

## Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes physiologiques et biochimiques d'adaptation chez huit géotypes de blé dur (*Triticum Durum* DESF)

Lakhdar Morsli<sup>1</sup> et Louhichi Brinis<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Centre Universitaire d'El Tarf, Algérie.

<sup>2)</sup> Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000, Algérie.

Accepté le 13/12/2009

### ملخص

اختبر القمح الصلب تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي، وذلك بهدف التعرف على بعض الآليات الفسيولوجية والبيوكيميائية لظاهرة التحمل. وتظهر النتائج أن هناك تنوع في الاستجابات الوراثية التي تتبع إما عن تكيف اسموزي، أو نتيجة تراكم كبير من المستقبيلات الاسموزية. إنه حمض البرولين خاصة بين الأصناف المحلية (الهقار والواحة) أو من مصدر طاقوي هام (كمية صبغة الكلوروفيل كما هو الحال في M.1084). هذه النتائج تظهر كم هي مفيدة وهامة على حد سواء لأداء اختبار التنبؤية في مرحلة الإنبات لتحديد آليات التكيف. سمحت هذه النتائج في نهاية المطاف لإعداد برنامج التحسين الجيني مع معرفة أكثر دقة وتفصيلا على المورثات التي تمثل أساس الاختيار.

**الكلمات المفتاحية:** قمح صلب؛ إجهاد مائي؛ فسيولوجيا؛ تأقلم.

### Résumé

Un essai de blé dur a été conduit sous différents niveaux de stress hydrique ; l'objectif étant d'identifier quelques mécanismes physiologiques et biochimiques de tolérance. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une diversité dans les réponses génotypiques. Celles-ci sont soit l'expression d'un ajustement osmotique à travers un certain statut hydrique, soit d'une accumulation importante d'osmoprotecteurs. Telle la proline notamment chez les variétés locales (Hoggar et Waha) ou bien d'un statut énergétique important (teneurs en pigments chlorophylliens comme c'est le cas chez M.1084). Ces résultats montrent à quel point il est utile et important à la fois de procéder à des tests prédictifs au stade juvénile de la plante pour l'identification de mécanismes d'adaptation ou d'accommodation. Ces résultats permettent enfin d'aborder un programme d'amélioration génétique avec en plus une connaissance fine et précise des géotypes ; la sélection en dépend.

**Mots clés :** Blé dur; stress hydrique; physiologie; adaptation.

### Abstract

A trial of durum wheat was conducted under different levels of water deficit, the objective being to identify some physiological and biochemical mechanisms of tolerance. Results have shown diversity in the genotypic responses. These are the expression of either an osmotic adjustment to a water status, or an important accumulation of osmoprotectors such as proline, especially for local varieties (Hoggar and waha), or important energetic status (chlorophyll content as shown in M1084). These results show to what extent it is useful and important as well, to proceed to predictive tests at juvenile stage of the plant in order to identify accommodation and adaptation mechanisms. These results allow us to initiate a plant breeding program with deepest knowledge on the genotypes; selection is depending upon that.

**Key words:** durum wheat; water stress; physiology; adaptation.

## 1. INTRODUCTION

Si le progrès génétique et l'amélioration des techniques culturales ont contribué à une augmentation des rendements, il n'en est malheureusement pas de même pour la résolution d'un certain nombre de problèmes qui sont liés aux facteurs de l'environnement, posés en termes de stress biotiques et abiotiques. Ainsi, malgré quelques acquis en matière de recherche, l'autosuffisance alimentaire reste un objectif difficile à atteindre.

L'amélioration du rendement passe par la création variétale et la sélection de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptation aux contraintes environnementales. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques figure parmi les plus importants.

L'interaction génotype/milieu impose le zonage variétal et situe l'impact de l'environnement sur le rendement [1].

L'adaptation variétale s'exprime selon [2] comme une réponse à la contrainte imposée par une succession de modifications au niveau cellulaire, subcellulaire et moléculaire qui sont dépendants des potentialités génétiques.

Monneveux et al. [3] renvoie à l'idée du calage phénologique déjà cité par [4]. L'existence de conditions environnementales propices doit permettre selon [5-6] une pleine expression des différentes composantes du rendement.

La sélection indirecte, dite prédictive, à partir de traits au stade juvénile s'avère être selon plusieurs auteurs une approche plus efficace pour l'obtention de génotypes adaptés [7-10].

Selon [11], l'objectif principal reste l'évaluation du type idéal (ideotype) et constitue une voie d'approche rigoureuse pour une meilleure productivité dans les des conditions environnementales spécifiques.

[12] identifient le polymorphisme variétal de la résistance à la sécheresse et

démontrent qu'il n'y a pas de comportement isolé de la variété.

