

ETUDE DE L'INTERACTION GENOTYPE-ENVIRONNEMENT SUR LES PARAMETRES AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES DE QUELQUES VARIETES DE BLE DUR (*Triticum durum* Desf.)

Par

ABIDI Lila

Mr. A. ACHOUCHE, Mr. M. BENMOUSSA,
Mr. S.A. SNOUSSI

RESUME

Notre étude porte essentiellement sur douze variétés de blé dur cultivées au niveau des stations de recherche développement de l'I.T.G.C de Tiaret, Oued-Smar, Khroub et Sétif. Les buts poursuivis sont nombreux. Il s'agit essentiellement d'analyser la qualité et la productivité de chaque variété par rapport à son comportement et son adaptation selon les différentes régions. Les résultats de ces essais placés dans différentes zones climatiques révèlent qu'il existe un effet significatif de l'environnement sur le rendement en grains. Le meilleur rendement est obtenu à la station expérimentale de Sétif avec 50.62 qx/ha, suivie de la station de Oued-Smar avec 30.61qx/ha. L'analyse statistique des données montre une influence hautement significative de l'interaction « variétés x zones » pour la plupart des paramètres étudiés. Le poids de mille grains les plus élevés, 51g et 50.36g, sont obtenus à la station de Sétif, respectivement pour TR 32225 / GEDIZ // OFANTO et le témoin CIRTA. Au même site, les géotypes LABDY-37/ BUSCA-3 et le témoin BOUSSELAM réalisent les meilleurs rendements avec 54.89 qx/ha. Les variétés ainsi sélectionnées en fonction de leur zone de développement sont caractérisées par un haut rendement et sont pourvues de bonnes qualités agronomiques.

Mots clés : blé dur, variétés, sélection, adaptation, interaction génotype x environnement.

INTRODUCTION

Le blé est la première céréale cultivée dans le monde. Cette denrée tant appréciée, représente l'une des plus importantes ressources alimentaires de l'Homme. Outre son importance économique et sociale, elle est aussi la principale source nutritive des pays sous-développés.

La céréaliculture est une composante importante des économies agricoles et alimentaires algériennes. Certes, de part l'importance des superficies occupées et compte tenu de leurs poids dans la sécurité alimentaire du pays (source de revenus et d'activités), les céréales sont peu substituables, tant au niveau des productions que des consommations nationales. D'autre part, étant donné la primauté des dépenses alimentaires dans le budget des ménages algériens (50%), les prix des céréales

déterminent en grande partie le niveau des salaires et de la consommation nationale [1].

Le blé dur est la spéculation alimentaire la plus importante pour une large part de la population algérienne [2] et demeure un produit de base dans les habitudes alimentaires.

En dépit des grandes superficies normalement suffisantes pour la consommation, la production céréalière reste faible en Algérie à cause d'une multitude de facteurs d'ordre scientifiques (variétés plus adaptées) et organisationnels. Outre les difficultés dues à une gestion aléatoire, une grande part de ces terres cultivées se trouve en zone semi-aride, ce qui soumet la culture du blé dur à plusieurs contraintes. Cette situation, ne couvrant que 25 à 30% des besoins nationaux [2], est aggravée par la croissance démographique sans cesse croissante. Pour combler ce déficit estimé à 60 %, l'Algérie a recours aux importations des céréales qui représentent (38%) des importations agricoles [6].

Afin de relever le défi de la demande et d'assurer la sécurité alimentaire du pays, l'idéal serait donc, d'améliorer simultanément la rusticité et la qualité technologique du blé et cela dans une perspective d'agriculture durable plus respectueuse de l'environnement. Ces objectifs ne peuvent être atteints sans la création variétale et l'étude du comportement et de l'adaptation des variétés sélectionnées aux conditions du milieu.

A cet effet, et à l'égard de l'importance du blé dur en Algérie, l'Institut Technique des Grandes Cultures a mis en place un programme d'amélioration visant à obtenir des variétés combinant à la fois une bonne valeur agronomique et technologique. Notre contribution à ce projet de recherche consiste à tester la plasticité d'une gamme de géotypes introduits dans quatre environnements différents, à savoir Tiaret, Oued-Smar, Khroub et Sétif.

Notre souci majeur dans cette étude est de cibler des variétés dont les performances agronomiques et technologiques seront optimales dans différentes régions agricoles. C'est pourquoi, une telle stratégie nécessite une analyse approfondie de l'interaction Génotype x Environnement et ce, afin de déterminer le zonage optimal propre aux douze variétés étudiées.

MATERIELS ET METHODES

Les essais de la campagne 2006 /2007, ont été menés au niveau des quatre stations expérimentales de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) : Tiaret, Oued-Smar, Khroub et Sétif. Le matériel végétal a été constitué 12 variétés de blé dur (*Triticum durum*) (dont 08 sont introduites d'Europe) de l'essai national 1ère année de l'ITGC.

