

Réponses du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) aux basses températures en relations avec la capacité de production.

MEKHLLOUF A.¹, DEHBI F.², HANNACHI A.², HARBI M.².

1, université Ferhat ABBAS, Faculté SNV, DSA ; 2 ; INRAA, Unité de Recherche Sétif

Amekhlouf2012@gmail.com

RESUME. La présente étude conduite à l'unité INRAA de Sétif, avait comme objectif la détermination de la période à risque de gel. L'identification des lignées tolérantes aux basses températures à travers plusieurs tests physiologiques et biochimiques. Voir les différentes liaisons qui peuvent exister entre ses tests et les rendements et ses composantes. La tolérance au froid exprimée à travers les tests physiologiques (couronne, feuilles, épi) et biochimiques, proline et sucres solubles montre que les lignées Cyprus1, Cyprus2 et Héider//Mt//Ho renferment des capacités d'adaptation au froid qu'il faut exploitées dans les futurs programmes d'amélioration et de sélection.

Mots-clés : Blé dur, gel, tests physiologiques, Rendement.

SUMMARY. The present study led to unit INRAA of Sétif, had like objective the determination of the period at the risk of freezing. Identification of the tolerant lines at the low temperatures through several physiological and biochemical tests. See the various connections which can exist between its tests and the yield and its components. The tolerance with the cold expressed through the physiological tests (crown, leaves, ear) and biochemical, soluble proline and sugars shows that the lines Cyprus1, Cyprus2 and Héider//Mt//Ho contain capacities of adaptation to the cold which it is necessary exploited in the future programs of improvement and selection.

Key words: Durum wheat, freezing, tests physiological, yield.

Introduction :

La céréaliculture algérienne est de type pluvial, elle est soumise à de fortes contraintes abiotiques (Baldy, 1974 ; Mekhlouf, 1998). Le régime pluviométrique est faible et aléatoire, il constitue le principal facteur limitant de la

productivité de cette culture (Bensedik et Benabdelli, 2000). De nature la sécheresse intermittente menace la culture tout au long du cycle. L'autre contrainte est représentée par les basses températures printanières qui réduisent le plus souvent les rendements à leur

plus simple expression (Laumont, 1961 ; Baldy, 1974 ; Fletcher, 1983 ; Abbasenne, 1998 ; Mekhlouf *et al.*, 1998). Cette pression de contraintes se traduit par une limite de l'expression du potentiel génétique des cultivars (Slatyer, 1974), d'où une stagnation des rendements (8q/ha), malgré les efforts déployés à travers les programmes d'intensification et de soutien. La sélection variétale, utilise une approche empirique prenant le rendement grain comme critère de sélection. Cette approche a montrée ses limites, surtout en ce qui concerne l'amélioration de la tolérance aux stress (Arous *et al.*, 1998). A cet effet, l'approche basée sur la compréhension du milieu à travers les études fréquentielles des principaux paramètres climatiques, complétée par des analyses phéno-morpho-physiologiques de la plante est introduite comme une alternative. Cette approche vise à caractériser les contraintes abiotiques et à les situées dans le temps et à identifier les caractères de tolérance aux différents types de stress.

L'objet de la présente contribution est d'étudier la variabilité génétique de réponse aux basses températures et d'analyser les liaisons avec les caractéristiques d'ordre phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques mesurées sur des génotypes divergents de blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Résultats et discussion.

1) Fréquences des risques de gel et déficit hydrique.

Matériels et méthodes.

Le matériel végétal étudié est composé de 12 variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) divergentes pour l'origine, la durée du cycle et la période d'obtention. Des essais de pleins champs ont été conduits durant la période 1999/00 à 2002/03, sur le site expérimental de l'INRAA de Sétif. Le site est localisé à une altitude de 1080 m aux coordonnées géographiques 36° 9' N et 5° 21' E. Il est représentatif des hautes plaines orientales. Les notations et mesures ont porté sur la détermination du rendement, des composantes du rendement et la durée du cycle. Le test de la tolérance au froid a été réalisé sur la couronne qui a été soumise à différentes températures allant de -8° à -16°C par pas de -2°C. Le même test a été fait sur l'épi à deux niveaux de températures -3°C à -5°C. L'effet du froid a été évalué sur une échelle de 1 à 3 (Mekhlouf *et al.*, 2001).

La proline (Troll et Lindsley, 1955) et les sucres à l'anthrone (Staub, 1963) ont été dosés au cours de deux campagnes, sur des échantillons de végétation prélevés sur les variétés semées en pleins champs, au stade tallage.

