

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Présente par : AMOUMEN Saida

BENHEBIRECHE Naima

Thème

*Contribution à l'étude de la tolérance au déficit hydrique du blé dur (*Triticum durum* Desf).*

Soutenu publiquement

Le : 25/06/2013

Devant le jury :

M ^{me} . BISSATI. Samia	Pr	Président	UKM Ouargla
M ^{lle} . SALHI. Nesrine	MCB	Encadreur	UKM Ouargla
M. CHAABENA. Ahmed	MAA	Examineur	UKM Ouargla
M ^{me} . HOUARI. Kahina D	MAA	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2012/2013

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier DIEU, notre créateur pour nous avoir donné de la force à accomplir ce travail.

Nous remercions vivement notre encadreur : M^{lle} Salli Nesrine pour son aide, sa compréhension et ses conseils.

Nos sincères remerciements vont également aux medames et messieurs : M^{me}. Houari Kahina, M^{elle} Trabelsi Hafida, et Hadjadjje, M^{mes} chaouche et Drawi, et M^{elle} chahira, Mr Bensizerara et Mr Mansous, et slimani, M chahma , Professeur à la Faculté des sciences de la Nature et de la Vie, Université Ouargla de nous avoir fait.

Nôtre remerciements s'adressent également à M^{lle} Rwicha, M^{mes} safiya et saida

Pour leurs soutient. Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont aidés, de près ou de loin pour la réalisation de ce travail en particulier.

Nous tenons à remercier aussi les membres du jury M^{me} Bissati et M^{ell} houari Kahina et Mr chaabena pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Nous dédiés ce travail à mes parents qui sacrifient toute leur vie pour moi et à mes frères et mes soeurs: A mes oncles et grand mère et grand père, A toute la famille, A nos amis de spécialité de biotechnologie végétale qui font notre équilibre, pour leur présence dans notre vie.

Naima et Saida

Contribution à l'étude de la tolérance au déficit hydrique du blé dur (*Triticum durum Desf*).

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) : Carioca et Vitron. Dans la première partie, on a étudié différents paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques sous quatre niveaux d'irrigation (100, 75, 50 et 25 % de la CR). Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction du nombre et longueur des feuilles, longueur racines, surface foliaire, une diminution de la teneur relative en eau, et du taux de la chlorophylle totale. Et une accumulation de la proline et des sucres solubles sont enregistrées. Dans la deuxième partie, on a étudié les paramètres physio morphologiques de la germination sous quatre niveaux de stress (0, 5, 10 et 20 % de PEG(300)). La durée de cette expérience quinze jours. Les résultats obtenus sont une réduction de taux et l'indice de germination et nombre des feuilles et longueur des feuilles. Les résultats a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les deux variétés mais à des degrés différents.

Mots clés : Stress hydrique, tolérance, blé dur, morphologie, physiologie, biochimie, culture *in vitro*, PEG.

دراسة مساهمة حول تحمل القمح الصلب (*Triticum durum Desf*) للإجهاد المائي

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الإجهاد المائي وتنوع استجابة عند صنفين من القمح الصلب كاريوكا و فيترون. في الجزء الأول، درسنا مختلف الصفات المورفولوجية والفزيولوجية و البيوكيميائية تحت تأثير أربعة مستويات من الري (100، 75، 50 و 25% من السعة الحقلية)، النتائج بينت أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض في عدد الأوراق وطول الورقة والجذور ومساحة الورقة و انخفاض المحتوى المائي النسبي ونسبة الكلوروفيل الكلي. ونسجل تراكم السكريات و البرولين. في الجزء الثاني، درسنا الصفات الفيزيولوجية للإنبات في مستويات مختلفة من الضغط الأسموزي (0، 5، 10 و 20% PEG (300)). النتائج بينت انخفاضا في معدل ومؤشر الإنبات و كذلك في عدد الأوراق وطول الأوراق والجذور. أظهرت الدراسة أن الصنفين كان لهما نفس آليات الاستجابة للإجهاد الأسموزي لكن بدرجات متباينة.

كلمات المفتاح : الإجهاد المائي ، القمح الصلب، مورفولوجي، فزيولوجيا ، بيوكيميا ، في المختبر، PEG.

Contribution study of tolerance on water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf.)

Abstract:

The objective of this work is to study the effect of water stress and variability of response in two varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf) carioca and vitron. In the first part, we studied different morphological, physiological and biochemical parameters under four irrigation levels (100, 75, 50 and 25% C R), The results show that water stress caused a reduction in the number of leaf , leaf and root length and leaf area decreased relative water content and the rate of total chlorophyll. And accumulation of praline and soluble sugars are stored. In the second part, we studied physiomorphological of germination in osmotic stress levels (0, 5, 10 and 20% PEG (300)). The results illustrate reduced in rate and indices of germination and number of leaves and leaf length. The study showed that water stress causes the same mechanisms of response in both varieties, but with different degrees.

Keywords: Water stress, tolerance, durum wheat, morphology, physiology and biochemistry, in vitro culture, PEG

Liste des abréviations

C: Carioca

Chl a: Chlorophyll a

Chl b: chlorophyll b

Chl a+b: chlorophyll a+b

CR: capacités de rétention

ED: Eau distillée

FAO: Food and Agriculture Organization.

MS : Murashige et Skoog

PEG : polyéthylène glycol

Pf : poids frais

PS : poids sec

PT : Poids de la pleine turgescence

SF : La surface foliaire

T0 : Témoin arrosé par 100% de solution nutritive

T1 : Traitement par 75% de solution nutritive

T2 : Traitement par 50% de solution nutritive

T3 : Traitement par 25% de solution nutritive

T : Température

TRE : La teneur relative en eau

V : Virton

Liste des figures

N°	<i>Titre</i>	Page
1	Plan expérimental de 1 ^{er} expérimentation	10
2	Dispositif expérimental de 1 ^{er} expérimentation	11
3	Étapes du dosage de proline	15

Liste des tableaux

N°	<i>Titre</i>	Page
1	Caractéristiques agronomiques de la variété carioca	05
2	Caractéristiques agronomiques de la variété vitron	06
3	Composition de la solution nutritive de Hoagland et Arnon	08

Liste des Annexes

N°	<i>Titres</i>	Page
1	Taxonomie et classification des triticum	52
2	Méthode de calcul de la capacité de rétention	53
3	Photothèques	54
4	Milieu de culture (Murachige et Skoog)	55
5	Tableaux d'analyse de variance à deux facteurs des paramètres étudiés	56

Table de Matière

CHAPITRE I : Matériel et méthodes

N°	Titre	Page
I.1.	Matériel végétal.....	5
I.2.	Conduite et organisation des essais.....	6
I.3.	Expérimentation01:(Étude de stress hydrique sous serre).....	6
I.3.1	Préparation du substrat de culture.....	6
I.3.2	Détermination et application des niveaux de stress.....	7
I. 3.2.1	Préparation des solutions d'arrosage.....	7
I.3.2.2	Application de stress.....	8
I. 3.3	Paramètres étudiés.....	11
I. 3.3.1	Paramètres morphologiques.....	11
I.3.3.1.1	Nombre de feuille, Longueur de feuille, Longueur de racine.....	11
I.3.3.1.2	Surface foliaire (SF « cm ² »).....	11
I. 3.3.2	Paramètres physiologiques.....	11
I.3.3.2.1	Teneur relative en eau (TRE « % »).....	11
I.3.3.2.2	Dosage des Pigments Chlorophylliens.....	12
I.3.3.3	Paramètres biochimiques.....	12
I.3.3.3.1	Dosage de la proline (Prol « µg/100mg MF »).....	12
I.3.3.3.2	Dosage des sucres solubles (Suc« µg/100mg MF »).....	15
I.4.	Expérimentation 02 : (Étude de stress hydrique in vitro).....	16
I.4.1	Matériel végétal et conditions de culture.....	16
I.4.2	Détermination des niveaux du stress hydrique.....	16
I. 4.3	Paramètres étudiés.....	17
I.4.3.1	Paramètres physio morphologique de germination.....	17
I.4.3.1.1	Taux de germination.....	17
I.4.3.1.2	Indice de germination.....	17
I.4.3.1.3	Longueur de racine.....	18
I.4.3.1.4	Longueur de feuille.....	18
I.4.3.1.5	Nombre de feuille.....	18
I.5.	Traitement et analyse statistique.....	18

CHAPITRE II : Résultats et discussion

II.1	Expérimentation 01 (Étude de stress hydrique sous serre).....	20
II.1.1	Variation des paramètres morphologiques.....	20
II. 1.1.1	Action de stress hydrique sur le nombre de feuille.....	20
II.1.1.2	Action de stress hydrique sur la Longueur des feuilles.....	21
II. 1.1.3	Action de stress hydrique sur la Longueur des racines.....	22
II.1.1.4	Variation de la surface foliaire (cm ²).....	22
II.1.1.5	Discision	23
II.1.2	Variation des paramètres physiologiques.....	24
II. 1.2.1	Effet du Stress Hydrique Sur la Teneur Relative en eau (TRE)	24
II.1.2.2	Effet des différents traitements des stresse hydriques sur la teneur moyenne chlorophylle <u>a</u> , <u>b</u> et a+b au niveau des feuilles	26
II. 1.2.2.1	Chlorophylles a.....	26
II.1.2.2.2	Chlorophylles b.....	27
II.1.2.2.3	Chlorophylles a+b.....	27
II. 1.2.2.4	Discussion.....	28
II.1.3	Variation des paramètres biochimiques.....	29
II.1.3.1	Variation de la teneur en proline (µg/100mg MF).....	29
II.1.3.2	Variation de la teneur en sucres solubles (µg/100mg MF).....	30
II. 1.3.3	Discussion.....	31
II.2	Expérimentation 02 (Étude de stress hydrique in vitro).....	33
II. 2.1	Variation des paramètres physio morphologiques.....	33
II.2.1.1	Action de stress hydrique sur le taux de germination.....	33
II.2.1.2	Action de stress hydrique sur l'indice de germination.....	36
II.2.1.3	Action de stress hydrique sur la longueur de racine.....	37
II.2.1.4	Action de stress hydrique sur la longueur de feuille.....	38
II.2.1.4	Action de stress hydrique sur le nombre de feuille.....	39
II.2.1.5	Discussion.....	39
II.3	Discussion générale.....	40
	Conclusion.....	42
	Références Bibliographiques.....	45
	Annexe.....	52

Introduction

Introduction

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une plante annuelle de la classe des Monocotylédones de la famille des poaceae, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum* (Feillet., 2000). En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet., 2000).

Blé 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 parfaites (Soltner., 1998).

Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat des régions arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (Abeledo et al., 2008).

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au Monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (Anonyme., 2006). Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Chellali., 2007). En effet une production très insuffisante de 2.7 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (FAO., 2007).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (Chaise et al., 2005).

L'amélioration génétique du blé dur des zones sèches reste basée sur la recherche d'une meilleure tolérance aux stress abiotiques, pour adapter la plante à la variabilité du milieu de production (Amkrane., 2001).

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques. Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morphophysiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (Pfeiffer et al., 2000) .

Les plantes répondent aux contraintes de l'environnement par de nombreux changements, révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques (Ben naceur *et al.*, 2001).

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, basse température) affectent les conditions de croissance et le rendement végétal, les végétaux perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses. La connaissance de ces réponses, basée sur la transduction des signaux de stress, est donc la base des études visant à améliorer la réponse des plantes cultivées dans différents stress (Bouchelaghem., 2012).

Le stress perturbe les structures normales et la coordination des processus variés au niveau moléculaire, cellulaire, et de l'organisme entier. Le retour à la stabilisation et les réactions de répartition, l'accomplissement d'un réajustement, d'états adaptés, et le maintien de grands pouvoirs de résistance font tous appel à une énergie additionnelle et métabolite (Larcher., 2001).

Le stress hydrique implique soit un déficit en eau pour les plantes durant la saison de croissance, soit un excès d'eau dans les sols. Un excès d'eau (état de saturation), tout comme un déficit en eau, affecte les rendements des cultures. Les excès d'eau peuvent engendrer une détérioration des propriétés physiques du sol et les rendent plus vulnérables à la dégradation (Bouchelaghem., 2012).

Les stress environnementaux, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (Wang *et al.*, 2003).

Les stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologique résultant éventuellement en dégâts, dommage blessures, inhibition de la croissance ou de développement (Hopkins., 2003).

Au niveau cellulaire, l'eau est nécessaire aux réactions chimiques et au maintien des structures cellulaires. Au niveau de la plante entière, l'eau est le principal véhicule pour les substances qui transitent d'un organe à l'autre car elle achemine les éléments nutritifs vers les tissus et les organes. Un déficit en eau peut produire une carence par défaut d'apport de certains de ces éléments et affecte toutes les fonctions de la plante (Mouna *et al.*, 2010).

Les éléments absorbés interviennent tous dans la régulation de la pression osmotique pour maintenir une turgescence suffisante des cellules. Ont monté, quand la sécheresse du sol augmente et que le potentiel hydrique des feuilles diminue (Mouna *et al.*, 2010)

L'acclimatation au déficit hydrique résulte d'une série d'événements intégrés à divers niveaux physiologiques et biochimiques qui aident à la rétention ou à l'acquisition de l'eau et à la protection des fonctions de la plante. Pour élaborer des programmes de sélection d'espèces et de variétés de blé tolérantes au stress hydrique, il est nécessaire de mieux connaître la physiologie de la tolérance de cette espèce dans ces conditions. Selon Jing et Chang, (2003) et Kasuga *et al.*, (1999) cette sélection est complexe en raison de la variabilité du déterminisme génétique des caractères impliqués et de la forte fluctuation, d'une année sur l'autre, des conditions environnementales. La sélection variétale est principalement empirique ou basée sur une étude préalable des mécanismes morphologiques et physiologiques.

Pour répondre à cette préoccupation, Ce travail a pour objectif de comparer le comportement de deux variétés de blé dur sous stress hydrique, ceci par l'étude de quelques paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.

Notre mémoire est présenté en deux chapitres :

Le chapitre (I), nous verrons successivement la description du matériel végétal, des conditions de culture et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail. Nous avons mis au point deux expériences : La première expérimentation est faite *in vivo* (sous serre) sous quatre niveaux de stress hydrique ; Dans la deuxième expérimentation, nous nous sommes intéressés à l'effet du stress hydrique sous condition de culture *in vitro*.

Le chapitre (II) chapitre fait l'objet de la présentation des résultats obtenus dans ce travail et leur discussion.

Le mémoire est achevé, par une conclusion, suivie de la liste de références bibliographiques et des annexes.

*Chapitre I : Matériel et
Méthodes*

Chapitre I : Matériel et méthodes

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*)

I.1. Matériel végétal

L'étude a été portée sur deux variétés de blé dur (*triticum durum desf*) Carioca et Vitron .