Le déterminisme génétique des caractères morphophysologiques a été cité par certains auteurs [10, 14, 15, 16] et l'héritabilité de ces caractères a été évaluée.

La transgressivité de certains caractères intéressants les traits de tolérance au stress hydrique notamment ont été rapportés par [10].

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Matériel végétal

Huit variétés d'origine diverse ont été utilisées (Tab. 1)

*Tableau 1. Caractéristiques variétales.*

	Variété	caractéristiques
V1	Ada/ Dvi// Simito	variété italienne, semi-naine, tardive.
V2	M.B.B//La hn «s»	croisement entre une variété algérienne MedBenbachir avec une variété syrienne.
V3	Hedba// Awl2/Bit	croisement avec une variété algérienne, syrienne et mexicaine; paille moyenne, résistante aux maladies
V4	WAHA	Sélection de l'Icarda (syrie) ; très bonne productivité ; paille courte lignée sélectionnée à l'Icarda,
V5	M. 1084	d'origine marocaine ; paille courte, bonne productivité
V6	Deraa	variété de l'Icarda ; paille courte, précoce, bonne productivité.
V7	Ada/ Pri// Offanto	variété italienne ; paille haute, productivité moyenne.
V8	Hoggar	sélection algérienne, semi-naine, haute productivité.

### 2.2 Dispositif expérimental

L'essai a été installé en serre selon la méthode de randomisation totale avec trois répétitions par traitement et par variété

## 2.3 Traitements

Deux niveaux de stress hydrique ont été imposés et ont été comparés à un témoin (sans déficit hydrique) :

-**T<sub>0</sub>**: témoin correspondant à la capacité au champ soit environ 500ml/pot.

-**T<sub>1</sub>**: correspond un déficit hydrique moyen soit équivalent à environ 300ml/pot .

-**T<sub>2</sub>**: correspond au stress prononcé et équivalent à environ 150ml /pot.

## 2.4 Analyses effectuées

Les prélèvements d'échantillons ont été faits à partir de plantules au stade « 5 feuilles ».

### - Rendement en biomasse

Le poids de la matière fraîche et de la matière sèche a été évalué pour chaque traitement et a concerné la partie aérienne du végétal ainsi que la partie racinaire.

Le ratio R/C(racine/coléoptile) a aussi fait l'objet d'analyse ; ce paramètre étant considéré par les physiologistes comme un trait fiable de tolérance au stress hydrique .

### - Rendement en pigments chlorophylliens

La méthode Arnon et *al* [19] a été utilisée.

### - Turgescence cellulaire

La méthode de [17] a été privilégiée à cet effet. Elle renvoie vers les poids respectifs de la matière fraîche, matière sèche et matière à la turgescence .

Formule du RWC

$$\text{RWC} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{RW} - \text{DW}} \times 100$$

PF: poids frais

PS: poids sec

RW: poids à turgescence

DW: poids sec de la feuille à la turgescence

### - Accumulation d'un osmoprotecteur

L'osmolyte proline a été dosé dans les différents traitements selon la méthode utilisée par [18]

## 2.5 Analyses statiques

Les données ont été analysées grâce au logiciel « MINI – TAB ».

## 3. RESULTATS :

### 3.1 Biomasse

-matière fraîche en fonction des niveaux de stress (fig. 1)

Les résultats obtenus montrent que la biomasse dépend du génotype mais aussi du stress imposé. De façon générale, la biomasse aérienne accuse une diminution qui varie de 2% pour la variété M1084 (V<sub>5</sub>) et 41% pour la variété Waha (V<sub>4</sub>) et ce, face un stress prononcé.

Pour ce qui concerne la partie racinaire les génotypes ont des réactions différentes, tantôt, il y a une réduction de leur partie racinaire, tantôt une augmentation qui prouve qu'il y a une forme d'accommodation morphologique. Ceci d'autant que l'analyse de variance indique un effet hautement significatif pour les génotypes, significatifs pour les traitements et très hautement significatifs pour l'interaction. Les augmentations racinaires oscillent entre 3% pour DERAA (V<sub>6</sub>) et 82% pour Hoggar (V<sub>8</sub>).