V1: TR32225 / GEDIZ // OFANTO
 V2: MBB / OFANTO// RADIOSSO / WAHA
 V3: BOUSSELAM / OFANTO
 V4: OFANTO / WAHA / WAHA
 V5: BOUSSELAM TEMOIN
 V6: WAHA TEMOIN
 V7: SHAKE-3 / GREEN-18
 V8: TOTUS / CARGO // ALTAR 84 / AOS
 V9: GTA X DUR TEMOIN
 V10: PLATA-1 / SNM // PLATA-9
 V11: LABDY-37/ BUSCA-3
 V12: CIRTA TEMOIN

Méthodes physiques effectuées sur les paramètres testés

- Les hauteurs des plants à la floraison des variétés de blé dur ont été mesurées à partir de 15 plants choisis au hasard, niveau de chaque parcelle élémentaire. La mesure a été prise de la base de la tige jusqu'à l'épi (barbe non incluse).
- Les rendements en grains ont été déterminés par pesée après récolte.
- Le PMG (masse de 1000 grains entiers) a été déterminé par comptage à l'aide de l'appareil automatique NUMIGRAL (NFV03-702).
- Le taux de moucheture a été déterminé sur 20 g de blé propre par appréciation visuelle. Les grains mouchetés présentent des colorations situées entre le brun et le noir brunâtre.
- Le taux de mitadinage a été déterminé sur 300 grains en comptant les grains mitadinés après les avoir coupés transversalement à l'aide du farinotome de Pohl (ISO-532)

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les plans d'expérience réalisés dans les quatre stations expérimentales sont des plans en blocs

aléatoires complets identiques à deux facteurs essentiels et avec quatre répétitions.

Les deux facteurs étudiés sont :

F1: Environnement avec 4 variantes :

E1 (Tiaret) ; E2 (Oued-Smar) ; E3 (Khroub) ; E4 (Sétif).

F2: Variétés avec 12 variantes :

V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12.

- Nombre de traitements de base = $12 \times 4 = 48$ traitements.
- Le nombre de parcelles expérimentales sur l'ensemble des quatre sites d'expérimentation = 192.

TECHNIQUES D'ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats de l'expérimentation ont été analysés à l'aide d'un logiciel : le STATIT CF.

- L'analyse de la variance est le test global qui nous a permis la détermination des différences entre les moyennes des différents traitements.
- L'analyse par le test de PPAS, qui nous a permis de classer les moyennes des différents traitements en groupes homogènes pour ressortir les meilleurs traitements.
- Le seuil de signification retenu est de 5%.

RESULTATS ET DISCUSSION

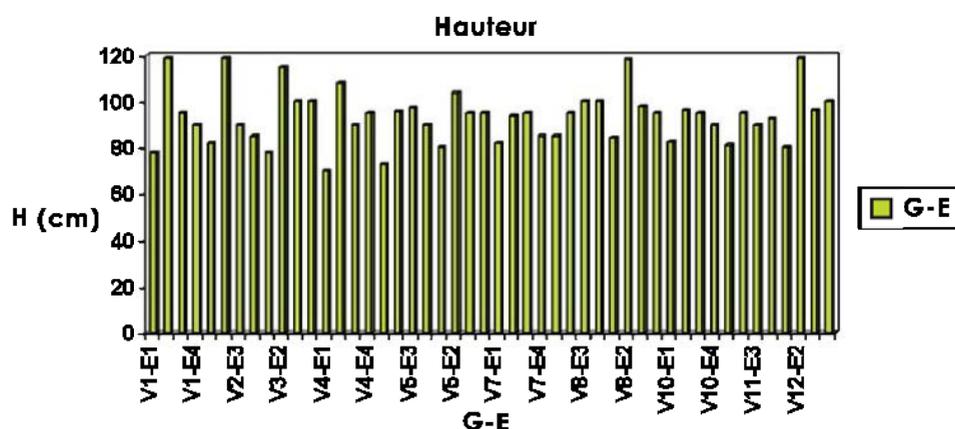
L'analyse statistique des résultats obtenus sur les 12 variétés de blé dur étudiées ont montré des effets très significatifs de l'interaction Génotype x Environnement sur la plupart des paramètres testés.

- Les paramètres agronomiques :

1 Hauteur

Les résultats relatifs à la hauteur des plants à la floraison sont illustrés par la figure 1.

Figure 1 : Effets de l'interaction Génotype x Environnement sur la hauteur des plants à la floraison



L'analyse de la variance selon le test de STUDENT NEWMAN et KEULS, a permis de classer les différentes hauteurs en groupes homogènes et de révéler la meilleure hauteur.

