

**SCIENCES  
DE LA NATURE**



# ETUDE DE LA RÉPONSE DU POIDS DE 1000 GRAINS À LA TEMPÉRATURE MAXIMALE DE LA POST-ANTHÈSE CHEZ LE BLÉ DUR (*TRITICUM DURUM DESF.*) OÙ L'EAU EST UN FACTEUR LIMITANT

BAHLOULI F\*, BOUZERZOUR H\*\*

\*Faculté des Sciences, Université Mohamed Boudiaf, M'sila 28000 Algérie.

\*\*Faculté des Sciences, Université Ferhat Abbas, Sétif 19000 Algérie.

**SUMMARY:** The aim of the current study was to analyse the effect of the maximum temperatures during of the post- anthesis on the expression of the weight of 1000 grains of durum wheat (*Triticum durum Desf.*). Ten genotypes contrasted of durum wheat are sowed in the experimental site of the agronomic research station of the technical institute of field crops (ITGC) of Setif (Algeria) during six annual programs from 1997/1998 to 2002/2003. The results indicate that the maximum temperature of May month induced a large variations in the expression of the weight of 1000 grains for more of the genotypes except those which are tolerant, as it is the case of Ads497 and Heider/Martes//Huevos de Oro. The study showed a negative relationship between the number of grains per unit of area and the weight of 1000 grains. The high temperatures decreased the duration of filling, accelerated the foliar senescence and increased the speed of filling. These factors generate strong irregularities of the output. In order to improve the weight of 1000 grains, it is recommended to select genotypes able to prolong their photosynthetic activities in condition of stress and to transfer their products towards the grains.

**Key words :** Durum wheat, temperature, genotype, grain filling, 1000 grains

**ملخص :** أنجزت هذه الدراسة من أجل التطرق إلى أثر درجة الحرارة القصوى في مرحلة ما بعد الإنبال على وزن 1000 حبة عند القمح الصلب، في المناخ شبه الجاف حيث يعتبر الماء عنصر محدد. أجريت التجربة في محطة التجارب التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى بسطيف لمدة ستة أعوام من 1997/1998 إلى 2002/2003 على 10 أصناف مختلفة من القمح الصلب. النتائج أثبتت أن درجة الحرارة العالية لشهر ماي أدت إلى اختلافات كبيرة في وزن 1000 حبة عند معظم الأصناف إلا الذين يبدون بعض التحمل للدرجة الحرارة العالية مثل Ads49 و Heider/Martes//Huevos.Or0. بينت الدراسة علاقة سلبية بين عدد الحبوب في وحدة مساحة ووزن 1000 حبة. درجة حرارة العالية تنقص مدة التخزين، وتسرع جفاف الأوراق وتزيد سرعة التخزين. هذا ما يؤدي إلى اختلافات كبيرة في الإنتاج. من أجل تحسين وزن 1000 حبة، يستحسن انتقاء أصناف قادرة على تمديد نشاطهم خاصة التركيب الضوئي في مرحلة الجفاف وتحويل المواد المركبة نحو الحبوب.

**الكلمات المفتاح :** القمح الصلب ، درجة الحرارة ، أصناف ، إمتلاء الحبوب ، 1000 حبة.



## **INTRODUCTION :**

La culture du blé dur occupe en Algérie, chaque année près de 1,5 millions d'hectares dans un système où domine la rotation jachère-céréales (Ait Aneur, 2000). Le blé dur constitue la base de l'alimentation de la population rurale, avec une demande qui est trois fois plus importante que la production domestique.

Le rendement grain est fortement lié au poids de 1000 grains, ce paramètre est tributaire des températures maximales survenues pendant le mois de mai au moment du remplissage des grains Wardlaw et Willenbrink (2000). Ces températures vont causer une réduction considérable de la durée de remplissage et une augmentation de la vitesse de remplissage du grain et donc des variations systématiques des rendements en grain.

