

UNIVERSITE DE SAAD DAHLEB DE BLIDA
Faculté des Sciences agronomiques et vétérinaire
Département des Sciences agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : amélioration des productions végétales

ETUDES DES CARACTERISTIQUES AGROTECHNOLOGIQUES ET SELECTION DE QUELQUES VARIETES DE BLE DUR ADAPTEES A PLUSIEURS ENVIRONNEMENTS

Par

LHADJ MOHAND Abdelghani

Devant le jury composé de

A. BOUTEKRABT	Professeur, U. de Blida	Président
A. AISSAT	Maître de conférence, U. de Blida	Examineur
M.S. ABDULHUSSAIN	Maitre de conférence, U. de Blida	Examineur
M. BENMOUSSA	Professeur, U. de Blida	Rapporteur

Blida, Juin 2008

« Qu'est ce qu'un poisson sait de l'eau où il a nagé toute sa vie »

Albert EINSTEIN

RESUME

Dans le but de sélectionner des variétés de blé dur pour une adaptation aux contraintes assez variées de milieu, une expérimentation a été conduite par l'I.T.G.C à travers deux environnements à savoir le sub-humide dans la région de Oued Smar (Alger) et le semi-aride à Beni Slimane (Médéa). Sept variétés sont introduites d'I.C.A.R.D.A, d'A.C.S.A.D et deux témoins locaux (Hoggar et Waha) ont été testés. Par une caractérisation agro-technologiques des variétés, nous avons décelé d'emblée par le biais de l'analyse de la variance, l'existence de plusieurs réponses aux deux environnements. En générale, celles-ci sont liées aux effets d'interaction génotype milieu et aux effets simples d'environnements. Des performances significativement élevées dans le milieu de Oued Smar (rendement élevé, des aptitudes technologiques acceptable) ont été révélé, celui-ci, est considéré, par conséquent, favorable au bon développement de tous les génotypes étudiés.

Mots clés : Sélection, blé dur, adaptation, interaction génotype milieu, environnement.

SUMMARY

In order to select some durum wheat varieties for adaptation to enough varied constraints of medium, an experimentation was carried by the technical institute of field crops through two environments: the south-wet in Oued Smar region (Algers) and the semi-arid in Beni Slimane (Medea). Seven varieties are introduced from ICARDA, ACSAD and two local controls are tested. By agro-technological characterization of varieties, we have disclosed at once by the variance analysis, the existence of several responses to two environments. In general, these are bound to genotype-environment effects interaction and simples effects of environment. Significantly high performances in Oued Smar medium are revealed (high yield, acceptable technological aptitude), this one, by consequent, is condered, favourable for good development of all the genotypes studied.

Key words: selection, durum wheat, genotype.....interaction, environment

ملخص

بهدف انتقاء أصناف من القمح الصلب و هذا لتكييفها مع العوائق المختلفة للوسط، قمنا بتجربة على مستوى المعهد الوطني للزراعات الواسعة من خلال بيئتين مختلفتين: الأولى تتميز بمناخ شبه رطب بمنطقة واد السمار(الجزائر) والثانية تتميز بمناخ شبه جاف ببني سليمان(المدية). حيث اختبرنا سبعة أصناف تم إدخالها من(المركز الدولي للبحث الفلاحي بالمناطق الجافة)ومن(المركز الدولي للبحث الفلاحي بالمناطق الجافة)، و صنفين آخرين تم استعمالهما كشاهد وهما مفار و واحة، من أجل تحديد الخصائص التكنولوجية للأصناف. لقد اعتمدنا على نتائج تحليل التباين حيث أوضح مند البدء وجود عدة نتائج مختلفة للبيئتين. عموما النتائج متعلقة أساسا بالتفاعل ما بين النمط الوراثي والوسط، وكذلك التأثيرات البسيطة المتعلقة بالبيئة. فتوصلنا إلى نجاعة عالية بالنسبة لواد السمار (مرد ودية مرتفعة و قدرة تكنولوجية عالية)، والذي يعتبر بالمقابل الوسط الملائم لنمو مختلف الأنماط الوراثية المدروسة.

الكلمات الدالة: الانتقاء، القمح الصلب، التكيف، التفاعل ما بين النمط الوراثي والوسط، ، البيئة.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier infiniment mon promoteur, le professeur Benmoussa M. pour m'avoir encadré. Encore, je lui suis reconnaissant particulièrement pour sa confiance quant à la conduite de ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi aux enseignants qui ont fait partie du jury :

M. Boutekrabt pour sa présidence du jury ;

M. Aissat pour avoir accepté d'examiner ce travail et avoir participé à notre formation ;

Mm Abdulhussain pour avoir accepté de juger ce travail.

Egalement, je tiens remercier M. Achouch, pour ces conseils précieux. Sans oublier les autres enseignants ayant contribué à notre formation.

Plusieurs personnes : la technicienne de la station de l'I.T.G.C. Mme Lounis, les techniciens des laboratoires du département d'Agronomie, de l'I.T.C.G., et encore le personnel des bibliothèques l'I.T.C.G., I.N.R.A. d'Agronomie et le responsable du centre de calcul, qu'elles trouvent ici mes remerciements et ma profonde gratitude.

Je dédie ce travail à la mémoire de mon père ;
à ma mère, frères et sœurs ;
à tous mes amis et tous les étudiants de notre promotion de magistère .

TABLES DES MATIERES

RESUME.....	
REMERCIEMENTS.....	
TABLES DES MATIERES.....	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX.....	
INTRODUCTION	13
1. EXIGENCES ET ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT DU BLE DUR	
1.1 Climat.....	15
1.2 Sol.....	18
1.3 Fertilisation	18
1.4 Ennemis et maladies.....	21
2. CRITERES ET OBJECTIFS DE SELECTION	
2.1 Sélection au niveau agronomique.....	22
2.2 Sélection au niveau technologique.....	26
2.3 Ressources génétiques et historiques de la sélection du blé dur en Algérie	31
2.4 Les critères de sélection pour plusieurs caractères	35
2.5 Choix du programme de sélection.....	36
3. INTERACTION GENOTYPE ENVIRONNEMENT	
3.1 Variabilité des caractères quantitatifs et l'interaction génotype environnement.....	37

3.2 Relation entre adaptation, plasticité phénotype et interaction génotype environnement.....	40
3.3 Amélioration et sélection en présence d'interaction génotype environnement.....	41
3.4 Modèles d'analyse de l'interaction génotype environnement.....	42

4. MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES

4.1 But de l'essai.....	44
4.2 Etude du milieu d'expérimentation.....	44
4.3 Protocole expérimental.....	48
4.4. Méthode d'étude.....	53
4.5 L'élaboration du plan d'expérience.....	58
4.6. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique.....	59

5. RESULTATS ET DISCUSSION

5.1 La mesure de la précocité.....	62
5.2 Etudes des variables liées à la culture.....	63

CONCLUSION	118
------------------	-----

APPENDICE.....	
----------------	--

REFERENCES.....	
-----------------	--

LISTES DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Tableau1-1 : variétés de blé dur autorisées à la production et la commercialisation.....	35
Tableau 2-1 : précipitations de la campagne 2004/2005 à Oued Smar.....	45
Tableau 2-2 : répartition saisonnière des précipitations durant la campagne 2004/2005.....	45
Tableau 2-3 : précipitations de la campagne 2004/2005 à Beni Slimane.....	46
Tableau 2-4: répartition saisonnière des précipitations durant la campagne 2004/2005.....	46
Tableau 2-5 : températures mensuelles de la campagne 2004/2005 à Oued Smar.....	47
Tableau 2-6 : températures mensuelles et accidents climatiques de la campagne 2004/2005 à Beni Slimane.....	48
Tableau 2-7 : Origine des variétés.....	49
Tableau 2-8 : fiche descriptive des variétés témoin.....	50
Tableau 3-1 : la précocité en jours	63
Tableau 3-2 : nombre de plants par mètre (effet interaction)	65
Tableau 3-3 : nombre de talle (effet interaction).....	67
Tableau 3-4 : longueur de l'épi en cm (effet interaction).....	69
Tableau 3-5 : hauteur des plants (effet interaction).....	71
Tableau 3-6 : nombre d'épis par mètre carré (effet environnement).....	73
Tableau 3-6 : nombre d'épis par mètre carré (effet interaction).....	74
Tableau 3-8 : nombre d'épillets total par épi (effet environnement).....	76
Tableau 3-9: nombre d'épillets total par épi (effet interaction).....	76
Tableau 3-10 : nombre d'épillets fertiles par épis (effet interaction).....	78
Tableau 3-11 : nombre d'épillets fertiles par épis (effet environnement).....	79
Tableau 3-12: nombre d'épillets stériles par épis (effet interaction).....	81
Tableau 3-13: nombre d'épillets stériles par épis (effet environnement).....	81

Tableau 3-14: nombre d'épillets stériles par épis (effet variété).....	82
Tableau 3-15 : nombre de grain par épi (effet interaction).....	85
Tableau 3-15: poids de mille grains (effet interaction).....	88
Tableau 3-16: poids de mille grains (effet environnement).....	88
Tableau 3-17: poids de mille grains (effet variété).....	89
Tableau 3-18: rendement théorique (effet environnement).....	91
Tableau 3-19: rendement théorique (effet interaction).....	91
Tableau 3-20 : rendement réel (effet environnement).....	94
Tableau 3-21 : rendement réel (effet interaction).....	94
Tableau 3-22: taux d'humidité (effet environnement).....	96
Tableau 3-23 : taux d'humidité (effet interaction).....	96
Tableau 3-24 : taux d'échaudage en pourcentage (effet interaction).....	99
Tableau 3-25 : Indice de jaune (effet interaction).....	101
Tableau 3-25 : indice de brun (effet interaction).....	103
Tableau 3-26: taux de cendre (effet interaction).....	105
Tableau 3-27: taux de mitadinage en pourcentage (effet interaction).....	107
Tableau 3-28 : taux du gluten sec (effet interaction).....	110
Tableau 3-29: taux du gluten humide (effet interaction).....	111
Tableau 3-30 : taux de protéine (effet interaction).....	114
Tableau 3-31 : taux de protéine (effet environnement).....	115
Tableau 3-32 : taux d'extraction (effet interaction).....	116
Tableau 3-33 : taux d'extraction (effet variété).....	117
Figure2-1 : schéma du dispositif expérimental à Oued Smar.....	61
Figure2-2 : schéma du dispositif expérimental à Beni Slimane.....	61
Figure3-1 : nombre de plants par mètre carré	66
Figure3-2 : nombre de talle.....	68
Figure3-3: longueur de l'épi.....	69
Figure 3-4: hauteur des plants.....	72
Figure3-5: Nombre d'épis/m ²	74
Figure 3-6 : nombre d'épillets total par épi.....	77
Figure3-7: nombre d'épillets fertiles par épi.....	79
Figure3-8 : nombre d'épillets stériles par épi (effet génétique)	82
Figure 3-9 : nombre d'épillets stériles par épi.....	83
Figure3-10 : nombre de grains par épi.....	85

Figure3-11: poids de mille grains.....	89
Figure3-12: poids de mille grains (effet génétique)	90
Figure 3-13: Rendement potentiel.....	92
Figure3-14: rendement réel.....	95
Figure3-15: taux d'humidité.....	97
Figure 3-16: taux d'échaudage.....	99
Figure 3-17: indice de jaune.....	102
Figure3-18: indice de brun.....	103
Figure3-19: taux de cendre.....	105
Figure3-20: taux de mitadinage.....	108
Figure3-21: Taux du gluten sec.....	110
Figure3-22: taux du gluten humide.....	112
Figure3-23: taux de protéine.....	115
Figure 3-24: taux d'extaction.....	117

Introduction

Le blé constitue la céréale la plus commercialisée sur le marché mondial. Marqués par la flambée des prix, les cours du blé sont dans une situation très tendue sur le marché. Plusieurs facteurs expliquent cette hausse des prix : des périodes de sécheresse dans les grandes zones céréalières, utilisation croissante de la production agricole pour les biocarburants, l'instabilité de l'économie mondiale et la spéculation. Certains de ces facteurs ont un caractère transitoire mais d'autres s'inscrivent dans la durée et auront une incidence sur l'évolution des marchés. Ainsi, dans ce contexte la récente diminution des prix laisse présager leur future volatilité.

Etant l'un des plus grands importateurs de ce produit, l'Algérie subit de plein fouet les fluctuations des prix au niveau du marché mondial. La situation est encore plus préoccupante particulièrement pour le blé dur. Ce dernier qui était avant, un produit libre, n'a été subventionné qu'au début de l'année passée pour stabiliser les prix.

L'Algérie demeure ainsi tributaire du marché mondial. Cela perdure depuis plusieurs années en dépit des superficies emblavées en blé dur. Mêmes de nombreuses tentatives d'introduction de variétés productives pour accroître les rendements, se sont toutefois avérées vaines. Selon le ministère de l'agriculture [1], la production moyenne de blé dur en 2006 est évaluée à 17.728.000qx. Cela, nous confirme, si besoin est, l'urgence d'une nouvelle dynamique à la production nationale afin de réduire significativement les importations.

De plus, étant essentiellement pluviale, la culture de blé dur est par conséquent soumise aux aléas climatiques. D'autant plus qu'en Algérie une grande partie des terres occupées par les céréales sont situées dans les régions semi-arides et même arides. Cette situation, d'une part, et la faible maîtrise de l'itinéraire technique ajoutant aussi selon BOUZERZOUR, [2] l'utilisation de variété non adaptées, d'autres parts, ont engendré une faiblesse de la production. Il est donc impératif d'accroître les rendements à l'hectare, que d'étendre les superficies déjà importantes.

En conséquence, l'accroissement des rendements et leur stabilité passeraient inéluctablement par l'amélioration à la tolérance aux stress, celle-ci reste un objectif de sélection prioritaire dans les zones soumises à une forte variabilité climatique ([3]; [4]). Cela nous conduit donc à la nécessité d'étudier les potentialités des variétés dans des conditions très larges d'adaptation. Enfin, déterminer la plasticité variétale.

Abordant dans le même contexte, notre étude, en vue d'une caractérisation agro-technologiques et une sélection de sept variétés testées de blé dur par référence à deux témoins locaux et à travers deux environnements (sub-humide et semi-aride). Également, cette approche mettra en exergue l'importance des effets génotypiques, environnementaux sur la réalisation du phénotype et aussi pour mieux cerner les interactions génotypes environnements.

CHAPITRE 1

EXIGENCES ET ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT DU BLE DUR

Le comportement du blé est fortement influencé par le milieu dans lequel il est cultivé. Ce milieu ou environnement est caractérisé par sa variabilité spatiale, ainsi que par une variabilité interannuelle, liées au climat qui agit directement sur le blé et indirectement par l'intermédiaire du sol et du complexe parasitaire.

1.1 Climat

Le climat en Algérie est de type méditerranéen à influence douce sur les zones littorales et sublittorales. Cependant, plus gélif avec l'altitude et la continentalité. Les facteurs climatiques ayant une action prépondérante étant différents selon les périodes considérées.

1.1.1 Températures

Il est clair que les besoins en température varient selon les différents stades de croissance de la culture. Chaque phase exige des conditions optimales spécifiques.

Le zéro de végétation c'est-à-dire la température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0° C. Cependant, l'optimum se situe entre 20 et 25° C [5]. Alors que selon LEONARD et STAMP [6], l'optimum pour la floraison s'étend de 13 à 25° C. Selon JUSSIAUX [7], pour accomplir son cycle végétatif, le blé a besoin d'une certaine quantité de température avoisinant les 2300° C. De plus, le blé est moins sensible à la température durant sa phase végétative par rapport à sa phase reproductive [8].