L'interaction génotype x environnement a révélé une différence de hauteur très hautement significative. Les différentes hauteurs sont comprises entre 118.75 cm et 70 cm. Les deux génotypes ayant obtenu la même et plus haute paille sont MMB / OFANTO // RADIOSSO / WAHA et le témoin CIRTA, au site de Oued-Smar. La plus faible hauteur a été obtenue chez le génotype OFANTO / WAHA / WAHA, dans l'environnement de Tiaret.

Ces résultats seraient liés aux conditions climatiques qui auraient un impact positif ou négatif sur la croissance et le développement des pailles. En effet, le climat de la région de Oued-Smar (bonne pluviométrie, températures favorables), s'avère le plus adéquat à la culture du blé dur. En revanche, le climat rude des régions semi-arides (en particulier celui de Tiaret) est très contraignant en raison des faibles précipitations, des gelées et des fortes chaleurs. Ces contraintes hydriques et thermiques accentueraient les déficits hydriques qui par conséquent, freineraient la croissance des tiges. Ceci coïncide avec les travaux de MEKLIICHE et al. [97], qui ont montré que l'effet du déficit hydrique est très néfaste sur la hauteur des tiges de blé dur. En effet, les besoins en eau d'une culture étant directement liés au climat [98], les effets du stress hydrique affectent la partie aérienne et souterraine des plantes [99] et touchent toutes leurs fonctions [40].

2 Rendements

Les résultats relatifs au rendement en grains sont illustrés par la figure 2.

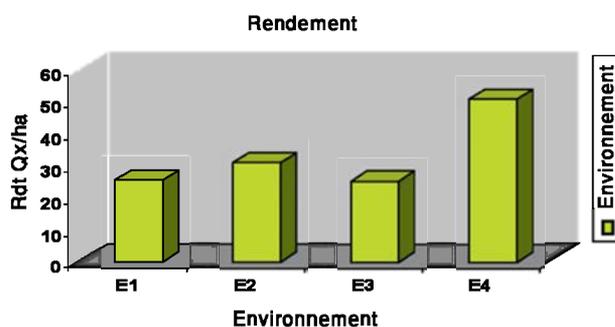


Figure 2: Effets de l'Environnement sur le rendement en grains

Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS indique la présence de trois groupes homogènes A, B et C et détermine le meilleur environnement pour ce caractère.

Il existe un effet significatif de l'environnement sur le rendement en grains.

Le meilleur rendement a été obtenu à la station expérimentale de Sétif avec (50.62 qx/ha), suivie des la station de Oued-Smar, avec un chiffre de (30.61 qx/ha). Les deux autres stations de Tiaret et Khroub, ont eu des rendements sensiblement proches avec les valeurs respectives de 25.24qx/ha et 24.97qx/ha.

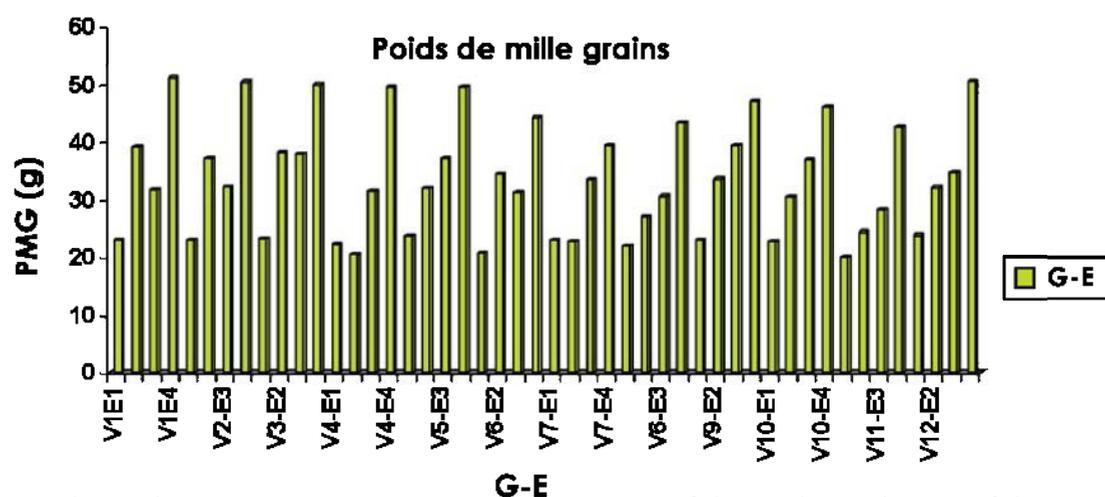
Ces résultats indiquent que l'environnement de Sétif est le plus favorable à l'expression du haut rendement en grains. L'interprétation agronomique qui en ressort est que le cycle de développement des différentes variétés de blé dur de cette zone semi-aride, se serait déroulé dans de bonnes conditions environnementales. Les conditions climatiques ont effectivement eu un impact important en faveur de la culture.