Au niveau de la biomasse totale certains génotypes tolèrent mieux le stress hydrique ; la différence entre le témoin To et traitement « stress prononcé » n'est pas importante à l'exemple des variétés M1084 (V<sub>5</sub>) et ADA/PRI//Offonto (V<sub>7</sub>) où l'on note une diminution respective de 1% et 8%

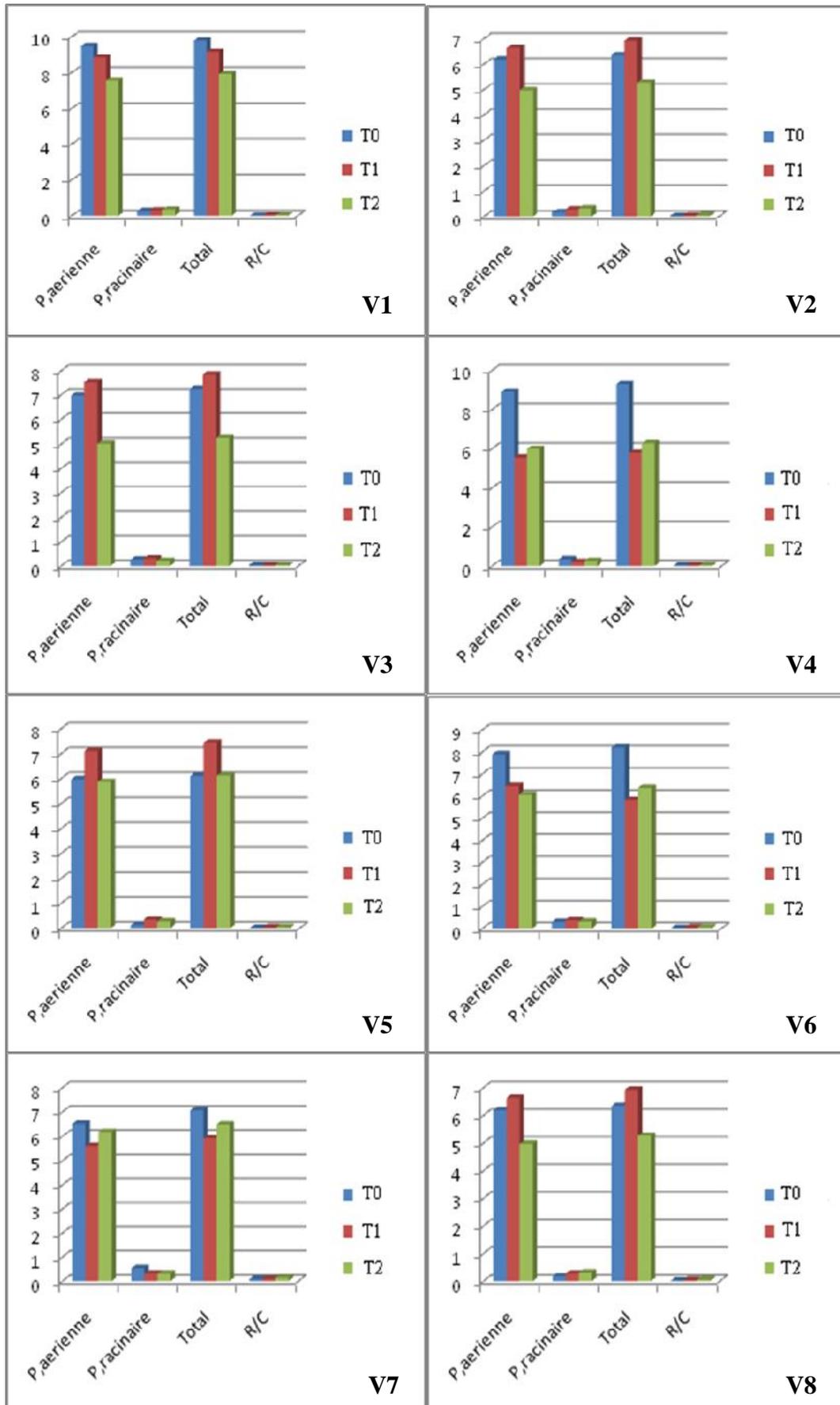


Figure 1. Biomasse (matière fraîche) en fonction du stress hydrique exprimé en gramme (g) des différentes variétés.

Pour le ratio R/C le classement peut s'établir de la façon suivante :  $V5 < V6 < V7 < V1 < V2 < V3 < V4 < V8$

L'analyse statistique met en relief l'effet très hautement significatif de la biomasse aérienne ainsi que l'interaction G/E (génotype – milieu) illustrée pour variété- traitement.

La matière fraîche exprimée en termes de biomasse aérienne et racinaire s'avère être à l'issue de ces résultats un paramètre déterminant en ce sens qu'il traduit l'aptitude à la fois physiologique et génotypique de répondre à un environnement immédiat qu'est celui du stress hydrique.

Il reste entendu que ce trait est à corréler avec d'autres, susceptibles d'être à la base d'une explication générale des mécanismes de tolérance au stress hydrique.