1.1.1.1. Effet des fortes températures

Une température excessive peut affaiblir et tuer une plante en dénaturant ses enzymes et en nuisant à son métabolisme de différentes façons. Une plante peut supporter une certaine chaleur grâce à la transpiration qui permet le refroidissement par vaporisation. Ainsi, lors d'une journée chaude la température d'une feuille peut être de 3 à 10° C inférieur à celle de l'air ambiant [9].

JASSIM [10], rapporte que des études faites sous serres font apparaître que la hauteur de la plante, la longueur des racines et le nombre de talles diminuent au fur et à mesure que la température augmente au-dessus de 22° C.

Selon BALDY cités par MONNVEUX et BEN SALEM [11], en cas de semis précoce, les fortes températures peuvent provoquer un déséquilibre entre parties aérienne et souterraines. Cela s'exprime par croissance trop rapide du coléoptile et développement insuffisant des racines séminales. Cependant, ces dernières ne parviennent pas à assurer l'alimentation en eau des plantules.

De nombreux travaux ont montré que des températures supérieures à 30° C, ont des effets négatifs sur le stockage des assimilats et la qualité du grain : la période critique se situe entre le stade grain laiteux et le stade grain pâteux ; c'est l'échaudage. Ce phénomène s'aggrave avec la présence du sirocco. Celui-ci, est caractérisé par la masse d'air très sèche et l'élévation de température d'une façon brutale. Il augmente en proportions notables avec l'éloignement de la mer.

1.1.1.2 Effet des basses températures

Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire aux variétés non alternatives dites « d'hiver ». Cette exigence d'une quantité de froid pour la mise à fleur explique le phénomène de l'alternativité chez les graminées [12].

Les gelées hivernales affectent rarement les blés en climats méditerranéens, sauf au-dessus d'altitude [11]. Les gelées de printemps peuvent par contre entraîner la non fécondation des épillets. Une température constamment inférieure à 15° C pendant la fécondation produit ce phénomène appelé « coulure » [13].

Les gelées sont en tout cas à craindre pendant la formation de l'épi (même sur le littoral).

1.1.2 Précipitations (eau)

L'élément le plus important est la pluviométrie. Celle-ci, est irrégulière en quantité comme en qualité : certaines zones sont régulièrement plus arrosées que d'autres, pourtant voisines [11].

En Algérie, les pluies peuvent se produire en toute saison. Selon les années et les sous régions, les pluies d'automne, d'hiver ou de printemps seront dominantes. Certaines années, elles peuvent débuter dès Septembre, ce qui facilite la préparation des terres. C'est la raison pour laquelle, partout dans le monde, les dates de semis sont fixées en fonction des premières pluies automnales. Quand les pluies de printemps sont insuffisantes, elles pénalisent d'autant plus le blé que le climat sera plus aride.

Ainsi, la faiblesse et l'irrégularité des précipitations en Algérie sont des facteurs, qui engendrent un risque d'apparition du déficit hydrique à n'importe quel moment du cycle des céréales d'automne [14].

Selon DOOREMBOS et KASSEM [15], les besoins en eau qui assurent de bons rendements sont de 450 à 650 mm selon le climat et la longueur du cycle végétatif. SOLTNER [16], précise, qu'il existe trois périodes critiques de développement qui nécessitent des quantités importantes d'eau : levée, différenciation des pièces florales (fin tallage à début montaison) et migration des réserves vers grains.

L'eau constitue donc, un facteur limitant de la production. Elle est une source alimentaire directe car elle influe sur l'élaboration de la matière sèche. Selon BOYELDIEU [17], pour produire 1kg de la matière sèche il faut 500 à 550 kg d'eau.

Néanmoins, les fortes pluies d'hiver et de printemps entraînent parfois un excès d'eau, provoquant ainsi une asphyxie racinaire. Ce phénomène est accentué

d'autant plus que le sol ait caractérisé par une mauvaise stabilité structurale. Ainsi, le transfert de l'eau et des éléments minéraux dans les racines vers les parties aériennes est pénalisés : celles-ci, réduites en hauteur, produisant peu de biomasse et présentant souvent des carences en éléments minéraux.

1.1.3 L'éclairement

Le blé est une plante de pleine lumière (plante à jours longs). Selon GRANDCOURT et PRATS [18], il nécessite une certaine durée du jour (photopériodisme) pour former des ébauches d'épillets (stade B).

SOLTNER [12], explique, que l'intensité lumineuse et l'aération, agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois résistance des tiges à la verse et le rendement. Selon GRANDCOURT et PRATS [18], un éclairage adéquat combiné à une meilleure densité de semis, peut garantir préalablement un bon tallage pour le blé.

1.2 Sol

Trois caractéristiques font la bonne terre à blé [12] :

- une texture fine limono-argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, et partant une bonne nutrition ;
- une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps ;
- une bonne profondeur et une richesse en colloïdes.

Néanmoins, la culture du blé est déconseillée sur certaines terres : argileuses (mal drainées), calcaires qui se soulèvent sous l'effet du gel et les terres trop sableuses acides, à cause de leur pauvreté naturelle en éléments fertilisants.

1.3 Fertilisation

L'ajustement de la fourniture des éléments fertilisants aux besoins du blé, doit correspondre à des périodes appropriées de croissance.

En effet, la fertilisation est fonction du type de sol et de répartition de la pluviométrie.

1.3.1 Fumure azotée

Les besoins en azote d'une culture de blé varient au cours de son cycle en fonction des différentes phases de développement. MOSSEDAQ et MOUGHLI, [19], ont pu évaluer les besoins azotés sur différentes phases. Durant la phase levée début tallage, les besoins en azote sont faibles. Puis, on voit les besoins augmenter pendant la phase début tallage début montaison, ce qui favoriserait l'émission et la croissance des talles. Quant à la phase début montaison floraison où l'activité de croissance est intense (élongation des entrenœuds et accumulation de la biomasse), une forte consommation d'azote est constatée. D'ailleurs, l'absorption azotée atteint son maximum à la fin de cette phase. Par contre, celle-ci se ralentit pendant la phase floraison début maturation du fait de l'arrêt de la croissance des parties végétative.

L'efficacité d'emploi des engrais azotés est liée aux conditions pluviométriques, donc elle est fonction des précipitations [20]. Selon BOULAL et al., [21], les besoins en azote dans les conditions algérienne sont établis par zone agro-climatique en fonction du rendement prévisionnel. Ainsi, en zone aride, du fait de la faiblesse des précipitations et leur forte fluctuation rendent peu efficace sur le plan agronomique et non rentable sur le plan économique, l'apport d'azote. Cependant, en zone semi-aride, l'emploi de doses modérées (30 à 90 unités par hectare) et fractionnées est à conseiller. Mais l'application de doses élevées n'améliore pas d'une façon substantielle les rendements. En effets, au-delà des doses préconisées, les rendements tendent à se stabiliser. Par contre, en zones humide et sub-humides, les apports azotés ont un effet très positif sur les rendements. Des doses d'azotes de 120 à 150 unités fractionnées sont nécessaires pour atteindre des rendements supérieurs à 40 qx/ha.

Par ailleurs, il faut préconiser un fractionnement des apports d'azote en fonction des stades de développement et aussi selon la zone ou la région. A titre d'exemple : en zone semi-aride les apports se font au semis et pendant le tallage (engrais de couverture), afin de stimuler ce dernier et obtenir un nombre suffisants d'épis ; pour les zone humide et sub-humide, les apports sont fractionnées au

semis et au tallage, et si les conditions pluviométriques le permettent un troisième apport est réalisé à la montaison.

1.3.2 Fumure phospho-potassique

La fumure phospho-potassique est destinée à corriger les déficiences éventuelles du sol en P et K. Ainsi, un bon état calcique, humique du sol et un pH suffisant, sont indispensables à une nutrition phospho-potassique correcte. Les besoins de la plante en ces éléments évoluent dans le même sens que ceux de l'azote, mais en quantité plus faibles. En raison de leur faible mobilité dans le sol, communément appelés engrais de fond, ils sont enfouis au niveau du sol avant ou au moment du semis [18].

Le raisonnement de la fertilisation phospho-potassique tient compte du niveau de la richesse des sols en ces éléments et des restitutions des résidus de la culture précédente. Des recherches menées sur plusieurs années ont montré que la disponibilité du phosphore et du potassium dans le sol ne s'altérerait que très lentement. Ainsi, dans les sols bien pourvus en phosphore et en potasse, il est possible de se passer des apports phospho-potassique, à moins que les cultures dans la rotation ne soit très exigeantes en ces éléments (exemple : betterave) [22].

D'après GRANDCOURT et PRATS, [18], l'absorption du phosphore est liée à celle d'azote dont elle compense les effets en constituant un squelette résistant à la verse. Le phosphore est d'autre part, un facteur de précocité. Il accélère la maturation après avoir augmenté la fécondité ce qui agit positivement sur le rendement.

D'après des études réalisées en zones semi-arides des Hauts-Plateaux de Tiaret en Algérie, ont montré que lorsque le sol présente des teneurs en phosphore assimilables supérieures à 12 ppm, l'apport des engrais phosphatés n'est plus justifié [23]. Alors que pour les zones semi-arides du Maroc les seuils critiques pour l'apport du phosphore varient de 5 à 8 ppm [24]. De plus, les résultats des travaux de recherche menés en Tunisie, ont prouvé l'efficacité de l'apport phospho-potassique sur l'accroissement des rendements en grain, de la

biomasse et de la qualité des grains du blé dur conduit en intensif ainsi que sur l'amélioration de la résistance au stress thermique de la culture [25].

Pour le potassium, c'est durant la période végétative que les besoins sont élevés. Après la floraison, les besoins diminuent. Selon GRANDCOURT et PRATS, [18], le potassium améliore la résistance au froid et aux maladies cryptogamiques. Egalement, il facilite la migration des glucides vers les grains ainsi que la transformation de l'azote minéral en azote protidique. Une bonne nutrition potassique améliore la résistance des cultures à la verse.

1.4 Ennemis et maladies

Plusieurs ennemis influent sur la stabilité du rendement des différentes variétés de blé et sur la qualité des grains récoltés. En Algérie, les maladies, suivant les années, sont des ennemis redoutables. Elles sont surtout présentes dans le littoral et le sub-littoral. Les plus virulentes sont dues à la carie de blé, du charbon nu, charbon couvert, fusariose, rouilles et oïdium. A côté de maladies cryptogamiques, nous trouvons les plantes adventices qui provoquent des dégâts considérables. Leur nuisibilité est liée à la compétition qu'elles exercent vis-à-vis des céréales pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs.

En Algérie, le problème des mauvaises herbes se pose de manière cruciale. IBOUKASSENE [26], confirme, que leur présence occasionne de gros dégâts en céréaliculture qui sont estimés à 20% voir même 30% de la production. DUBUIS [27], note, que l'Algérie du fait de sa situation géographique et de son relief, présente des conditions de milieu très variées et une végétation riche qui diffère d'une région à l'autre.

Les adventices susceptibles de se développer dans les emblavures sont nombreuses et variées, elles sont désignées sous le terme de messicole. Elles peuvent être annuelles ou vivaces.

CHAPITRE 2

CRITERES ET OBJECTIFS DE SELECTION

La détermination des objectifs de sélection est une étape primordiale. Cela suppose une puissance d'anticipation, une analyse prospective, qui tient compte de plus en plus de plusieurs aspects à la fois : adaptation au niveau agronomique, au niveau technologique et adaptation aux contraintes économiques, etc.

La sélection des céréales dans les régions où sévissent de fortes contraintes environnementales déficit hydrique, forte salinité, etc., implique une redéfinition des objectifs de sélection et des stratégies, par rapport à ceux employés pour obtenir des céréales en conditions nettement moins limitantes [28].

2.1 Sélection

C'est la prise en compte des relations de la plante avec son environnement abiotique et biotique.

2.1.1 Adaptation au milieu abiotique

Des modifications durables des conditions climatiques nécessitent d'adapter des pratiques culturales à des types variétaux. Cela, conduit en particulier dans l'environnement de la céréaliculture algérienne, les sélectionneurs à rechercher des stratégies qui intègrent à la fois, la gestion agronomique des cultures et les moyens de réduire la demande en eau du blé dur tout en préservant, dans la mesure du possible, ses performances. Cela, pour pouvoir assurer un rendement plus au moins satisfaisant. Celui-ci, étant bien sûr l'objectif essentiel de la sélection. Il est difficile à améliorer directement : faible héritabilité, fortes interactions génotype environnement [29].

2.1.1.1 Résistance à la sécheresse

La sécheresse est un stress abiotique qui affecte le rendement des céréales et sa stabilité dans le bassin méditerranéen. Du point de vue agronomique, l'adaptation à la sécheresse est la capacité d'une plante à maintenir un rendement à travers des environnements où les périodes de sécheresse, leurs durées et leurs intensités, sont fluctuantes [29]. En Algérie, on rencontre deux types de sécheresse :

- une sécheresse du début de cycle végétatif qui affecte l'installation de la culture ;
- une sécheresse de fin cycle végétatif qui affecte l'élaboration du rendement de la culture.

L'eau constitue donc un élément essentiel dans la production du blé dur en Algérie. Il existe en effet, un grand nombre de zones céréalières (humide, semi-aride, aride, etc.) caractérisées par des sécheresses ou déficit hydrique. Cela, implique une sélection de variétés résistantes à ces contraintes omniprésentes du milieu.

L'adaptation du blé aux conditions de sécheresse peut être améliorée avec des mécanismes d'évitement ou de tolérance. Les mécanismes d'évitement réduisent l'impact d'un stress bien qu'il soit présent dans l'environnement. La tolérance exige que l'organisme soit en équilibre thermodynamique avec le stress, ce qui signifie que les conditions qui règnent dans la plante sont en équilibre avec les conditions de l'environnement externes [5]. Puis on trouve une multitude de caractères, certains sont constitutifs, comme le dépôt des cires, la présence de cuticule épaisses, etc. et figent la plante dans une carapace protectrice avec une productivité très faible. Par contre, les mécanismes inductibles (ouverture/fermeture des stomates, osmorégulation, enroulement des feuilles, ...) sont beaucoup plus intéressants.

La tolérance à la sécheresse est un phénomène complexe, faisant intervenir de nombreux mécanismes interagissant entre eux, et à déterminisme génétique complexe [30]. Face à cette réalité, la stratégie à mettre en œuvre pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez le blé, devrait prendre en

compte plusieurs niveaux d'intégration (caractérisation physiologique, l'analyse génétique des caractères et la caractérisation de marqueurs moléculaire), en définissant pour chacun d'eux, un objectif spécifique.

2.1.1.2 Résistance au froid

Il semble que les basses températures provoquent des modifications irréversibles de l'état physique des membranes cellulaires [5]. Ainsi, la fluidité de la membrane diminue. Selon CHAMPBELL et REECE, [9], les végétaux réagissent au froid en modifiant la composition lipidique de leur membrane. En effet, la proportion d'acides gras insaturés augmente dans les membranes. Ces lipides favorisent la fluidité à basse température.

D'après DUTHIL, [31], chez le blé des caractéristiques telles qu'un port étalé du tallage, des feuilles longues et étroites indiqueraient une certaine résistance au froid. Par contre, un port dressé ou demi dressé et des feuilles larges favoriseraient une moindre résistance au froid.

Cette caractérisation physiologique et morphologique des symptômes dus au froid, nous conduit à définir des critères de sélection, pouvant orienter l'amélioration de la résistance du blé au froid. Cela, bien sûr en combinaison avec une meilleure fumure du sol. Celle-ci, a un effet en augmentant la concentration du suc cellulaire, donc en élevant sa pression osmotique, ce qui ralentit les migrations d'eau en dehors des cellules.