En dépit de la zone favorable à la culture du blé dur, la station de Oued-Smar a enregistré des rendements plus faibles que ceux de la station de Sétif. Ces résultats seraient la conséquence des dernières pluies printanières. En effet, celles-ci, auraient été favorables au développement des maladies cryptogamiques (septoriose et rouille brune) et des mauvaises herbes entrant en compétition avec la culture.

Les rendements des environnements de Tiaret et de Khroub, représentent moins de la moitié de ceux de Sétif. Cette faiblesse des résultats pourrait s'expliquer par les contraintes climatiques qui auraient fortement affecté les cultures et minimiser les rendements en grains.

Compte tenu du climat des régions semi-arides, des précipitations à caractère faible et aléatoire, le déficit hydrique demeure le problème majeur de la production du blé dur. Cet environnement hydrique stressant impose une limite à l'expression des aptitudes génétiques des cultivars [135] et explique en partie la stagnation du rendement. Selon BENSEDDIK et BENABDELLI [67], le comportement du blé dur vis-à-vis de la contrainte hydrique est moins plastique que les autres céréales plus rustiques telles que l'orge ou l'avoine. Le blé dur est considéré comme une espèce moyennement résistante à la sécheresse, mais des différences importantes de comportement sont observées selon les cultivars [136]. LARBI et al. [137], constatent qu'il existe des niveaux de tolérance qui dépendent de la période où intervient le déficit hydrique.

L'analyse de la variance de l'interaction génotype x environnement, montre une différence non significative pour le rendement en grains.



3 Poids de mille grains

Les résultats se rapportant à la composante de rendement « poids de mille grains » sont illustrés par la figure 3.

Figure 3 : Effets de l'interaction Génotype x Environnement sur le poids de mille grains

Le test de STUDENT NEWMAN et KEULS, montre la présence de plusieurs groupes homogènes et révèle les meilleurs poids de mille grains à la station de Sétif.

Le poids de mille grains indique que l'interaction génotype x environnement est très hautement significative. Le poids le plus élevé a été obtenu à la station de Sétif chez les variétés TR 32225 / GEDIZ // OFANTO (51g) et du témoin CIRTA (50.36g). Le poids minimum est observé chez le génotype SHAKE-3 / GREEN -18 (39.20g). La station expérimentale de Khroub réalise de meilleurs résultats que celle de Oued-Smar avec des valeurs comprises entre (28.06g) pour LABDY-37 / BUSCA-3 et (39.22g) pour le témoin GTAX DUR. La station de Tiaret enregistre les poids de mille grains les plus bas compris entre 20g pour LABDY-37 / BUSCA-3 et 23.84g pour le témoin CIRTA.

Ces différences de fluctuations pourraient provenir d'une part, du caractère variétal du poids de mille grains (PMG) et d'autre part, des conditions environnementales dans les quelles ont évolué les génotypes étudiés. En effet, le PMG est sous l'effet des composantes suivantes : matière sèche, matière fraîche, eau et matières protéiques qui diminuent sous l'effet de l'élévation de la température [146]. En outre, ce caractère (PMG) est peu maîtrisable car fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage des grains. Un manque d'eau après floraison, combiné aux fortes températures, entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ ou de la durée de remplissage, provoquant ainsi l'échaudage des grains [51] ; [41].

Ces faits expliqueraient les faibles poids de mille grains obtenus à la station de Tiaret, où l'on a observé des grains de blé dur échaudés. Les cultures de blé de cette région étant exposées à de rudes conditions environnementales en fin de cycle : fortes températures (sirocco) associées au déficit hydrique, auraient pour conséquences la perte du poids des grains ainsi que la chute du rendement des cultures de blé dur.

ERCHIDI et al. [132], ont mentionné que la durée et la vitesse de remplissage expliquent 97 % de la variabilité du poids des grains de blé dur et que ces deux composantes sont négativement corrélées.

Les travaux menés par SOFIELD et al. [149], ont confirmé la dépendance du PMG aux variations de températures qui conditionnent en grande partie la vitesse et la durée de remplissage des grains. Ces derniers, mentionnent que la durée de remplissage est plus longue sous température modérée et que la vitesse est plus élevée sous haute température.

Ainsi, sous l'effet d'un environnement contraignant, les différents génotypes étudiés n'exprimeraient pas convenablement leurs capacités intrinsèques, car ils n'arriveraient pas à assurer leur remplissage par le produit de la photosynthèse de la post-anthèse. Les réserves accumulées dans les tiges seraient donc un mécanisme d'adaptation au milieu défavorable. Ces changements de comportement des génotypes interviennent naturellement sur le rendement final. BIDDINGER et al. [150], rapportent que la contribution des tiges au rendement variait de 10 à 70 % selon les génotypes et les environnements.