Les figures 1 et 2 mettent en relief les niveaux de risque encouru par les céréales emblavées chaque année en zone semi-aride. Le déficit hydrique commence à apparaître dès le mois

de février et devient de plus en plus intense au fur et à mesure que la plante se développe (Fig.1). La figure 2 met en relief la présence des gelées tardives de printemps qui coïncident

avec le stade de grande sensibilité de la culture. Les variétés qui épiant durant le mois d'Avril court de coulture, dont l'effet est mesurable sur le nombre de grains par épi.

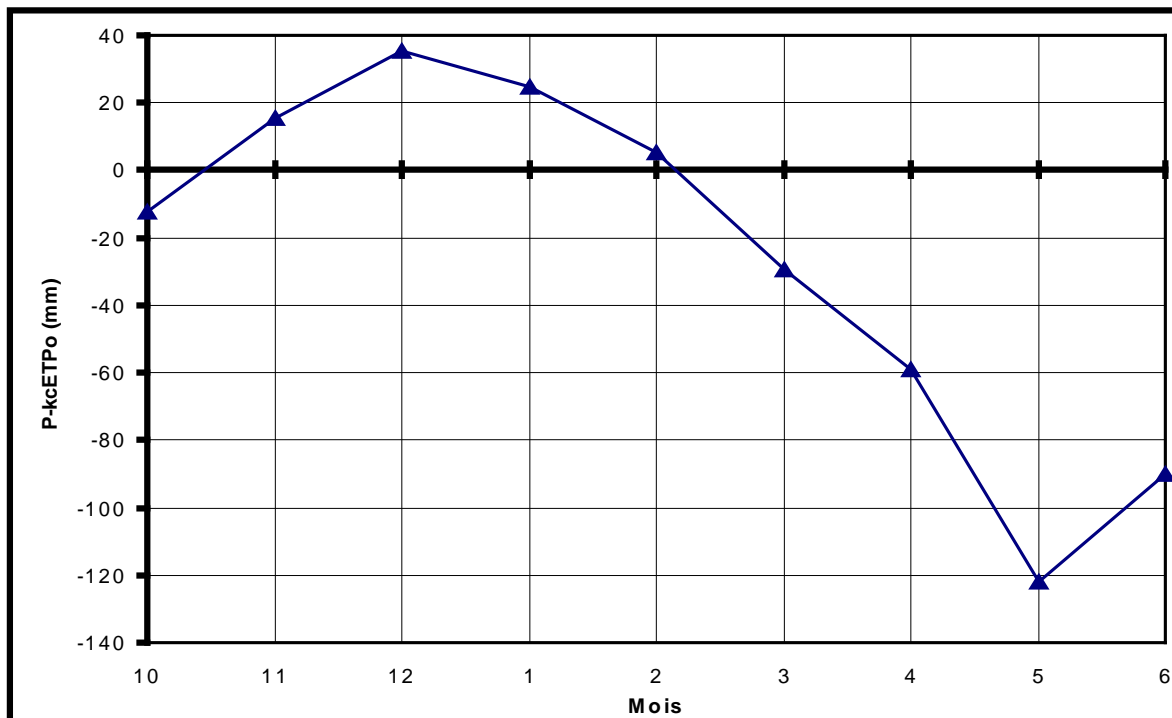


Figure1. Variation du déficit pluviométrique moyen pour le site expérimental Pour la période 1980/2000.