Tableau n° : 01 Les caractéristiques agronomiques de la variété CARIOCA (S.D.F ,1999)

caractéristiques agronomiques	
Alternativité	printemps
Précocité épiaison	Très précoce
Précocité maturité	Très précoce
Hauteur	moyenne
Résistance verse	Peu sensible
Poids mille grains	Elevé (60g)
Maladies et accidents	
Fusariose nivale	Assez sensible
Fusariose roseum	Assez sensible
Oïdium	Assez sensible
Piétin verse	Assez sensible
Rouille brune	Peu sensible à assez résistant
Rouille jaune	Peu sensible à assez résistant
Critères qualité	
Mitadinage	Assez sensible
Moucheture	Peu sensible

Tableau n° : 02 Les caractéristiques agronomiques de la variété VITRON

caractéristiques agronomiques	
Rendement	Elevé
caractéristiques technologiques	
Qualité semoulière	Bonne
Mitadinage	résistant
Teneur en protéines	13,5%
Résistance aux maladies	
Oïdium feuille	résistant
Oïdium Epi	résistant
Rouille brune	sensible
Septoriose	Moyennement sensible

I .2. Conduite et organisation des essais

Deux expérimentations contrôlées ont été menées ; la première sous serre (*in vivo*) dans l'exploitation de université Kasdi Merbehe Ouargla et la deuxième dans laboratoire (*in vitro*).

I .3. Expérimentation 01 : (Étude du stress hydrique sous serre)

L'expérimentation est conduite sous serre durant un mois. À l'exploitation de l'université de Ouargla.

I .3. 1. Préparation du substrat de culture

Le substrat de culture utilisé est le sable des dunes ayant subi:

- Un tamisage approprié afin de supprimer les différents débris et déchets dans le but d'obtenir un sable fin,
- Un traitement à l'esprit de sel HCL pour éliminer les carbonates, les chlorures, etc....,
- Des lavages successifs à l'eau ordinaire,
- Des rinçages répétés à l'eau distillée sont appliqués afin d'essayer d'éliminer toute trace de chlore,
- Et enfin, un séchage à l'air libre. Un test au nitrate d'argent a été réalisé pour vérifier la pureté du substrat concluant la limpidité de la solution.

I .3.2. Détermination et application des niveaux de stress

Des pots en plastiques de 14 cm de diamètre et de 11,5cm de hauteur sont remplis par une quantité de 300 g de mélange sable et terreau (2/3 volumes de sable et 1/3 volume de terreau). Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat. Cette caractéristique hydrique est nécessaire car elle permet le calcul des quantités de solution nutritive à apporter lors des arrosages.

Pour calculer ces niveaux d'irrigation (100, 75, 50 et 25%) par apport à la capacité de rétention du pot (Annexe 02), nous avons pesé des pots contenant 300g de substrat sec utilisé dans l'expérimentation, P1 (P1 = poids de substrat sec). En suite nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation. Après 24h de repos, les pots sont pesés de nouveau P2 (P2 = poids à saturation). La différence entre P2 et P1 est la quantité d'eau retenue par le sol et qui représente la capacité de rétention des pots (Baba sidi-kaci., 2010). On estime la capacité de rétention (C.R) par l'équation suivante :

$$CR = (P2 - P1) / P1.100$$

Avant la mise en pot du substrat, le fond des pots est tapissé d'une couche de graviers afin d'assurer le drainage. Les pots ont été placés sous serre, ils sont irrigués par solution nutritif régulièrement trois fois par semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation.

I .3.2.1. Préparation des solutions d'arrosage

I .3.2.1.1. La solution nutritive

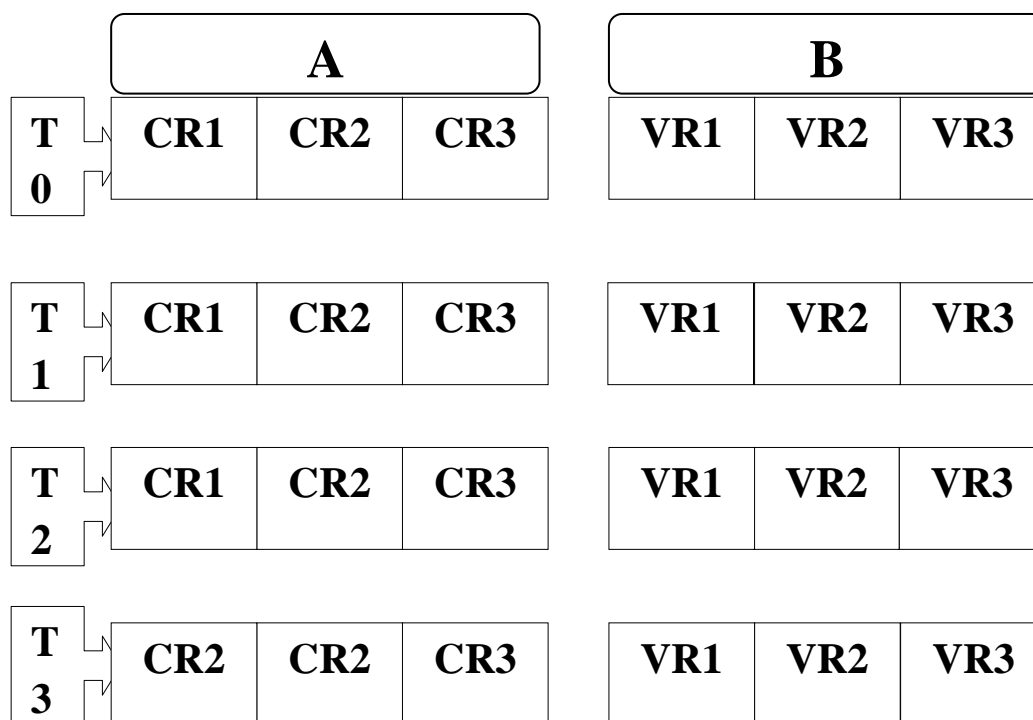
La solution nutritive retenue est elle de Hoagland et Aronon (1950). Elle se compose d'un ensemble de solutions mères de macroéléments et micro-éléments, rapportées dans le tableau N° 3 :

Tableau n° 3 : Composition de la solution nutritive de Hoagland et Aronon (1950)

	Composants	Poids en (g mol⁻¹)	Concentration de solution (g l⁻¹)	Volume à ajouter (ml par litre)
macroéléments	KNO3	101.10	101.10	5
	Ca (NO3)2 4 H2O	236.16	236.16	5
	KH2PO4	136,09	136,09	1
	MgSO4. 7H2O	246.48	246.48	2
Micro-éléments	KCl	74.55	1,864	2
	H3BO3	61.83	0,773	
	MnSO4. H2O	169.01	0,169	
	ZnSO4. 7H2O	287.54	0,288	
	CuSO4. 5H2O	249.68	0,062	
	H2MoO4	161.97	0,040	
	NaFe EDTA	558.50	30	0,3

I .3.2.2. Application du stress

Le semis a été réalisé le 10/03/2013, Après 10 jours de semis, nous avons appliqué le stress hydrique aux plantes. Il se répartit en deux bloc (A et B) chaque bloc traité par quatre niveaux de stress (100, 75, 50, 25% de CR) avec trois répétitions pour chaque niveaux (Fig1 et 2).



C : carioca, **v** : vitron, **T0** : témoin 100% (132ml), **T1** : traitement par 75% (99ml), **T2** : traitement par 50% (66ml), **T3** : traitement par 25%(33ml), **R1** : repetition1, **R2** : repetition2, **R3** : repetition3 , **A** : bloc A, **B** : bloc B.

Fig 1. Plan expérimental

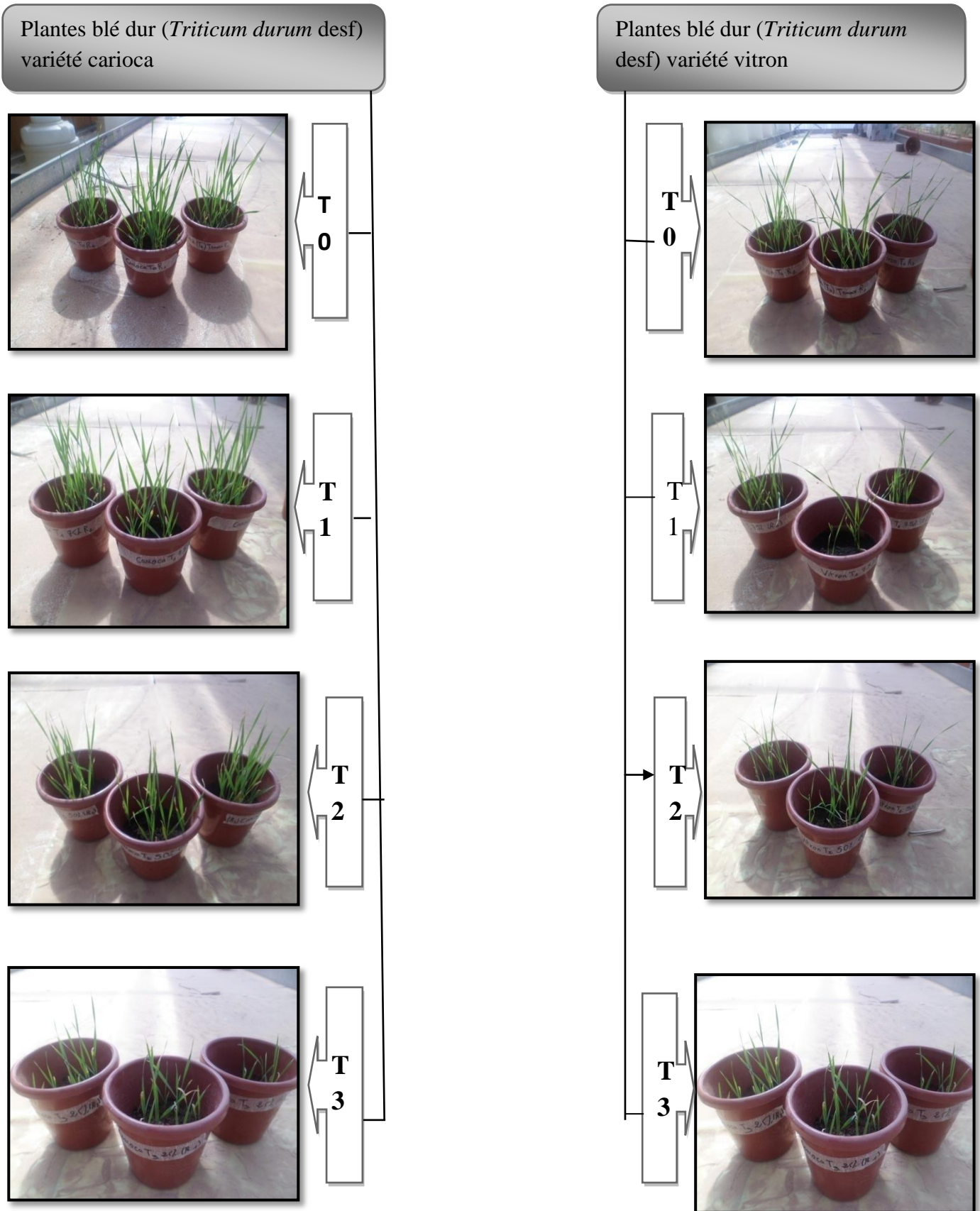


Fig 2. Dispositif expérimental

I .3.3. Paramètres étudiés

I .3.3.1. Paramètres morphologiques

I .3.3.1.1. Etude du développement morphologique foliaire et racinaire

Les plantes ont été lavées soigneusement à l'eau puis essorés avec du papier filtre.

La longueur des feuilles, La longueur des racines, et le nombre des feuilles: ont été mesurées à l'aide d'un papier millimètre.

I .3.3.1.2. La surface foliaire SF « cm² »

La mesure de la surface foliaire ont été par la méthode suivant :

- prendre la feuille de blé dur sur papier calque et découper les contours de la feuille, ce dernier est pesé (Pf).
- couper un carré de 1cm (S (1cm²)) de coté de ce même papier qui est également pesé (P (1cm²)).
- déduire la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$SF (cm^2) = Pf. S (1cm^2) / P (1cm^2)$$

I .3.3.2. Paramètres physiologiques

I .3.3.2.1. La teneur relative en eau TRE « % »

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 (la formule de Clark et Mac-Caig, 1982) :

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

I.3.3.2.2. Dosage des Pigments Chlorophylliens

Les teneurs moyennes en chlorophylle a et b sont déterminées par la méthode de Rao et le blanc (1965). L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 0.5g de matière fraîche de la feuille de chaque échantillon qui est additionnée de carbonate de calcium et d'acétone (20ml à 80%). La solution obtenue est filtrée à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques (JENWAY 6300) à deux longueurs d'onde ($\lambda_1= 645$ et $\lambda_2= 663$ nm). (Bouchelaghem., 2012)

Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante :

* Chl a: $12,7 (\text{DO } 663) - 2,69 (\text{DO } 645)$.

* Chl b: $22,9 (\text{DO } 645) - 4,86 (\text{DO } 663)$.

*Chl a+b: $8,02 (\text{DO } 645) + 20,20 (\text{DO } 663)$.

I.3.3.3. 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.

I.3.3.3.1. 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 tricetohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley, (1955), simplifiée et mise au point par Rasio et *al.*, (1987).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-Marie pendant 60mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

-1 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ; -25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ;

-1 ml de mélange contenant : -120 ml d'eau distillée ;

-300 ml d'acide acétique ; -80 ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4 .d=1.7).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na₂SO₄ anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On détermine la densité optique (Do) à l'aide d'un spectrophotomètre sur une longueur d'onde de 528nm (Fig 03). 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.

$$y = 5,3155x - 0,0139$$

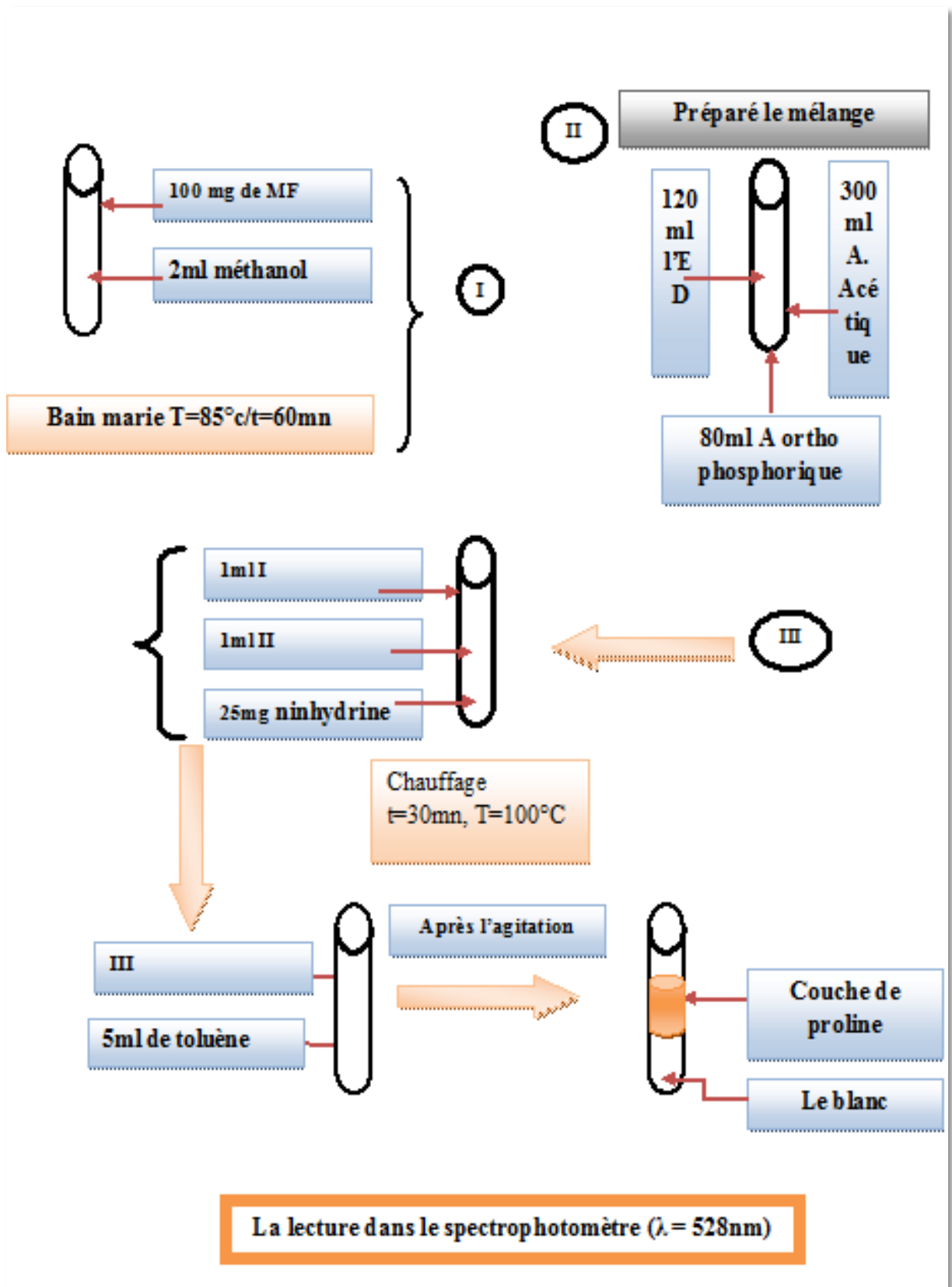


Fig n°03 : les étapes du dosage de la proline

I .3.3.3.2. Dosage des sucres solubles (Suc) « µg/100mg MF »

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et *al.*, (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres. On laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. 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.