2.1.1.3 Résistance à la verse

La verse constitue une des causes importantes de pertes de rendement. Elle est sous la dépendance des conditions de milieu (richesse du sol, fumure), densité de semis, profondeur de semis, accidents météorologiques et maladies.

On distingue trois types de verse : la verse physiologique est due à un déséquilibre dans la nutrition. Excès d'azote à un moment inopportun du stade de végétation ou déséquilibre de la fumure. Par contre, la verse mécanique est surtout due au vent. La plante se couche par rupture des ces racines superficielles. Enfin, le piétin-verse est causé par l'attaque fongique.

Outre les conditions de milieu, la verse est étroitement liée aux génotypes (variétés). Ainsi, on distingue chez certaines variétés résistantes des caractéristiques morphologiques (hauteur et diamètre de la tige, géométrie du système racinaire), une anatomie (importance des tissus de soutien) et composition biochimique des parois cellulaires bien spécifiques.

Ces facteurs intéressent les sélectionneurs, agissant simultanément, ne facilitent cependant pas l'élaboration d'une stratégie d'amélioration. Par ailleurs, certaines solutions semblent être bien pratiques. Telle que l'utilisation de variété à paille courte. Ou encore, selon SOLTNER, [12], l'application de régulateurs de croissance ou limitateurs de verse. Ceux-ci, ont un effet d'épaissir les tiges et de limiter l'élongation des entre-nœuds, surtout ceux de la base.

2.1.2 Adaptation au milieu biotique

L'adaptation au milieu biotique vise l'obtention de génotypes qui présentent avec l'agent pathogène considéré soit ; un rapport de tolérance, caractérisant une variété dont les cultures assurent en conditions normales, une production adéquate ou du moins acceptable, alors qu'elles sont infectées ou malades. Ou au contraire, un rapport de résistance qui exprime l'exclusion totale ou partielle d'un pathogène. Ainsi, selon LEPOIVRE, [32], tout programme d'amélioration génétique de la résistance aux maladies implique :

- 1 le choix de source de résistance ;
- 2 la disponibilité d'un protocole d'identification des individus porteurs des caractères de résistance. Les critères de sélection utilisés sont essentiellement de trois types :
 - *les critères phénologiques basés principalement sur l'observation de la symptomatologie ;
 - * les critères biochimiques allant des protéines jusqu'aux métabolites secondaires ;
 - * les critères moléculaires directement issus du polymorphisme liée à l'information génétique de la plante ;
- 3 l'introgession des gènes de résistance dans une variété ;

-4 la mise en œuvre d'une stratégie de déploiement des variétés améliorées afin d'assurer la durabilité de leur résistance.

Les parasites des céréales à pailles peuvent être classés en deux catégories selon la nature des problèmes rencontrés pour la sélection de variétés et les interactions hôtes-parasites. Révélées au cours de la confrontation entre le parasite et la plante. Ainsi, selon BONJEAN et PICARD [33], on pourra distinguer la catégorie qui pose principalement des problèmes de durée de vie de la résistance et de stratégie d'utilisation des gènes de résistance (cas rouilles jaunes ou brune chez le blé). Par contre, l'autre catégorie, les niveaux de résistances trouvés sont, en général, peu élevés et l'essentiel des efforts portent sur l'augmentation du niveau de résistance (cas du piétin-verse ou de la fusariose).

Il faut par ailleurs noter, que l'utilisation de l'hybridation du blé avec des géniteurs des autres espèces, apportent des caractères de résistance, a conduit à un certain nombre de résultats significatifs concernant par exemple, la résistance aux rouilles chez le blé. Ainsi, des gènes de résistance aux rouilles et à l'oïdium ont été introduits chez le blé à partir du seigle, d'*Agropyron sp.* et de différentes espèces d'*Aegilops* [34].

Il est cependant, important de prévoir les stratégies de gestion de la résistance qui s'attachent à assurer la durabilité de la résistance des variétés sélectionnées. Ces stratégies prennent une importance croissante dans les systèmes de productions intensives, où la durée de vie des gènes de résistance diminue. Il faut donc arriver au déploiement des gènes de résistance dans l'espace et dans le temps, afin, de maintenir un niveau suffisant d'hétérogénéité. Selon TROTTEY, [34], le recours à la sélection récurrente, permet l'utilisation facile de gènes mineurs à effet additif donnant ainsi, des résistances plus stables.

2.2 Sélection au niveau technologique

La qualité du blé dur est extrêmement complexe, elle se trouve conditionnée par des habitudes alimentaires, par les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées. Ainsi, pour une technologie déterminée, la qualité d'un produit donné, dépend des caractéristiques du blé et se trouve donc, influencée à

la fois, par les caractères génétiques de la variété et par les conditions de développement de celle-ci. Par conséquent, les sélectionneurs ont surtout besoin de tests qui leur permettent de juger des génotypes, c'est-à-dire, d'apprécier la valeur intrinsèque des variétés dont l'expression est soumise à l'influence des facteurs de l'environnement.

Des tests sont utilisés depuis longtemps en sélection et ont permis de trier ainsi les générations précoces. D'autres méthodes ont été mises au point permettant, d'une part, la précision de l'appréciation de la valeur d'utilisation et d'autre part, d'être plus proche du génotype [33]. Il s'agit de :

- l'analyse en proche infrarouge qui permet de déterminer sur les petits échantillons, le contenu en protéines et l'humidité relative du blé ;
- des études menées sur les glutinines de faibles poids moléculaire et les complexes lipoprotéiques notamment chez le blé dur, pourraient jouer un rôle déterminant sur l'état de surface des pâtes alimentaires ;
- les tests utilisant les marqueurs moléculaires types R.F.L.P., ils permettent de diagnostiquer la présence des gènes codant pour la protéine de réserve, à l'aide de sondes correspondant à ces gènes.

On regroupe sous le terme de la qualité technologique deux caractéristiques distinctes : la valeur semoulière et la valeur pastière.

2.2.1 Valeur semoulière

Quelques critères de sélection permettent d'appréhender l'aptitude du blé dur à être transformé en semoule. Celle-ci, dépend en fait de trois groupes de facteurs [35] :

2.2.1.1 Conditions de cultures et de récolte

L'influence des conditions de la culture et la récolte sur la valeur semoulière est évidente. Il en est d'ailleurs régulièrement tenu compte dans les transactions commerciales :

- la teneur en eau du grain que l'on souhaite la plus faible possible ; elle est généralement comprise entre 12 et 18% de matière sèche ;
- le taux d'impuretés ;
- le taux et la grosseur des grains cassés qu'il est parfois impossible de séparer d'autres impuretés au cours du nettoyage.

2.2.1.2 Nature des variétés

Ces paramètres conditionnent la valeur des blés. Dans cette optique la valeur semoulière dépend : du rapport albumen enveloppes : celui-ci, est fonction de l'épaisseur des enveloppes et de la forme du grain. Il dépend essentiellement de :

- * poids de mille grains : on considère souvent que la proportion des enveloppes est d'autant plus grande que le poids du grain est petit. Le rendement en semoule est corrélé de façon significative au poids de mille grains. C'est-à-dire ; le poids de mille grains que l'on recherche élevé, car il correspondra à la présence de plus d'albumen.
- * taux de grains échaudés : ces grains sont rabougris, ridés, déformés, conséquences du mauvais remplissage. Leur présence a une incidence sur le rendement en semoule qui diminue, du fait de l'élimination mécanique des petits grains. Encore, un faible poids de mille grains consécutif à l'échaudage aura des conséquences désastreuses sur le rendement semoulier.
- * taux de mitadinage : les blés durs ont un albumen corné, dur et vitreux. La présence de zones farineuses dans l'amande, caractère défavorable, s'appelle le « mitadinage ». Une certaine estimation de friabilité de l'amande peut être obtenue par la mesure du taux de mitadinage qui rend compte des proportions d'amande farineuse et vitreuse. Plus l'amande est vitreuse et dure, moins elle aura tendance à se réduire en farine. Alors qu'un grain fortement mitadiné, est très friable aura tendance à se désagréger en produit très fin au détriment du rendement en semoule [36]. Il est à noter aussi, que l'adaptation de variétés résistantes au mitadinage ainsi qu'une fertilisation raisonnée constitue, une solution plus sûre et plus économique, particulièrement pour notre pays. L'influence défavorable exercée par le mitadinage sur le rendement en semoule n'est guère discutée, mais l'évolution de la semoulerie vers la fabrication de produits plus fins, réduit son incidence.

2.2.1.3. La richesse en matières minérales

Il s'agit de la qualité réglementaire des blés. La teneur en matières minérales dépend du taux d'extraction que l'on entend contrôler de cette manière. Mais également de la minéralisation des blés ; l'objectif est d'optimiser le rendement de l'appareil de production tout en respectant la réglementation en vigueur. En effet, lorsque le semoulier élève son taux d'extraction, il obtient davantage de la semoule, mais amenuise sa pureté et cela se traduit toujours par une augmentation de la teneur en cendres. Mais d'autre part, lorsque le fabricant de pâtes alimentaires se trouve en présence d'une semoule présentant une teneur en cendre trop forte, il ne peut pas affirmer que les taux d'extractions habituels ont été dépassés, car l'excès de minéralisation du produit peut provenir de la mise en mouture des blés très minéralisés.

2.2.2 Valeur pastière

C'est l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires. Elle regroupe deux aspects principaux :

2.2.2.1 Qualité visuelle

Plusieurs facteurs déterminent l'aspect des pâtes alimentaires, nous avons entre autres :

* la moucheture : les grains mouchetés présentent des tâches brunes à noirâtres sur les enveloppes, au niveau du germe et /ou le sillon, causées par les champignons (*fusarium*, *alternaria*...). Ainsi, ces zones colorées se retrouvent en partie sous forme de piqûres noires après moutures, dans la semoule et puis dans les pâtes alimentaires entraînant une dépréciation de la valeur commerciale de ces produits.

*la coloration : pour le consommateur une pâte alimentaire doit être claire et de couleur jaune ambrée. On peut considérer que la coloration est la somme d'une composante jaune que l'on souhaite élevée et d'une composante brune ou grise qui doit être faible :

- a- la composante jaune : elle dépend de la quantité de pigments caroténoïdes présents dans les pâtes, elles-mêmes fonction de la teneur en pigments caroténoïdes des semoules et des oxydases (lipoxigénases) susceptibles de provoquer l'oxydation des premiers au cours de la pastification.
- b- La composante brune : elle serait due pour l'essentiel à l'activité des enzymes peroxydasique ou polyphénoloxydasiques. Toute action visant à diminuer l'activité de ces enzymes soit par la sélection de variétés qui n'en possèdent que de faibles quantités, soit par la mise en œuvre de technologies appropriées (bonne purification des semoules durant la mouture en particulier, température élevée au début de séchage) aura un effet bénéfique sur la coloration des produits finis.

2.2.2.2 Qualité culinaire

Elle recouvre plusieurs facteurs dont la tenue des pâtes avant, après cuisson et la texture des produits cuits (fermeté, élasticité, l'état de surface). La qualité culinaire est fortement dépendante des caractéristiques plastiques du blé mis en œuvre, mais elle est influencée par le processus industriel utilisé (pétrissage et séchage en pâtes alimentaires).

2.2.3 Méthodes d'évaluation de la qualité pastière

La méthode de référence pour évaluer la qualité pastière des blés durs consiste à extraire les semoules, à fabriquer des spaghettis et à déterminer les caractéristiques de ces dernières.

Cette méthode, longue et coûteuse, n'est pas adaptée aux conditions de travail des sélectionneurs. Une meilleure connaissance des bases physico-chimiques de la qualité pastière des blés durs a permis de proposer des méthodes indirectes d'évaluation [37] :

-teneur élevée en pigments caroténoïdes associée à de faibles activités lipoxygénasiques est recherchée pour fabriquer des pâtes possédant une belle couleur jaune ambrée ;

-les propriétés rhéologiques des pâtes dépendent de leur teneur en protéines et de la viscoélasticité du gluten : plus celles-ci sont élevées, plus les pâtes sont fermes. Pour assurer la qualité culinaire requise (fermeté et viscoélasticité élevées, pâtes non collantes, résistante à la désagrégation durant la cuisson). Enfin, les semoules doivent contenir une quantité suffisante de protéines 12 à 13% [37].

2.2.4 Amélioration pour la teneur en protéines :

La nécessité d'améliorer chez le blé dur la qualité nutritionnelle et d'utilisation elles-mêmes dépendantes, pour une large part, de la teneur en protéines totales et des proportions relatives de groupes protéiques particuliers (protéines solubles, gluten ...etc.). Cette qualité n'a pas la même signification pour l'agronome, le meunier ou le généticien. Si cependant, le sélectionneur veut avoir une connaissance de plus en plus grande de la manière dont les gènes contrôlent la composition protéique et comment les protéines interviennent pour aboutir à une qualité donnée, selon GODON [38], il devra s'attacher plus à une approche génétique progressive de la composition protéique (par l'étude de l'hérédité de chaque constituant protéique) qu'à une approche globale (héritabilité du caractère). Il semble en effet, plus intéressant de décomposer ce caractère « teneur en protéine » complexe, en une somme de caractères dont l'effet de chaque gène sera connu. On passe donc ainsi, d'une hérédité quantitative (héritabilité du caractère) à une hérédité « polymendelique ».

2.3 Les ressources génétiques et historiques de la sélection de blé dur en Algérie

2.3.1 Les ressources génétiques de blé dur en Algérie

Les blés durs étaient les seuls cultivés par les populations locales avant l'installation des colons européens. La multitude des formes rencontrées en Afrique du Nord serait due aux hybridations et aux croisements qui se produisaient spontanément [39]. Cette diversité rencontrée en Algérie et dans d'autres régions

nord-africaines, a fait considérer le Nord africain comme l'un des principaux centres secondaires d'origine du *Triticum durum*.

DUCELLIER, [40], a décrit l'ensemble des espèces de blé cultivées en Algérie : les blés durs (avec et sans barbes), les blés Pologne, le poulard, les blés tendres (avec et sans barbe, des oasis) et l'épeautre.

Pour les blés durs barbus, vingt neuf variétés ou populations sont mentionnées par DUCELLIER, [40] ; rares sont les noms d'origines européennes. Les blés Hedba, Mohamed Ben Bachir, Bidi et Belioni étaient les plus cultivés. Quant aux blés durs sans barbes, selon le même auteur, la première forme (blé Huguenot) a été signalée dans l'Ouest de l'Australie et elle a été trouvée dans une collection de blé rouge de Médéa. Cette forme est apparue naturellement en Algérie en 1922. Quelques sélections ont été faites à l'époque.

Plus de 30 années après les travaux de DUCELLIER, [40], LAUMONT et ERROUX, [41], ont mentionné les mêmes variétés cultivées de blés durs à une ou deux exceptions. Ils ont donné la monographie des variétés sélectionnées. Outre les blés mentionnés par DUCELLIER, [40], LAUMONT et ERROUX, [41], signalent le blé Chevalier, mélange de composition très variable, cultivé dans la région de Téniet-El-Haad, Tissemsilt. Ils mentionnent le blé de Séville qui serait un synonyme de blé Pélissier ou blé de Chalvin. Selon DUCELLIER, [42] ; ce blé est un mélange apprécié des agriculteurs de Skikda, El Arrouch, Roknia ainsi que Annaba.