Les températures maximales supérieures à 27°C induisent un choc thermique chez la plante. Ces températures surviennent souvent au cours de la période de remplissage du grain. Elles affectent alors le rendement grain et ses deux composantes principales qui sont le poids individuel du grain et le nombre de grains par épi, La variation de ce dernier agit sur le nombre de grains produit par unité de surface.

Stone et Nicolas (1995) mentionnent que les températures maximales modérées sont celles incluses dans la plage des 25 à 32 °C. Les hautes températures maximales sont par contre incluses dans la plage des 33 à 40°C. De part cette définition, les géotypes évalués, dans la présente étude, ont subi les effets des températures maximales modérées à élevées. Il est attendu selon les prévisions et suite à l'effet de serre une augmentation de la température moyenne de 2°C, d'ici l'an 2050. Cette augmentation risque d'être plus forte dans les pays du sud de la Méditerranée, et peut inhiber l'effet concomitant de l'augmentation du CO<sub>2</sub>. D'où la nécessité de sélectionner pour la tolérance au stress thermique de fin de cycle

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES :**

L'expérimentation a été conduite au cours de six campagnes agricoles allant de 1997/1998 à 2002/03 sur le site expérimental de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), située à 4 km au sud ouest de la ville de Sétif. Le site expérimental se trouve en partie dans la petite vallée de l'Oued Boussalem. Il est pratiquement soumis au climat des hautes plaines qui se caractérise par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières très fréquentes et des vents chauds et desséchants en fin de cycle de la céréale (Baldy et *al.*, 1993). L'altitude moyenne est voisine de 1000 m.



La quantité moyenne de pluies enregistrées par campagne agricole est variable, la valeur la plus élevée était durant la campagne 2002/2003 avec 521.8mm, la plus basse au cours de la campagne 2001/2002 avec 215.9 mm. Durant les campagnes expérimentales, la quantité de pluie tombée était pour la première année moyenne, la deuxième année était faible et la troisième importante en la comparant avec la moyenne 1981/2003 (Tab. 1).

La campagne 2002/2003 était la plus pluvieuse, tandis que la campagne 2001/2002, la plus sèche, (Fig. 1).

Concernant la température moyenne, on enregistre une diminution qui débute à partir du mois de Septembre (environ 20°C) jusqu'au mois de Février (environ 6°C), puis elle remonte vers le mois de Juin (environ 25°C), cette augmentation de température coïncide avec la phase de remplissage des grains (tab. 1).

La courbe qui dessine la température moyenne des deux années extrêmes suit une même allure pour les deux années avec une légère différence en faveur de la campagne 2001/2002 (Fig. 1).

Le matériel végétal est constitué de dix génotypes contrastés phénotypiquement (tab. 2), semé le 20 novembre de chaque campagne sur des parcelles élémentaires de 6 rangs de 5 m de long avec un espace inter-rangs de 20 cm, soit une superficie parcellaire de 6 m<sup>2</sup>. Le dispositif expérimental est constitué de blocs complètement randomisés avec trois répétitions. Le précédent cultural est une jachère intégrale. Les génotypes sont choisis suivant leurs origines et leurs différenciations phénotypiques.

Les techniques culturales appliquées à l'expérimentation sont un labour profond réalisé au cours des mois de l'hiver, suivi de passages du cover-croop, au printemps pour reprendre le labour et détruire les adventices installés.

L'épandage de 46 unités/ha de superphosphate à 46%, et du passage d'un cultivateur sont effectués juste avant l'opération semis. L'apport de 75 kg/ha d'engrais azoté sous forme d'urée à 46%, suivi du désherbage au GranStar [Tribunéron méthyle], à raison de 12 grammes mélangés dans 250l d'eau/hectare, sont réalisés au stade plein stade tallage.

Les mesures effectuées ont porté sur:

- Le poids de 1000 grains (PMG) estimé sur la base du comptage, ensuite pesage de 250 graines par parcelle élémentaire.