Par ailleurs, la diminution du poids de mille grains pourrait être liée au dessèchement de la dernière feuille (feuille étendard) qui participe en grande partie au remplissage des grains. La vitesse du dessèchement foliaire est modeste au stade épisaison puis devient plus rapide après 10 jours. Le début de la phase active du remplissage du grain correspond au début de la sénescence foliaire [77].

Les quantités de réserves acheminées vers le grain dépendent de l'état de fonctionnement des vaisseaux conducteurs, du potentiel du grain et de la capacité du génotype à utiliser ces dernières pour son remplissage suite au déficit de l'activité de photosynthèse de la post-anthèse [152]. Ceci corrobore ce qui est rapporté par TRIBOI et al. [153] et par BLUM et al. [154], qui mentionnent que le flux des assimilats vers le grain dépend d'une part de la quantité d'assimilats stockés dans les tiges et d'autre part de l'assimilation post-anthèse. La quantité est fonction du nombre de tiges produites par m², du type de variété, de la hauteur du chaume et des conditions climatiques spécifiques à l'année [154].

• Paramètres agronomiques et technologiques

4 Moucheture

Les résultats relatifs au taux de moucheture sont illustrés par les figures 4,5 et 6.

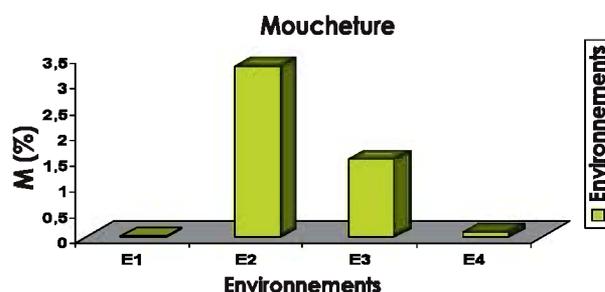


Figure 4 : Effets de l'Environnement sur le taux de moucheture

Les effets de l'environnement sur le taux de moucheture sont élevés notamment à Oued-Smar et à Constantine. Le test de NEWMAN et KEULS, montre la présence de quatre groupes homogènes classés par ordre croissant de sensibilité à la moucheture : A, B, C et D. Cette analyse des résultats nous permet de dégager l'interprétation agronomique suivante :

Les effets de l'environnement sur le taux de moucheture s'expliquent principalement par : les différences climatiques des quatre régions étudiées à savoir, la station expérimentale de Tiaret, la station de Oued-Smar, station Khroub de Constantine et celle de sétif. A remarquer que les valeurs en (%) de ce caractère sont élevées notamment à Oued-Smar et à Constantine. Ces taux élevés dans ces deux régions seraient liés au fort taux d'humidité propre au littoral algérien, ce qui favoriserait le développement des champignons. Cette hypothèse est en accord avec les travaux de DESCLAUX et al. [157], [157], qui ont récemment confirmé que la moucheture est provoquée par trois agents : les conditions abiotiques, les insectes et les champignons. Selon ces chercheurs, les conditions climatiques sont les facteurs causaux les plus

favorables à l'apparition de la moucheture. Ils affirment que l'expression de la moucheture varie considérablement selon le seuil de température.

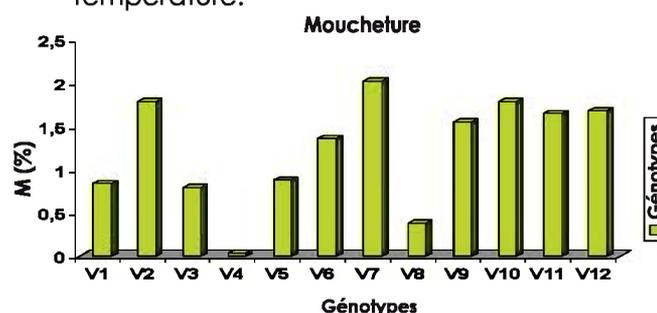


Figure 5 : Effets du Génotype sur le taux de moucheture

Il existe un effet significatif du génotype sur le taux de moucheture. Les résultats expérimentaux présentent un ordre croissant de sensibilité à la moucheture pour les différentes variétés de blé dur:

OFANTO/ WAHA / WAHA, TOTUS / CARGO // ALTAR 84 / AOS, BOUSSELLAM / OFANTO, TR 3225 / GEDIZ // OFANTO, BOUSSELLAM, WAHA, GTAXDUR, LABDY-37/ BUSCA-3, CIRTA, PLATA-1 / SNM / PLATA-9 et MBB / OFANTO // RADIOSSO / WAHA, SHAKE-3 / GREEN -18.