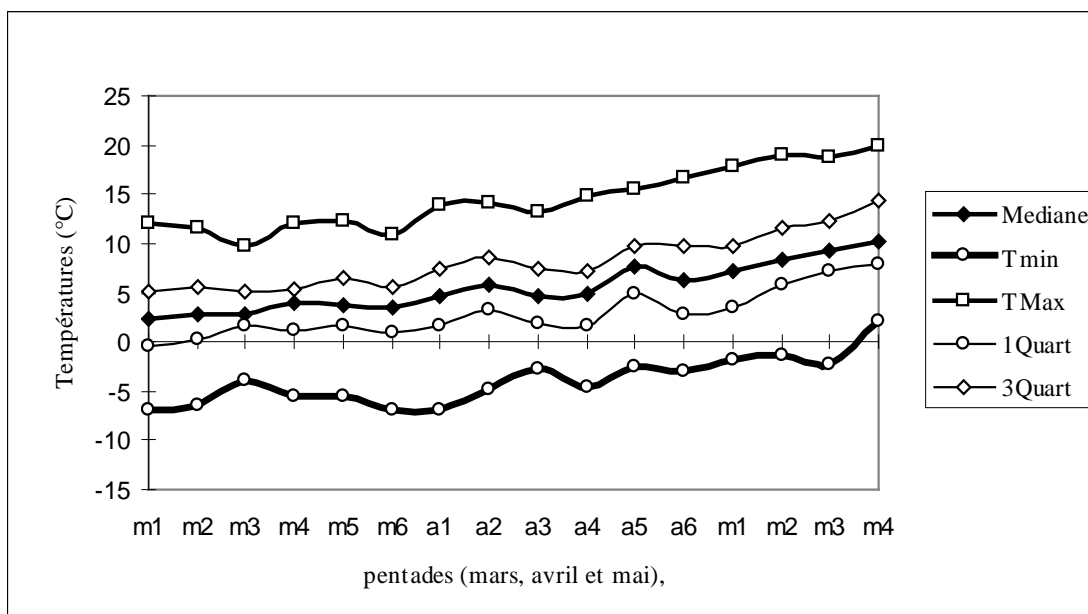


Figure2. Fréquence des températures minimales, pentadaire de la phase sensible du blé dur.**2- Expression des variables mesurées.**

L'effet année est de loin le plus important, expliquant une grande partie de la variation observée dans les variables analysées (Tab.1). Cet effet met en relief la forte variabilité des conditions de croissance auxquelles est soumise la culture du blé dur

des hauts plateaux. L'effet génotype n'est significatif que pour la durée de la phase végétative et l'indice de récolte (Tab. 1). Le classement des génotypes, pour ces deux variables, reste relativement constant, d'une année à l'autre, montrant peu d'interaction

Tableau-1-Carrés moyens de l'analyse de la variance des variables mesurées au cours de 4 années.

Source de Variation	Ddl	PVG (j)	HT (cm)	NE (/m2)	PMG (g)	BIO (q/ha)	NGE	RDT (q/ha)	HI (%)
Année (A)	3	859*	1594*	961666*	1019*	27347*	3056*	3574*	222.6*
Blocs/Année	8	7.2	56.3	1725	3.7	125	8.7	23.5	7.
Génotype (G)	11	199*	522ns	21888ns	32ns	979ns	48ns	217ns	173.9*
G x A	33	28*	286*	18956*	30*	1580*	103*	216*	64.8*
Résidus	88	12.2	78.2	3543.2	6.3	156.6	14.4	30.1	18.6

PVG= phase végétative, HT= hauteur du chaume, NE = épis par m², PMG = poids de 1000 grains, BIO= matière sèche aérienne, NGE= nombre de grains/épi, RDT= rendement en grains, HI= indice de récolte;

ns, *,** = effet non significatif et significatif au seuil de 5 et 1 % respectivement.

La variation des conditions de croissance entre les différentes saisons induit des réponses génotypiques très différentes pour le reste des variables. Cette variation environnementale conduit à un changement de classement des génotypes selon les années. Les campagnes 1999/00 et 2000/01 ont été moins favorables à l'expression du rendement grain, avec 32.9 q/ha de moyenne. Les deux campagnes suivantes ont été par contre relativement plus favorables, avec une moyenne de rendement de 50.1 q/ha (Tab. 2). La différence de 17.2 q/ha, entre les moyennes de rendement des campagnes favorables et défavorables, est significative. Cette meilleure

performance de rendement est associée à une longue durée de la phase végétative, une biomasse aérienne plus élevée et des composantes de rendement prenant des valeurs au dessus de la moyenne générale des 4 campagnes d'études (Tab. 2). Des rendements, très proches, sont obtenus au cours des deux campagnes défavorables, via des itinéraires d'élaboration de rendement très différents (fig.3). Ces résultats rejoignent ceux de Ceccarelli *et al.* (1991) et de Bahlouli *et al.* (2004) qui trouvent que le même niveau de rendement grain est obtenu selon différentes combinaisons de caractères.