-L'étude de la stabilité du rendement a été abordée par la méthode de Finlay et



Wilkinson (1963) pour le poids de 1000 grains, qui utilise le coefficient de régression (b) pour décrire la réponse des génotypes à la variation environnementale.

-Toute co-variable qui améliore le coefficient de détermination ( $R^2$ ) et réduit le carré moyen résiduel est retenue par le modèle. Cette technique statistique offre l'avantage de ne retenir que les variables qui contribuent significativement, selon le seuil retenu, à l'explication de la variation de la variable dépendante (Steel et Torrie, 1980).

La réponse des génotypes à la variation de la température maximale moyenne décadaire de la période de remplissage du grain a été étudiée par la régression progressive (Tab. 4).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION :

Au cours des campagnes concernées par la présente étude, les moyennes décadaires des 10 journées de la température maximale enregistrées au cours de la période de remplissage du grain sont données au tableau 2. La moyenne des températures maximales de la période de remplissage a été plus faible au cours de la campagne 2001/2002 et plus élevée en 1998/1999. Elle varie dans la plage des 17,8 à 42,4°C par décade (Tab. 3).

Cette réponse varie selon les génotypes, ceux relativement précoces répondent à la température de la deuxième décade alors que les plus tardifs répondent à celle de la troisième décade (Tab. 4).

Les réponses génotypiques à la température maximale varient en fonction de la variation du poids de 1000 grains, cette part de la variation expliquée passe de 27% pour Heider/Martes//Huevos de Oros à 94% pour Waha (Tab. 4).

Ce comportement génotypique changeant, indique que la variation du poids de 1000 grains n'est pas entièrement attribuable à la variation de la température du moins chez certains génotypes. En moyenne 50% de la variation du poids de 1000 grains trouve une explication dans celle de la température maximale du mois de mai (Tab. 4).

La part de la variation du poids de 1000 grains expliquée est aussi confondue avec l'effet de compensation qui s'exerce sur ce caractère et le nombre de grains par épi



et par m<sup>2</sup>, observé chez l'ensemble des génotypes évalués. En effet même sous stress sévère la réduction du nombre de grains par épi donne, chez certains génotypes, une marge de manœuvre au poids de 1000 grains d'être moins affecté par le stress. Wardlaw (2002) explique que certains génotypes minimisent l'effet des hautes températures sur le poids individuel du grain en réduisant le nombre de grains par épi.

Ads497 et Heider/Martes//Huevos de Oro présentent les coefficients de régression les plus faibles. Ces deux variétés sont celles qui répondent le moins à la température maximale (Tab. 4). Cette faible réponse peut être interprétée comme une tolérance supérieure vis à vis de l'effet des hautes températures.

Ce comportement peut avoir comme origine divers mécanismes tels que un système racinaire encore actif qui permet à la plante de transpirer et donc de se rafraîchir. De meilleures capacités de translocation des assimilats stockés dans la tige pour réduire des effets du stress thermique sur le poids final du grain. Une activité relativement prolongée de la feuille étendard, donc une moindre photoinhibition de la chlorophylle, conduit aussi à minimiser les effets des hautes températures sur le poids individuel du grain. La tolérance peut être aussi due aux effets de compensation entre composantes.

Le stress thermique affecte souvent la fertilité de l'épi. Ceci laisse à la plante un surplus d'hydrates de carbone venant de la feuille et d'autres sites de stockage qui est utilisé pour mieux remplir les grains restants. Cette caractéristique est, généralement, plus présente chez les génotypes à gros grains.

Cyprus1 présente un coefficient de régression assez élevé (Tab. 4, Fig. 2). Ce type de réponse est interprété comme une sensibilité vis à vis du stress thermique de fin de cycle. Les autres génotypes ont une tolérance intermédiaire. Les génotypes sensibles ne possèdent pas de mécanismes pouvant être mis en place pour réduire les effets des stress à un niveau donné. La plante subit donc passivement les effets de la contrainte, et plus cette contrainte est sévère plus l'effet est important. A l'inverse des variétés tolérantes qui semblent souvent s'acclimater à l'élévation de la température, les variétés sensibles subissent le choc thermique et montrent une faible adaptation au stress (Randall et Moss, 1990).