### **-Biomasse (matière sèche) en fonction du stress hydrique**

Les résultats obtenus pour la matière sèche reflètent une similitude avec ceux obtenus pour la matière fraîche, tout au moins pour la partie aérienne ; la matière sèche étant par définition l'élément de l'expression végétative de la plante. (Fig. 2)

En revanche, pour ce qui concerne la partie racinaire, il n'existe pas de grands écarts entre génotypes et ce, quel que soit le traitement imposé (stress faible ou prononcé). Il semble que la turgescence cellulaire du compartiment racinaire en « vert » chez certains génotypes tel que Hoggar ( $V_8$ ) et Deraa ( $V_6$ ) ait permis d'atténuer les effets du stress hydrique imposé (notamment  $T_0$  et  $T_2$ ) en affichant une quasi similitude des teneurs en matière sèche. Ceci est d'ailleurs confirmé par l'analyse de variance qui indique un effet non significatif entre génotypes, traitements et interaction.

La partie aérienne sèche affiche quant à elle, à l'instar de la matière fraîche, une diminution qui varie de 24% pour

Adda/Du//Simito ( $V_1$ ) à 67% pour Waha ( $V_4$ ) Le ratio R/C élevé dans le traitement stress prononcé impliquerait la présence d'un mécanisme adaptatif par une modification morphologique chez notamment M1084 ( $V_5$ ) ; Mbb//Lahn ( $V_2$ ), Ada/ Dr/Simito ( $V_1$ )

L'analyse de variance indique un effet très hautement significatif entre génotypes, traitements et interaction.

### **3.2 Teneurs en chlorophylles**

L'effet génotypique est vérifié uniquement pour les teneurs en chlorophylles b et chl a/b où l'on note une très haute signification statistique y compris pour leur interaction (génotypes-trait)

Les variétés Hoggar ( $V_8$ ), Hedba/Awl2/Bit( $V_3$ ), M1084( $V_5$ ) montrent un ratio chl a/chl b élevé au fur et à mesure que le stress est sévère. Cette manifestation physiologique est une forme de réponses adaptatives quand on sait que le ratio chl a/chl b est admis comme étant un trait fiable de tolérance au stress hydrique [20] (Fig. 3).

### **3.3 Turgescence cellulaire**

Pour ce paramètre, il y a une action positive du stress hydrique chez Ada/Dui/Simeto ( $V_1$ ) et Deraa ( $V_6$ ), dans la mesure où l'on note une augmentation de leur teneur relative en eau (TRE) respectivement de 82% et 21%. Pour la variété Waha ( $V_4$ ), l'augmentation ne s'en ressent que pour un stress faible.

Il semblerait d'après [8] que le maintien d'un niveau élevé de la TRE serait lié à une bonne capacité d'ajustement osmotique et permettrait du coup à ces variétés de mieux gérer le déficit hydrique. L'analyse de variance indique un effet variétal significatif, un effet traitement hautement significatif et un effet interaction très hautement significatif (Fig. 4).