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, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-Marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm. Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles (exprimés en glucose).

$$y = 2,4189x + 0,2752$$

I .4. Expérimentation 02 : (Étude de stress hydrique *in vitro*)

La deuxième expérience est réalisée sur milieu artificiel dans une chambre de culture, sous des conditions contrôlées.

I .4.1. Matériel végétal et conditions de culture

La culture *in vitro* signifie littéralement, « la reproduction artificielle d'explants sur un milieu nutritif, dans un tube de verre et en conditions d'asepsie » (de Fossard, 1981 in Baziz, 2004). C'est un mode de reproduction artificielle qui comprend l'ensemble des méthodes faisant intervenir des éléments d'asepsie et la mise en place de conditions de culture contrôlées (milieu de culture, température, luminosité), le milieu doit fournir tous les éléments chimiques nécessaires au développement de la plante (Baziz, 2004).

Dans cette expérimentation nous avons retenu les mêmes variétés utilisés dans l'expérimentation n°01.

Le semis a été réalisé le 07/05/2013. Les grains des deux variétés ont été mis en culture *in vitro*. Pour cela, les grains ont été stérilisés dans une solution d'éthanol à 70% pendant 1mn puis dans une solution d'eau de javel (hypochlorite sodium) à 5% pendant 15 à 20mn, ensuite après rinçage trois fois avec de l'eau distillée stérile pendant 5mn, les grains sont maintenus dans l'eau distillée stérile. Les graines sont mises à germer dans des boîtes de culture fermée avec des bouchons en plastique (les boîtes stérilisés à l'étuve (180°C)) sur un milieu stérilisé (MS) (Murashige et Skoog, 1962.in CIDES (1999) (Annexe.04) qui contient des macroéléments, micro-éléments, et de 48g de saccharose. Ce milieu est solidifié par l'agar 16g/l, cette manipulation se fait sous la hotte pour éviter les contaminations, et posé dans le chambre de la culture (température 25°C) .La culture est suivie pendant 15 jours.

I .4.2. Détermination des niveaux du stress hydrique

L'application du stress hydrique s'est faite par ajout d'un osmoticum à la solution du milieu MS. L'osmoticum utilisé est le polyéthylène glycol (PEG 300). Le PEG a été choisi pour modifier les conditions de culture en raison de la difficulté à obtenir une solidification de l'Agar. Le PEG abaisse le potentiel de l'eau dans le milieu.

Cette expérience se répartit en quatre traitements (T₀.T₁.T₂.T₃ qui correspondent à 0, 5, 10, 20% de PEG respectivement).

I .4.3. Paramètres étudiés

A l'afin de l'expérimentation, les mesures suivantes ont été réalisées sur les plantules régénérées.

I .4.3.1. Paramètres germinatifs

I .4.3.1.1. Taux de germination

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration de PEG qui présente la limite physiologique de germination des graines de blé dur. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

Sur l'essai de germination ont été déterminé le pourcentage définitif de germination (G%)

$$G\% = 100 (XT/N)$$

Où XT est le nombre total de graines germées et N le nombre total des graines mises à germer (Doran et Gunn., 1986).

I .4.3.1.2. Indice de germination

Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. L'indice de germination définie par (IG) (graines germées/jour)

$$IG=(N1) x1 + 1/2 x (N2 -N1) + 1/3 x (N3 - N2) ++ 1/n x (Nn - Nn-1)$$

IG: c'est le nombre des graines germées pendant les jours de l'essai 1.2.3.....n-1, n.

N : c'est le nombre des graines germésN1, (N1- N2)Nn (Haddad., 2001).

- I.4.3.1.3 Longueur de racine**
I.4.3.1.4. Longueur de feuille
I .4.3.1.5. Nombre de feuille
- ⇒ La même méthode dans la 1^{ère} expérience

I .5. Traitement et analyse statistique

Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur les différents paramètres étudiés dans les deux expérimentations, nous avons procédé à des analyses de la variance et à la comparaison des moyennes à l'aide du test de Fisher à $\alpha = 5\%$ sur les paramètres (morphologique, physiologique et biochimique) analysés et de chaque traitement à l'aide du logiciel XL STAT.

*Chapitre II : Résultat et
Discussion*

Chapitre II : Résultat et discussion

II .1. Expérimentation 01 (Étude de stress hydrique sous serre)

Au niveau de cette expérience, le comportement des deux variétés de blé dur étudiés vis-à-vis du stress hydrique est analysé par une étude morphologique (nombres des feuilles et longueur de feuille et racine, surface foliaire), physiologique (teneur relative en eau, taux de chlorophylle) et biochimique (teneur en proline et en sucres solubles). On rappelle que tous ces paramètres ont été mesurés sur la feuille bien développée. Les résultats de tous les paramètres sont présentés dans l'ordre suivant :

II .1.1. Variation des paramètres morphologiques

Pour rendre compte l'effet des différents degrés du stress hydrique sur la morphologie des deux variétés testés nous avons étudiée les paramètres suivant : le nombre des feuilles, longueurs des feuilles et des racines et la surface foliaire (SF).

II .1.1.1. Action de stress hydrique sur le nombre des feuilles

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau 01Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la Variance, qui révèle que les traitements de stress hydrique à une différence très hautement significatif ($P \leq 0.001$) sur les nombres des feuilles. Mais la différence entre les variétés est significatif ($P \leq 0.05$), et non significative entre l'interaction ($T \times V$) ($P > 0.05$) (Tab.01 Annexe 05).

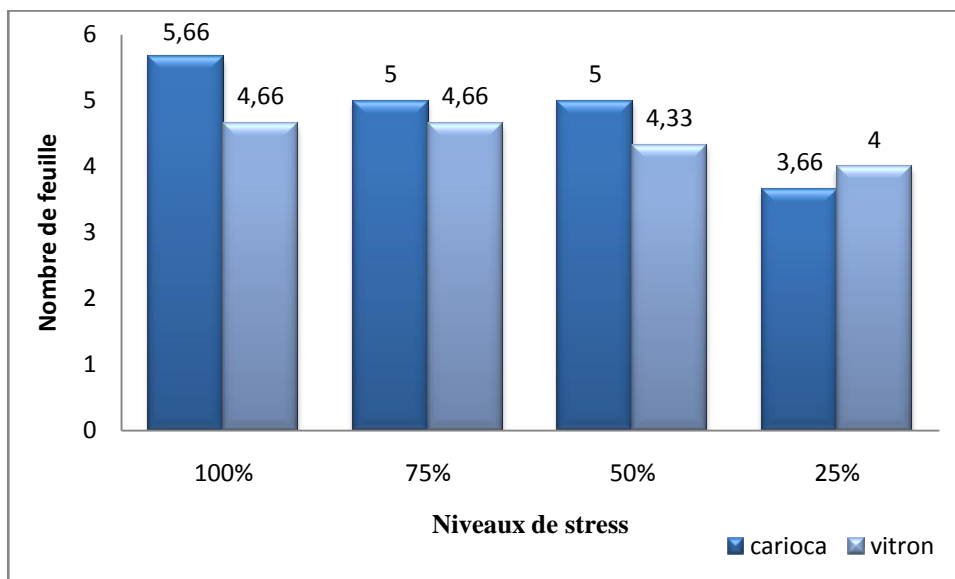


Fig n° 05: Variation du nombre des feuilles chez les deux variétés de blé dur.

Les résultats des moyens, illustrés sur la (fig 05), les nombres des feuilles chez la variété carioca de niveaux de stress 75 et 50% ni à pas être affectée par le stress hydrique par rapport au témoin 100% mais aux niveaux de 25% les nombres des feuilles diminuent. Révèlent que les valeurs des moyens des nombres des feuilles de la variété carioca sont de (5 feuilles) chez les traitements 100, 75 et 50%, et (3,66 feuilles) aux niveaux de stress 25%, et chez la variété vitron le nombre des feuilles aux niveaux de stress 75, 50 et 25% être affectée par le stress hydrique en comparaison avec traitement 100%. Révèlent que les valeurs des moyens des nombres des feuilles sont de (4,66 feuilles) chez les traitements 100 et 75%, (4,33 feuilles) aux niveaux de stress 50% et (4 feuilles) aux niveaux de stress 25%.

II .1.1. 2. Action de stress hydrique sur la Longueur des feuilles

Les résultats de l'analyse de la variance, montre que l'effet de traitement de stress hydrique est impact très hautement significatif ($P \leq 0.001$) sur la longueur des feuilles. Mais une différence non significative sur les variétés et l'interaction ($T \times V$) est ($P > 0.05$) (Tab.02 Annexe 05).

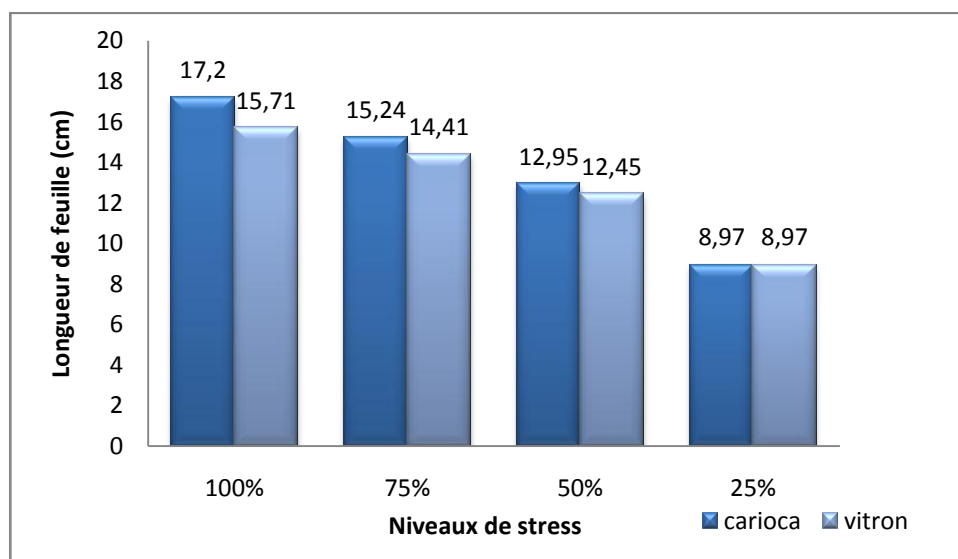


Fig n° 06 : Variation de la longueur des feuilles chez les deux variétés de blé dur.

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 06), la longueur des feuilles également être affectée par le stress hydrique par rapport aux témoins. Révèlent que les valeurs de la longueur des feuilles de la variété carioca sont de (17,2 cm) chez le traitement 100%, (15,24 cm) à 75%, (12,95 cm) à 50% et (8,97cm) à 25%. Mais chez la variété vitron, les résultats montre que la longueur des feuilles après 20jour de stress, chez le témoin 100%, les feuilles atteignent jusqu'à (15,7 cm) et Pour les traitements 75, 50 et 25% la longueur des feuilles est respectivement égale à (14,41, 12,45 et 08,97 cm).

II .1.1. 3. Action de stress hydrique sur la Longueur des racines

Le test statistique (tableau 03 Annexe 05), qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact très hautement significatif ($P \leq 0.001$) sur la longueur des racines. Mais entre les variétés est non significatif ($P > 0.05$), et aussi entre l'interaction ($T \times V$).

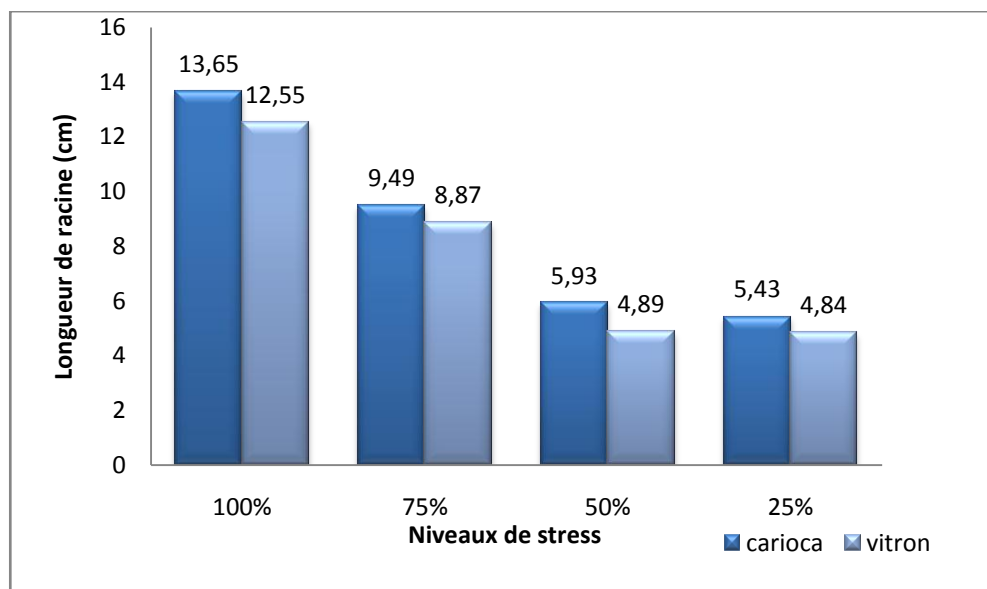


Fig n°.7. Variation de longueur des racines chez les deux variétés de blé dur.