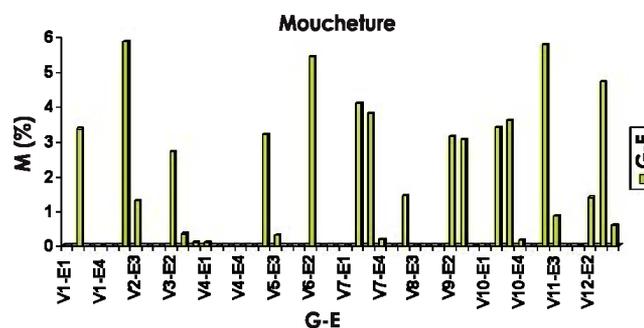


Figure 6 : Effets de l'interaction Génotype x Environnement sur le taux de moucheture

L'analyse de la variance du taux de moucheture indique que l'interaction génotype x environnement est très hautement significative. Le test de NEWMAN et KEULS, révèle la présence de plusieurs groupes homogènes classés selon un ordre croissant de résistance à la moucheture et détermine l'interaction qui présente la meilleure résistance vis-à-vis de ce paramètre. Ainsi, les résultats obtenus montrent un taux de moucheture très élevé pour certains groupes, alors qu'il est inexistant pour d'autres, notamment pour le groupe O. Les valeurs sont comprises entre 0.00 % et 5.85 % avec une moyenne générale de 1.23 %. L'écart type est de 0.11 % et le coefficient de variation de 9.1%.

Tous les géotypes de la station de Oued-Smar et 08 géotypes sur 12 de la station Khroub sont fortement atteints de moucheture. Les variétés les plus résistantes au taux de moucheture sont cependant, celles des stations expérimentales de Tiaret et de Sétif. Ces mêmes variétés très résistantes dans ces deux milieux deviennent sensibles dans d'autres environnements. C'est le cas par exemple des variétés BOUSSELAM / OFANTO, SHAKE-3 / GREEN -18 / PLATA-1 / SNM / PLATA-9, CIRTA (Témoin) qui se comportent différemment d'une zone à l'autre. Ces faits, montrent l'influence du milieu sur le taux de moucheture des différents géotypes. Par conséquent, ce taux de moucheture est dépendant de la variété et de l'environnement.

5 Mitadinage

Les résultats relatifs au mitadinage sont représentés par les figures 7, 8 et 9.

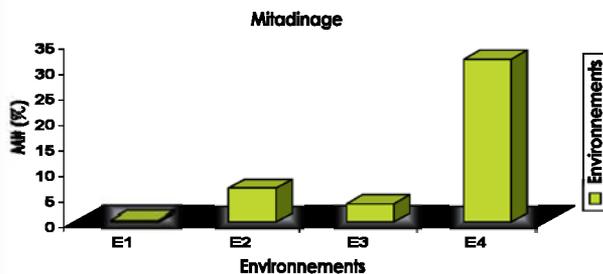


Figure 7 : Effets de l'Environnement sur le taux de mitadinage

Le test de NEWMAN et KEULS révèle la présence de quatre groupes homogènes classés selon un ordre croissant de sensibilité au mitadinage : A, B, C et D. Les plus faibles taux de mitadinage ont été enregistrés aux stations expérimentales de Tiaret et de Khroub. Le taux le plus fort en mitadinage a été enregistré à la station de Sétif avec une valeur de 31.71%. Ce taux dépasse le seuil limite préconisé, il est donc pénalisant pour la valeur semoulière du blé dur. Ces résultats seraient probablement liés aux effets de l'environnement, c'est-à-dire, aux conditions climatiques telles que la pluviométrie et les techniques culturales entre autre, la fertilisation azotée [158].

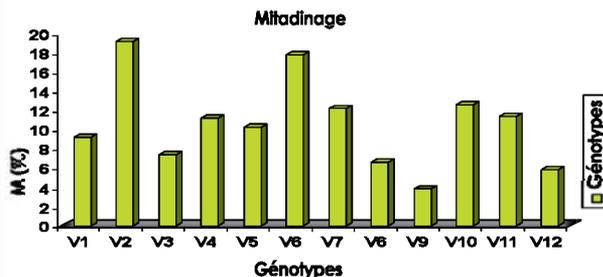


Figure 8 : Effets du Géotype sur le taux de mitadinage

Le géotype se révèle avoir également un effet hautement significatif sur le taux de mitadinage. Grâce au test de NEWMAN et KEULS, on découvre la présence plusieurs groupes homogènes qui sont classés selon un ordre croissant de résistance au taux de mitadinage. La variété présentant la meilleure résistance est GTA X DUR (témoin) ; la plus sensible est MBB /OFANTO// RADIOSSO / WAHA. La résistance au mitadinage est un caractère qui dépend des facteurs génétiques [159]. Il est directement lié à la teneur en protéines.