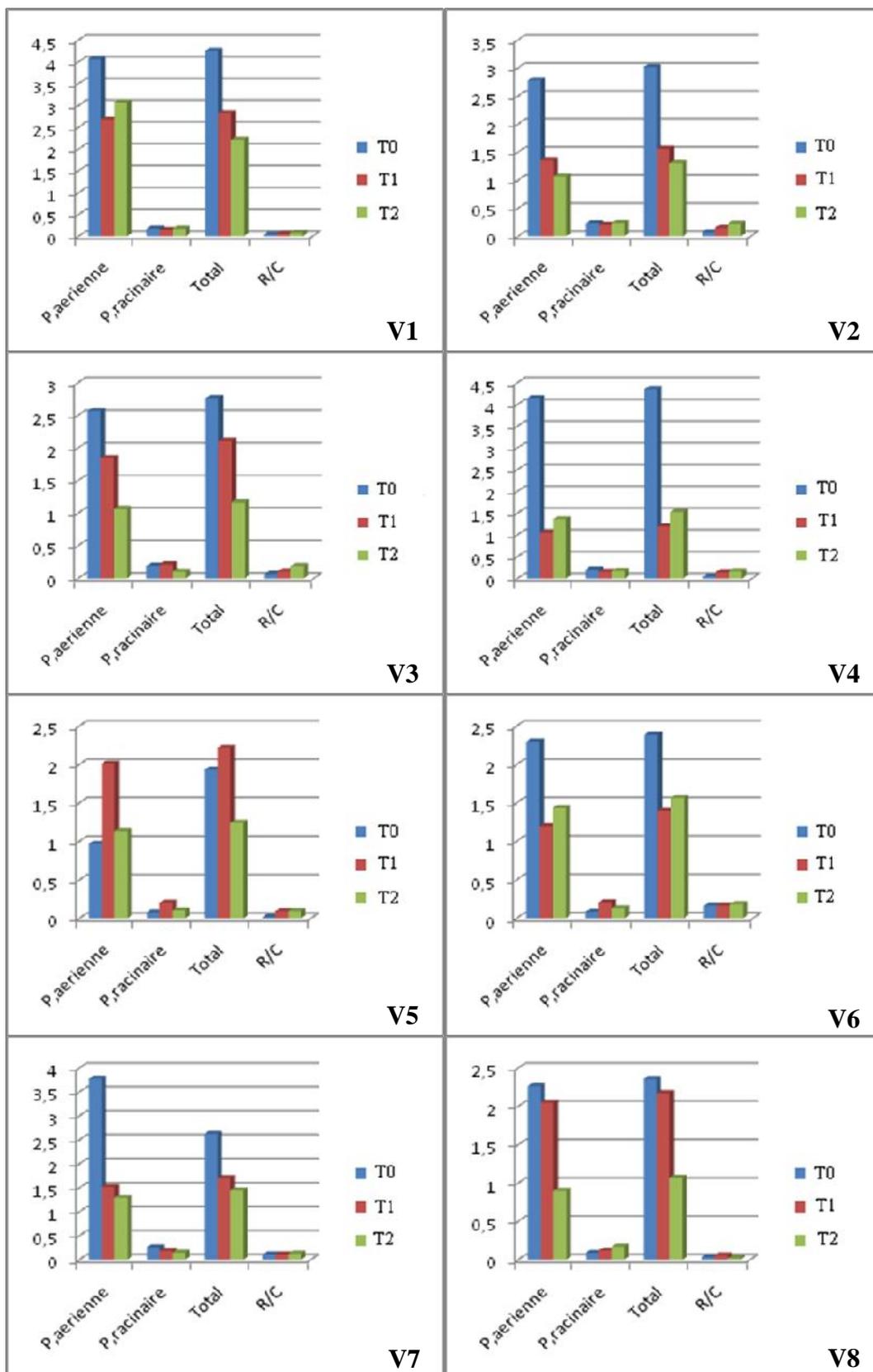


Figure 2. Biomasse (matière sèche) en fonction du stress hydrique exprimé en gramme (g) des différentes variétés.