Il apparaît donc, que les ressources génétiques des blés étaient fortement diversifiées non seulement à travers le nombre de variétés ou populations cultivées, mais, aussi et surtout à travers la grande diversité génétique au niveau de chaque population. Ces populations de terroirs, souvent très bien adaptées aux conditions de chaque milieu, permettaient certainement de répondre aux préoccupations et aux besoins locaux.

Comme il est difficile d'avoir les superficies des variétés de blé dur cultivées en Algérie, nous nous sommes basés sur l'évolution des ventes de semences par

l'OAIC. Sachant bien sûr que beaucoup de petits agriculteurs utilisent leurs propres semences. Le Ministère de l'agriculture, [43], a dressé une liste des variétés de blé dur autorisées à la production et à la commercialisation (tableau1.1). Seuls quelques cultivars anciens figurent parmi le matériel végétal mentionné. La situation encore plus aggravée selon BENSMAIA, [44], par une évolution vers la monoculture de la variété Waha. D'après le CNCC (Centre National de Contrôle et de Certification), [45], en 1997/1998, Waha représente 54% des ventes par l'OAIC des semences du blé dur. Tandis que les autres occupent une place négligeable à l'exception de Mohamed Ben Bachir (14%), Polonicum (9%), Capietti (6%) et GTA dur (6%). Pis encore, en 1998/1999, Waha a atteint 64%. En 1991/1992, la situation était relativement plus équilibrée avec 29.7%, 16.4%, 12.5%, 11.2%, 10.8% et 7.6% respectivement pour Mexicali, Bidi17, Hedba, Mohamed Ben Bachir, Vitron, Acsad 65 et Waha. En huit ans de campagne de 1991/1992 à 1998/1999, Bidi17, Hedba3 et Oued Zenati, cultivars locaux, sont passés respectivement d'environ 16.4% et 3% à 4%,1 % et 0% des semences vendues.

Cette réduction de la gamme variétale des blés durs, facilite peut être la gestion, la maintenance et la commercialisation des semences tout en réduisant les risques de mélanges, mais, elle nous expose aux très grands risques de catastrophes, tant biotiques (maladie, ravageurs) que abiotique (gelées et/ou sécheresses particulières).

2.3.2 Historique de la sélection du blé dur en Algérie

Les techniques de sélections, de conduite et d'utilisation des blés par le passé, obéissaient selon ABDELGUERFI et LAOUAR, [46] à des stratégies ancestrales définies au niveau des grands ensembles agro-écologiques et le plus souvent au niveau des terroirs. Ces stratégies ont fait leur preuve tant sur le plan des systèmes de production pratiqués que sur le plan de la création, conservation et utilisation des ressources génétiques. En effet, avant l'indépendance, dans chaque grande famille, l'agriculteur le plus âgé (et donc le plus expérimenté) procédait durant chaque campagne de moisson battage au choix des meilleurs épis, les plus représentatifs des cultivars locaux. Cette façon de faire permettait aux agriculteurs de produire leurs propres semences tout en maintenant une

certaine pression de sélection. Il est important de mentionner que de telles pratiques se faisaient le plus souvent dans les zaouiats [47] ; à titre d'exemple le cas de la variété Mohamed Ben Bachir dans le nord de Sétif.

Les techniques de sélection des agriculteurs, très douces et souvent laissant aux cultivars sélectionnés une large base génétique, ont permis à ces cultivars de se maintenir à travers le temps en dépit des fortes contraintes climatiques et ses fluctuations.

A partir des années 1967 et 1968, l'introduction massive de cultivars étrangers dits à haut potentiel génétique a entraîné une forte régression de certains cultivars locaux de terroirs. Sous le régime collectiviste, beaucoup de domaines autogérés étaient contraints à multiplier et cultiver des variétés introduites ; la production de semences de certains cultivars locaux était parfois même interdite. Un grand nombre de cultivars locaux de terroir a pratiquement disparu. Seulement les cultivars ayant eu une large dispersion avant les années soixante-dix ont été maintenus, ou les cultivars de terroirs assez bien adaptés, entre autres, Mohamed Ben Bachir, Oued Zenati, Hedba [46].

Vers les années 1970-80, il était pratiquement impossible d'envisager la production de semences de certains cultivars locaux au niveau des structures étatiques. Le maintien de quelques anciens cultivars est dû principalement à l'acharnement et aux réflexes de certains paysans de s'accrocher à leurs cultivars ancestraux, dont les rendements étaient certes moins élevés que les variétés introduites, mais, plus réguliers d'une année à l'autre, et surtout plus élevés durant les années sèches (production des pailles pour les animaux) [46].

Durant la deuxième période (années soixante dix), l'amélioration génétique proprement dite qui était à ses débuts se confinait en grande partie dans la sélection massale parmi les variétés locales considérées comme populations locales [48].

Par la suite, l'amélioration du blé dur s'est fixée comme objectifs la création de génotypes à large spectre d'adaptation dans le but de répondre à la diversité écologique de nos régions [49].

Tableau1-1 : Variétés de blé dur autorisées à la production et la commercialisation [43].

Variétés		
1. Ardente	11. GTA dur	21. Sebaou (INRA69)
2. Aribis (Capeiti)	12. Hedba 03	22. Sersou (Simeto)
3. Belikh 02	13. Hoggar (Vitron)	23. Tassili (Mexicali 75)
4. Bibans (Montpellier)	14. Karim (Yavaros)	24. Waha « S »
5. Bidi 17	15. Kebir	25. Zibans(Zb x Fg)
6. Cham 3	16. Mohamed Ben Bachir	26. Ciccio
7. Chen « S »	17. Cannizzo	27. Cirta
8. Chougrane (Polonicum)	18. Oued Zenati 368	28. Colosseo
9. Bousalem	19. Oum Rabi	29. Ofanto
10. Elder	20. Sahel	30. Orjaune 31. Poggio 32. Carrioca

2.4 Les critères de sélection pour plusieurs caractères

En général, le sélectionneur ne choisit pas ses plantes uniquement pour un seul caractère, mais pour un ensemble de caractères. Il est nécessaire qu'il se fixe donc des niveaux pour chaque caractère sélectionné ou pour la combinaison d'un certain nombre d'entre eux. On peut distinguer de ce point de vue, différentes méthodes employées par les sélectionneurs [33] :

2.4.1 La sélection en tandem

La sélection se fait pour un caractère une année et un autre caractère, l'année suivante. Cette méthode est peu pratique. Elle suppose que les caractères sont liés positivement.

2.4.2 La sélection par niveaux indépendants

La sélection est réalisée la même année pour plusieurs caractères dont les niveaux acceptables sont fixés à l'avance. On ne retiendra que les plantes ayant

atteint le niveau requis pour chaque caractère. Ce schéma réduit énormément la variabilité et suppose de bien fixer les seuils.

2.4.3 La sélection sur index

La sélection est pratiquée sur une somme pondérée de notations sur les plantes. Les plantes retenues sur index auront atteint le score seuil pour des raisons diverses. C'est en principe la méthode plus efficace pour la sélection sur les caractères simultanément, sans perdre trop de variabilité.

2.5 Choix du programme de sélection

La sélection consiste à choisir dans les descendance d'un croisement les individus qui montrent les caractères présents chez les parents. Ces individus sont choisis, récoltés et multipliés en vue d'obtenir une lignée fixée, stable [50]. Cependant, la sélection végétale est la création de variétés par l'ajustement génétique des plantes au service de l'homme. En effet, elle est une œuvre continue qui procède par la création successive de plus en plus performante. Ainsi, le choix du programme de sélection sera le choix des méthodes de sélection elles-mêmes, les plus adéquates en fonction des différents objectifs :

- d'abord une phase d'élargissement de la variabilité, constituée par des hybridations ou croisements de départ ;
- puis il y aura une phase d'autofécondation des hybrides. Pour mettre à profit la recombinaison et exploiter la variabilité potentielle des croisements ;
- après cela, se déroulera le programme lui-même de sélection des meilleures, puis des meilleures lignées issues de phase d'autofécondation ;
- enfin, il y aura la phase d'évaluation des meilleures lignées et de choix définitif de celles qui seront candidates au dépôt pour l'inscription.

CHAPITRE 3

INTERACTION GENOTYPE ENVIRONNEMENT

3.1 La variabilité des caractères quantitatifs et l'interaction génotype environnement

En général, les caractères quantitatifs sont influencés non seulement par les allèles d'au moins deux gènes, mais aussi par les effets de l'environnement. Le phénotype d'un organisme est donc potentiellement déterminé par :

- des facteurs génétiques, c'est-à-dire des génotypes différents déterminés par un gène ou plus. Les différences dues aux génotypes peuvent être éliminées par l'étude de lignées consanguines, ou lignées pures, qui sont homozygotes pour la plupart de leurs gènes.
- des facteurs environnementaux, c'est-à-dire des conditions qui vont influencer le développement ou l'apparition du phénotype chez l'individu. Comme par exemple, l'effet des engrais, de la pluviométrie et de la densité de semis sur le rendement des récoltes. Cependant, l'élimination totale des variations dues à l'environnement est impossible, et ce, quels que soient les efforts de l'expérimentateur pour rendre l'environnement identique pour tous les individus de la population. Chez les plantes, par exemple, d'infimes variations de la fertilité du sol ou de l'exposition au soleil produiront des environnements légèrement différents, parfois même entre individus adjacents.

Pour certains caractères quantitatifs, les différences de phénotype sont dues en grande partie à des différences génotypiques, l'environnement ne jouant qu'un faible rôle. Pour d'autres les variations du phénotype sont principalement dues aux effets de l'environnement, l'influence des facteurs génétiques est mineure. La plupart des caractères quantitatifs se situent entre ces deux extrêmes. Les

facteurs génétiques et les facteurs environnementaux doivent donc être pris en compte ensemble dans l'analyse de ces caractères [51].

3.1.1 Sources de variabilité des caractères quantitatifs

Dans n'importe quelle distribution de phénotypes, la variabilité provient de quatre sources.

3.1.1.1 Variance génétique

La part de la variation du phénotype est due à des différences de génotypes.

3.1.1.2 Variance environnementale

HARTL et JONES [51], précise, que la distribution d'un caractère dans une population n'apporte pas d'information sur l'importance relative du génotype et de l'environnement. La variabilité d'un caractère peut être entièrement génétique, environnementale, ou bien résulter d'une combinaison des deux. Celle-ci, est l'interaction génotype environnement.

3.1.1.3 Variance interaction génotype environnement

Dans les cas les plus simples, les effets de l'environnement sur le phénotype sont additifs et chaque environnement ajoute ou soustrait la même valeur au phénotype, indépendamment du génotype. Quand ce n'est pas le cas, les effets de l'environnement vont varier selon le génotype. On parle alors d'une interaction génotype environnement [51]. Dans certains cas, l'interaction génotype environnement peut même intervertir la valeur des génotypes, ce qui veut dire que le meilleur génotype dans un environnement donné peut se retrouver moins bon dans un autre environnement.

Selon GALLAIS, [52], l'existence d'interaction génotype environnement signifie, que selon le milieu l'ensemble des gènes d'un génotype ne s'exprime pas de la même façon. Certains génotypes sont plus stables que d'autres, leurs performances varient moins selon le milieu (environnement) : ils sont plus homéostatiques. Alors, on parle de stabilité de comportement dans des conditions assez variées de milieu, aussi bien pour l'hétérosis que pour un peuplement plus

hétérogène. Cela est expliqué par l'existence des gènes d'adaptation, et que ceux-ci sont à des loci différents. Ainsi, il est possible d'accumuler dans un génotype des gènes de résistance à la sécheresse et des gènes de bon fonctionnement en conditions humides, ce génotype aura de bonnes performances dans les deux types de conditions. Un exemple simple de cette possibilité est donné par la résistance des céréales aux rouilles. Ce sont bien des gènes différents qui conditionnent la résistance aux différentes races et il est possible de créer des génotypes résistants à plusieurs races.

GALLAIS et al., [53], précisent, qu'une interaction génotype environnement est constatée lorsque l'on s'écarte de la situation d'additivité, c'est-à-dire lorsqu'une condition de milieu affecte différemment les génotypes comparés et que l'écart entre ceux-ci n'est pas le même selon les conditions de milieu.

Les interactions entre le génotype et l'environnement sont fréquentes et très importantes. A cause de ces interactions, aucune variété de plante ne surpasse toutes les autres pour tous les types de sol et quel que soit le climat. Par conséquent, les améliorateurs doivent développer des variétés particulières destinées à chaque zone de culture.

3.1.1.4 Variance association génotype environnement

Quand des génotypes différents dans une population ne sont pas distribués au hasard dans tous les environnements possibles, on dit qu'il y a une association génotype environnement. Dans ces circonstances, certains génotypes vont se trouver être associés préférentiellement à certains environnements, ce qui peut augmenter ou diminuer la valeur du phénotype correspondant à ce génotype par rapport à ce qu'elle aurait dû être en absence d'association. Ces associations génotype environnement peuvent être souvent éliminées ou minimisées en distribuant les génotypes aléatoirement dans les parcelles expérimentales.

3.2 Relation entre adaptation, plasticité phénotype et interaction génotype environnement

Il y a plusieurs facettes à la notion d'adaptation qui vont d'une réponse comportementale, à l'environnement physique, à la protection contre les ennemis, ou encore à l'ajustement des processus physiologique et du métabolisme interne.

Une adaptation se caractérise par une modification du phénotype en réponse à signal spécifique de son environnement [54]. Les caractéristiques biologiques du phénotype qui peuvent être de nature morphologique, physiologique, comportementale, etc., sont en effet, le résultat d'une interaction entre les gènes et l'environnement.

GRIFFITHS et al., [55], expliquent, que la plupart des caractères phénotypiques variant de façon continue ne signifie pas que leur variations résulte de mécanismes génétiques différents de ceux établis pour les gènes mendéliens. La continuité du phénotype est en fait le résultat de deux phénomènes. Tout d'abord, chaque génotype ne détermine pas une expression phénotypique unique mais une norme de réaction qui couvre une large gamme de phénotypes. Il en résulte que les différences phénotypiques entre génotypes s'estompent et qu'il devient impossible d'associer sans ambiguïté un phénotype donné à un génotype particulier. Deuxièmement, un phénotype donné peut être influencé par les allèles de nombreux locus pouvant s'assortir de différentes manières.

La plasticité correspond à la variabilité induite par l'environnement dans l'expression du phénotype. Il s'agit de faire preuve de flexibilité, notamment dans l'utilisation des ressources nécessaires à la survie de l'espèce [54].

On peut donc considérer que la plasticité phénotypique, est la production par un seul génome d'une diversité de réponses adaptatives qui seront soumises éventuellement à la sélection naturelle.

Finalement, on peut conclure que les caractères d'adaptation aux contraintes du milieu jouent un rôle important dans l'existence d'interaction génotype environnement.

3.3 Amélioration et sélection en présence d'interaction génotype environnement

Selon GALLAIS et al., [53], dans la pratique de l'amélioration des plantes, l'existence d'interaction génotype environnement pose deux problèmes majeurs :

1. dans un milieu donné, quel est le meilleur génotype (quel est le génotype qui répond le mieux aux objectifs de l'amélioration) ;
2. dans quel milieu pratiquer la sélection.