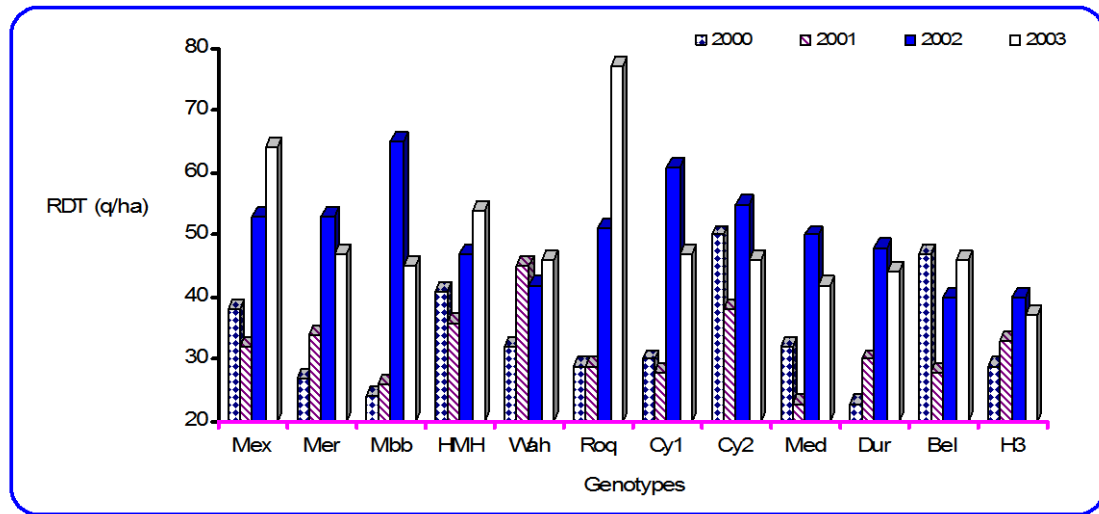


Figure3. Variation du rendement en grains des génotypes en fonction des campagnes.

Tableau -2- Moyennes des variables mesurées au cours des 4 campagnes: effets moyens année et génotype

	PVG (j)	HT (cm)	NE (/m ²)	PMG (g)	BIO (g/ha)	NGE ...	RDT (q/ha)	HI (%)
Effet moyen année								
1999/00	117	64	649	37.1	69	15.4	33.8	48.6
2000/01	119	67	278	36.8	65	30.4	31.9	49.3
2001/02	<u>128</u>	63	459	33.9	<u>117</u>	32.9	50.5	<u>43.9</u>
2002/03	<u>121</u>	78	340	46.2	<u>112</u>	36.3	49.7	<u>45.8</u>
Effet moyen génotype								
Mexicali75	117	62	481	38.7	98	29.4	47.0	50.6
Merouani	125	70	471	40.2	88	28.0	40.3	46.3
MBB	127	65	463	40.3	87	24.4	39.9	44.9
Heider/Martes//Huevos	119	62	387	38.0	89	31.2	44.6	50.2
Waha	116	66	427	35.2	84	27.2	41.4	49.8
Roqueno	118	70	453	40.6	110	27.9	46.9	45.7
Cyprus1	117	66	428	36.3	83	30.0	41.8	50.9
Cyprus2	119	71	464	37.6	99	31.4	47.5	49.5
Medolla	123	68	362	38.3	86	27.4	36.9	42.7
Durum d'Oran	127	74	455	38.3	99	30.3	36.6	39.8
Beliouni3258	124	61	435	39.8	79	27.7	40.0	50.3
Hedba3	124	85	354	38.7	84	30.0	34.9	42.5
Moyenne générale	121.7	68.5	432	38.5	90.9	28.7	41.5	46.9
Ppds5%

PVG = durée levée-épiaison (j), HT = hauteur du chaume (cm), NE= ombre d'épis/m², PMG= poids de 1000 grains (g), BIO = biomasse aérienne (g/m²), NGE = nombre de grains/épi, RDT= rendement grain (g/m²), HI = indice de récolte (%).

La campagne 1999/00 a permis l'expression du nombre d'épis/m² mais elle a été défavorable

à celui des grains/épi. La situation inverse est notée en 2000/01 (fig.3, tab.2). Les différences

pour la biomasse, la durée de la phase végétative, le poids de 1000 grains et l'indice de récolte sont peu marquées entre ces deux années (fig.3, Tab.2). Kirby *et al.* (1992) mentionnent le phénomène de compensation qui se met en place entre les composantes de rendement. Le nombre d'épis/ m² se forme tôt en début de cycle, une fois le maître brin débute sa montée, juste après la réalisation du stade épi-1 cm (Hoshino et Tahir, 1987). Cette composante est déterminée une fois le stade gonflement se réalise. Un stress hydrique hivernal et/ou des basses températures du début printemps peuvent causer une forte réduction de cette composante (Gate, 1995). Le nombre de grains/épi débute sa formation juste avant l'épiaison, au stade méiose, et s'achève 10 jours après l'épiaison (Wardlaw 2002 ; Bahlouli, 2004). Il est très sensible aux basses

températures printanières (Bouzerzour et Benmahammed, 1994, Mekhlouf *et al.* 2004). Le stress hydrique et les hautes températures de la période des 10 jours avant et après la date de réalisation du stade épiaison sont aussi délétères à cette composante (Wardlaw et Moncor, 1995).