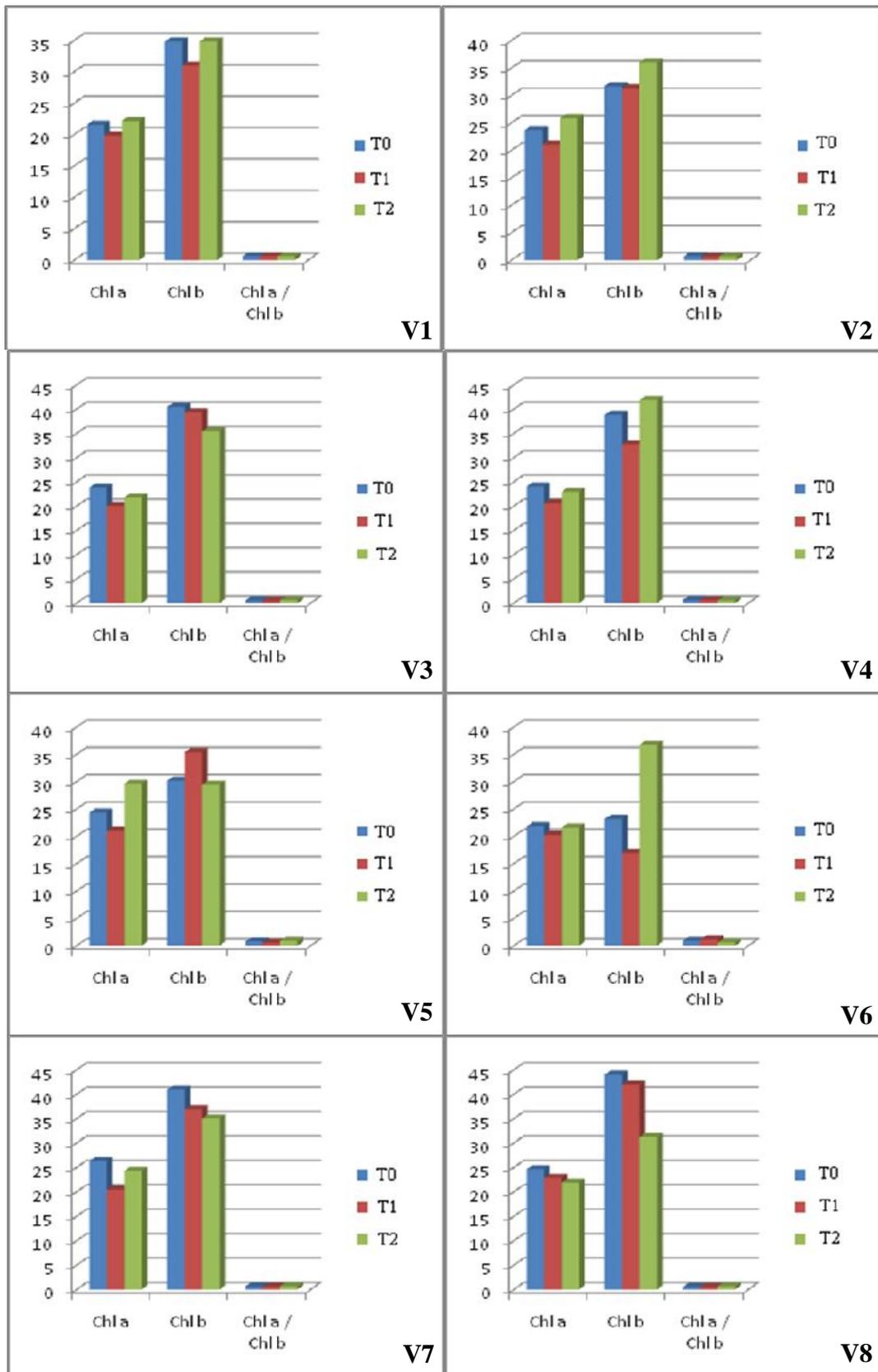


Figure 3. Teneur en CHL a/CHL b en fonction du stress hydrique des différentes variétés.

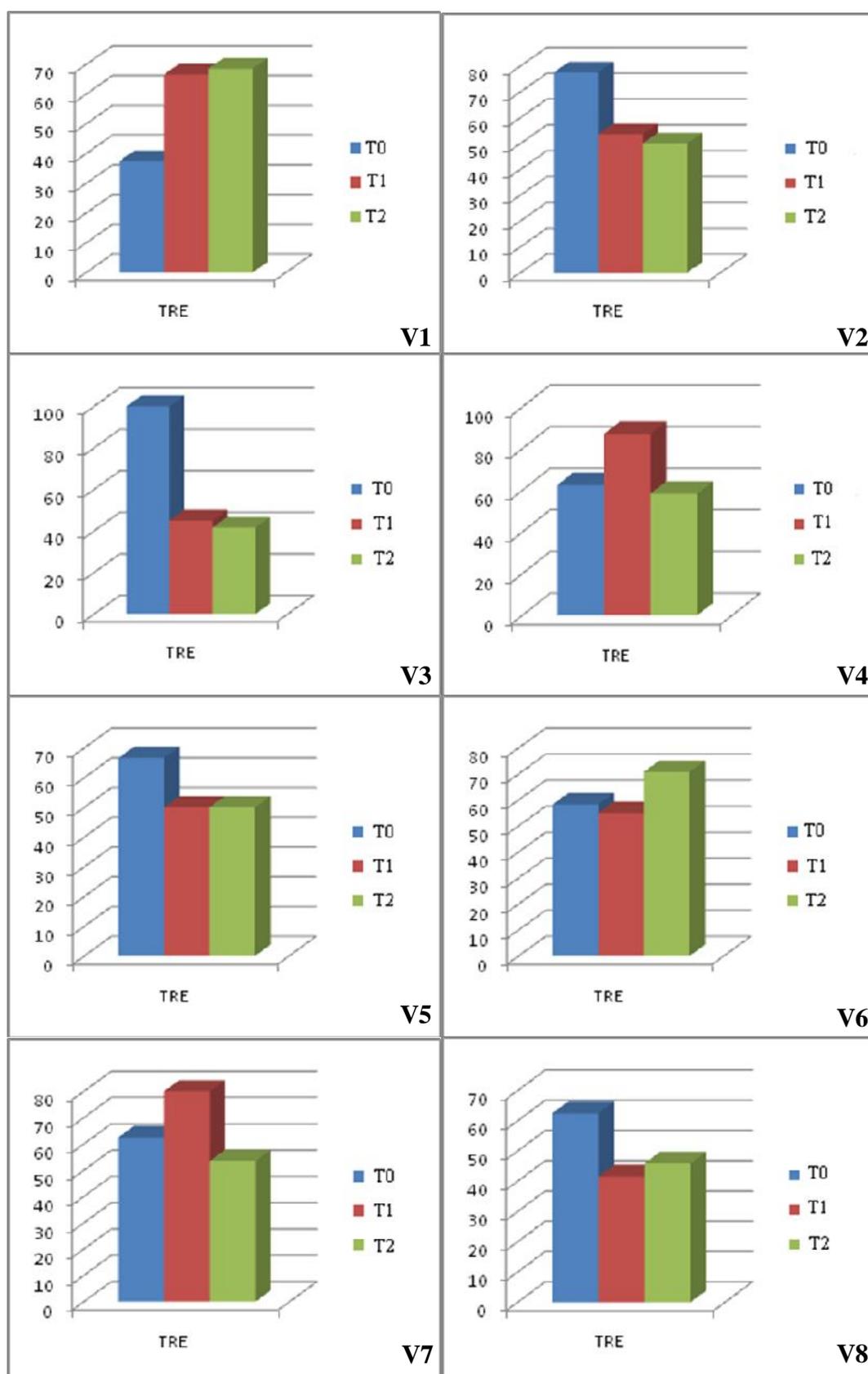


Figure 4. Teneur relative en eau en fonction du stress hydrique des différentes variétés.