Les résultats des moyens, illustrés sur la (fig 07), La longueur des racines également être affectée par le stress hydrique par rapport aux témoins 100%. Révèlent que les valeurs de la longueur des racines de la variété carioca sont de (13,65 cm) chez le témoin 100%, (9,49 cm) à 75% et (5,93 cm à 50%) et (5,43 cm à 25%). La croissance en longueur des racines de la variété vitron (fig 07). Après 20 jours de stress, chez les plantes témoin 100%, les racines atteignent jusqu'à (12,55 cm). Pour les traitements 75, 50 et 25% la longueur des racines est respectivement égale à (8,87 et 4,89 et 4,84 cm).

II .1.1. 4. Variation de la surface foliaire (cm^2)

L'analyse de variance, montre qu'il existe une différence très hautement significative ($P \leq 0.001$) entre les niveaux du stress et différence significative ($P \leq 0.05$) entre les variétés, et non significative ($P > 0.05$) entre l'interaction ($T \times V$) (Tab.04 Annexe 05).

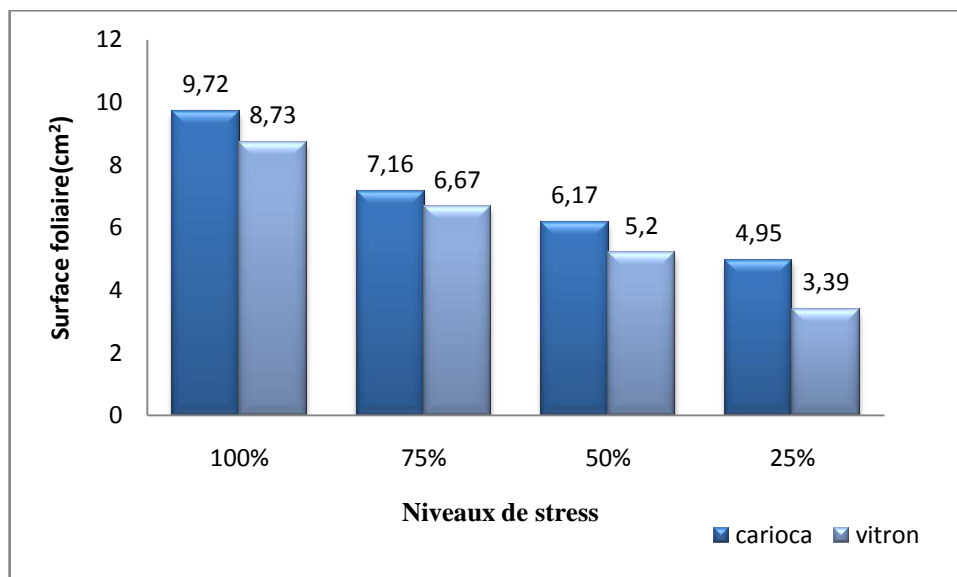


Fig n°08 :L'évaluation de la surface foliaire des deux variétés de blé dur.

Les résultats des moyennes, qui sont illustrés sur la (fig 08), montrent une diminution importante de la surface foliaire chez les deux variétés étudiées en fonction du degré du stress hydrique appliqué. Dans toutes les conditions d'irrigation, la variété vitron présente la surface foliaire la plus proche à la variété carioca. Les résultats moyens révèlent que les valeurs des surfaces foliaires de la variété carioca de (9,72 cm²) chez les niveaux de stress 100%, (7,16 cm²) pour le 75%, (6,2 cm²) pour le 50% et (4,95 cm²) aux niveaux 25%. La surface foliaire de la variété vitron (fig 08), après 20 jours de stress, chez les plantes arrosées à la solution nutritive, la surface foliaire donne les valeurs suivantes : 100% (8,73 cm²), 75% (6,67 cm²), 50% (5,20 cm²) et 25% (3,39 cm²).

II .1.1.5. Discussion

Les deux variétés utilisées la même stratégie pour tolérer le stress hydrique.

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

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un stress 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 nombre des feuilles n'est pas affecté par le stress parce que la plante est en phase juvénile.

L'intensité du stress hydrique imposé a provoqué une réduction de la longueur des racines des deux variétés carioca et vitron d'autant plus importante que le stress est plus sévère. Cette réduction est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine (Fraser et *al.* 1990),

Ces résultats indiquent que la longueur des racines des deux variétés est des critères valables pour la sélection pour la tolérance à la sécheresse.

Ont remarqué que la réduction de la surface foliaire suite à la réduction de l'élongation cellulaire est l'une des conséquences du déficit hydrique (Temagout ., 2009).

La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Une des premières réactions des plantes au déficit hydrique est de réduire la surface foliaire (Lebon et *al.*, 2004). Le développement végétatif sous conditions limitantes d'alimentation hydrique est fortement perturbé (Ferryra et *al.*, 2004), on note principalement une diminution importante de la taille et de la surface foliaire. Cette diminution est une des réponses des végétaux à la déshydratation, elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (Lebon et *al.*, 2004).

La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de talles est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau (Blum., 1996).

Comme la croissance des plantes est contrôlée par des signaux hormonaux (Heller., 1990), le stress hydrique provoque une augmentation de la concentration en acide abscissique (ABA) dans la partie où il y a une réduction des concentrations en cytokinines. Ceci résulte en une croissance et une transpiration réduite (Bois, 2005).

II .1.2. Variation des paramètres physiologiques

II .1.2.1. Effet du Stress Hydrique Sur la Teneur Relative en eau (TRE)

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau 05, Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact hautement significatif ($P \leq 0.01$) sur la teneur en eau, entre les variétés est très hautement significatif ($P \leq 0.001$), et entre l'interaction ($T \times V$) est non significatif ($P > 0.05$) (Tab.05 Annexe 05).

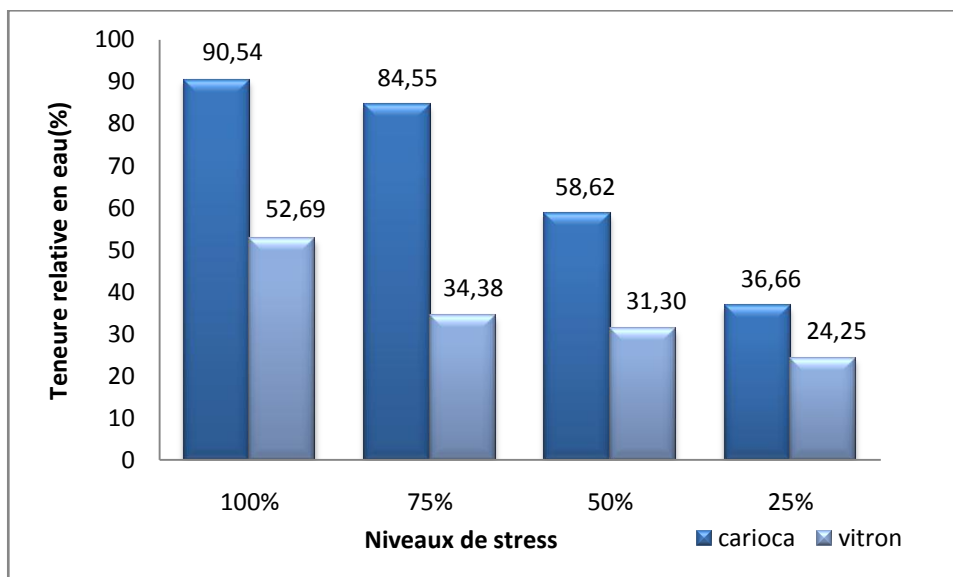


Fig n° 9: Teneur relative en des variétés étudiées soumises aux différents niveaux de stress hydrique.

Les résultats des moyennes, qui sont illustrés sur la (fig 9), Les teneurs relatives en eau les plus élevées sont notées chez les témoins 100%, avec une valeur maximale de (90,54 %) enregistrée chez la variété carioca et une valeur minimale de (52,69%) enregistrée chez la variété vitron (Fig. 9). Par opposition, les teneurs en eau les plus faibles sont enregistrées pour les trois traitements du stress hydrique chez la variété vitron, Au premier niveau de stress 75%, la valeur minimale est observée dans la variété Vitron de (34,38%), alors que la valeur maximale est enregistrée chez la variété carioca de (84,55 %). Pour le deuxième niveau de stress hydrique 50%, la valeur minimale est observée dans la variété Vitron de (31,30 %), alors que la valeur maximale est enregistrée chez la variété carioca de (58,62 %). Au troisième niveau de stress 25%. Une nette diminution de la teneur en eau est observée chez la variété vitron et carioca (Fig.9). La TRE (36,66%) chez la variété carioca et (24,25%) chez la variété vitron.

II .1.2.2. Effet des différents traitements des stress hydriques sur la teneur moyenne en chlorophylle a, b et a+b au niveau des feuilles :

II .1.2.2.1. Chlorophylles a

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau 06 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, les traitements de stress hydrique est impact très hautement significatif ($P \leq 0.001$) sur la teneur de chlorophylle a, mais entre les variétés est non significatif ($P > 0.05$) , et entre l'interaction (T \times V) est hautement significatif ($P \leq 0.01$) (Tab.06 Annexe 06).

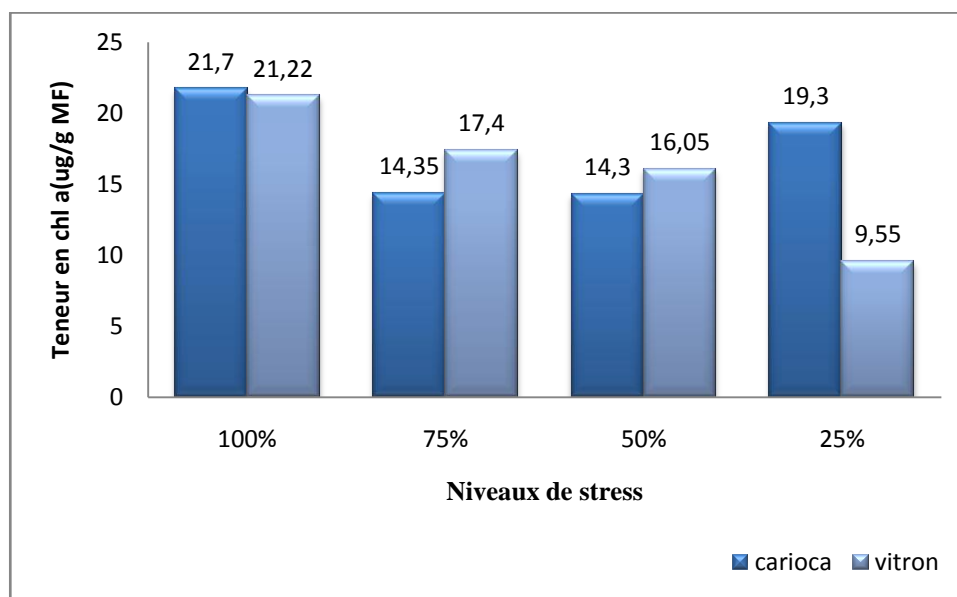


Fig n° 10 : Teneur en chlorophylle (a) des feuilles des deux variétés étudiées.

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 10), les taux de chlorophylles(a) sont affectés chez les deux variétés stressées étudiées. Chez la variété carioca, La teneur la chlorophylle (a) au plus important (21,7ug/g MF) concerne les témoins 100%. En revanche, une réduction de ce paramètre est provoquée par le 75% (14,35ug/g MF) puis une réduction (14,3ug/g MF) pour les plantes traitées à (50%), puis une augmentation (19,3ug/g MF) pour les plantes traitées à 25%. chez les plantes vitron. La teneur la chlorophylle (a) le plus important (21,22 ug/g MF) concerne les plantes témoins 100%. En revanche, une réduction de ce paramètre est provoquée par le 75, 50 et 25% les valeurs respectivement (17,4 ug /g MF 16,05 ug/g MF 9,55ug /g MF).

II .1.2.2.2. Chlorophylles b

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau 07Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèle que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact non significatif ($P>0.05$) sur la teneur la chlorophylle b, et aussi entre les variétés, et entre l'interaction ($T \times V$) (Tab.07Annexe 05).

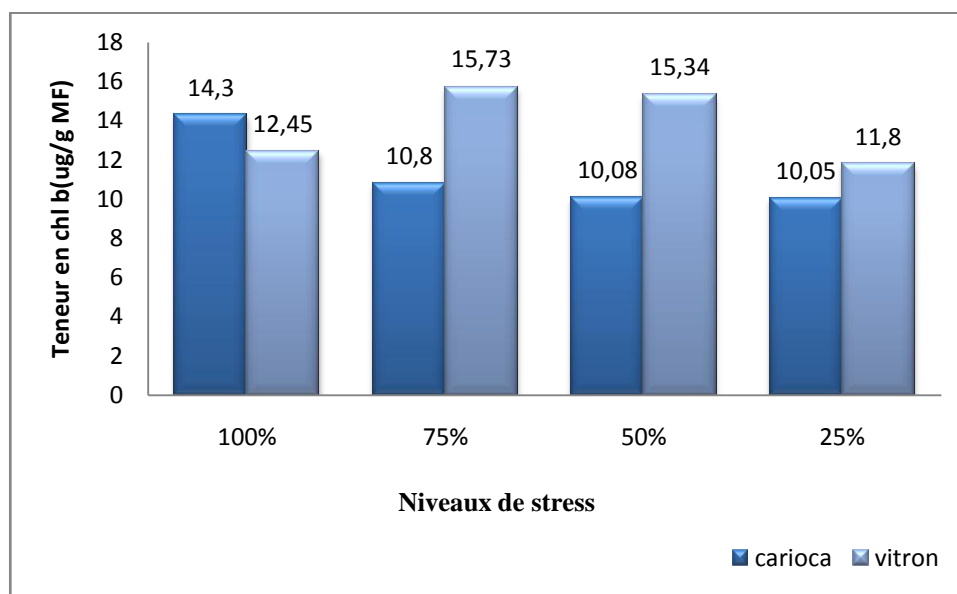


Fig n°11 : Teneur en chlorophylle (b) au niveau des feuilles sur deux variétés de blé dur.

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 11), La teneur en chlorophylle(b) chez la variété carioca est plus important (14,3 ug/g MF) concerne les témoins 100%. En revanche, une réduction de ce paramètre est provoquée par 75% (10,8ug/g MF) puis une réduction (10,08ug/g MF) pour les plantes traitées à 50%, et (10, 05ug/g MF) pour les plantes traitées à 25%. La teneur en chlorophylle (b) des variétés vitron (fig 11), Teneur en chlorophylle (b) ni pas être affectée par le stress hydrique par rapport aux témoins 100%. Après 20 jour de stress, chez les plantes arrosées à la solution nutritive par le niveau 75%, la chlorophylle (b) atteignent jusqu'à (15,73 ug/g MF). Pour les plantes arrosées par 50% est (15, 34 ug/g MF), la chlorophylle (b) est égalent à (11,8 ug/g MF) pour le plant arrosé par 25%.