3- Réponses aux basses températures et accumulation des osmotocums.

Le test de froid effectué sur couronne identifie Cyprus1, Cyprus2, Durum d'Oran, Médola, et Belioni3258 comme des variétés tolérantes, Merouani, MBB, hedba3 et Roquéno sont par contre sensibles (Tab. 4). Le test effectué sur épi confirme la tolérance des génotypes Cyprus1, Cyprus2, Héider//Martes//Huevos de oro et identifie d'autres génotypes comme étant tolérants (Tab. 3).

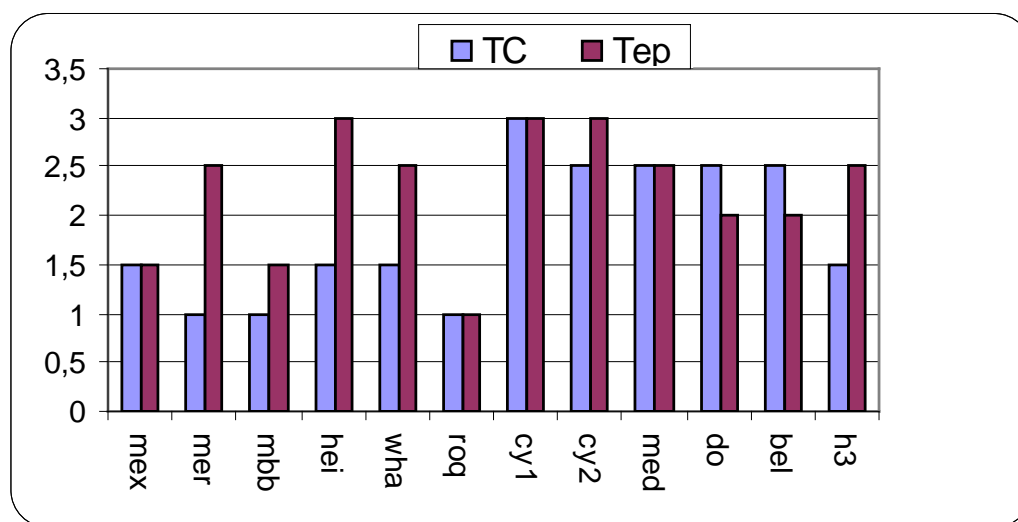


Figure 4: réponse des génotypes aux basses températures.

La capacité d'accumulation de la proline et des sucres varie en fonction des années et des génotypes. La capacité différentielle d'accumulation de ces osmotocums sous basses températures est prise comme une mesure du

degré de tolérance de la variété considérée (Heber et al, 1971 ; Heller et Green,1981). En moyenne des deux années, Mexicali, Medolla et Durum d'Oran accumulent plus de proline, alors que Heider/Martes//Huevos de oro,

Roqueno et Cyprus1 accumulent plus de sucres (Fig. 4).