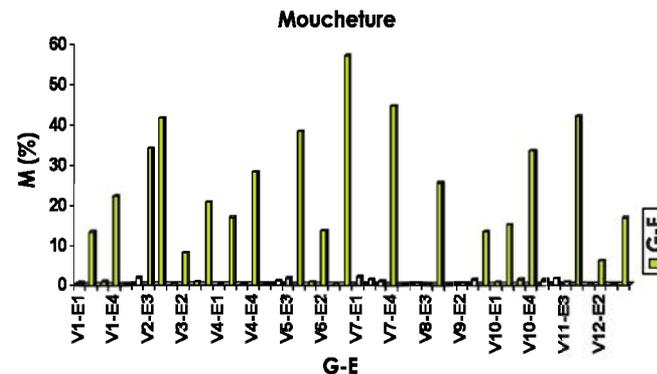


Figure 9 : Effets de l'interaction Géotype x Environnement sur le taux de mitadinage

Les effets de l'interaction géotype x environnement sont très hautement significatifs. Les géotypes les plus intéressants ayant répondu à un taux de mitadinage de 0.00 % sont BOUSSELAM / OFANTO (6S - 1S - 8S - 1S - 0S) et CIRTA enregistrés à la station de Tiaret ainsi que WAHA enregistré à la station de Khroub. Toutefois, les géotypes ayant obtenu les plus forts pourcentages en mitadin sont : WAHA, LABDY-37/ BUSCA-3, SHAKE-3 /GREEN-18, CIRTA, MBB / OFANTO // RADIOSSO / WAHA et BOUSSELAM, tous enregistrés à la station de Sétif. Il est à remarquer que certains géotypes comme dans le cas de ces derniers, réagissent différemment dans d'autres environnements, passant réciproquement de la sensibilité à la résistance. Ce phénomène ne pourrait s'expliquer que par l'étroite dépendance de l'interaction géotype x environnement, qui impliquerait des gènes de résistance, lesquels seraient inhibés ou activés en fonction des conditions environnementales.

CONCLUSION

Le choix raisonné des stations et l'élaboration d'un protocole expérimental adéquat ont conduit à l'obtention de résultats très satisfaisants. Les principaux objectifs de notre étude notamment l'étude de l'interaction Génotype x Environnement, l'amélioration de la qualité et du rendement de douze variétés de blé dur en fonction de la zone ont été atteints.

L'interaction génotype x environnement a révélé une différence très hautement significative pour tous les paramètres étudiés, excepté pour le rendement en grains qui a montré une différence significative pour le facteur environnement. Ainsi, l'influence simultanée des deux facteurs explique le fait qu'à une variété spécifique correspond un environnement qui lui est propre. En effet, les génotypes étudiés présentent des comportements différents selon les différents environnements car certains gènes s'exprimeraient mieux dans certains milieux et donc leur adaptabilité serait meilleure. En résumé,

- Les deux génotypes ayant obtenu la même et plus haute paille sont MMB / OFANTO // RADIOSSO / WAHA et le témoin CIRTA, au site de Oued-Smar qui a été le plus favorable pour la croissance des tiges de blé dur.
- Les rendements en grains ainsi que les poids de mille grains sont freinés par les conditions climatiques. Les meilleurs résultats sont observés à la station de Sétif.
- Les génotypes les plus sensibles à la moucheture se retrouvent dans les milieux les plus humides, notamment à Oued-Smar et à Constantine, alors que dans les environnements de Taret et de Sétif, ils sont plus résistants. Il est à noter que sur le plan pratique, il serait intéressant de retenir le génotype OFANTO / WAHA / WAHA qui répond le mieux vis-à-vis de la résistance à la moucheture dans la plupart des environnements.
- Pour ce qui est du mitadinage, d'excellents résultats (0,00%) ont été observés avec les génotypes BOUSSELLAM / OFANTO (6S - 1S - 8S - 1S - 0S) et CIRTA à Taret et avec WAHA à khroub.