II .1.2.2.3. Chlorophylles (a+b)

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau 08 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact très hautement significatif ($P\leq 0.001$) sur la teneur la chlorophylle (a+b), et entre les variétés est hautement significatif, mais entre l'interaction ($T \times V$) est non significatif ($P>0.05$) (Tab.08 Annexe 05).

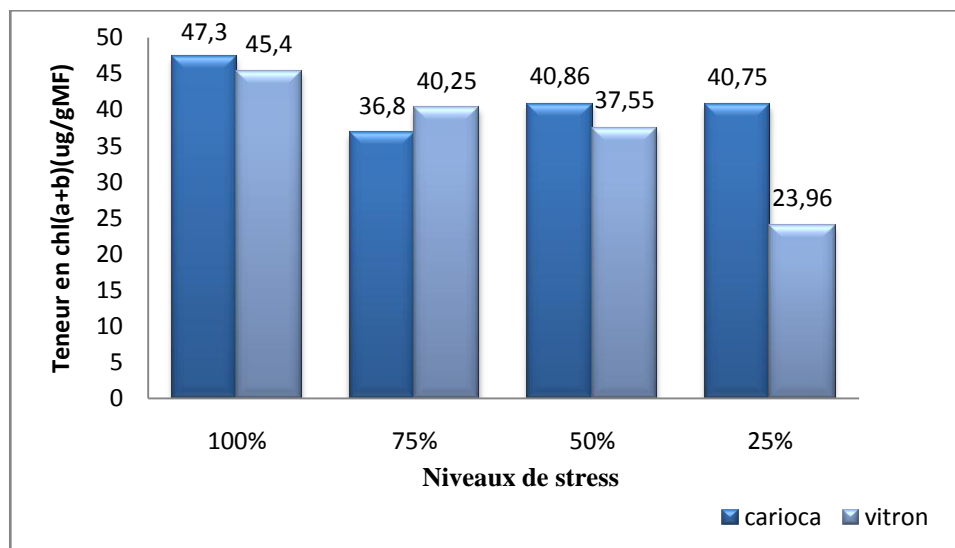


Fig n°12 : Teneur en chlorophylle (a+b) au niveau des feuilles sur deux variétés de blé dur.

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 12). La teneur en chlorophylle (a+ b) chez la variété carioca est plus important (47,3 ug/g MF) concerne les témoins 100%. En revanche, une réduction de ce paramètre est provoquée par le 75% la valeur égale (36,8ug/g MF), puis une augmentation (40,86ug/g MF) pour les plantes traitées à 50%. Pour le traitement 25% la valeur égale (40,75ug/g MF) est très proche à traitement 50%. La fig 12 indique que chez la variété vitron. La teneur en chlorophylle (a+ b) important (45,4g/MF) concerne les témoins100%. En revanche, une réduction de ce paramètre est provoquée par le 75, 50 et 25% les valeurs respectivement égale (40,2, 37,55, 23, 96ug/g MF).

II .1.2.2.4. Discussion

La TRE est un indicateur très utilisé pour mettre en évidence l'état de la balance hydrique d'une plante .La chute observée des teneurs en eau chez les variétés carioca et vitron.

La teneur en eau des feuilles de blé dur diminue proportionnellement avec la Réduction d'eau contenue dans le sol (Bajji et *al.*, 2001).

La diminution de TRE chez la variété vitron est très élevé, donc cette variété est très sensible au stress hydrique que la variété carioca.

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et *al.*, 2000).

D'autre part nos résultats ont mis en évidence une augmentation de la teneur moyenne en chlorophylle a et par conséquent a+b chez la variété carioca, Selon Erne et Lannoye (1991), l'altération de l'état physiologique des plantes, causée par des conditions défavorables

de l'environnement, se reflète rapidement au niveau des signaux lumineux et thermiques émis par les feuilles.

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

La chute des teneurs en chlorophylle chez les deux variétés est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba *et al.*, 2009).

Lorsque la plante subit un stress, le niveau de Chlorophylle diminue, affectant la coloration de la plante et ralentissant ses activités de croissance. La chute observée des teneurs en Chlorophylle a et b et en Chlorophylle a+b chez la variété vitron résulte probablement de la synergie de plusieurs facteurs : réduction de l'ouverture des stomates qui limite les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance, baisse de l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse. Indiquent que la diminution en Chlorophylles perturbe la redistribution des assimilâtes stockés par la tige vers les différentes parties de la plante, ce qui perturbe sa croissance (Karima *et al.*, 2012).

II .1.3. Variation des paramètres biochimiques

II. 1.3.1. Variation de la teneur en proline ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$)

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau 09 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact non significatif ($P>0.05$) sur la teneur de proline, et aussi entre les variétés, mais entre l'interaction ($T \times V$) est significatif ($P\leq 0.05$) (Tab.09 Annexe 05).

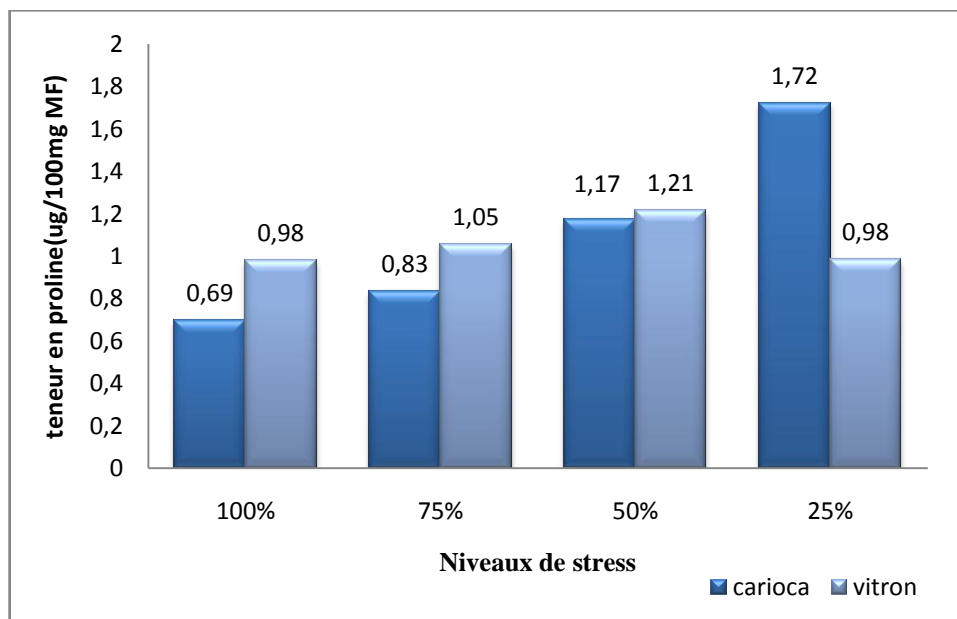


Fig n°13 :L'évaluation de la teneur en proline des deux variétés de blé dur soumis aux différents niveaux de stress hydrique.

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 13), Chez la variété carioca le stress hydrique a provoqué une accumulation de la proline dans les feuilles (Fig 13). Les taux d'augmentation de la proline ont atteint 75% (0,83 µg/100mg MF), 50% (1.17 µg/100mg MF) et 25% (1.72 µg/100mg MF) (Fig 14) par rapport aux témoins 100% (0,69 µg/100mg MF). Chez la variété vitron les taux d'accumulation de la proline par rapport au témoin (Fig 13) sont respectivement 75% (01,05 µg/100mg MF), 50% est égale (01,21 µg/100mg MF) et 25% est égale (0,98 µg/100mg MF).

II .1.3.2. Variation de la teneur en sucres solubles (µg/100mg MF)

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau10 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact non significatif ($P > 0.05$) sur la teneur en sucres solubles, Mais entre les variétés est hautement significatif ($P \leq 0.01$), mais entre l'interaction ($T \times V$) est non significatif ($P > 0.05$) (Tab.10 Annexe 05).

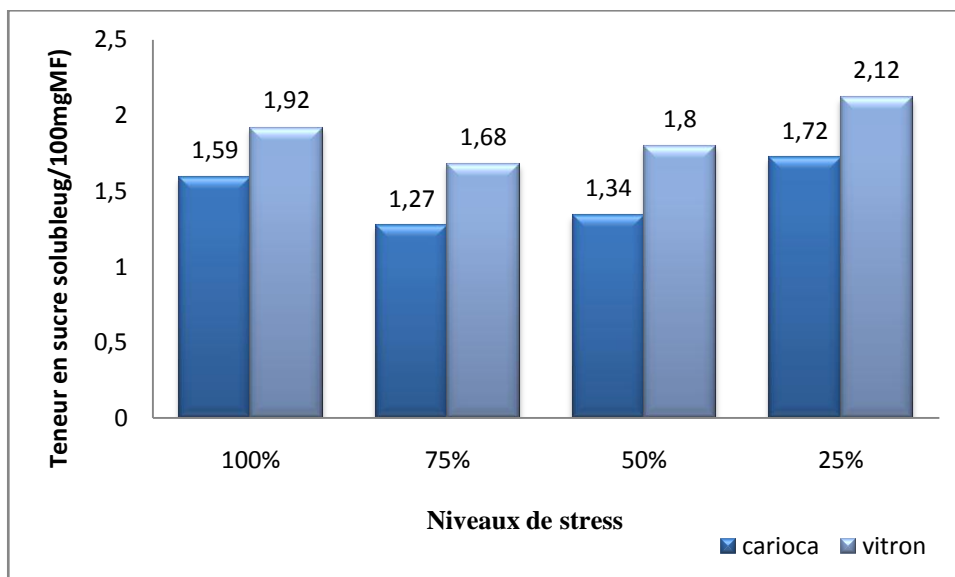


Fig n°14 : L'évaluation de la teneur en sucres solubles des deux variétés de blé dur soumis aux différents niveaux de stress hydrique.

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 14), Les fortes accumulations des sucres solubles sont observées au troisième niveau de stress. Dans le premier niveau de stress hydrique 75%, La valeur enregistrée chez la variété vitron de (1.68 µg/100mg MF) et une valeur (1.27 µg/100mg MF) enregistrée chez la variété carioca (Fig. 14). Sous condition de stress de 50%, on observe une forte accumulation en sucres solubles chez les deux variétés par rapport au niveau de stress précédent 75%. La teneur la plus élevée est notée chez la variété vitron de (1.80 µg/100mg MF) par contre la valeur est enregistrée chez la variété carioca de (1.34µg/100mg MF) (Fig. 14). Dans le dernier niveau de stress 25%, on note une augmentation plus importante de la teneur en sucres solubles chez les deux variétés étudiés, avec une teneur maximale enregistrée chez la variété vitron à (2.12 µg/100mg MF) et une teneur minimale notée chez la variété carioca à (1.72 µg/100mg MF) (Fig. 14).

II .1.3.3. Discussion

Dans cette expérience les deux variétés ni utilise pas le même stratège au coure la teneur en proline pour tolérance au stress. La variété carioca utilise la proline pour la tolérance au stress. Selon Wilfred (2005) la capacité d'accumuler la proline chez les plantes est un facteur variétal et un signe de tolérance au stress hydrique. Mais la variété vitron n'utilise pas la proline comme une substance de résistance au stress hydrique.

Plusieurs auteurs montrent que l'augmentation de la teneur en proline est reliée directement à l'application du stress hydrique (Cechin et *al.*, 2006). L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (Blum., 1996). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savouré et *al.*, 1995).

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).

Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition 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).

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 au manque d'eau (Laala., 2010). L'existence chez les céréales d'une variation intra-spécifique pour l'accumulation de la proline sous l'effet du déficit hydrique suggère la possibilité d'une sélection, sur la base de ce caractère, des génotypes performants en condition de stress hydrique (Laala., 2010).

II .2. Expérimentation 02 (Étude de stress hydrique in vitro)

II .2.1. Variation des paramètres physio-morphologique de germination

L'effet des différents degrés du stress hydrique sur le taux de germination, l'indice de germination, nombres des feuilles, longueurs des feuilles et des racines.

II .2.1.1. Action de stress hydrique sur le taux de germination

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau11 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact hautement significatif sur le taux de germination ($P \leq 0.01$), et aussi entre les variétés, mais entre l'interaction est significatif ($P \leq 0.05$), ($T \times V$) (Tab.11 Annexe 05).

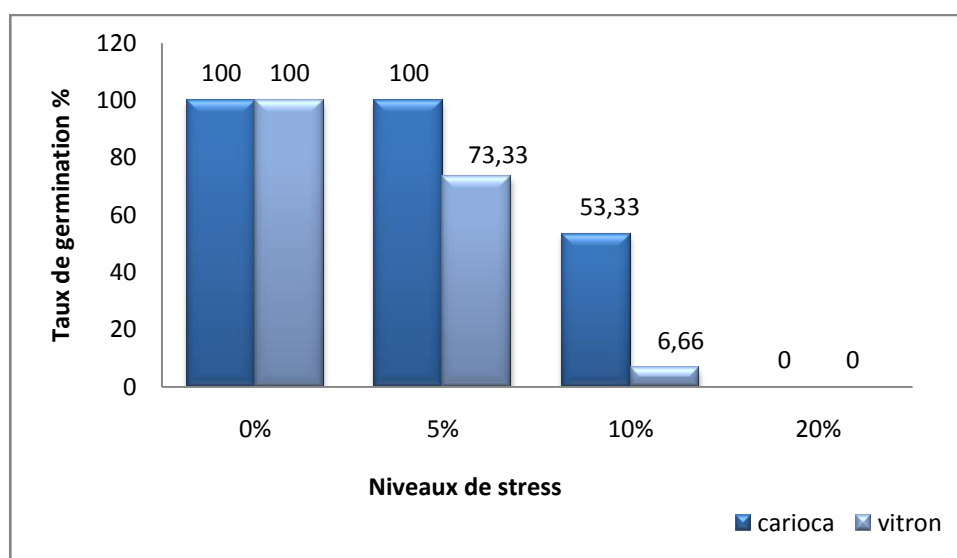


Fig n°15 : Variation des taux des germinations chez les deux génotypes de blé dur en fonction des concentrations du PEG

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 15), Le taux de germination chez le graine de la variété carioca est (100%) pour le témoin 0% de PEG et les grains qui germinées dans le milieu avec la concentration 5% de PEG, et (53,33%) pour 10% de PEG. Mais le milieu avec concentration 20% en PEG le taux de germination de graine de variété carioca très affecté par ce stress (Fig 15). Le taux de germination chez la variété vitron est (100%) pour le témoin 0% et (73,33 %) pour le milieu avec la concentration 5% de PEG, et (6,66%) pour le milieu avec la concentration 10% de PEG. Le taux de germination de graine de variété vitron très affecté par de concentration 20% de PEG (Fig 15).

II .2.1.2. Action de stress hydrique sur l'indice de germination

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau12 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact très hautement significatif sur l'indice de germination ($P \leq 0.001$), mais entre les variétés est hautement significatif ($P \leq 0.01$), et entre l'interaction ($T \times V$) est très hautement significatif ($P \leq 0.001$), (Tab.12 Annexe 05).