Ces deux questions sont en fait les deux facettes du même problème, qui a d'autant plus d'acuité que l'interaction est forte. En pratique, on s'en préoccupe plus particulièrement quand il y a un changement de classement entre génotypes, puisque dès lors aucun génotype n'est meilleur que tous les autres dans l'ensemble des conditions de milieu. La question de choix du meilleur génotype se pose notamment quand on souhaite utiliser dans un milieu à fortes contraintes des génotypes qui ont été améliorés dans des conditions plus favorables. C'est ainsi que, lorsque l'on poursuit une sélection, il faut éviter de trop artificialiser le milieu dans lequel on entretient les candidats à la sélection : certe, une telle pratique peut permettre de mieux révéler les différences entre individus, le milieu n'étant pas limitant, mais s'il y a un trop grand décalage entre milieu de sélection et celui de production (où se développeront les descendants des individus sélectionnés), tout le progrès réalisé par la sélection en milieu favorable peut être annihilé du fait du phénomène de l'interaction génotype environnement [53].

En effet, quand on étudie la génétique des caractères quantitatifs, l'objectif principal est de déterminer les importances respectives du génotype, de l'environnement et pour mieux comprendre les interactions génotypes environnements. Dans certains cas, chez les organismes expérimentaux, il est possible de séparer les effets du génotype, de l'environnement et de quantifier l'influence qu'ils ont sur la moyenne du phénotype qui est la cible de la sélection. Par exemple, un sélectionneur de plante peut étudier le rendement d'une série de lignées consanguines cultivées dans des environnements différents (densité de semis, quantité d'engrais, etc.). Il deviendra alors possible de [53] :

1. comparer le rendement de plantes possédant le même génotype et cultivées dans des environnements différents, pour ainsi classer les

environnements selon l'effet qu'ils produisent sur le phénotype observé ;
ou de

2. comparer le rendement des plantes génotypiquement différentes, cultivées dans le même environnement, de manière à classer les génotypes selon l'effet sur le rendement.

Ainsi, BONJEAN et PICARD [33] concluent, que seule la variabilité phénotypique, liée à des différences génotypiques entre plantes, permet d'obtenir un progrès en sélection. Alors, que la variabilité phénotypique due seulement à des causes environnementales ne donne pas prise, ou rarement, à la sélection. Celle-ci sera d'autant plus efficace que l'héritabilité d'un caractère est plus élevée.

Par conséquent, on comprend alors que le sélectionneur ait surtout besoin d'approcher (d'avoir une estimation) la valeur génétique de son matériel d'abord et ensuite l'interaction avec les lieux d'essais, pour pouvoir présenter sa lignée au catalogue officiel.

L'existence d'interaction génotype milieu se traduit par une augmentation de la variance phénotypique totale. L'héritabilité peut donc être fortement diminuée. Si l'interaction est forte, alors il faut structurer le milieu en régions, en conditions et faire une sélection pour chaque type de région ou de conditions : cela revient à faire une sélection pour l'adaptation spécifique. Par conséquent, selon FINLAY et WILKINSON [56] ; EBERHARTET et RUSSELL, [57]; ROSIELLE HAMBLIN, [58], on estimera qu'une lignée est bien adaptée à telle ou telle région, quand elle aura montré régulièrement des performances significativement plus élevées dans la région considérée. C'est le cas de la variété spécialiste ou spécialisée. Toutefois, il n'est pas de l'intérêt du sélectionneur d'avoir trop de variétés à adaptation étroite. Si au contraire, selon l'interaction n'est pas trop forte, une sélection pour l'adaptation générale pourra être envisagée. Dans ce cas, d'autres lignées montrent un spectre d'adaptation beaucoup plus grand, on dit qu'elles sont généralistes ou largement adaptées.

3.4 Modèles d'analyse de l'interaction génotype environnement

D'après GALLAIS et al., [53], L'analyse génétique des caractères quantitatifs nécessite de passer par une représentation mathématique de la réalité : c'est la

modélisation. Ils précisent encore, que fondamentalement, l'interaction entre les effets du génotype et du milieu est un concept statistique, dont la mise en évidence passe par les techniques de l'analyse de variance.

Selon MONNEVEUX et al., [59], différents modèles ont été proposés pour analyser les interactions entre le génotype et le milieu. Ils reposent tous sur un suivi du comportement, dans une large gamme de situations différentes, d'un même groupe de variétés. Parmi les modèles proposés on trouve le programme AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction) appliqué à l'analyse de la stabilité du rendement du blé dur dans le bassin méditerranéen [60]. Tous ces modèles d'études doivent être considérés comme des modèles purement descriptifs du comportement : ils relèvent d'une approche biométrique, qui ne cherche pas à définir ni exprimer le rôle des facteurs de l'environnement ou le fonctionnement biologique de la plante.

Cependant, GALLAIS et al., [53], notent, qu'il y a une difficulté dans l'analyse des caractères quantitatifs. Cela réside dans le fait que l'on est incapable de déterminer le nombre de locus responsables des variations phénotypiques. Même lorsque l'on est capable de détecter un gène majeur, ou de mettre en évidence grâce à des marqueurs quelques QTL (Quantitative Trait Loci), on ignore le nombre et les effets des autres gènes en ségrégation. Aussi est-on amené à raisonner globalement à partir des variations de valeur phénotypique, qui sont les seules faciles d'accès pour l'observateur.

CHAPITRE 4

MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES

4.1 But de l'essai

L'objectif de cet essai national de deuxième année est l'étude des caractéristiques agronomiques et technologiques de sept variétés de blé dur par référence à deux témoins locaux. Celles-ci, sont cultivées dans deux sites différents (Oued Smar et Beni Slimane), en vue de déterminer leurs potentialités et de choisir les variétés répondant aux critères de sélection dans des conditions très larges d'adaptation (plasticité variétale).

4.2 Etude du milieu d'expérimentation

L'essai a été réalisé durant la campagne agricole 2004/2005 au niveau de deux stations expérimentales de l'institut technique des grandes cultures (I.T.G.C.) : Oued Smar et Beni Slimane.

4.2.1 Situation géographique des deux stations

La station de Oued Smar se situe sur la partie Nord Est de la plaine de Mitidja à une altitude de 24 mètres, latitude 30° 43 Nord et longitude 36° 84 Est. La station fait partie de l'étage bioclimatique sub-humide.

La région de Beni Slimane se situe entre deux barrières montagneuses ; l'Atlas Blidien et le mont de Tablat au Nord, qui l'isolent de l'influence maritime, et une partie des flans Ouest chaînon des bibans au Sud qui la protège de l'influence saharienne [61].

La station se situe à une altitude de 600 mètres, latitude 36.2 Nord et 32 Est, région fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride à hiver très froid, été chaud et sec.

4.2.2 Analyse des conditions du déroulement de la campagne dans les deux stations

4.2.2.1 Précipitations

a) Oued Smar

Les données pluviométriques de la campagne 2004/2005 à Oued Smar sont enregistrées dans le tableau1. Le total pluviométrique enregistré durant la période de septembre à mai 2005 s'élève à 624.2 mm.

Tableau 2-1 : précipitations de la campagne 2004/2005 à Oued Smar.

Mois	Précipitations mensuelle (mm)	Nombre de jours de pluie
Septembre	6.0	2
Octobre	39.4	3
Novembre	97.1	5
Décembre	137.3 (neige)	9
Janvier	88.5 (neige)	4
Février	185.0	14
Mars	41.9	7
Avril	26.7	4
Mai	2.3	1
Total	624.2	49

Source : la station météorologique de Oued Smar.

Tableau 2-2 : répartition saisonnière des précipitations durant la campagne 2004/2005.

saison	Automne	Hiver	Printemps	Total annuel
Précipitations (mm)	142.5 (23 %)	412.8 (66 %)	70.9 (11 %)	624.2

La campagne 2004/2005 est caractérisée sur le plan pluviométrique (tableau2-2) par :

- un automne assez humide (142.5) ce qui a permis une préparation du sol dans de bonnes conditions ;

-un hiver très pluvieux et frais (412.8 mm), cela a provoqué des inondations avec des pertes à la levée et un retard dans le développement de la végétation par la présence de gel et de la neige.

-un printemps sec (70.9mm) qui a caractérisé la phase la plus déterminante, à savoir le stade de formation du grain. Celui-ci a vu un déficit pluviométrique très conséquent. Néanmoins, la plante n'a pas vraiment souffert, vu qu'une quantité très importante a été enregistrée au préalable, en plus de la bonne capacité de rétention du sol.

b) Beni Slimane

Les données pluviométriques de la campagne 2004/2005 à Beni Slimane sont enregistrées dans le tableau 3. . Le total pluviométrique enregistré durant la période de septembre à juin 2005 s'élève à 338.7 mm

Tableau 2-3 : précipitations de la campagne 2004/2005 à Beni Slimane.

Mois	Précipitations mensuelle (mm)	Nombre de jours de pluie
Septembre	10.0	3
Octobre	26.5	6
Novembre	37.3	8
Décembre	97.6	17
Janvier	53.0	7
Février	74.1	12
Mars	20.3	8
Avril	11.2	3
Mai	0.5	1
Juin	8.3	3
Total	338.7	68

Source : la station météorologique de Oued Smar.

Tableau 2-4: répartition saisonnière des précipitations durant la campagne 2004/2005.

Mois	Automne	Hiver	Printemps	Total annuel
Précipitations (mm)	73.8 (22%)	224.7 (68%)	32 (10%)	330.5

L'essai a été caractérisé par une sécheresse en automne avec (73.8 mm) de pluie, cela a influé négativement sur les réserves en eau pendant une période importante pour la bonne préparation du sol. Pour la période hivernale, comparativement à la période automnale une pluie excédentaire avec (224.7mm) a été enregistrée, soit 68 % relativement au total pluviométrique annuel enregistré. Ce qui a provoqué une submersion du terrain, accusant ainsi, le retard du semis. Par la suite, une nouvelle période de sécheresse très intense (32 mm) a été constatée jusqu'à la récolte, notamment au mois de Mai où on a enregistré que 0.5mm de pluie. Cette période est critique car elle correspond au stade de remplissage du grain qui est déterminant quant au rendement.

4.2.2.2 Températures

Les données concernant les températures durant la campagne 2004/2005 à Oued Smar et Beni Slimane sont enregistrées respectivement dans les tableaux 2-5 et 2-6.

Tableau 2-5 : températures mensuelles de la campagne 2004/2005 à Oued Smar.

Mois	Températures minimales °C	Températures Maximales °C	Températures Moyennes °C
Septembre	17.9	31.7	24.4
Octobre	15.3	29.3	21.7
Novembre	7.7	19.8	13.1
Décembre	7.6	17.5	12.1
Janvier	1.3	15.4	8.3
Février	2.3	13.9	8
Mars	6.9	19	12.5
Avril	9	21.8	14.9
Mai	11.8	27.3	19.5
Juin	17	31.2	24.1

Source : la station météorologique de Beni Slimane.

En général, les températures enregistrées à Oued Smar durant la campagne 2004/2005 ne s'avèrent pas défavorable pour un bon développement de la culture de blé dur. Toutefois, l'élévation des températures a coïncidé avec un

taux d'humidité élevé durant la campagne ce qui a engendré le développement de certaines maladies.

Tableau 2-6 : températures mensuelles et accidents climatiques de la campagne 2004/2005 à Beni Slimane.

Mois	Températures minimales °C	Températures maximales °C	Températures moyennes °C	Gelée en jours	Sirocco en jours
Septembre	16	33	24	-	7
Octobre	9	27	18	-	4
Novembre	5	16	10	5	-
Décembre	4	12	8	6	-
Janvier	-4	12	6	24	-
Février	1	10	5	10	-
Mars	5	17	11	1	-
Avril	7	20	14	-	1
Mai	12	30	21	-	-
Juin	14	34	24	-	1

Source : la station météorologique de Beni Slimane.

On remarque que la saison froide est l'hiver allant de décembre à Février. Ce dernier étant le mois le plus froid avec une moyenne mensuelle de 5°C. Parallèlement, le gel a accompagné toute cette période en s'étendant de novembre jusqu'à mars avec 46 jours. Egalement, 16 jours de sirocco ont été enregistrés durant cette campagne, défavorisant ainsi les conditions de développement du blé dur.

4.3 Protocole expérimental

4.3.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de 9 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf). La plupart de celles-ci sont d'origine d'I.C.A.R.D.A (centre international de la recherche agricole en zone aride), hormis les variétés ACSAD1031, ACSAD1107 qui sont d'origine d'A.C.S.A.D (centre arabe d'études des zones sèches) et la variété Hoggar d'origine espagnole comme premier témoin local. Il faut noter Waha comme deuxième témoin local.

Tableau 2-7 : provenance des variétés

Variété	provenance
1-ISLADCO	ICARDA
2-OTB2	ICARDA
3-AINZEN-01	ICARDA
4-AINZEN-02	ICARDA
5-ACSAD1031	ACSAD
6-ACSAD1107	ACSAD
7-MORROCO10	ICARDA
8-VITRON (témoin1)	Espagne
9-WAHA (témoin2)	ICARDA

Tableau 2-8 : fiche descriptive des variétés témoin selon Boufenar et al. , [62].

Variété	Les caractéristiques
Vitron(dénomination locale) (Hoggar)	<ul style="list-style-type: none"> -Obtenteur : Semillas Batlle S. A.(Espagne) ; -Pedigree : JO''S''/AA''S''//fg''S''-CM 9799 ; -Type de variété : Lignée pure ; -Caractéristiques culturales : <ul style="list-style-type: none"> -Cycle végétatif : semi-précoce ; -Résistante au froid, tolérante à la verse, sensible à la sécheresse et sensible aux gelées printanières ; -Caractéristiques qualitative : <ul style="list-style-type: none"> -Poids de mille grains élevé ; - résistance au mitadinage.
Waha	<ul style="list-style-type: none"> -Pedigree : Waha 'S'PLC'S'/Ruff//Gta''S'' /3/RoletteCM17904-3M-1Y-1M-OY ; -Type de variété : Lignée pure ; -Caractéristiques culturales : <ul style="list-style-type: none"> -Cycle végétatif : précoce ; -Tolérante au froid, résistante à la verse, sensible à la sécheresse et sensible aux gelées printanières ; -Caractéristiques qualitative : <ul style="list-style-type: none"> -Poids de mille grains moyen ; -résistance au mitadinage.

4.3.2 Conduite de l'essai

4.3.2.1 Itinéraire technique

4.3.2.1.1 Précédent cultural

Le précédent cultural a été le bersim au niveau de Oued Smar et une jachère à Beni Slimane.

4.3.2.1.2 Travail du sol

Le travail du sol est une étape importante de l'itinéraire technique des grandes cultures. Sa qualité dépend de l'outil utilisé et de la date de sa réalisation, ou bien, de l'état du sol laissé par le précédent cultural.

A Oued Smar, le labour a été effectué en novembre 2004 avec une charrue bisoc réversible à une profondeur de 30 cm dans de bonnes conditions du sol. Contrairement à Beni Slimane où le labour a été réalisé pendant le mois de juillet. Par la suite, à Oued Smar les différentes façons superficielles ont été effectuées dans le but de préparer le lit de semence sont comme suit :

- le passage du roto herse pour permettre le criblage du sol en déposant les petites mottes en surface et la terre fine en profondeur et donner un certain nivellement du sol ;
- le passage du rouleau juste après le semis (décembre) pour assurer un bon nivellement du sol. Cependant, à Beni Slimane le passage du cover crop et de l'herse a été choisi (novembre) pour les façons superficielles.

4.3.2.1.3 Fumure de fond

Le phosphore est le deuxième élément après l'azote qui limite la production. D'ailleurs, l'essentiel du phosphore est exporté vers le grain [21]. De ce fait, les restitutions en cet élément par les résidus des récoltes sont très faibles. Donc, les apports sont justifiés, et enfouis au niveau du sol avant ou au moment du semis en raison de la faible mobilité du phosphore. Ainsi, le même type d'engrais a été apporté (tri super phosphate) aussi bien à Oued Smar qu'à Beni Slimane, respectivement avec les quantités suivantes : 2qx/ha ; 1.5qx/ha.