Compte tenu de l'importance de la céréaliculture, de son impact politique, économique et social en Algérie et dans le monde, cette étude de sélection, d'identification du comportement et d'adaptation variétale à l'environnement reste parmi les études de recherche les plus prioritaires en Agriculture. C'est pour cela qu'une orientation à court et à long terme vers un projet de recherche agronomique intégrant la génétique, la biologie et l'environnement serait à recommander.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Jouve A.M., Belghazi S., Kheffache Y., « Filière des céréales dans les pays du Maghreb : constante des enjeux politiques. Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000 », Options Méditerranéennes, série B / N° 14, 1995, pp : 169-192.
2. Malki M. et Redjel N., « Produire du blé dur et / ou conserver l'écosystème ? Standardisation des politiques, comportement des agriculteurs et dégradation de l'écosystème », Symposium Blé 2000 : Enjeux et stratégies. Alger 7-9 février, 2000, pp: 39-47.
6. Allaya M. et Ruchetan G., « Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne: situations et perspectives », Chap2 : L'approvisionnement céréalier des pays méditerranéens. Agri.Med. Rapport annuel du CIHEAM, Paris, 2006, pp: 35-47.
97. Mekliche A., Boukecha D. et Hanifi - Mekliche L., « Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). I. Effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologiques ». Ann. INA., Vol. 24, N°1 et 2, El-Harrach, 2003.
98. Aïdaoui A., « Etude du déficit hydrique séquentiel sur les rendements, application au cas du sorgho grain. *Sorghum tricol* (L.) Moench », Thèse de Doctorat en science de l'eau. Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts, Montpellier, France, 1994.
40. Aïdaoui A. et Hartani T., « Gestion de l'irrigation du blé dur par des indicateurs de l'état hydrique », Options Méditerranéennes, Série A. Zaragoza, (INA), El-Harrach, Algérie, 2000, pp: 579 - 589.
99. Slama A., Bensalem M., Ben Naceur M., Zid A., « Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance », ed. J. Libbey, Art. de rech. Science et changements planétaires / Sécheresse, Vol.16, N°3, juillet-août-septembre 2005, pp: 225-22.
135. Sletyer RO, «The effect of international water status on plant growth development an yield » In: Plant response to climatic factors. Proceeding for the UPSALA Symposium, UNESCO, 1974.
67. Benseddik B. et Benabdelli K., « Impact du risque climatique sur le rendement du Blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride : approche éco-physiologique », Science et changements planétaires / Sécheresse, Vol.11, N°1, éd. J. Libbey Eurotext, 2000, pp: 45-51.

136. Daorembas J. et Kassam A.H., « Réponses des rendements à l'eau », Bull. FAO d'irrigation et de drainage, 33, Rome, 1987, pp: 201-209.
137. Larbi A., Mekliche A., Abed R., Badis M., « Effet du déficit hydrique sur la production du blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) en région semi-aride », Options Méditerranéennes, Série A, Zaragoza (Spain), 2000, pp: 295-297.
146. Rousset M., « Amélioration des plantes autogames », Agronomie N°9, 1986, pp: 616-619.
51. Triboi E., « Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum* en tell) », Agronomie, 10, 1990, pp: 191-200.
41. Benbelkacem A. et Kellou K., « Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L.var.durum) cultivées en Algérie », Options Méditerranéennes, 2000, pp: 105-110.
132. Erchidi A.E., Benbella M., Talouizte A., « Croissance du grain chez neuf cultivars de blé dur », Options Méditerranéennes, Zaragoza (Spain), 2000, pp: 137-140.
149. Sofield T., Evans J., Cook M.G et Wardley I.F., « Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat », Aust. J.Plant Physiol., 4, 1977, pp: 785-797.
150. Biddinger F., Muscrover B. et Fischer R.A., « Contribution of stored pre-anthesis assimilates to grain yield in wheat and barley », Nature, 20, 1977, pp: 431-433.
77. Bahlouli F., Bouzerzour H. et Benmahammed A., « Effet de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que de l'accumulation des assimilats de la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie », Biotechnol. Agron. Soc et Environ., Vol.12, 2008, pp: 31-39.
152. Wardlaw I.F., « Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling wheat in a controlled environment », Ann. Bot., 90, 2002, pp: 469- 476.
153. Triboi E., Plancon J et Magne A J., « Déterminisme du poids moyen du grain chez le blé. Effet sur la variation du rendement », C.R. Acad. Agric. Fr., 71, 1985, pp: 871-886.
154. Blum A. et Pnuel Y., « Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a mediterranean environment », Aust. J. Agric. Res., 41, 1996, pp: 799-810.
157. Desclaux D., Samson M.F., Compan F., Poirier S., Roumet P., Abecassis J., Bonicel J., Marel M.H., Braun P., Caron D., Martinez M., Debaeke P., Mas J.F Garretta N., Roger J.M., « Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin », PSDR « recherches pour et sur le développement régional ». Colloque régional du 21 juin, Campus-Intra. Agro, Montpellier, 2006, pp: 1-4.
158. Abecassis J., « Qualité du blé dur de la semoule et des pâtes alimentaires », Laboratoire de technologie des céréales. Ed. INRA, 1991, pp : 15-18.
159. Grignac P., « Les blés durs. Monographie succincte », An. Am.des plantes, N°20, 1978, pp: 159-188. ■