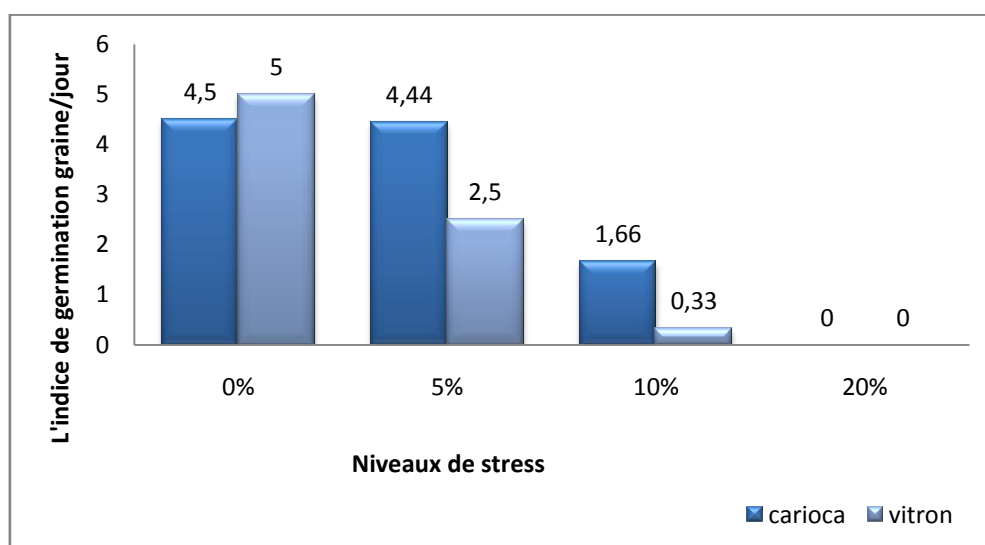


Fig n°16 : Variation des indices des germinations chez les deux variétés de blé dur en fonction des concentrations du PEG

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 16), l'indice de germination des différentes niveaux des stress 5, 10 et 20% de PEG sont affectée par le stress hydrique par comparaison avec le témoin chez les deux variétés, Révèlent que les valeurs des indices de germination de la variété carioca est de(4,5graine/jour) chez les témoins 0%, mais aux niveaux de stress 5% est(4,44graine/jour), et (1,66graine/jour) aux niveaux de stress 10% , aux niveaux de stress 20% la valeur égale(0 graine/jour). Chez la variété vitron des niveaux des stresses 5, 10 et 20% l'indice de germination sont affectée par le stress hydrique par comparaison avec le témoin0% (5graine/jour), les valeurs respectivement égale (2,5, 0,33 et 0 graine/jour).

II .2.2. Variation des paramètres morphologique

II .2.2.1. Action de stress hydrique sur la longueur de racine

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau13 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèlent que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact très hautement significatif sur la longueur des racines ($P \leq 0.001$), mais entre les variétés est hautement significatif ($P \leq 0.01$), et entre l'interaction ($T \times V$) est significatif ($P \leq 0.05$), (Tab.13 Annexe 05).

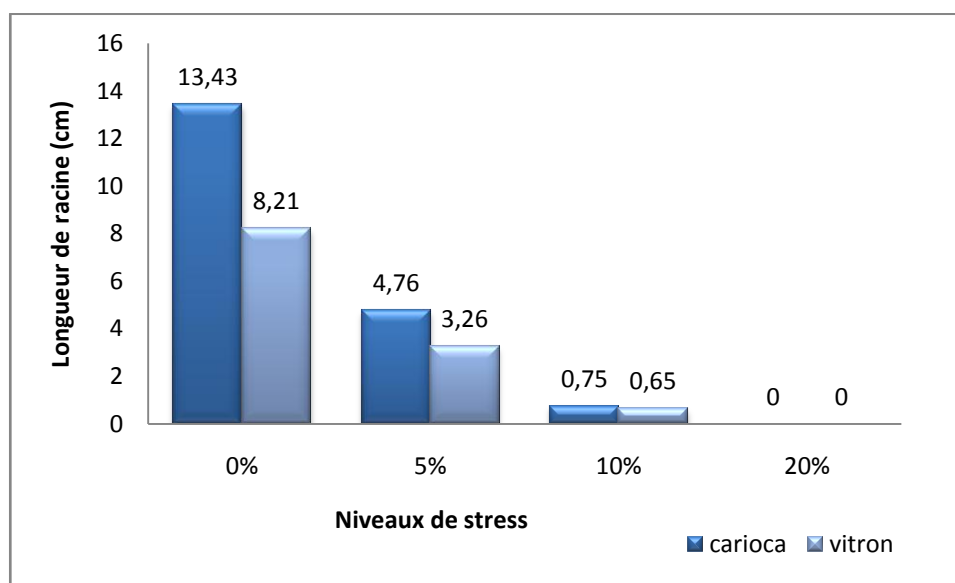


Fig n° 17 : Variation de longueur des racines chez les deux variétés de blé dur en fonction des concentrations du PEG

Les résultats des moyens, qui illustrés sur la (fig 17), En ce qui concerne la longueur des racines, la réponse des variétés évalués indique que sous stress de 5% de PEG, carioca et vitron sont sensibles au stress (Fig17). Sous stress 10% et 20% de PEG carioca et vitron présente la plus grande sensibilité, réduisant jusqu'à (0cm) de la longueur de son système racinaire aux niveaux de stress 20% de PEG. Les valeurs obtenues chez la variété carioca aux niveaux témoins 0% égale (13,43 cm), aux niveaux de stress 5% la longueur de racine égale (4,76cm), et au niveau de stress 10% la valeur égale (0,75 cm). Les valeurs obtenues chez les plantes vitron aux niveaux témoins égale (08,21 cm), et aux niveaux de stress 5% (3,26cm) ,10% la valeur égale (0,65cm).

II .2.2.2. Action de stress hydrique sur la longueur de feuille

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau14 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèle que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact hautement significatif sur les longueurs des feuilles ($P \leq 0.01$), et aussi entre les variétés et entre l'interaction ($T \times V$) (Tab.14 Annexe 05).

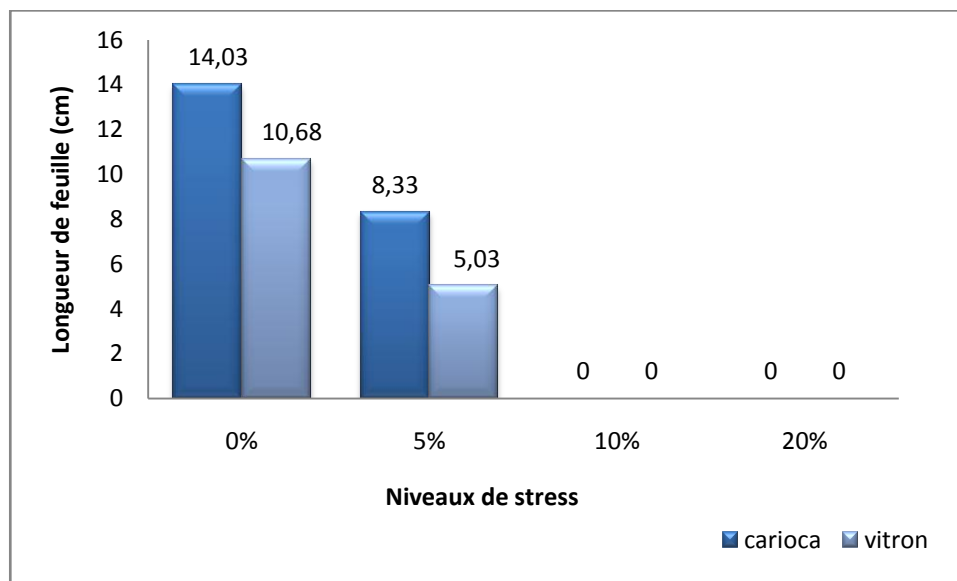


Fig n° 18 : Variation de longueur des feuilles chez les deux variétés de blé dur en fonction des concentrations du PEG

Les résultats des moyennes, qui illustrés sur la (fig18), la longueur des feuilles de niveaux de stress 5% sont affectée par le stress hydrique par comparaison avec le témoin, Révèlent que les valeurs de longueur des feuilles de la variété carioca sont de (14,03cm) chez les plantes témoins, mais aux niveaux de stress 5% de PEG sont (10,68cm). Chez la variété vitron les longueurs des feuilles de niveaux de stress 5% sont affectée par le stress hydrique par comparaison avec le témoin 0%, Révèlent que les valeurs des longueurs des feuilles de la variété vitron égale de (08, 33cm) chez les témoins, mais aux niveaux de stress 5% de PEG égale (5,03cm).

II .2.2.3. Action de stress hydrique sur le Nombre de feuille

Les résultats sont vérifiés par le test statistique (tableau15 Annexe 05) à l'aide de l'analyse de la variance, qui révèle que chez la variété carioca et vitron, le traitement de stress hydrique est impact très hautement significatif sur les nombres des feuilles ($P \leq 0.001$), mais entre les variétés est non significatif ($P > 0.05$), et aussi entre l'interaction ($T \times V$) (Tab.15 Annexe 05).

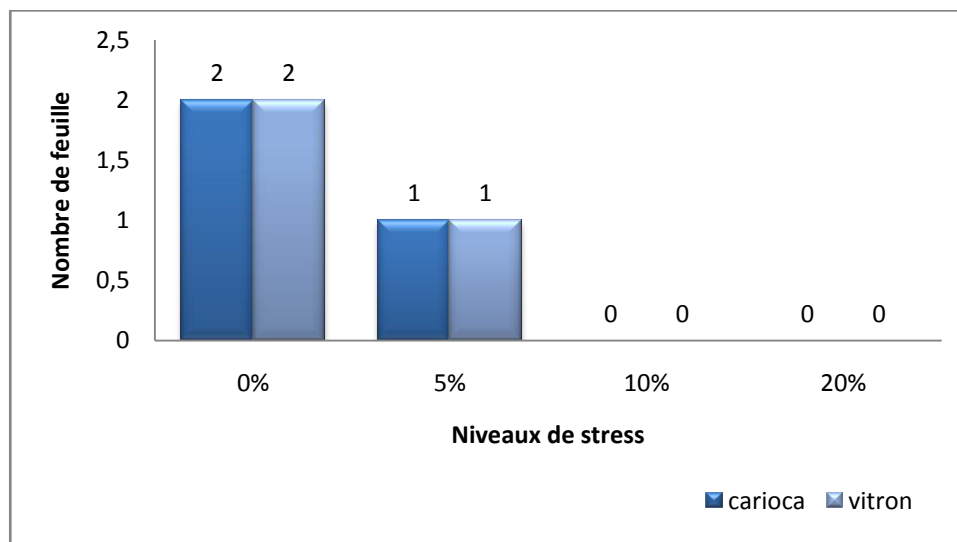


Fig n° 19 : Variation des nombres des feuilles chez les deux variétés de blé dur en fonction des concentrations du PEG

Les résultats moyens, illustrés sur la (fig 19), les nombres des feuilles des deux variétés de niveaux de stress 5% sont affectés par le stress hydrique par comparaison avec de stress 0% de PEG, mais aux niveaux de stress 10% et 20% les plantes est très sensibilité au stress. Révèlent que les valeurs des nombres des feuilles de la variété carioca et vitron sont égale de 2 feuille chez les plantes témoins, mais aux niveaux de stress 5% de PEG contient un seul feuille.

II .2.3. Discussion

Le stress hydrique peut être induit in vitro par ajout de divers produit au milieu nutritif. Parmi ces produits le Polyéthylène glycol (PEG). Il a pour effet la réduction du potentiel hydrique du milieu (Temagoult., 2009).

Les plantes répondent au déficit hydrique par des modifications morphologiques, physiologiques et métaboliques (Temagoult., 2009).

La tolérance au stress hydrique pendant la germination est un critère important pour l'identification de variétés de blé dur capables de supporter un déficit hydrique pendant la première phase de développement. En effet, la variété carioca est présentée de taux de germination supérieur à ceux de variété vitron, des différences génotypiques de sensibilité au stress hydrique, au stade de la germination, ont été signalées par (Millequant ., 1980).

Cette inhibition de la germination résulterait en particulier d'une difficulté d'hydratation des tissus, qui se répercute sur le processus d'élongation de la racine (Hegarty and Ross., 1978) et d'une difficulté de la pénétration de la molécule d'eau dans les graines, ce qui ne favorise pas l'ajustement osmotique (Manohar., 1966).

L'indice de germination diminue chez les deux variétés carioca et vitron, cette diminution correspond par l'augmentation de concentration de PEG. Pourraient avoir un effet négatif sur la croissance de la plante.

Rapportent que sous stress hydrique la longueur totale de la racine diminue chez le maïs et augmente chez le millet et le sorgho. Ils estiment ainsi qu'il existe une relation positive entre la longueur de la racine et la tolérance à la sécheresse (Temagoult., 2009).

Toutefois, si le stress est sévère (10 et 20% de PEG) on peut observer aussi un arrêt total du développement foliaire (longueur et nombre de feuille) chez les deux variétés carioca et vitron. Sous cette condition de stress, l'assimilation de l'eau par la plante est directement liée au degré de développement du système racinaire (Temagoult., 2009).

Il se traduit par une réduction de la hauteur et du diamètre de la tige, un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de feuilles et de la surface foliaire (Temagoult., 2009).

II.3. Discussion générale :

Dans la première partie de notre travail, nous avons déterminé les effets stress hydrique sur les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques ; où nous avons observé ainsi une diminution de ces paramètres.

Pour les teneurs en eau, nous avons mis en évidence une diminution de la teneur moyenne en eau des feuilles, La teneur en eau relative dans la feuille est un bon indicateur de l'état hydrique; elle diminue légèrement chez les variétés stressés.

Ainsi, il apparaît selon nos résultats que la partie aérienne est plus affectée que la partie racinaire. Pour s'adapter au manque d'eau et maintenir l'hydratation et la turgescence de ses tissus, la plante va faciliter l'entrée d'eau au niveau des racines. Soit en augmentant la conductivité hydraulique (composition membranaire) ou en effectuant un ajustement osmotique (contrôle des concentrations en solutés). Ces stratégies mises en œuvre pour maintenir l'homéostasie en condition de stress hydrique ou ionique sont consommatrices d'énergie et de ressources qu'elles détournent au dépend de la croissance (Dubois, 2005).

Selon plusieurs auteurs une baisse de la teneur en eau des organes de la plante est souvent notée lors d'un stress métallique (Barcelo et Poschenrieder, 1990 ; Pandolfini et al., 1992). Celle-ci est à la base d'une diminution de la pression de turgescence et de plasticité pariétale des cellules, responsable d'une activité mitotique faible donc d'une réduction de la croissance (Maroti et Bogner, 1991).

La diminution de l'activité photosynthétique, lors d'un stress hydrique, est en relation avec la fermeture des stomates (Tabaeizadeh, 1998). Selon les travaux de (Reichman, 2002), Les teneurs en chlorophylle a, b et totale ont été réduites sous une concentration élevée en Cu.

Dans ce travail nous nous sommes également intéressés à la teneur en proline en présence du stress hydrique ; nous avons ainsi mis en évidence une forte augmentation de ce paramètre connu comme étant un biomarqueur de stress.(Panda, 2003; Ben Khaled et al., 2003; Abdul, 2004 ; Leprince et al., 2004).