Contrairement au phosphore, le potassium qui se trouve plutôt dans les résidus de récolte (tiges et feuilles) se libère en quantité importante pour la culture

suivante [22]. Surtout que les recherches menées sur la fertilisation potassique, selon BOULAL, et al., [21], ont montré que la plupart des régions céréalières en Algérie sont suffisamment pourvues en cet élément. Par conséquent, aucun apport n'a été effectué pour les deux régions d'étude.

4.3.2.1.4 Fumure azotée

La fertilisation azotée a été apportée à Oued Smar le 10/01/2005 en utilisant l'urée à 46% à raison de 1.5qx/ha (69u/ha). Cette dose est convenable puisqu'elle dépasse légèrement celle préconisée par I.T.G.C qui est 67 u/ha. Egalement, à Beni Slimane le même type d'engrais a été apporté à raison de 1q/ha le 10/03/2005.

Ce type d'engrais est intéressant puisqu'il résiste au lessivage (persiste dans le sol), mais il présente un inconvénient parce qu'il se minéralise lentement. Il nécessite donc d'être apporté avant les périodes intenses, pour permettre sa minéralisation.

4.3.2.1.5 Semis

Le semis a été réalisé le 30/11/2004 à Oued Smar et le 05/01/2005 à Beni Slimane à l'aide d'un semoir expérimental.

4.3.2.1.6 Désherbage chimique

Les désherbants chimiques qui ont été utilisés à Oued Smar sont le Granstar et Hussar OF respectivement à une dose de 12.5g/ha et 1l/ha. La date de l'opération est le 08/01/2005. Ainsi, le Zoom qui est un désherbant chimique a été appliqué à Beni Slimane à raison de 120g/ha en date du 19/03/2005.

4.3.2.1.7 Lutte contre les moineaux

Afin de limiter les dégâts des moineaux à Oued Smar, on a procédé par l'installation de pièges sonores. Par contre à Beni Slimane aucune lutte n'a été utilisée.

4.3.2.7 Récolte

La récolte a été réalisée le 06/06/2005 à Oued Smar et le 21//06/2005 à Beni Slimane, à l'aide d'une moissonneuse batteuse expérimentale.

4.4. Méthode d'étude

4.4.1. Détermination des différents stades phénologiques

Le suivi de la culture durant tout le cycle de développement nous a permis de situer les différents stades phénologiques des génotypes testés. Un stade est noté lorsque 50% du caractère considéré est atteint.

4.4.2 Etude des variables liées à la culture

4.4.2.1 Nombre de plants par mètre carré

La densité de peuplement a été déterminée pour chaque parcelle élémentaire, à l'aide d'un cadre en bois (mètre carré) posé en diagonale. On a effectué deux dénombrements pour chaque parcelle.

4.4.2.2 Nombre de talles par plant

Durant la période de plein tallage, on a fait le dénombrement du nombre de talles par plant en prenant dix échantillons au hasard tout le long de chaque parcelle élémentaire.

4.4.2.3 Longueur de l'épi

Nous avons mesuré la longueur de quinze épis pris au hasard tout le long de chaque parcelle élémentaire.

4.4.2.4 Composantes de rendement

4.4.2.4.1 Nombre d'épis par mètre carré

Ce paramètre a été évalué à l'aide d'un cadre de un mètre carré, placé diagonalement au niveau de chaque parcelle élémentaire. Le dénombrement a été effectué après la floraison.

4.4.2.4.2 Nombre d'épillets total par épi

Ce nombre est déterminé à partir de quinze échantillons d'épis pris au hasard au niveau de chaque parcelle élémentaire. La mesure est faite au stade formation de grain.

4.4.2.4.3 Nombre total d'épillets fertiles par épi

Sur les mêmes épillets prélevés auparavant, nous avons procédé au nombre d'épillets fertiles.

4.4.2.4.4 Nombre total d'épillets stériles par épi

Ce nombre est effectué lors de la détermination du précédent paramètre.

4.4.2.4.5 Nombre de grains par épis

Le comptage de grains par épis est déterminé à partir des épis prélevés auparavant. Ce paramètre est un élément essentiel de rendement.

4.4.2.4.6 Poids de mille grains

Cette mesure est d'une part, un bon indicateur du mode d'élaboration du rendement et d'autre part, un bon indicateur du rendement technologique dans les industries de première transformation (rendement semoulier).

Le principe de cette mesure est la détermination en grammes, de la masse de mille grains entiers, compter ces derniers à l'aide du compteur automatique, puis peser la masse des mille grains (NF VO 702).

4.4.2.5 Rendement en grain

4.4.2.5.1 Rendement théorique

C'est le rendement potentiel de la variété dans les conditions de l'année. Il ne prend pas en compte les pertes pouvant avoir lieu. Il est déterminé chez le blé comme suit :

Rendement (qx/h)= (nombre d'épis par mètre carré) x (nombre de grain par épis) x (PMG) x 10⁻⁴

4.4.2.5.2 Rendement réel

Après la récolte, les grains récupérés sont nettoyés et ensuite pesés : on aura ainsi la quantité récoltée en kg par parcelle. Cette quantité est convertie en qx/h.

4.4.2.6 Qualité technologique des grains

La plupart des méthodes d'analyses ont été décrites par Afnor [63], selon les normes françaises.

4.4.2.6.1 Détermination du taux de mitadinage

Le taux de mitadinage a été réalisé à l'aide d'une coupe grain ; le farinotome de POHL à raison de 12 coupes par échantillons selon la norme (ISO-532). Ce taux est donné par la formule suivante : $N = (n \times 100) / p$

-N : le pourcentage des grains mitadinés dans la fraction examinée ;

-n : le nombre des grains mitadinés dans la fraction examinée ;

-p : le nombre de grains examinés au farinotome (dans le cas de 12 coupes, $p = 600$).

4.4.2.6.2 Détermination de la matière azotée totale (teneur en protéine)

Les protéines présentent un intérêt nutritionnel et technologique, leur teneur est un critère important d'appréciation de la qualité (valeur d'utilisation).

On admet que la totalité de l'azote contenu dans les grains est sous forme protéique. La teneur en azote est mesurée par une méthode chimique (méthode de Kjeldal). Elle consiste en la minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique, l'alcalinisation des produits de la réaction, la distillation de l'ammoniac libéré et son titrage.

La teneur en protéine se calcule à partir de la teneur en azote par l'intermédiaire d'un facteur de conversion. Celui-ci est de 5.7 dans le cadre de l'alimentation humaine (NF.1.1.34.1985).

$$\text{Teneur en protéine} = V \times 0.00028 \times 100 / Y \times 200 / A \times 5.7 \times 100 / (100 - H)$$

V : volume obtenu au cours de la titration.

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai (50ml).

0.00028: quantité d'azote fixée par 1 ml d' H_2SO_4 N/50.

4.4.2.6.3 Teneur en eau

La mesure de la teneur en eau présente trois intérêts principaux : analytique pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche) ; technologique pour la détermination et la conduite rationnelle des opérations de récolte et de stockage ; commercial et réglementaire ainsi les contrats commerciaux et les normes réglementaires fixent des seuils de teneur en eau.

On a déterminé la teneur en eau de nos échantillons après les avoir broyé et peser (10g de l'échantillon). Par la suite, on a introduit nos échantillons dans une étuve appelée appareil de Buhler, pendant 10 minutes à une température 120° C pour faire directement la lecture du taux d'humidité exprimé en pourcentage.

4.4.2.6.4 Teneur en cendre

La mesure de la teneur en cendre est d'un intérêt essentiellement réglementaire : elle permet l'appréciation de la conduite du moulin et de classer les farines et les semoules.

Cette teneur est déterminée par la pesée du résidu obtenu par incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température 550° C jusqu' à combustion complète de la matière organique (norme AFNOR NF V 03-760 de décembre 1981).

4.4.2.6.5 Taux d'échaudage

L'échaudage est un accident physiologique qui pénalise le rendement en semoule. Son taux est déterminé à l'aide d'un tamis d'ouverture de fente de 1.9 mm. On fait tamiser un échantillon de 100g, tous les grains traversant ce tamis sont comptés des grains échaudés, par la suite, on pèsera l'extraction du tamis qui représente le pourcentage d'échaudage.

4.4.2.6.6 Teneur en gluten

Le blé est la seule céréale dont les protéines ont la propriété de constituer dans la pâte un réseau protéique (gluten) assurant l'extensibilité, l'élasticité et la

ténacité, qui ont une influence sur le comportement des pâtes au cours de fabrication et sur la qualité du produit fini.

Cette mesure a un intérêt principalement technique, qui permet d'apprécier la qualité et la quantité du gluten.

La teneur en gluten est déterminée par malaxage d'un mélange de 10g de semoule et chlorure de sodium sous un filet d'eau; l'amidon et les protéines solubles sont entraînés, ainsi il se forme progressivement un réseau qui se soude à lui-même pour donner une pâte molle et élastique qui est le gluten. Celui-ci est centrifugé dans la grille perforée de l'appareil, pesant par la suite les deux fractions (fraction qui ne traverse pas la grille avec celle qui la traverse) constituant ainsi le gluten humide total. Cependant, après dessiccation rapide de ce dernier à l'aide du Gluark pendant 4 minutes, on obtient le gluten sec (norme ICC 137). Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{gluten sec} = Ms \times 10 \times 100 / (100 - H^\circ);$$

$$\text{gluten humide} = Mh \times 10 \times 100 / (100 - H^\circ);$$

Ms : masse en gramme du gluten sec ;

Mh : masse en gramme du gluten humide ;

H° : humidité du grain en pourcentage.

4.4.2.6.7 Préviation de la coloration de la semoule

L'intérêt de cette mesure est essentiellement commercial. En effet le consommateur recherche des pâtes claires, de belles couleurs jaunes ambrées, qui ne peut provenir que de celle de la semoule et par conséquent de celle du blé dur.

Cependant, on apprécie la couleur de la semoule qui se caractérise par les deux composantes : l'indice de jaune et l'indice de brin, par le colorimètre. Les résultats sont exprimés dans le système L, a, b, dans des conditions retenues par la Commission International de l'Eclairment (CIE). L'échantillon est placé sous la source lumineuse, dix mesures successives sont effectuées en tournant l'échantillon d'un quart de tour avant chaque lecture de manière à limiter les effets dus à l'hétérogénéité de la réflexion sur une surface non homogène. L'indice b est

d'autant plus élevé que la semoule est plus jaune, la valeur (100-L) augmente avec le brunissement :

Indice de brun= 100-L

Indice de jaune= b

4.4.2.6.8 Taux d'extraction

Après nettoyage des grains de leurs impuretés et la détermination de leur teneur en eau, on a effectué un conditionnement, c'est-à-dire ; apporter la quantité d'eau nécessaire afin d'assouplir l'écorce du grain et faciliter la séparation du son de l'amande : 14% durant 24h, puis à 17% pendant 3 heures pour les blés durs.

Le taux d'extraction se définit par le rapport entre la quantité de semoule extraite et la quantité de blé mis en mouture.

4.5 Elaboration du plan d'expérience

L'essai réalisé est factoriel. Celui-ci nous a permis de mesurer l'effet propre de chaque facteur ainsi que leur influence réciproque : l'interaction.

Les facteurs étudiés sont l'environnement et variété. Ils sont qualitatifs et présentent plusieurs variantes. Le facteur environnement présente deux variantes et le facteur variété présente 9 variantes.

La combinaison de différentes variantes des deux facteurs étudiés nous a donné 18 traitements de base. Le nombre de parcelles élémentaire sur l'ensemble des deux sites d'expérimentations a été de 72. Le nombre de répétition est de 4 au niveau de chaque site.

Les traitements sont affectés aléatoirement sur les parcelles élémentaires de chaque bloc au niveau de chaque site.

A Oued Smar, la surface de terrain de chaque parcelle est de 6m² par contre, elle est de 12m² à Ben Slimane. Le nombre de lignes par parcelle est 6 lignes est espacées 0.2m.

Le dispositif expérimental qui nous a permis d'étudier les deux facteurs est le bloc aléatoire complet (BAC).

L'élaboration du plan d'expérience a été résumée comme suit :

Nombre de facteurs : 2

Facteur 1 : variété

Facteur 2 : environnement

Le nombre de variantes :

Facteur1=9 (V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8 V9)

Facteur2=2 (E1 et E2).

Le nombre de traitements de bases : $9 \times 2 = 18$ traitements. (V1E1, V2E1, V3E1, V4E1, V5E1, V6E1, V7E1, V8E1, V9E1, V1E2, V2E2, V3E2, V4E2, V5E2, V6E2, V7E2, V8E2, V9E2).

E1 désigne l'environnement de Oued Smar et E2 l'environnement de Beni Slimane.

4.6 Démarche d'analyse et d'interprétation statistique

Les résultats d'essai ont été analysés à l'aide d'un logiciel statistique qui est le STATIT CF.

Lors de l'interprétation nous avons cherché à estimer la dispersion imputable aux traitements et celles aux causes incontrôlables en évaluant la variance de chacune en vue de les comparer.

Le premier test qui nous permet de déterminer les différences entre les moyennes des différents traitements est le test de l'analyse de la variance. Ce test global préalable est indispensable.

La démarche de l'interprétation consiste en premier lieu à examiner l'effet interaction entre les deux facteurs étudiés. S'il est significatif, on ne peut juger globalement l'effet des deux facteurs puisqu'ils ne sont pas indépendants. Il faut considérer séparément les effets simples. Si l'interaction n'est pas significative, on admet qu'elle n'existe pas et l'on étudie séparément chaque facteur comme lors d'un essai simple, en recherchant les différences significatives.

Le seuil de signification retenu est 5 %. Si la probabilité calculée est inférieure à ce seuil, on admet l'existence d'un effet global significatif. Si la probabilité est supérieure ou égale à ce seuil, l'effet est non significatif.

Si les différences qui ont été révélées sont significatives, on complète l'analyse par l'étude de la plus petite différence significative (PPDS). Ce test de précision nous a permis de classer les moyennes des différents traitements en groupes homogènes, ainsi ressortir les meilleurs traitements. Le coefficient de variation (CV) a été interprété comme un indice de précision.

BLOC 1	6m ² V1	V3	V5	V6	V7	V8	V9	V2	V4
BLOC 2	6m ² V4	V7	V1	V2	V6	V8	V3	V5	V9
BLOC 3	6m ² V2	V1	V9	V8	V7	V3	V5	V4	V6
BLOC 4	6m ² V9	V6	V8	V5	V4	V1	V2	V3	V7

Figure 2-1 : schéma du dispositif expérimental à Oued Smar

BLOC 1	12m ² V1	V2	V7	V9	V4	V6	V8	V3	V5
BLOC 2	12m ² V3	V5	V6	V4	V8	V1	V7	V9	V2
BLOC 3	12m ² V4	V3	V8	V5	V7	V9	V6	V2	V1
BLOC 4	12m ² V1	V6	V7	V9	V5	V2	V1	V8	V4

Figure 2-2 : schéma du dispositif expérimental à Beni Slimane

CHAPITRE 5

RESULTATS ET DISCUSSION

5.1 Mesure de la précocité

Le stade épiaison constitue selon GATE, [64], un repère majeur à différents niveaux dans le développement aussi bien dans l'élaboration du rendement, où la modélisation de l'épiaison permet de définir des dates de semis permettant de limiter les effets des facteurs climatiques, que dans la conduite de la culture : l'épiaison est un stade très vulnérable vis-à-vis des maladies et donc déterminant pour la protection à mettre en œuvre. Par conséquent, nous calculons la précocité en nombre de jours depuis la levée jusqu'au stade d'épiaison.