Spiertz et Van der Haar (1978) mentionnent que la respiration nocturne de la tige, de l'épi, et de la feuille porte drapeau augmente avec la température moyenne de la période de remplissage du grain. Cette augmentation de la respiration induit une déplétion des hydrates de carbones stockés ou nouvellement synthétisés et conduit ainsi à une diminution du poids potentiel du grain.



Wardlaw et Willenbrink (2000) indiquent que les températures élevées, dans la plage de 27 à 30°C, ont un effet similaire à celui du déficit hydrique, en affectant négativement les échanges gazeux de la dernière feuille et en accélérant la sénescence de la plante. Les conséquences sont une réduction de la durée de remplissage associée à une augmentation de la vitesse de remplissage du grain, avec un effet souvent dépressif sur le poids du grain.

Comme le poids individuel du grain est une composante de l'indice de récolte, les génotypes sensibles au stress thermique sont moins aptes à faire une répartition équilibrée de la matière sèche accumulée au stade épisaison entre le grain et la paille et présentent un faible indice de récolte.

La variation du rendement grain est, en effet, liée à l'expression du nombre de grains m<sup>2</sup>, à l'indice de récolte au poids de 1000 grains. La stabilité du rendement est donc dépendante, en partie, de celle du poids de 1000 grains. Une sensibilité excessive vis à vis des hautes températures est donc une source d'irrégularité de rendement et des interactions entre le génotype et son environnement, comme c'est le cas de la 1<sup>ère</sup> décade du mois de Juin de la campagne 1997/1998, ou presque tout le mois de Mai de la campagne 1998/1999 (tab. 3).

La taille du grain est conditionnée par le contenu en eau (palier hydrique) qui est corrélée avec le nombre de cellules de l'endosperme qui détermine la capacité du puits (Schnyder et Weib, 1993). Les températures élevées induisent une réduction du contenu en eau du grain et du nombre de cellules de l'endosperme.

Slafer et Andrade (1991) mentionnent la compensation entre le nombre de grains produit par unité de surface et le poids individuel du grain, et suggèrent l'amélioration de la source (feuille) au cours de la période de remplissage du grain. Dans ce contexte le ratio source : puits est plus élevé chez les génotypes anciens (Mbbachir et Beliouni3258) et plus équilibré chez les variétés récentes (Waha et 439/Ads/97).

Slafer et Savin (1994) interprètent la liaison négative entre le nombre de grains par unité de surface et le poids de 1000 grains par le fait que l'augmentation du nombre de grains est induite par une biomasse aérienne élevée au stade épisaison. Le nombre de grains, en plus, se situe en des endroits éloignés du tiers médian de l'épi, qui est la partie où débute la formation de l'épi.

Ces grains acquièrent un poids individuel plus faible que celui des grains du tiers médian caractérisé par de gros grains. Le poids moyen du grain est globalement réduit, suite à la répartition de la même quantité d'assimilats entre un nombre de grains plus élevés.

Les génotypes étudiés sont classés donc suivant la réponse du poids de 1000 grains à la température maximale décadaire de la période de remplissage du grain dans l'ordre suivant : Waha, Derraa, Beliouni3258, Massara1, Cyprus1, Mrb5, Mbbachir, 439/Ads/97, Heider et Heider/Martes//Huevos de Oros