Ainsi, l'accumulation de la proline est le résultat de l'inhibition de l'assimilation du CO₂ (Viégas et Gomes Da Silveira, 1999) et l'augmentation du catabolisme des protéines (Viégas et Gomes Da Silveira, 1999 ; Lluch et al., 1995 in Ben khalled et al., 2003) et/ou une synthèse de nouveau de cet acide aminé.

Chez le blé, une grande accumulation de proline est corrélée à une diminution en pigments chlorophylliens totaux (a+b) et vice versa, et cette corrélation est négative pour ces deux paramètres. Ces résultats suggèrent l'existence d'une connexion vraisemblable entre les voies de biosynthèse des pigments chlorophylliens et de la proline. Une compétition entre ces deux composés sur leur précurseur commun, le glutamate, peut être à l'origine de cette évolution (Reddy et Veeranjanyulu, 1991, cités par Kavi Kishor1 et al., 2005).

De nombreuses études mettent en évidence une accumulation de teneurs élevées en sucres solubles chez différents types de plantes soumises à différents stress : hydrique (Mefti et al., 1998 ; Kameli et Losel, 1995) ; salin (Zid et Grignon, 1991), osmotique (Abdelkrim et al., 2005) et métallique (Bouchelaghem et al., 2011). Cette augmentation est en réalité un paramètre d'adaptation aux conditions de stress (Tahri et al., 1998), permettant de constituer une garantie pour le maintien d'une intégrité cellulaire élevée (Mefti et al., 1998).en effet, les sucres peuvent protéger les membranes et les protéines contre la déshydratation en incitant la formation d'une sorte de verre aux températures physiologiques (David et al., 1998). Le saccharose peut agir en tant que composé soluble compatible et son accumulation peut permettre d'éviter la cristallisation des molécules contenues dans la cellule. Elle limite donc les dommages au niveau des structures cellulaires.

L'accumulation des solutés organiques (sucres, proline) n'est autre qu'un phénomène d'adaptation au stress, permettant à la plante de maintenir sa turgescence par la diminution du potentiel hydrique, c'est une forme d'ajustement de son potentiel osmotique (Monneveux, 1991).

Dans la partie II de notre travail Nous avons déterminé les effets stress hydrique sur les paramètres germinatifs où nous avons observé ainsi une diminution de ces paramètres.

Conclusion

Conclusion

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les deux variétés de blé dur testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les variétés témoins et leurs stressés dans les deux expérimentations.

Lors du premier essai conduit sous serre, nous avons étudié la réponse de ces deux variétés de blé dur au stress hydrique (100, 75, 50 et 25 % de CR), par analyse de variance de quelques paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques. On a pu observer une diminution du nombre de feuille, longueur de feuille et de racine et la surface foliaire, de la teneur relative en eau, et diminution du taux de chlorophylle a, b et totale chez les deux variétés carioca et vitron. Accumulation de la proline, et des sucres solubles chez les deux variétés.

La corrélation entre la partie souterraine et aérienne est affectée par le stress hydrique : la diminution de la longueur des racines des deux variétés carioca et vitron impacté sur la longueur des feuilles.

La réduction de la surface foliaire chez les deux plantes testées, quand le stress hydrique est très important, est un mécanisme de réduction des besoins en eau. et provoqué la réduction de taux de chlorophylle totale.

Le stress hydrique a provoqué une diminution de la teneur relative en eau (TRE) chez les deux plantes testées carioca et vitron. Le stress hydrique induit une baisse dans la TRE et des taux de Chlorophylles a et b, inversement il provoque une augmentation de la proline chez la variété carioca.

La réponse biochimique, évaluée à travers le processus d'accumulation de proline et des sucres solubles des deux variétés carioca et vitron sous stress hydrique, a mis en évidence le caractère de ces deux variétés qui expriment leur capacité à synthétiser et accumuler de la proline et des sucres solubles. L'accumulation de ces composés organiques au niveau des feuilles est un phénomène lié aux régimes hydrique et aux variétés. Les deux variétés étudiées ont utilisé la même stratégie de tolérance vis-à-vis du stress hydrique. Sauf à la cour de dosage de proline la différence entre les deux variétés : carioca utilisé l'accumulation de proline pour la tolérance au stress mais la variété vitron utilise autre stratégie. Ainsi, carioca serait plus tolérant que vitron.

Les résultats d'accumulation des sucres solubles et la proline, permettent de conclure que le stress hydrique modifie la composition biochimique des organes.

La deuxième partie de ce travail a consistée en l'étude comparative de quelques paramètres physio-morphologique de germination (taux et l'indice de germination) et morphologiques (Longueur de racine et de feuille, et nombre de feuille) sous contrainte hydrique artificielle stimulée in vitro par le PEG des différentes concentrations (0%, 5%,10% et 20%). Les résultats obtenus dans les paramètres physiologie de germination sont affecté par le stress. Les paramètres morphologique confirment l'hypothèse émise dans la première partie, les variétés se sont comporté d'une manière plus ou mois proche du premier essai.

Donc en conclue que les deux variétés utilise le même stratège pour tolérance au stress hydrique mais la variété carioca plus tolérance que la variété vitron dans les deux expériences.

Perceptive :

- ✓ Utiliser autre variétés.
- ✓ Étudier le rendement.
- ✓ Proposer une étude jusqu'au stade graine.
- ✓ De compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables.

Référence Bibliographique

1. **Abdelkrim F., Djebbar R. et Aid F., 2005.** Effet d'un stress osmotique sur la germination et le début de croissance de deux variétés de colza : Brassica napus L. Eurol et Goeland. 1er Colloque Euroméditerranéen de Biologie Végétale et Environnement, Annaba 28-30 novembre 2005.
2. **Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A. & Slafer., 2008.** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *Europ. J. Agronomy*. **28**. 541-550p.
3. **Albouchi A., Sebei H., Mezni M. Y. & EL Aouni M. H., 2000.** Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. *Annales de l'INRGRF*. **4** : 138- 61p.
4. **Amokrane A ., 2001.** Evaluation et utilisation de trois sources de germoplasme de blé dur (*triticum durum* Desf). Thèse de magister, Institut d'agronomie, université colonl ElHadj LaKdar, Batna, p80.
5. **Anonyme., 2006.** Les marchés mondiaux du blé. *USDA*. http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux_2006.pdf. (25.05.2008/11:37).
6. **Bajji M., 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ . Louvain. (Mémoire Mouellef A., 2010).37p
7. **Bajji M., Lutts S. & Kinet J-M. 2001.** Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci*. **160** : 669 -681p.
8. **Barcelo J. Poschenrieder C., 1990.** Plant water relations as affected by heavy metal stress: A review. *Journal of Plant Nutrition* ; Vol/Issue: 13:1; 1-37.
9. **Barrs H., 1968.** Determination of water deficit in plant tissues. In: *Water Deficit and Plant Growth*. **Koslowski T.** Academy Press. New York. 235-368 p.
10. **Baziz K., 2004.** La culture *In vitro* appliqué aux rosiers : Micropropagation de *Ros canina*. L.Thèse de Magistère. Univ. Constantine. (Mémoire Mouellef A., 2010).31p
11. **Ben Naceur M., Rahmone C., Sdiri H., Meddahi M.L., Selmi M., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en de quelques variétés maghrébines de blé. *Secheresse*. Vol. 3, 167-174.
12. **Blum A., 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. **20**: 135 - 148 p.

13. Bois G., 2005. Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin
14. Bouchelaghem S., 2012. Contribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en algérie (NPK) sur la croissance le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétale blé dur . Thèse de doctorat. Univ. Constantine.
15. Bouchelaghem S. Djebbar Berrebbah H. Djebbar M.R. 2001. The impact of dust emits by the steel complex of El Hadjar (ANNABA) on two biological models: Mousses and lichens. African Journal of Biotechnology Vol. 10(18), 3574-3578
16. Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun A., 2009. Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*). World Journal of Agricultural Sciences 5. 5: 609 -616 p.
17. Cechin I., Rossi S.C., Oliveira V.C. & Fumis T.F., 2006. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. *PHOTOSYNTHETICA* .44 (1): 143-146p.
18. Cides ., 1999 . Cahier de références techniques. Micropropagation pour l'entreprise sericole. 53p
19. Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R., 2005. L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
20. Chellali B., 2007. Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.
21. Clark J.M., Norvell W.A., Clark 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*. 82 : 27-33 p.
22. David M.M., Coelho D., Bannote I., and Correia M. J., 1998. Leaf age effects on photosynthetic activity and sugar accumulation in droughted and rewatered *Lupinus albus* plants. *Aust. J. physiol* .25: 299-306.
23. Debaeke P., Cabelguenne M., Casals ML. & 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*.16: 25 - 46 p.
24. Deepika M. & Anil G., 1999. Transcript proline, pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* .372: 13 -19 p
25. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton P.A., Ruberg A. & Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*.28.3:350-356p.

- 26. Dubos C., 2001.** Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse de doctorat. Univ. Henri Poincaré, Nancy-I. France.
- 27. El Jaafari S., 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimiques de résistance à la sécheresse chez le blé. Thèse de doctorat. Univ. Gembloux. Belgique: 214p.
- 28. Ernez M. Lannoye R., 1991.** Quantification des désordres photosynthétiques chez la plante stressée: aspects conceptuels et méthodologiques, L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : 9-23.
- 29. FAO., 2007.** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>.
- 30. Ferryra R., Sellés G., Ruiz R.S. & Sellés I.M., 2004.** Effect of water stress induced at different growth stages on grapevine cv. Chardonnay on production and wine quality. *Acta Hort.*664: 233- 236p.
- 31. Feillet P., 2000.** Le grain de blé : composition et utilisation. *INRA*. Paris.
- 32. Fraser TE, Silk WK. and Rost TL., 1990.** Effect of low water potential on cortical cell length in growing region of maize roots. *Plant Physiology* 93: 648-651.
- 33. Haddad S., 2001.** Contribution à l'étude de l'influence du nitrate du plomb sur les paramètres physiologiques et biochimiques du blé (*Triticum durum*) : thèse de magistère. Dept de Biologie. Université Annaba 128 p.
- 34. Hegarty TW. And Ross HA., 1978.** Differential sensitivity to moisture stress of seed germination and seedling radicle growth in calabrese (*Brassica oleracea var. italica*) and cress (*Lepidium sativum*). *Annals of Botany* 42: 1003–1005
- 35. Heller, R. , 1990.** Abiégré de physiologie végétale. Tom 2. Développement 4^{ème} édition.
- 36. Hikosaka K., Ishikawa K., Borjigidai A., Muller O. & Onoda Y., 2006.** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* **57**: 291-302 p.
- 37. Hireche., 2006.** Réponse de la luzerne *Médicago sativa* (L) au stress hydrique et à la profondeur du semis. Thèse de Magister. Univ. *EL Hadj Lakhdar*. Batna :83 p.
- 38. Hopkins., 2003.** Physiologie végétale. Ed. Révision scientifique de Charles. Marie Evard. P 23-453
- 39. Hoagland and Arnon., 1950.** The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. THIS EDITION includes a discussion of general principles underlying the use of ALL methods for growing plants without soil. 08 p
- 40. HURD E.A., 1974.** Phenotype and drought tolerance in wheat. *Agric. Meteorol.*, 14: 39-55.

41. JACKSON WT., 1962. use of carbowaxes (polyethylene glycols) as osmotic agents. *Plant physiol.* 37: 513-519.
42. Jing R.L., Chang X.P. 2003. "Genetic diversity in wheat (*Triticum aestivum*) germplasm resources with drought resistance", *Acta of Botanic Boreal-Occ Sin.* 23, pp. 410-416.
43. Kadi Z., 2012. selection de l'orge (*hordeum vulgare* l.) pour la tolerance aux stress abiotiques .Thèse de Doctorat
44. Karima K., Louhichi B., 2012. Réponse Physiologique au Stress Hydrique de Variétés de Blé Tendre (*Triticum Aestivum* L.) Cultivées en Algérie
45. Kasuga M., Liu Q., Miura S., 1999. "Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single-inducible transcription factor". *Natueral Biotechnology* 17, pp.287- 291. 35,299-319.
46. Kemeli, A., and Losel, D.M., 1996. Growth and sugar accumulation in durum wheat under water stress. *New phytol.* 132: 57-62.
47. Laala Z.,2010. Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sous conditions semi-arides. L.Thèse de Magistère. Univ. ferhat abbas-setif ufas (algerie).
48. Larcher W., 2001. Physiologie plant ecologie. 4the edition .Ed. Based on the translation of the third edition. P 350
49. Lebon E., Pellegrino A., Tardieu F. & Lecoœur J., 2004. Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of Botany.* 93 : 263 -274 p.
50. Lemzeri h., 2006. Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre Acacia, Eucalyptus et Schinus (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*) soumises à un stress salin. Thèse de Magistère Université Mentouri Constantine
51. Manohar MS., 1966. Effect of osmotic systems on germination of peas. *Planta* 71 : 81-86.
52. Maydup M.L., Antonietta M., Guiamet J.J., Graciano C., Lopez J.R., Tambussi E.A. 2010. "The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.)" *Field Crops Research* 119, pp. 48-58.
53. Mefti M., Abdelguerfi A. et Chebouti A., 1998. Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. *Science* (5) : 173-176.
54. Millequant A., 1980. Contribution à la connaissance des réactions morphologiques, physiologiques et biochimiques de jeunes plants de deux hybrides de maïs soumis à une contrainte hydrique modérée et momentanée. Thèse de doctorat, INAPG(Paris).

- 55. Morgan, J.M., 1984.** Osmoregulation and water stress in higher plants. *Plant Physiol.*; 35,299-319.
- 56. Mouellef A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique. Thèse de Magistère Université Mentouri Constantine
- 57. Mouna e, Said m, Mounsif b, Nasserelhaq n.,2010.** Effet du stress hydrique sur la répartition ionique dans les feuilles et les racines du blé dur (*Triticum Durum*)
- 58. Ouvrard o. cellier f. ferrare k. tousch d. lamaze t. dupuis j. m. et casse-delbart f., 1996.** Identification and expression of water stress and abscisic acidregulated genes in a drought-tolerant sunflower genotype. *Plant molecular biology.*, 31:819-829.
- 59.Panda S. K., 2003.** Heavy-metal phytotoxicity induces oxidative stress in a moss, *Taxithellium* sp. *Science.* 84(5), 10: 631-633.
- 54. Pfeiffer W.H., Sayre K.D. & Reynolds M.P., 2000.** Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. *Options méditerranéennes* .
- 60. Rasio A., Sorrentinio G., Cedola M.C., Pastore D. & Wittner G., 1987.** Osmotic and elastic adjustment of durum wheat leaves under stress conditions. *Genetic Agr.* **41**: 427 - 436 p.
- 61.Reichman S.M., 2002.** The Responses of Plants to Metal Toxicity: A review focusing on Copper, Manganese and Zinc. The Australian Minerals & Energy Environment Foundation.157pp.
- 62. Richard R.A. et Passioura J.B., 1981.** Seminal root morphology and water use of wheat. II.Genetic variation. *Crop Sci.* 21: 253-255.
- 63. Savouré A., Jaoua S., Hua XueJun., Ardiles W., Van Montagu M. & Verbruggen N., 1995.**Isolation, characterization, and chromosomal location of a gene encoding the DELTA 1-
- 64. Scofield T., Evans J., Cook M.G. & Wardlow I.F., 1988.** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat.*Aust.J. Plant physiol.* **4**: 785 - 797 p.
- 65. Soltner D., 1998.** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.
- 66. Steuter A. A., 1981.** Water potential of aqiuus polyethylene glycol. *Plant Physio.*, 67: 64-67.
- 67.Tabaeizadeh Z., 1998.** Drought-induced responses in plant cells. *Int Rev Cytol*, 182: 193-247.
- 68.Tahri E., Belabed A. & Sadki K., 1997.** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat.***21**: 81 - 89 p.