### 3.4 Teneurs en osmolytes : accumulation de proline

Tous les génotypes ont réagi positivement en accumulant de la proline et ce à des degrés divers, à l'exemple de Mbb/ Lahn (V<sub>2</sub>), Ada/ Pri//Offonto (V<sub>7</sub>) et Waha (V<sub>4</sub>) où l'on note une augmentation trois fois supérieure aux témoins.

L'osmoprotecteur, la proline est un acide aminé utilisé comme critère de

sélection vis à vis du stress en général et du stress hydrique en particulier.

L'analyse statistique montre des différences très hautement significatives des variétés et des traitements et significatives pour leur interaction (Fig. 5)

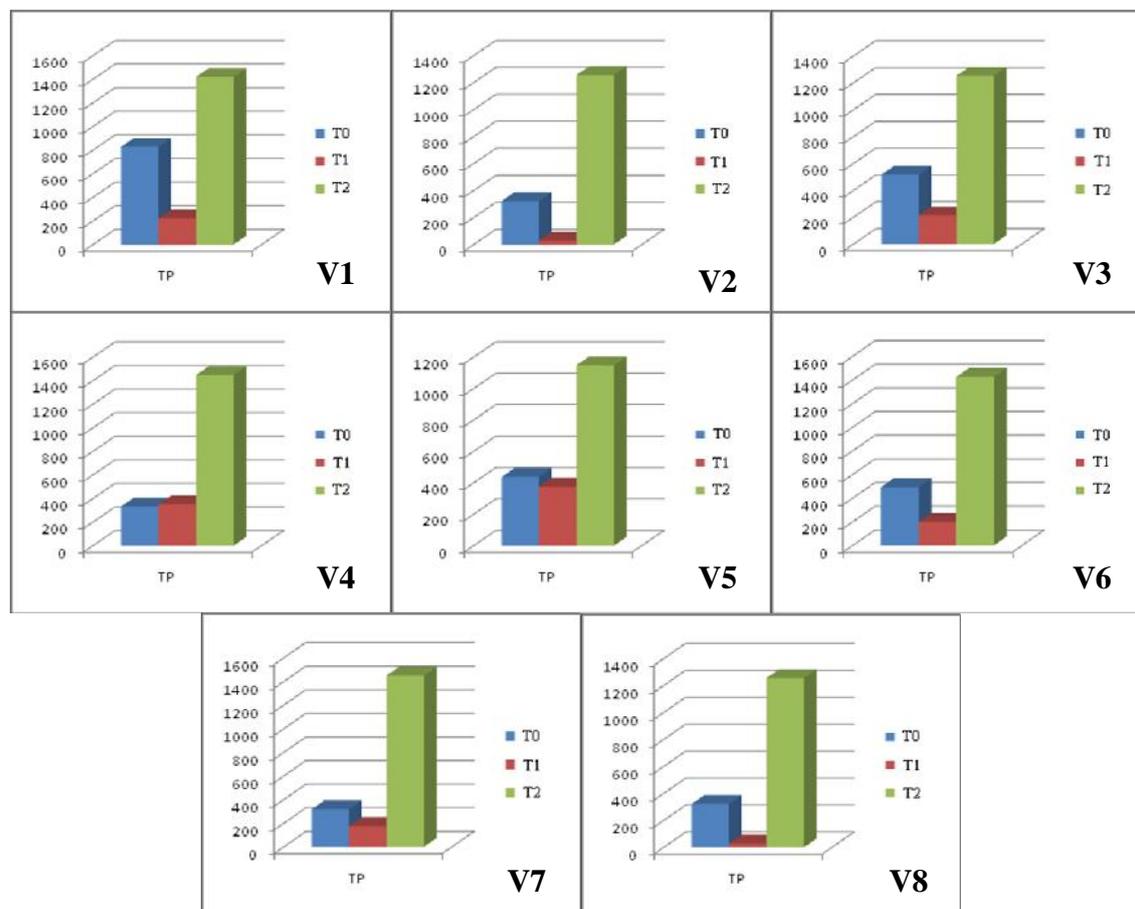


Figure 5. Teneur en proline en fonction du stress hydrique des différentes variétés.