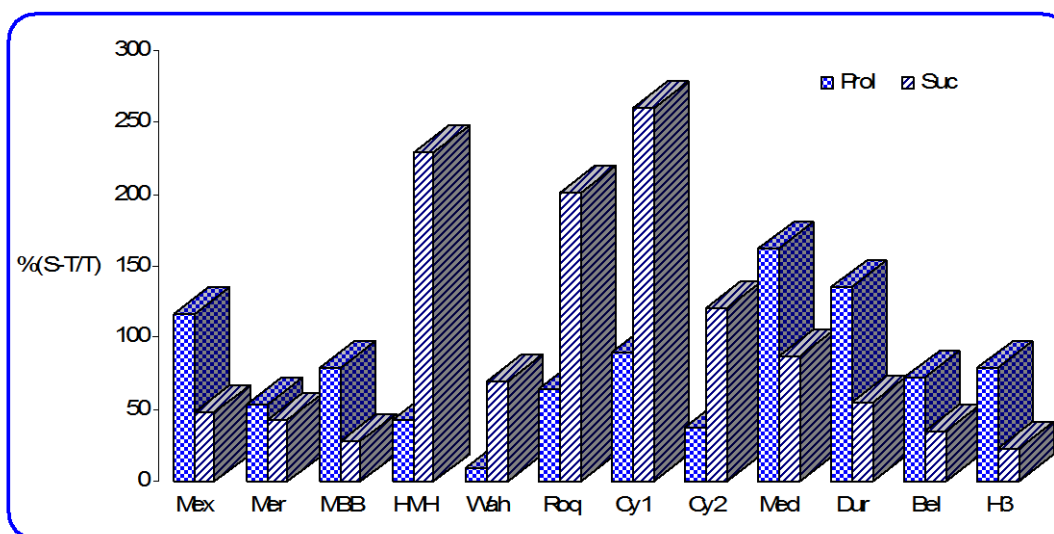


Figure -5- Capacité d'accumulation, sous basses températures, de la proline et des sucres 100 [(Stress-témoin)/ témoin], moyennes de 2 années

Les résultats des tests de froid et biochimiques révèlent que sous contraintes Cyprus1, Heider // Martes//Huevos de oro et Medola expriment la tolérance aux basses températures. Cette tolérance biochimique est confirmée par le niveau d'accumulation de la proline et des sucres. Les résultats rejoignent ceux de Santaruis, (1973) ; Line berger et Steponkus, (1980) et Heber et al, 1971), qui notent que l'accumulation de plus de proline et de sucres chez les variétés tolérantes aux stress thermique. Parallèlement à cela, la lignée Roqueno présente des résultats contradictoires. Elle accumule des niveaux importants de sucres et de proline et tout en se montrant sensible aux basses températures (fig.5).

4- Typologie variétale : Performances agronomiques et tolérance aux basses températures.

Les trois premières composantes expliquent 74.1% (33.4% pour axe1, 22.8% pour l'axe2 et 17.9% pour l'axe 3) de la variation totale disponible dans les variables soumises à l'analyse. La première composante ou axe 1 intègre l'information relative à la variation des variables durée de la phase végétative, nombre de grains/épi, indice de récolte, biomasse aérienne, hauteur du chaume et poids de 1000 grains (Fig. 6.).

Ces variables ont des scores positifs sur cet axe. Celles qui sont bien représentées par ce même axe et qui ont des coordonnées négatives sont les variables test de froid effectuées sur épi, variance du poids de 1000 grains, et l'indice de récolte. L'axe 1 représente donc globalement la variation inter-saisons de l'ensemble des variables mesurées hormis celle du rendement en grains (Fig. 6). L'axe 2 représente la durée de la phase

végétative, le nombre d'épis/m², le rendement en grains, la biomasse aérienne et l'écart des sucres mesurés lors de la campagne. Le long de cet axe 2 s'opposent donc la phénologie aux capacités de production et d'accumulation des osmolytes représentées par le rendement, la biomasse aérienne et les sucres solubles (Fig. 6). Sur le plan formé par les composantes principales 1 et 2, les génotypes bien représentés sont Heider//Martes//Huovos, Waha, et Cyprus1 qui s'opposent le long de

l'axe 1 aux génotypes Roquéno et Durum d'Oran. Les premiers se caractérisent par de la tolérance au froid mesurée par le test de l'épi associée à une forte variation du poids de 1000 grains, un faible poids de 1000 grains et de faibles variances intersaisons de la hauteur du chaume, la durée de la phase végétative, la biomasse aérienne, le nombre de grains/épi et l'indice de récolte (Fig. 6).