- 69. Temagoult M., 2009.** Analyse de la variabilité de la réponse au stress hydrique chez des lignées recombinantes de Tournesol (*Helianthus annuus* L.) Thèse de Magistère Université Mentouri Constantine
- 70. Thakur ps et Rai vk., 1982.** Effect of water stress on protein content in two maize cultivars differing in drought resistance. *Biologia Plant* (Praha); 24 : 96-100.
- 71. Troll, W. et Lindesly, J., 1955.** A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem.* (215): 655-660.
- 72. Wang W.X., Vinocur P., Altman A., 2003.** “Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance”, *Planta*, 218, pp. 1-14.
- 73. Wilfried C., 2005.** Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Sci* 168 : 241-248.
- 74. Zerrad W., Hillali S., Mataoui B., El Antri S. & Hmyene A., 2006.** Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Biochimie, Substances naturelles et environnement. Congrès international de biochimie. Agadir.*
- 75. Zid E., Grignon C., 1991.** Tests de sélection précoce et résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique, L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux aride. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris. 91-108.

Annexe

Annexe.01

Taxonomie et classification des *Triticum*

Taxonomie (Feillet, 2000)

Embranchement Spermaphytes

Sous Embranchement Angiospermes

Classe Monocotylédones

Ordre Poales

Famille Poaceae

Sous-famille Festucoideae

Tribu Triticeae

Sou-Tribu Triticineae

Genre *Triticum*

Espèce *Triticum durum* Desf.

Classification des *Triticum*

Espèces que l'on peut classer d'après le nombre de leurs chromosomes.

Groupe possédant $2n=14$ chromosomes.

Groupe possédant $2n=28$ chromosomes (tétraploïdes).

Groupe possédant $2n=42$ chromosomes (hexaploïdes).

Les génotypes étudiés et leurs origines

Variété	Origine	Année d'inscription
Vitron	Espagne	1997
Carioca	France	2005

Annexe.02

Méthode de calcul de la capacité de rétention

Dans un pot perforé à sa base (P0), on met 100 g de mélange de sable et le terreau servant à notre expérimentation (P1), puis on verse l'eau distillée dans ce pot jusqu'à saturation. Ce pot paillasse pendant 24 heures. Après cette durée de temps, le pot est repesé (P2).

$$\checkmark P0 = 4 \text{ g}$$

$$\checkmark P1 = 100 \text{ g}$$

$$\checkmark P2 = 184 \text{ g}$$

$$CR = (P2 - P1) - P0 = (184 - 100) - 4, 0 = 44 \text{ g}$$

La capacité de rétention pour 100 g de substrat est égale 44 ml.

Calcul de la capacité de rétention CR pour le substrat/ pot (2V sable/V terreau = 300 g)

$$44 \text{ ml} \ll 100 \text{ g}$$

$$CR \text{ ml} \ll 300 \text{ g}$$

$$CR = (300 \times 44) / 100 = 132 \text{ ml.}$$

Calcule de la capacité de rétention à 75 % et 50 % et 25%

❖ Pour 75%

$$132 \text{ ml " } 100 \%$$

$$CR_{75} \% \text{ ml " } 75 \%$$

$$CR_{75} \% = (132 \times 75) / 100 = 99 \text{ ml}$$

❖ Pour 50%

$$132 \text{ ml " } 100\%$$

$$CR_{50} \% \text{ ml " } 50\%$$

$$CR_{50} \% = (132 \times 50) / 100 = 66 \text{ ml}$$

❖ Pour 25%

$$132 \text{ ml " } 100\%$$

$$CR_{25} \% \text{ ml " } 25\%$$

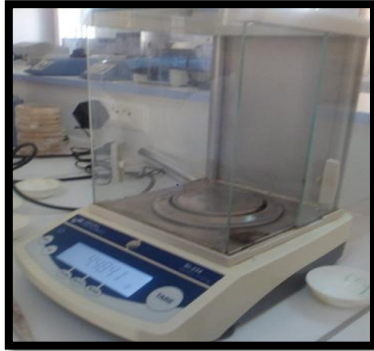
$$CR_{25} \% = (132 \times 25) / 100 = 33 \text{ ml}$$

La capacité de rétention à 75 % et 50 % et 25% est égale 99 et 66 et 33 ml respectivement pour 300 g de substrat.

Annexe.03

Photothèques

Les différentes matérielles utilisées :



Balance



Plaque chauffant



Autoclave



Bain marie



La hotte



Chambre de culture

Deux expériences étudiées :



Photos. 01 : Mise en place de l'expérience (Sous serre). un Semaine Avant le stress



Photos. 02 : Mise en place de l'expérience (Sous serre). 30 jours Après le stress



Photo : 03 Mise en place de l'expérience (In vitro). Durée un jour



Photo : 04 Mise en place de l'expérience (In vitro). Durée 15 jours

Annexe.04

Milieu de culture (Murashige et Skoog)

Tableau : Composition de milieu (MS) de la culture *in vitro* (pour les deux lots).

Milieu de germination et de culture des graines de blé dur (Murashige et Skoog, 1962)

	Concentration (mg par litre)	finale	Volume à ajouter (ml par litre)
Macroéléments			
NH ₄ NO ₃	1 650		50
KNO ₃	1 900		
CaCl ₂	440		
MgSO ₄	370		
KH ₂ PO ₄	170		
Microéléments			
H ₃ BO ₃	6.2		10
MnSO ₄ -H ₂ O	22.3		
ZnSO ₄ -7H ₂ O	8.6		
CoCl ₂ -6H ₂ O	0.025		
CuSO ₄ -5H ₂ O	0.025		
Na ₂ MoO ₄ -2H ₂ O	0.25		
KI	0.83		
Vitamines			
Acide nicotinique	0.5		10
Pyridoxine HCl	0.5		
Thiamine HCl	0.1		
Glycine	2.0		
Myo-inositol	100		
Fer			
Na ₂ EDTA	37.3		10
Fe SO ₄ -7H ₂ O	27.8		
Gélifiant			
Agar			10 000 mg
Sucres			
Saccharose			30 000 mg
PH ajusté à 5,6			
PEG 300 (Pour le lot traité)			70 000 mg

Annexe.05

Partie I (in vivo)

Tab.01 : Comparaison des moyennes des nombres des feuilles obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	5,79166667	1,930555556	9,266666667	0,000	3,2388715	***
V	1	1,04166667	1,04166667	5	0,039	4,4939984	*
Int T × V	3	1,45833333	0,486111111	2,333333333	0,112	3,2388715	NS

Tab.02 : Comparaison des moyennes de longueur des feuilles obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	198,615012	66,20500417	24,95974822	0,000	3,238871522	***
V	1	0,940104167	0,940104167	0,354425826	0,55	4,493998418	NS
Int T × V	3	2,898545833	0,966181944	0,36425733	0,77	3,238871522	NS

Tab.03 : Comparaison des moyennes de longueur des racines obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	254,464446	84,8214819	40,98266583	0,000	3,238871522	***
V	1	3,9609375	3,9609375	1,913781441	0,18	4,493998418	NS
Int T × V	3	0,40234583	0,13411528	0,064799641	0,97	3,238871522	NS

Tab.04 : Comparaison des moyennes de surface foliaire obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	78,0820124	26,0273375	11,0062456	0,000	3,23887152	***
V	1	10,0898866	10,0898866	4,26673572	0,05	4,49399842	*
Int T × V	3	2,27448189	0,75816063	0,32060529	0,810	3,23887152	NS

Tab.05 : Comparaison des moyennes de la teneur relative en eau à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	3815,28248	1271,76083	7,2155815	0,01	4,06618056	**
V	1	4079,15609	4079,15609	23,1438826	0,000	5,31765506	***
Int T × V	3	769,909647	256,636549	1,45607719	0,29	4,06618056	NS

Tab. 06 : Comparaison des moyennes en chlorophylle(a)obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	123,393633	41,1312109	27,4161369	0,0001	4,06618056	***
V	1	6,98904394	6,98904394	4,65856905	0,06	5,31765506	NS
Int T × V	3	99,8401216	33,2800405	22,1829149	0,0003	4,06618056	**

Tab.07 : Comparaison des moyennes en chlorophylle (b) obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	15,1713963	5,05713209	0,50457395	0,68	4,066180557	NS
V	1	26,3875361	26,3875361	2,63280908	0,14	5,317655063	NS
Int T × V	3	32,9245863	10,9748621	1,09501381	0,40	4,066180557	NS

Tab.08 : Comparaison des moyennes en chlorophylle (a+b) obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	392,63705	130,879017	19,3228857	0,0005	4,06618056	***
V	1	83,502313	83,502313	12,3282226	0,007	5,31765506	**
Int T × V	3	222,261681	74,0872271	10,9381859	0,003	4,06618056	NS

Tab.09 : Comparaison des teneurs moyennes en proline obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	0,19438241	0,06479414	0,72474503	0,56	4,06618056	NS
V	1	0,08315488	0,08315488	0,93011634	0,36	5,31765506	NS
Int T × V	3	1,31686466	0,43895489	4,90986364	0,03	4,06618056	*

Tab.10 : Comparaison des teneurs moyennes en sucres solubles obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	0,47410511	0,15803504	3,80822002	0,08	4,066180557	NS
V	1	0,64784626	0,64784626	15,6113554	0,004	5,317655063	**
Int T × V	3	0,00864899	0,002883	0,06947247	0,97	4,066180557	NS

Partie II (in vitro)

Tab.11 : Comparaison des moyens taux de germinations obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	40050	13350	53,4	0,01	3,23887152	**
V	1	2016,66667	2016,66667	8,06666667	0,01	4,49399842	**
Int T × V	3	2316,66667	772,22222	3,08888889	0,05	3,23887152	*

Tab.12 : Comparaison des indices des germinations obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	86,1311125	28,71037083	119,2353043	0,001	3,23887152	***
V	1	2,891204167	2,891204167	12,00728512	0,003	4,49399842	**
Int T × V	3	5,815279167	1,938426389	8,050361372	0,001	3,23887152	***

Tab.13 : Comparaison des moyennes de longueur des racines obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	469,312246	156,437415	66,1686984	0,000	3,238871522	***
V	1	16,9176042	16,9176042	7,15567849	0,01	4,493998418	**
Int T × V	3	27,2406792	9,08022639	3,84068453	0,03	3,238871522	*

Tab.14 : Comparaison des moyennes de longueur des feuilles obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	640,608013	213,536004	174,827099	0,01	3,23887152	**
V	1	16,5834375	16,5834375	13,577262	0,002	4,49399842	**
Int T × V	3	16,5848458	5,52828194	4,52613834	0,01	3,23887152	**

Tab.15 : Comparaison des moyennes des nombres des feuilles obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux deux variétés de blé dur.

Source	ddl	SC	CM	Fobs	P	Valeur critique pour F	
T	3	14,125	4,70833333	113	0,000	3,23887152	***
V	1	0,04166667	0,04166667	1	0,33	4,49399842	NS
Int T × V	3	0,125	0,04166667	1	0,41	3,23887152	NS

T = niveau de stress ; **V**= variété ; **Int T×V** = interaction (T×V). ***P** ≤ 0,05, ****P** ≤ 0,01, *****P**≤0,001 : Respectivement significative, hautement significative et très hautement significative ; **P**>0.05 NS: non significative. **ddl** : degré de liberté, **SCE** : somme des carrées des écarts, **CM** : carré moyenne, **Fobs** : observé, **P** : Probabilité

Contribution à l'étude de la tolérance au déficit hydrique du blé dur (*Triticum durum Desf*).

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) : carioca et vitron. Dans la première partie, on a étudié différents paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques sous quatre niveaux d'irrigation (100, 75, 50 et 25 % de la CR). Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction du nombre des feuilles et longueur des feuilles et racines et surface foliaire, une diminution de la teneur relative en eau, et du taux de la chlorophylle totale. Et une accumulation de la proline et des sucres solubles sont enregistrées. Dans la deuxième partie, on a étudié les paramètres physio morphologiques de germination sous quatre niveaux de stress (0, 5, 10 et 20 % de PEG(300)). La durée de cette expérience quinze jours. Les résultats obtenus sont une réduction de taux et l'indice de germination et nombre des feuilles et longueur des feuilles. L'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les deux variétés mais à des degrés différents.

Mots clés : Stress hydrique, tolérance, blé dur, morphologie, physiologie, biochimie, culture *in vitro*, PEG.

دراسة مساهمة حول تحمل القمح الصلب (*Triticum durum Desf*) للإجهاد المائي

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الإجهاد المائي وتنوع استجابة عند صنفين من القمح الصلب كاريوكا و فيترون. في الجزء الأول، درسنا مختلف الصفات المورفولوجية والفزيولوجية والبيوكيميائية تحت تأثير أربعة مستويات من الري (100، 75، 50 و 25% من السعة الحقلية)، النتائج بينت أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض في عدد الأوراق وطول الورقة والجذور ومساحة الورقة و انخفاض المحتوى المائي النسبي ونسبة الكلوروفيل الكلي. ونسجل تراكم السكريات و البرولين. في الجزء الثاني، درسنا الصفات الفيزيومورفولوجية للإنبات في مستويات مختلفة من الضغط الأسموزي (0، 5، 10 و 20% PEG (300)). النتائج بينت انخفاضاً في معدل ومؤشر الإنبات وكذلك في عدد الأوراق وطول الأوراق والجذور. أظهرت الدراسة أن الصنفين كان لهما نفس آليات الاستجابة للإجهاد الأسموزي لكن بدرجات متباينة.

كلمات المفتاح : الإجهاد المائي، القمح الصلب، مورفولوجي، فزيولوجي، بيوكيميا، في المختبر، PEG.

Contribution study of tolerance on water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*.)

Abstract:

The objective of this work is to study the effect of water stress and variability of response in two varieties of durum wheat (*Triticum durum Desf*) carioca and vitron.

In the first part, we studied different morphological, physiological and biochemical parameters under four irrigation levels (100, 75, 50 and 25% C R), The results show that water stress caused a reduction in the number of leaf , leaf and root length and leaf area decreased relative water content and the rate of total chlorophyll. And accumulation of praline and soluble sugars are stored. In the second part, we studied physiomorphological of germination in osmotic stress levels (0, 5, 10 and 20% PEG (300)). The results illustrate reduced in rate and indices of germination and number of leaves and leaf length. The study showed that water stress causes the same mechanisms of response in both varieties, but with different degrees.

Keywords: Water stress, tolerance, durum wheat, morphology, physiology and biochemistry, in vitro culture, PEG