Tableau -1- Données climatiques de la période étudiée

Mois		Campagnes							
		97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	81-03	
9	P	84.5	120	85.5	39.4	47.2	4.3	42.9	
	T	22.1	22.7	24.7	23.4	22.8	20.6	21.5	
10	P	45.1	16.5	50.1	47.3	14.4	15.9	32.8	
	T	16.1	13.5	19.5	15.6	21.4	16.0	16.0	
11	P	69.4	57.9	23.9	15.2	35.3	101.2	37.2	
	T	9.2	9.3	9.6	10.4	10.6	9.9	10.1	
12	P	43.7	23.2	80.9	61.3	8.5	67.4	44.1	
	T	6.6	5.7	6.7	8.4	6.2	7.9	6.6	
1	P	9.6	65.3	5.9	79	22.7	116	41	
	T	6.1	6.3	4.6	6.6	6.9	5.2	5.7	
2	P	39.8	15.9	5.7	20.4	24	38.8	34.8	
	T	7.8	5.4	8.8	7.0	8.8	4.8	6.9	
3	P	13.1	19.4	21.5	8.6	29.3	36.6	33.1	
	T	10.0	9.9	15.5	17.1	12.1	9.8	9.8	
4	P	52	8.4	58.9	13.2	8.8	38.4	34.6	
	T	14.2	14.5	15.0	16.0	15.4	12.6	12.4	
5	P	101.2	4.3	61.9	19.3	24.2	43.8	44.9	
	T	17.7	23.9	22.9	18.8	20.2	16.9	17.6	
6	P	19.4	22.2	20.3	0.0	1.5	59.4	21.9	
	T	25.6	28.0	25.1	25.9	26.4	24.1	23.2	
Total	T	477.8	353.1	414.6	303.7	215.9	521.8	367	
Moyenne	T	13,54	13,92	15,24	14,92	15,08	12,78	12,98	

P = pluie (mm), T = température moyenne (°C)



Tableau -2- Liste des variétés de blé dur étudiées et leur origine

Pedigree	Origine
1- 439/Ads/97	Italie
2- Massara1	Syrie
3- Mrb5	Syrie
4- Cyprus1	Chypre
5- Mbbachir	Algérie
6- Derraa	Syrie
7-Heider/Martes//Huevos de Oro	Algérie
8- Heider	Syrie
9- Waha	Algérie
10- Beliouni3258	Algérie

Tableau -3- Variation de la moyenne des températures maximales décadaire (°C) pendant la période du remplissage du grain sur les différentes années expérimentales.

Décades	Campagnes						Moy
	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	
1-10/05	25.2	34.6	35.4	23.2	17.8	25.4	23.6
11-20/05	32.4	40.9	37.8	31.5	21.5	23.0	31.2
21-31/05	33.3	40.2	32.7	33.6	32.3	21.4	32.3
1-10/06	40.3	42.4	37.5	38.7	21.5	27.0	34.6
Moyenne	32.8	39.5	35.9	31.8	23.3	24.2	30.4

Tableau -4- Réponse génotypique pour le caractère poids de 1000 grains à la température maximale décadaire de la période de remplissage du grain.

Génotype	b	Et <sub>b</sub>	Modèle	R <sup>2</sup>
Ads	-0.3860 ± 0.1041	T52	+ 49.2	0.45
Massara1	-0.8116 ± 0.1074	T52	+ 59.6	0.55
Mrb5	-1.0791 ± 0.1023	T53	+ 70.0	0.50
Cyprus1	-1.1322 ± 0.1401	T53	+ 71.4	0.51
Waha	-0.7977 ± 0.0980	T52	+ 58.5	0.94
Derraa	-1.0935 ± 0.1056	T52	+ 69.7	0.70
Heider/Martes//Huevos de Oros	-0.4739 ± 0.1834	T52	+ 49.1	0.27
Heider	-0.8313 ± 0.1543	T52	+ 64.1	0.40
Mbb	-0.6820 ± 0.2419	T53	+ 50.6	0.47
Beliouni	0.6620 ± 0.1340	T53	+ 54.6	0.68

