0,06	0,08	0,0059	73,01	4,8	0,001229167	1,23
	75%	0,04	0,05	0,0041	78,21	4,65	0,00088172	0,88
		0,05	0,08	0,0061	59,40	5,7	0,001070175	1,07
		0,07	0,13	0,0083	50,70	6,17	0,001345219	1,35
	50%	0,06	0,09	0,0065	64,07	4,61	0,001409978	1,41
		0,05	0,08	0,0058	59,57	5,04	0,001150794	1,15
		0,07	0,11	0,0078	60,86	6,93	0,001125541	1,13
	25%	0,06	0,1	0,0063	57,31	5,81	0,001084337	1,08
		0,07	0,09	0,0072	75,85	6,19	0,001163166	1,16
		0,03	0,07	0,0054	38,08	5,19	0,001040462	1,04
SEMETO	100%	0,04	0,07	0,0054	53,56	4,14	0,001304348	1,30
		0,07	0,08	0,0068	86,34	5,51	0,00123412	1,23
		0,06	0,07	0,0052	84,57	4,29	0,001212121	1,21
	75%	0,06	0,09	0,0053	64,58	3,13	0,001693291	1,69
		0,04	0,1	0,0056	36,44	5,08	0,001102362	1,10
		0,03	0,07	0,0054	38,08	5,38	0,001003717	1,00
	50%	0,04	0,07	0,0047	54,06	3,6	0,001305556	1,31
		0,06	0,11	0,0077	51,12	6,34	0,001214511	1,21
		0,04	0,07	0,0056	53,42	5,49	0,001020036	1,02
	25%	0,06	0,11	0,0075	51,22	5,96	0,001258389	1,26
		0,07	0,12	0,0078	55,44	6,35	0,001228346	1,23
		0,09	0,11	0,0079	80,41	6,02	0,001312292	1,31

Tableau 04 : Moyen de TRE et SF et PSF chez les 4 variétés.

variétés	Pourcentages d'irrigation	Moyen TRE en %	Moyen SF en cm²	Moyen PSF en mg/cm²
GT-DUR	100%	49,65	4,16	1,11
	75%	45,93	5,42	1,15
	50%	63,43	4,94	1,07
	25%	39,68	4,71	1,16
CIRTA	100%	53,32	4,59	0,96
	75%	63,29	6,48	1,14
	50%	48,38	6,52	1,14
	25%	57,36	4,79	1,29
VITRON	100%	68,72	5,19	1,22
	75%	62,77	5,51	1,10
	50%	61,50	5,53	1,23
	25%	57,08	5,73	1,10
SEMETO	100%	74,82	4,65	1,25
	75%	46,37	4,53	1,27
	50%	52,87	5,14	1,18
	25%	62,36	6,11	1,27

L'effet du stress hydrique sur la croissance des plusieurs variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf)

Résumé

Notre étude a été effectuée au laboratoire de Centre Universitaire de Mila sur l'effet du « Stress Hydrique » à la croissance chez les quatre variétés de blé dur : GTA-Dur, Cirta, Vitron et Simeto, traitées de différente dose d'irrigation 100%,75%,50%,25% de CC.

Les paramètres mesurés dans les pots : longueur de feuille, hauteur de la plante, surface foliaire, poids spécifique foliaire, teneur relative en eau. Dans chaque dose d'arrosage choisie pour les quatre variétés étudiées.

Notre résultat montre que le niveau d'irrigation 75% de CC répond proportionnellement meilleur croissance chez les génotypes Cirta.

Mots clés : blé dur, stress hydrique, surface foliaire, poids spécifique foliaire, Cirta.

Summary

Our study effect in laboratory the Centre University of Mila effect "Water Stress" of the growth the 4 varieties the corn hard treated with the varions proportion irrigation 100%, 75%, 50%, and 25% the CC.

The parameters measured in the pots: leaf length, height of plant, foliar surface, specific leaf weight, and relative water content. In each dose watering chosen for the four varieties studied

We result shows that the level of irrigation 75% the CC growth responds proportionately better among durum wheat genotypes Cirta.

Key words: durum wheat, water stress, foliar surface, specific leaf weight, Cirta.

ملخص

تمت دراستنا في المخبر على مستوى المركز الجامعي لميله لمعرفة تأثير الإجهاد المائي على نمو أربعة أصناف من نبات القمح الصلب المعاملة بمختلف نسب السقي 100% , 75% , 50% , 25% من السعة الحقلية. الصفات المقاسة في الأصص هي : طول الورقة , طول النبات , مساحة الورقة , الوزن النوعي للورقة , محتوى النسبي للماء في الأوراق عند كل نسب السقي المختارة للأصناف المدروسة.

وقد بينت نتائج بحثنا أن نسبة السقي 75% من السعة الحقلية تعطي نسبيا أحسن نمو للصنف Cirta.

الكلمات المفتاحية: قمح صلب , إجهاد مائي , مساحة الورقة , الوزن النوعي للورقة , Cirta.