### 4. CONCLUSION

Certains génotypes ont des réponses spécifiques à l'égard du stress hydrique. Ces derniers sont l'expression d'une adaptation ou d'une accommodation transitoire exprimée à travers un trait morphophysique, d'un ratio R/C, et d'un ratio chl a/chl b élevés ; cas de M 1084 ou bien d'un R/C et d'une quantité élevée en proline, cas de Mbb//Lahn (V<sub>2</sub>)

D'autres génotypes tels Waha (V<sub>4</sub>), Deraa (V<sub>6</sub>) et Hoggar (V<sub>8</sub>) manifestent un spectre d'adaptation plus large exprimé à la fois à travers un statut hydrique (turgescence cellulaire) et biochimique (accumulation de proline) ou bien un statut énergétique (teneurs en pigments chlorophylliens) et biochimique.

Ces résultats démontrent aussi l'intérêt à prendre en considération le pédigrée des génotypes (types de croisements et origine). La sélection des génotypes adaptés au stress hydrique doit se faire de manière prédictive au stade juvénile grâce à des réponses physiologiques et / ou biochimiques précoces. Les tests indirects effectués montrent enfin à quel point il est important d'explorer de manière fine les génotypes pour connaître leurs performances respectives. Ils permettent de constituer enfin une aide à la décision dans le cadre d'un programme d'amélioration génétique.

### Références

- [1] L. Brinis, *Association of research on climate and environment, indirect selection for wheat tolerance to water deficit in arid and semi arid zones*. Proceedings of international workshop NGO perspectives on mitigation and desertification, Istanbul, Turkey, 2008, p. 15-17.
- [2] Y. Demarly, *Mécanismes génétiques de l'adaptation chez les végétaux*, Bull. Soc.Bot.Fr, Actual.Bot, 1984, Vol. 1, p. 125-137.
- [3] P. Monneveux, *Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales? In : l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*, AUPELF- UREF ed. Jhon Libbey Eurotext, 1991, p. 165-186.
- [4] J. Levitt, *Resistance of plants to environmental stresses*, Acad. Press, 1972, New York.
- [5] J.B. Hutchinson, *Rendements élevés chez les céréales*, J.Roy .Soc .Arts. 1971, Vol.119, p. 104-114.
- [6] J.P. Srivastava, *Barley and wheat in West and North Africa, Drought tolerance in winter cereals*, Ed. J. Wiley & Sons Ltd, 1987.
- [7] D.G. Laig, R.A Fischer, *Adaptation of semi-dwarf wheat cultivars to rainfed conditions*, Euphytica, 1977, Vol. 26, p. 129-131.
- [8] A. Blum, *Plant breeding for stress environments*, Boca, Raeton, Florida. Ed.C.R.C Press, Inc, 1988, 223 p.
- [9] P. Grignac, *Tolérance au déficit hydrique et aux hautes températures de cultivars de blé*, ATP 1987, Ecophysiologie du blé.
- [10] L. Brinis, *Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morpho physiologiques et biochimiques de traits d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur*, Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences, 1995, 156p.
- [11] A. Benbelkacem, M.S. Mekni, D.C. Rasmusson, *Breeding for high tiller number and yield in barley*, Crop Sci, Vol 24, 1984, p. 968-972.
- [12] M. Bensalem, V. Da silva, *Polymorphisme variétal de la résistance à la sécheresse chez les céréales à paille : cas du blé. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*, Ed. AUPELF Jhon Libbey Eurotext, Paris, 1991, p. 25-34.
- [13] E. Acevedo, S. Ceccarelli, *Rôle de l'améliorateur des plantes et du physiologiste dans un programme génétique pour les conditions de résistance à la sécheresse*, Doc. ICARDA, 1987, 19 p.
- [14] F. Brett, E.L. Carver; O. Smith, Jr. England, *Regression and cluster analysis of environmental responses of hybrid and pure line winter wheat cultivars* Crop Sci. Vol 27, 1987, p. 659-664.

- [15] A. C. Genzi, R.G. Sears, T.S. Cox, *Stability analysis of winter wheat hybrids and cultivars*, Ann.Wheat News, 1985L, Vol. 31, p. 128.
- [16] M. Ingold *La longueur de la paille dans les hybrides F1 du blé*, Journal Agronomie Suisse, 1974, p. 235-243.
- [17] P. V. Ladigues, *Some aspect of tissue water relations in three populations of Eucalyptus Viminalis labill*, New.Phytol, 1975, Vol.75, p. 53-62.
- [18] P. Monneveux, M. Nemmar *Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (Triticum aestivum L.) et chez le blé dur (Triticum durum Desf)*, 1986, Agronomie, Vol. 6, p. 583-590.
- [19] R. Guettouche, *Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (triticum durum DESF)*, D.E.A. en Agronomie, 1990, ENSA Montpellier.
- [20] D.I. Arnon, *Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoxydase in beta vulgaris*, Plant physiol, 1949, Vol.24, p. 1-25.