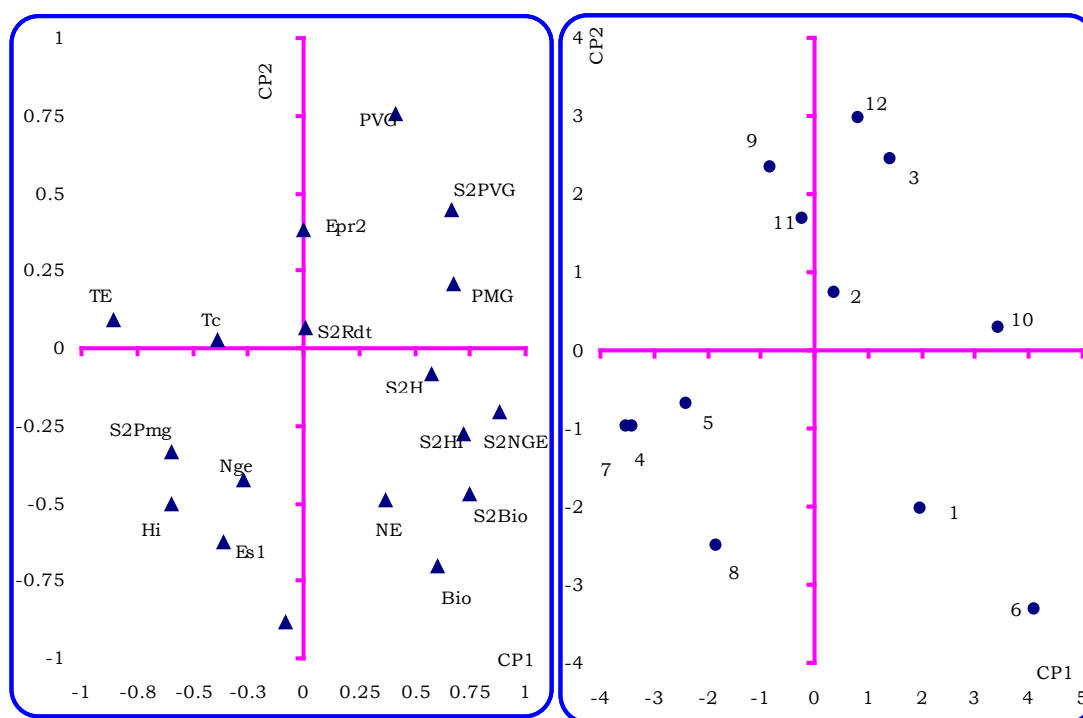


Figure –6- Cercle des corrélations entre les variables et représentation des génotypes selon le plan formé par les composantes 1 et 2.

Le second groupe de génotypes, à l'inverse, est sensible au froid mesuré par le test de l'épi, il présente une faible variance inter-saisons pour le poids de 1000 grains, un poids de 1000 grains élevé et de fortes variances inter-saisons pour les variables hauteur du chaume,

biomasse aérienne, indice de récolte, nombre de grains par épi et durée de la phase végétative (Fig.6). Du point capacité de production en grains, et suite à leur position par rapport à l'axe 2, le génotype Durum d'Oran est le moins productif, les génotypes

Héider//Martes//Huovos , Waha, et Cyprus1 ont une productivité intermédiaire et le génotype Roquéno est le plus productif (Fig.6). Le long de l'axe 2 s'opposent les génotypes Medolla, Beliouni3852 et Hedba3 aux génotypes Mexicali75 et Cyprus2. Les premiers sont très tardifs à l'épiaison, ils présentent moins d'épis/m², une faible production de grains et de biomasse aérienne associée à une faible capacité d'accumulation des sucres (Fig.6). Les seconds, à l'opposé, se distinguent par de la précocité au stade épiaison et des meilleures capacités de production d'épis/m², de grains et de biomasse aérienne et d'accumulation des sucres sous stress (Fig.6). L'axe 3 gère l'information relative à la tolérance au froid mesurée par le test de la couronne, le nombre de grains par épi, la proline accumulée. Ces variables sont négativement corrélées à cet axe 3. La variable qui lui est positivement corrélée est la variance intersaisons du rendement en grains. Il semble que la tolérance au froid et la capacité d'accumulation de la proline sont liés chez les génotypes Héider//Martes//Huovos , Waha, et Cyprus1 à la stabilité du rendement. Ces génotypes méritent d'être mieux étudiés sous l'aspect physiologique et utilisé comme géniteurs dans les programmes de croisement.

Conclusion

La zone semi-aride des hautes plaines céréalières se distingue par la présence de plusieurs contraintes abiotiques. Leur effet sur le rendement en grain et ses composantes est différemment ressenti selon les conditions climatiques de l'année. La grande variabilité

des conditions de croissance constatée chez les caractères étudiés est due en partie à la fluctuation des conditions du milieu. Les tests physiologiques de froid constituent un outil intéressant pour l'évaluation de la tolérance aux basses températures. Globalement les tests de froids effectués sur les lignées identifient les génotypes Cyprus1, 2 et Heider //Mt//Ho comme étant des lignées tolérantes au froid précoce et tardif. Ces lignées se distinguent aussi par une accumulation accrue des osmolytes proline et sucres solubles sous conditions de stress thermique. Par contre, le matériel local représenté par Médolla, Durum d'Oran et Mbb est sensible au froid.