T52 = moyenne de la température maximale de la 2<sup>ème</sup> décade de mai

T53 = moyenne de la température maximale de la 3<sup>ème</sup> décade de mai



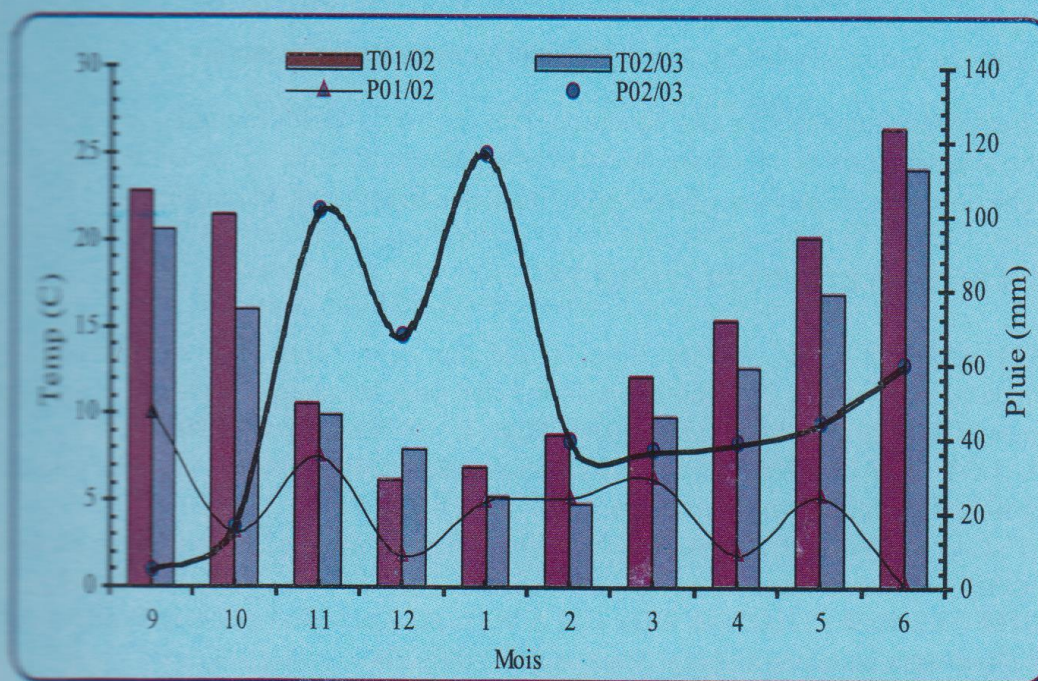


Figure-1- Variation de la pluviométrie et de la température moyenne mensuelle des campagnes extrême du site expérimental