Toutes les dates de levée, d'épiaison et les mesures de précocité sont rassemblées dans le tableau 3-1.

A Oued Smar cette phase a duré 19 jours, alors qu'elle est (tableau 3-1) plus longue à Beni Slimane (38 jours). Cette différence de la durée de réalisation de cette phase importante, est imputable comme signalé par BOULAL et *al.*, [21], à la valeur biologique de la semence, à la température et à l'humidité du sol. Surtout avec la présence des gelées presque pendant tout le stade semis levée (34 jours). Étant une phase très sensible aux gelées dès le stade coléoptile, la levée a été retardée de plusieurs jours par ralentissement de la germination.

Il faut noter d'emblée, la différence des cycles pour les deux sites. Bien que, le cycle à Beni Slimane soit court (75 à 79 jours), cela ne détermine pas pour autant une précocité comparativement au cycle levée épiaison réalisé à Oued Smar (de 107 à 112 jours).

En comparaison à la variété témoin Waha qui est connu précoce, il ressort du tableau que toutes les variétés sont précoces hormis les variétés Sladco et Morocco10 semi précoce relativement à la variété témoin Vitron.

Par ailleurs, il faut préciser que la précocité à l'épiaison reste un caractère très recherché dans les zones semi-arides dans la mesure où il permet d'éviter aux cultures les sécheresses de fin de cycle. Cependant, dans les zones connues par les gels tardifs (cas des Hauts-Plateaux en Algérie), la précocité peut constituer un danger [21].

Tableau 3-1 : la précocité en jours

Variétés	Date de la levée		Date de l'épiaison		Précocité (jours)	
	Oued Sm.	Beni Sl.	Oued Sm.	Beni Sl.	Oued Sm	Beni Sl.
SLADCO	18/12/2005	5/02/2005	07/04/2005	22/04/2005	109	76
OTB2	18/12/2005	5/02/2005	09/04/2005	25/04/2005	111	79
AINZEN-01	18/12/2005	5/02/2005	08/04/2005	24/04/2005	110	78
AINZEN-02	18/12/2005	5/02/2005	10/04/2005	25/04/2005	112	79
ACSAD1031	18/12/2005	5/02/2005	10/04/2005	25/04/2005	112	79
ACSAD1107	18/12/2005	5/02/2005	10/04/2005	25/04/2005	112	79
MORROCO10	18/12/2005	5/02/2005	06/04/2005	22/04/2005	108	76
VITRON	18/12/2005	5/02/2005	08/04/2005	24/04/2005	110	78
WAHA	18/12/2005	5/02/2005	05/04/2005	21/04/2005	107	75

5.2 Etudes des variables liées à la culture

5.2.1 Nombre de plant par mètre carré

Les résultats relatifs au nombre de plants par mètre carré sont représentés dans le tableau 3-2 et sont illustrées par l'histogramme figure 3-1.

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les différents traitements pour le facteur environnement. Un effet hautement significatif a été montré pour l'interaction entre le facteur variété et

environnement. Cela nous conduit donc à épargner les effets simples ; variété et environnement et à considérer seulement l'interaction.

Selon le test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-2), la variété V6 (ACSAD1107) dans l'environnement de Oued Smar, a enregistré le nombre de plants par mètre carré le plus élevé (145.50) suivie par la V7 (Morroco10) (142.25). Alors, que la variété V5 (ACSAD1031) dans l'environnement de Beni Slimane, a enregistré le nombre de plants le plus faible (91.00).

Il est à noter que cette variable est influencée par la préparation du lit de semence, les pertes à la levée, l'irrégularité de distribution du semoir. Aussi selon BOULAL et *al.* [21], elle est fonction de la semence elle-même, plus précisément de la faculté et de l'énergie germinative, de la date de semis, des conditions climatiques et du type de sol. Des conditions de stress hydriques prolongées ou d'excès d'eau après le semis entraînant souvent une chute du nombre de pieds à la levée.

Par conséquent, selon SVERTSEN et *al.* [65], la réalisation du nombre de plants par mètre carré est tributaire de la réussite de la phase de développement : semis levée. Or, celle-ci n'a pas trouvé les meilleures conditions, particulièrement à Beni Slimane où déjà la date de semis (05janvier 2005) est en retard par rapport à celle recommandée dans les zones semi-arides, qui est selon BOULAL et *al.* [21], entre 10 et 15 novembre. En effet, au-delà de cette date, les cultures risquent les effets de sécheresses de fin de cycle. Ajoutant aussi l'effet des températures du début de cycle 6° C, une moyenne très inférieure à la température optimale de développement avoisinant selon PORTER et GAWITH [66], les 22° C. Parallèlement à cela, l'effet néfaste des gelées survenues à Beni Slimane pendant le mois de Janvier (24 jours de gelée). Cependant, les répercussions de ces températures sont avec un niveau moindre à Oued Smar, où on a enregistré une moyenne de 13° C durant le mois de décembre, période de la réalisation de cette phase semi levée.

L'effet combiné de ces conditions de l'environnement avec les différents génotypes ne facilite pas le choix d'une meilleure variété exprimant le nombre de

plants/m² le plus élevé pour les deux conditions d'études. Toutefois, nous remarquons une adaptation spécifique pour ce paramètre.

Tableau 3-2 : nombre de plants par mètre (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupe homogène	Probabilité	C.V.
1	V6 E1	145.50 ± 22.18	A	0.0212	15.1%
2	V7 E1	142.25 ± 6.80	A		
3	V9 E1	136.25 ± 15.48	A B		
4	V5 E1	134.75 ± 21.68	A B C		
5	V4 E1	125.00 ± 12.35	A B C D		
6	V8 E1	124.25 ± 9.09	A B C D		
7	V1 E2	120.00 ± 17.46	A B C D		
8	V1 E1	116.25 ± 19.84	A B C D		
9	V8E2	115.00 ± 6.53	A B C D		
10	V2 E1	112.25 ± 21.65	A B C D		
11	V4 E2	109.00 ± 17.50	A B C D		
12	V6 E2	108.00 ± 6.53	A B C D		
13	V7 E2	100.00 ± 2.36	B C D		
14	V2 E2	99.00 ± 20.09	B C D		
15	V3 E1	97.50 ± 21.12	B C D		
16	V3 E2	97.00 ± 12.53	B C D		
17	V9 E2	92.00 ± 16.48	C D		
18	V5 E2	91.00 ± 25.85	D		

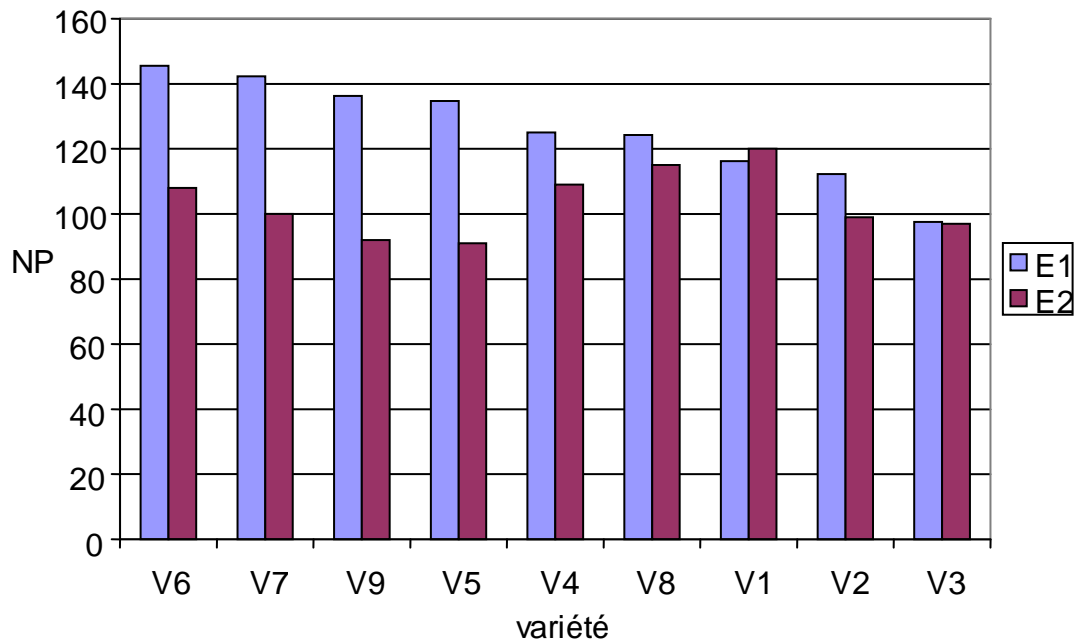


Figure3-1 : nombre de plants par mètre carré

5.2.2 Nombre de talles

Tous les résultats relatifs au nombre de talles sont groupés dans le tableau 3-3 et illustrés par l'histogramme figure3-2.

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les différents traitements pour le facteur génotype, ainsi une différence très hautement significative pour le facteur environnement et pour l'interaction entre celui-ci et le génotype.

Le test de précision NEWMAN-KEULS, a montré que la variété témoin Vitron dans les conditions sub-humides, possède le nombre de talle le plus élevé (6.33) suivie directement par la V7(Morroco10) (6.00) qui partage toujours le même groupe homogène A. Puis, on trouve la V3 (AINZEN-02) avec une de 5.90 talles. Par la suite, les autres variétés partagées entre les groupes homogènes BC et C. Dans les conditions semi-arides, ces variétés présentent un nombre de talles faibles, sont cependant, représentées par un même groupe homogène D.

Le tallage herbacé est une caractéristique variétale mais fortement dépendante des conditions du milieu : température, eau, azote, dose et date de semis [21]. MOURET et *al.*, [67] et MEZIANI et *al.*, [68], rapportent que dans les régions

connues par le gel printanier, le tallage est pénalisé. GATE, [64], précise, qu'afin la plante résiste au gel, elle doit avoir atteint le stade 3-4 feuilles. Un stade à partir duquel sa résistance devient maximum. Donc, la date de semis reste un moyen important pour éviter les effets du gel. A Beni Slimane la fréquence d'apparition du gel est élevée, d'ailleurs, on en a enregistré 34 jours après le semis. En conséquence, le tallage a subi les effets du gel d'autant plus que la date de semis qui était en retard, a fait coïncider les stades les plus sensibles avec ces gelées.

Toutefois, ces effets de l'environnement vont varier selon les génotypes. Phénomène, du à l'interaction génotype environnement [51]. Dans notre cas, l'interaction génotype environnement a interverti même la valeur des génotypes, ce qui veut dire que le meilleur génotype dans l'environnement de Oued Smar se retrouve moins bon dans l'environnement de Beni Slimane

Tableau 3-3 : nombre de talle (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupe homogène	Probabilité	C.V.
1	V9E1	6.33±0.55	A	0.0003	12.8%
2	V7E1	6.00±0.27	A		
3	V3E1	5.90±0.40	A B		
4	V6E1	5.08±0.45	B C		
5	V2E1	5.05±0.25	B C		
6	V8E1	4.88±0.51	C		
7	V4E1	4.78±0.54	C		
8	V1E1	4.75±0.32	C		
9	V5E1	4.40±0.69	C		
10	V5E2	3.54±0.39	D		
11	V4E2	3.36±1.05	D		
12	V9E2	3.22±0.26	D		
13	V6E2	3.21±1.09	D		
14	V8E2	3.11±0.13	D		
15	V7E2	2.96±0.09	D		
16	V3E2	2.96±0.18	D		
17	V2E2	2.92±0.37	D		
18	V1E2	2.82±0.51	D		

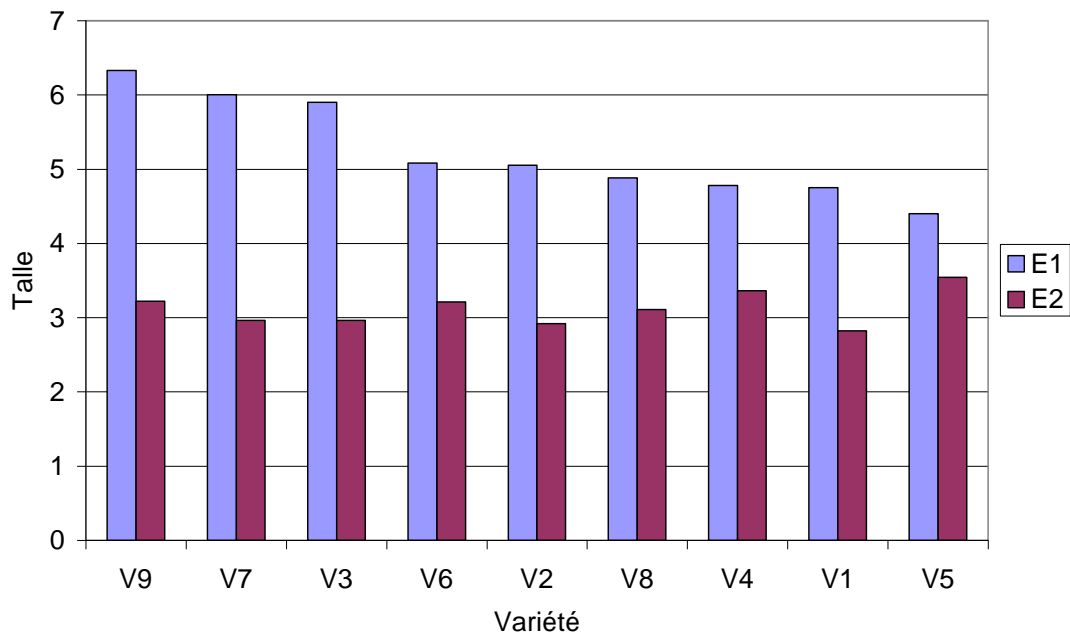


Figure3-2 : nombre de talle

5.2.3 Longueur de l'épi :

Les résultats exprimant la longueur de l'épi sont donnés dans le tableau 3-4 et sont illustrés par l'histogramme figure3-3.

L'analyse de la variance nous a montré une différence significative entre les différents traitements pour le facteur variété. Pour le facteur environnement et l'interaction entre celui-ci et le génotype, la différence est très hautement significative.

D'après le test de NEWMAN-KEULS (tableau) nous remarquons que les variétés VITRON et WAHA (témoins) dans les conditions du sub-humide (Oued Smar) ont donné respectivement une longueur d'épi la plus élevée (7.99 et 7.95). Ensuite, on trouve les variétés telles que V6 (ASCAD1107), V3 (AINZEN-01), V5 (ASCAD1031), V2 (OTB-2), partagées entre les deux environnements, où la longueur varie de 6.98 jusqu'à 7.58 cm. Cependant, ce paramètre est le plus faible chez les variétés ; V3 (AINZEN-01) (6.76), V1 (ISLADCO) (6.76), Morocco10 (6.67), V6 (ACSAD1107) (6.64) placées dans les conditions du semi-aride (Beni Slimane). Selon JONARD [69], la longueur de l'épi est une caractéristique variétale peu influencée par les conditions de milieu. Toutefois, nous constatons que ce paramètre est lié à l'effet de l'interaction génotype environnement.