Références

Abbassenne F.,(1997). Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ces composantes chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf). thèse de magister INA 81p.

Abbassenne F, Bouzerzour H., Hachemi L. (1998). Phénologie et production de blé dur (*Triticum durum*, Desf) en zone semi-aride d'altitude. Annales de l'INA ; 18 : 24-36.

Arous J. l., Amaro T., Voltas J., Nakhoul H. et Nachit MM.(1998). Chlorophyll floerescence as a selection criteria fo grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. FCR 55.209-223.

Baldy G., (1974). Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques et de leurs influences sur la production des principales zones céréalières. Document projet céréale, 70p.

Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. and Hassous, K. L. 2005. Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi arid conditions. *J. Agro.* 4: 360-365.

- Bensedik B., Benabdelli K., (2000).** Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum*, Desf) en zone semi-aride : approche éco-physiologique. Sécheresse 1. vol 11. Mars 2000 : 45-51.
- Bouzerzour H. et Bemmahamed A. (1994).** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaux of eastern Algeria. *Rachis* 12: 11-14.
- Feliachi, K. (2002).** PNDA, Intensification et développement des filières, cas de la céréaliculture. Acte des 3emes journées scientifiques sur le blé 12/13 février 2002. Université Mentouri Constantine.
- Ceccarelli *et al.* (1991) 33. Ceccarelli S, Grando S (1991).** Selection environment and environmental sensivity in barley. *Euphytica* 1991; 57: 157-167.
- Canterro-Martinez C, Villar JM, Romagosa I, Fereres E. (1995).** Growth and yield responses of two contrasting barley cultivars in a Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy* 1995 ; 4 : 317-326..
- Dakheel AJ, Nasi I, Mahalakshmi V, Peacock JM. (1993).** Morphophysiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* ; 34: 297- 307.
- Fletcher Rj. (1983).** Breeding for frost resistance in early flowering wheat. Proc. 6Th Inter. Wheat genetics sympo. 965-969.
- Fowler D B., (1979).** Selection for winterhardiness in wheat. Identification of genotypic variability. *Crop Sc.*19 : 769-772.
- Gate P., (1995).** Ecophysiologie du blé, de la plante à la culture. Editions TEC & DOC, Lavoisier, Cachan.
- Havaux et Lannoye, (1985).** Effet des basses températures positives sur les réactions photochimiques primaires de la photosynthèse du Maïs (*Zea Mays L.* Cv "LG "). *Agronomie*, 5 (4):331-337.
- Heber U., Tyankova I., Sataruis K..A. (1971).** Stabilization and inactivation of biological membranes during freezing in the presence of amini acid. *Biochim. Biophys. Acta.* 241-578-592.
- HellerGreen J., Li P. H., (1981).**Survival of solonum tuberisum suspension cultures to -14°C.the mode of action of proline. *Physiol. Plant.* 52, 449-453.
- Laumont P, Erroux J.(1961).** Inventaire des blés durs rencontrés et cultivés en Algérie. *Mémoires de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord* 1961 ; 5 : 94 p. Line Berger et Steponkus, 1980
- Mekhlouf A, Bouzerzour H, Dehbi F., Hnnachi A. (2001)** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In : Proceeding séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides. Oum El Bouaghi 2001 ; 23 : 75-80.
- Mekhlouf A., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hadj Sahraoui A., Harkati N. (2004).** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), au climat semi-aride (sous presse, revue sécheresse France.
- ONM.** Données météorologiques de la station ONM de Sétif. Période 1980/81 à 1998/99 ; 23 p.
- Paulsen GM., et Heine E.G. (1983).** Grain production of winter wheat after spring freeze injury. *Agro . jour.* 75. 105-107.
- Santaruis, (1973). In Havaux et Lannoye R.(1982).** Changement biochimiques observés pendant l'adaptation au froid de l'orge. *Agronomie* 2(10)-923-930.
- Slatyer RO., (1974).** The effect of internal water status on plan growth developpement and yield. In plant response to climat factors. Proceeding for the the UPSALA Symposium. UNESCO, 1974.
- Single W.V., et H.Marcellos (1974).** Studies on frost injury to heat. IV. Freezing of ears after emergence from the leaf sheath. *Aust. J. Agric. Res.* 25-679.

Wardlaw IF, Moncur L. (1995). The response of wheat to high temperature following anthesis. The rate and duration of kernel filling. *Aust J. Plant Physiol.* 1995; 22: 391-397.