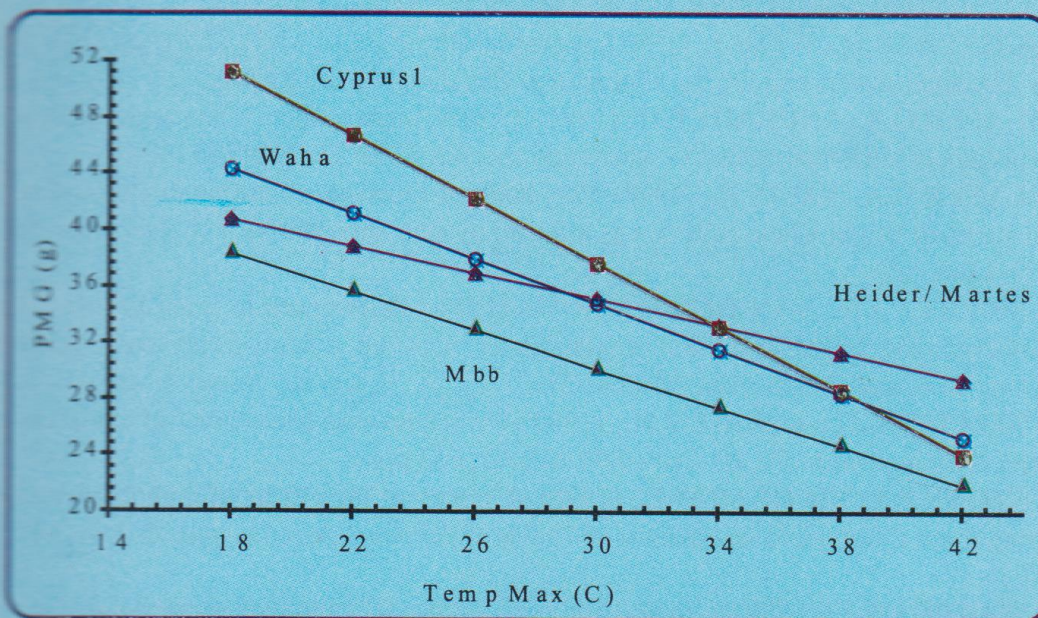


Figure-2- Réponse génotypique du poids de 1000 grains à la température maximale de la moyenne décadaire de la période de remplissage du grain

## CONCLUSION :

La variation de la température maximale du mois de mai c'est à dire pendant la phase de remplissage des grains engendre des variations importantes pour le poids de 1000 grains dans la plus part des génotypes testés. Certains génotypes expriment un



comportement plus stable face à l'effet de la température maximale, qui est interprétée comme une forme de tolérance, en réduisant le nombre de grains par épi.

Les températures élevées provoquent une réduction de la durée de remplissage associée à une augmentation de la vitesse de remplissage du grain, ainsi qu'un faible indice de récolte, tous ces mécanismes favoriseront donc une irrégularité du rendement.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1-AIT AMEUR O.M., (2000). Rôle du blé dur dans l'économie Algérienne. *In: Séminaire régional sur l'amélioration du blé dur dans les régions arides de l'Asie de l'ouest et de l'Afrique du nord ( WANA), Alger, 27-29 Novembre, 75-80.*
- 2-BALDY C., RUELLE P., FERNANDES A., (1993). Résistance à la sécheresse du sorgho-grain en climat méditerranéen. *Sécheresse, 4 : 85-93.*
- 3-FINLAY K.W., WILKINSON G.N., (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust J. Agric. Research, 14 : 742-754.*
- 4-GIFFORT R.M., THORNE J.H., HITZ W.D., Giotquina R.T., (1984). Productivity and photo assimilate partitioning. *Science. 225 : 801-808.*
- 5-MC CULLOUGH D.E., HUNT A., (1989). Respiration and dry matter accumulation around the time of anthesis. *Ann. Bot. 63 : 321-329.*
- 6-RANDALL P.J., MOSS H.J., (1990). Some effects of temperature regime during GF on wheat quality. *Aust. J. Agro. Res. 41 : 603-617.*
- 7-SCHNYDER H., WEIB J., (1993). Growth of the grain of wheat (*Triticum aestivum* L.). The significance and timing of greening. *Eur. J. Agron. 2 : 93-98.*
- 8-SLAFER G.A., ANDRADE F.H., (1991). Genetic improvement effect on pre-anthesis phenological attributes related to wheat grain yield. *FCR. 23: 255- 263.*
- 9-SLAFER G.A., SAVIN R., (1994). Post-anthesis green area duration in a semi-dwarf and standard height wheat cultivars as affected by sink strength. *Aust. J. Agro. Res. 45 : 1337-1346.*
- 10-SPIERTZ J.H., VAN DER HAAR H., (1978). Differences in grain growth crop photosynthesis and distribution of assimilates between a semi-dwarf and standard cultivar of wheat. *J. Agro. Sci. 26 : 233-249.*
- 11-STEEL R.G.D., TORRIE J.H., (1980). Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. Ed *Mc Graw Hill Inc, NY, 633 pp.*
- 12-STONE P.J., NICOLAS M.E., (1995). A survey of the effects of high temperature during grain fill on yield and quality of 75 wheat cultivars. *Aust. J. Agro. Res. 46 : 475-492.*
- 13-WARDLAW I.F., (2002). Interaction between drought and high temperature during grain filling in wheat in controlled environments. *Annals of Botany. 90 : 469-476.*
- 14-WARDLAW I.F., WILLENBRINK I., (2000). Mobilization of fructan reserves and changes in enzymes activities in wheat stresses correlate with water stress during kernel filling. *New phytologist. 148 : 413-422.*