Tableau 3-4 : longueur de l'épi en cm (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupe homogène	Probabilité	C.V.
1	V8 E1	7.99±0.48	A	0.0008	4.4%
2	V9E1	7.95±0.33	A		
3	V6E1	7.58±0.28	A B		
4	V3E1	7.43±0.24	A B C		
5	V4E1	7.42±0.29	A B C		
6	V5E2	7.32±0.18	A B C		
7	V1E1	7.31±0.41	A B C		
8	V7E1	7.24±0.29	B C		
9	V9E2	7.19±0.07	B C		
10	V2E1	7.17±0.47	B C		
11	V5E1	7.15±0.25	B C		
12	V4E2	7.13±0.32	B C		
13	V7E2	7.11±0.27	B C		
14	V2E2	6.98±0.29	B C		
15	V3E2	6.76±0.16	C		
16	V1E2	6.76±0.19	C		
17	V8E2	6.67±0.33	C		
18	V6E2	6.64±0.43	C		

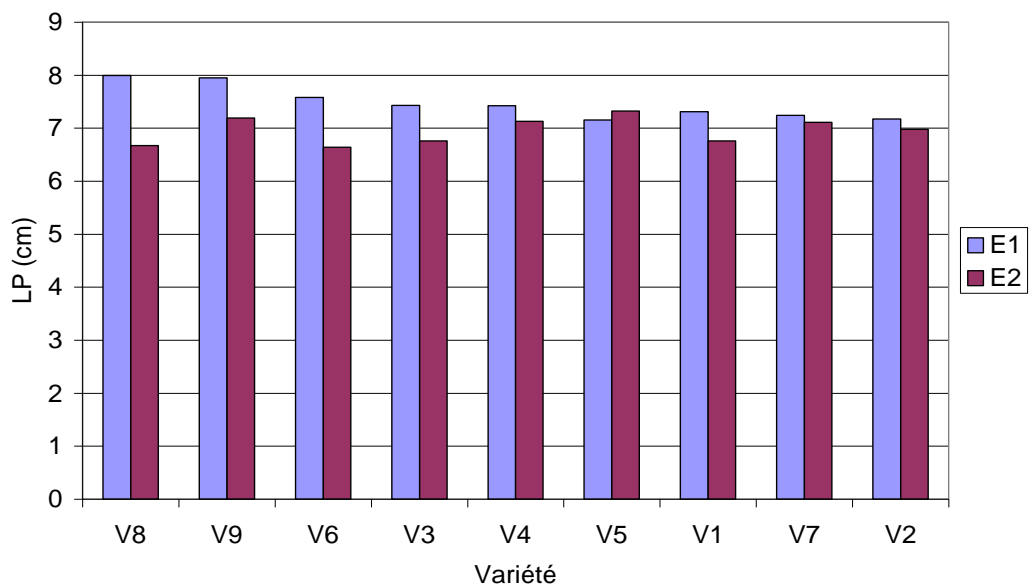


Figure3-3 : longueur de l'épi

5.2.4 Hauteur des plants à la floraison

Tous les résultats relatifs à ce paramètre sont groupés dans le tableau 3-5 et sont illustrés par l'histogramme figure 3-4.

Une différence très hautement significative a été révélée par l'analyse de la variance, aussi bien pour les effets simples que pour l'interaction entre le génotype et l'environnement (probabilité=0.0001). Le test de NEWMAN-KEULS montre que la variété V6 (ACSAD1107) possède la plus grande hauteur (92.47cm). Ainsi, on remarque que toutes les autres variétés cultivées à Oued Smar présentant une hauteur allant de 87.79 à 74.03 cm, sont plus hautes que celles exprimées par l'environnement de Beni-Slimane, où les hauteurs sont très petites (63.35, 58.80,... 52.25cm), même plus naines chez les variétés V1 (ISLADCO) et OTB-2 (50.85 et 49.70cm).

Cependant, toutes les variétés (matériel végétal de notre étude) sont considérées naines, par rapport aux autres variétés cultivées par nos agriculteurs (MOHAMED BEN BACHIR, OUED ZENATI...etc.). Ceci peut s'expliquer par l'existence de gènes de nanisme chez ces variétés [70]. Ces mêmes auteurs rapportent que ces variétés ayant ces gènes de nanisme présentent une grande sensibilité aux facteurs de stress, particulièrement en conditions de semis tardifs associés aux températures élevées. Une situation similaire à celle de Beni Slimane. D'après GATE [64], ces températures élevées intervenant pendant le début de la montaison, limitent l'élongation des premiers entre nœuds. A l'inverse, des températures en fin de montaison diminuent l'élongation des derniers entre nœuds.

La hauteur de la paille est un caractère variétal, mais l'apport d'azote agit positivement sur la hauteur de la tige en favorisant l'allongement des entre-nœuds. Par ailleurs, il faut noter que, l'agriculteur algérien préfère les variétés à paille haute pour utiliser cette dernière comme aliment de bétail. Celles-ci, même présentant une sensibilité à la verse plus grande comparativement aux variétés naines, peuvent cependant s'adapter aux conditions de sécheresse selon SIDDIQUE et *al.*, [71], DAKHEEL et *al.*, [72] par la mise à contribution des hydrates de carbones stockés sous forme non structurale dans les tiges. Ainsi,

MEKLICHE, [73] et BENSALÉM, [74], trouvent une liaison positive et significative entre le rendement en grain et la hauteur de la paille. Ceci s'expliquerait d'une part, par les quantités d'assimilats stockés dans les différentes parties de la tige, et d'autre part, le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure [75]. Néanmoins, DIB et *al.*, [76] signalent l'absence de toute relation entre ce paramètre et le rendement en grain en conditions de déficit hydrique. De plus, les travaux de BOUZERZOUR [77], dans la région de Sétif montrent que les variétés de blé dur à paille courte présentent une bonne adaptation et une meilleure productivité en zone sèches. Nous remarquons que la hauteur des plants varie fortement avec la variation environnementale, provoquant ainsi un manque de stabilité pour ce caractère. Expression engendrée suite à une très forte interaction génotype environnement. Ceci ne facilite cependant pas la sélection.

Tableau 3-5 : hauteur des plants (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupe homogène	Probabilité	C.V.
1	V6E1	92.47±1.02	A	0.0001	4.09%
2	V5E1	87.79±8.80	A B		
3	V4E1	85.10±3.31	B C		
4	V3E1	85.00±0.84	B C		
5	V2E1	84.76±4.00	B C		
6	V9E1	80.03±5.53	C D		
7	V7E1	78.51±1.71	C D		
8	V1E1	77.81±3.36	D		
9	V8E1	74.03±3.75	D		
10	V5E2	63.35±1.81	E		
11	V3E2	58.80±1.24	E F		
12	V9E2	58.60±2.49	E F		
13	V4E2	58.57±0.70	E F		
14	V6E2	54.50±2.93	F G		
15	V7E2	52.50±1.12	F G		
16	V8E2	52.25±1.35	F G		
17	V1E2	50.85±1.74	G		
18	V2E2	49.70±0.67	G		

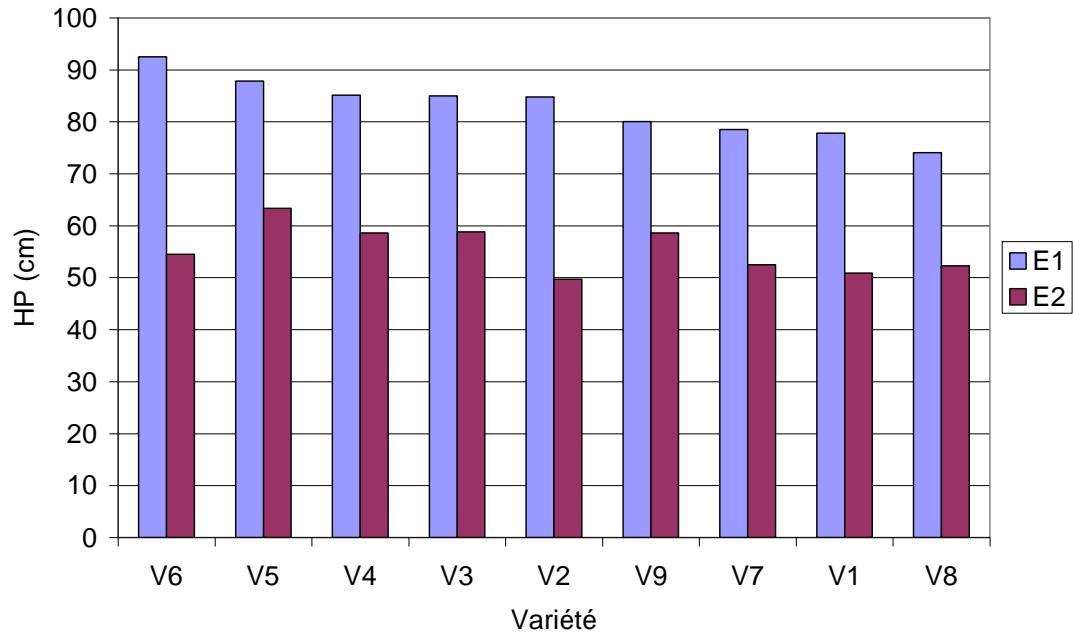


Figure 3-4: hauteur des plants

5.2.5 Composantes de rendement

5.2.5.1 Nombre d'épis par mètre carré

Les différents résultats relatifs au nombre d'épis par mètre carré sont représentés dans le tableau 3-6 et, et illustrés par l'histogramme figure 3-5.

L'environnement a fortement influencé l'expression du nombre d'épis par mètre carré. Ainsi, l'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative (probabilité= 0.0000). Cependant, une différence non significative a été révélée pour le facteur génotype et l'interaction entre celui-ci et l'environnement.

L'expression de ce paramètre est régie totalement par les conditions de l'environnement. En effet, le test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-6) nous a permis de classer cette expression en deux groupes homogènes bien distinct A et B. Ainsi, tous les génotypes ont bien manifesté leur potentiel génétique dans les conditions sub-humide avec une moyenne de 263.33 épis/m² (groupe homogène A). Celle-ci est qualifiée de meilleure comparativement à celle exprimée dans les conditions semi-aride, où les mêmes génotypes cultivés ont donné des nombres

d'épis par mètre carré faibles, variant de 95 jusqu'à 132 épis/m² avec une moyenne de 110.47 épis/m² (groupe homogène B).

Selon BOULAL et *al.*, [21], le nombre d'épis/m² est fonction du nombre de plants/m² et du nombre de talles fertiles par pied. Ainsi, ils précisent que cette composante est élaborée entre la levée et le début de l'épiaison. Cependant, le nombre potentiel d'épis/m² est déterminé au début de la montaison quand l'épi est situé à 1cm du premier nœud. En outre, BENBELKACEM et KELLOU, [78], rapportent que ce paramètre est d'autant plus pénalisé que l'apparition d'un déficit hydrique est importante au début de cette phase début montaison. Cela explique nos résultats obtenus à Beni Slimane où une même situation a été constatée en cette période déterminante pour ce paramètre. Ajoutant aussi l'effet direct du faible nombre de plants/m² et du tallage herbacé exprimé.

Toutefois, selon ZAIR, [79], le nombre d'épi/m² dépend en premier lieu du facteur génétique puis de la densité de semis, de la puissance au tallage, elle-même conditionnée par la nutrition azotée et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage.

Tableau 3-6 : nombre d'épis par mètre carré (effet environnement)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	263.33±33.59	A	0.0000
E2	110.47±19.03	B	

Tableau 3-6 : nombre d'épis par mètre carré (effet interaction)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Probabilité	C.V.
V1E1	262.00±36.35	0.6680	17.1%
V2E1	249.25±33.22		
V3E1	265.00±14.94		
V4E1	238.00±40.53		
V5E1	287.25±45.83		
V6E1	282.00±36.16		
V7E1	268.00±28.59		
V8E1	237.00±45.50		
V9E1	281.50±50.78		
V1E2	95.00±29.23		
V2E2	100.00±14.81		
V3E2	102.00±12.16		
V4E2	123.00±14.67		
V5E2	132.00±30.28		
V6E2	115.00±28.92		
V7E2	102.00±10.76		
V8E2	110.00±16.32		
V9E2	115.25±25.53		

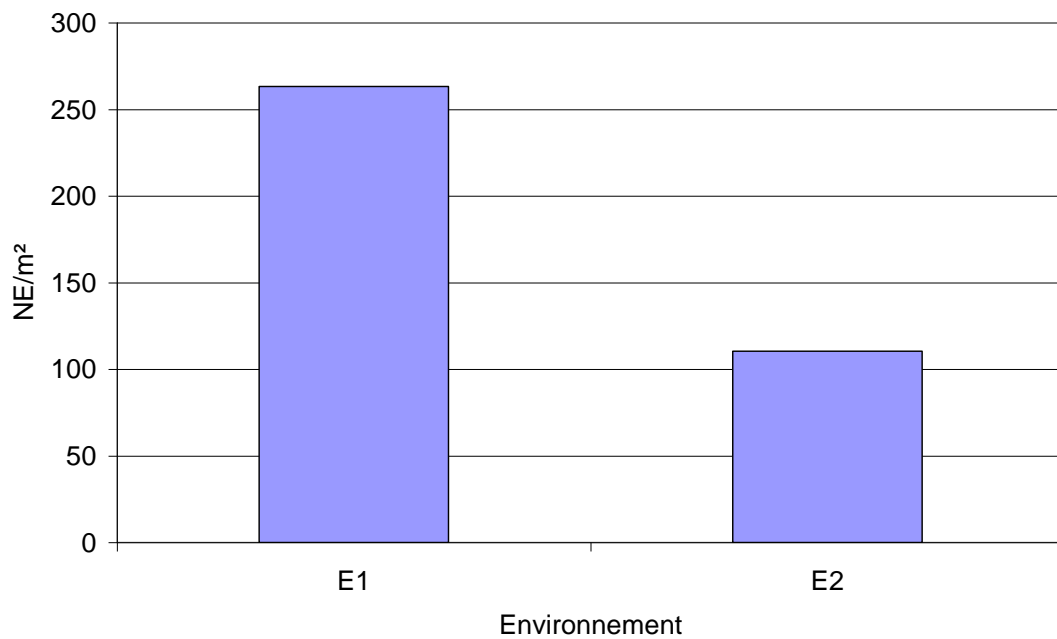


Figure3-5: Nombre d'épis/m²

5.2.5.2 Nombre d'épillets total par épi

Le tableau 3-9 rassemble les différents résultats du nombre d'épillets total par épi. Ces résultats sont ensuite illustrés par l'histogramme figure 3-6.

L'influence de l'environnement sur le nombre d'épillets total par épi est révélée par l'analyse de la variance avec une différence très hautement significative (probabilité=0.0000). Contrairement à l'interaction génotype environnement et le facteur génotypes où la différence est non significative.

L'influence confirmée de l'environnement sur le nombre d'épillets total est explicitée par les résultats des deux sites. Celui-ci en fait selon le test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-9) est très élevé, varie de 20.35 à 23.02, et exprimant ainsi une moyenne de 21.52 épillets total par épi (groupe homogène A) dans le milieu de Oued Smar. Comparativement à Beni Slimane, où la moyenne exprimée est moindre : elle est de 19.76 épillets par épi (groupe homogène B).

Le nombre d'épillets est lié au nombre maximum d'ébauches d'épillets qui est formées pendant la période reproductrice. Ce dernier dépend selon BOULAL et *al.*, [21], de la phase du tallage herbacé. Plus celle-ci est longue, plus on aurait d'ébauche d'épillets.

En outre, les facteurs qui déterminent de façon dominante la production d'épillets sont la température et la durée du jour [64]. GATE, [64], ajoute que le nombre total d'épillets dépend simultanément de la vitesse de production et de la durée de formation des ébauches. L'élévation de températures a pour effet d'accélérer la vitesse d'initiation des ébauches et de raccourcir la durée. Celle-ci, étant considérablement allongée en jours courts, l'effet des faibles photopériodes sur la durée l'emporte sur celui des fortes températures sur la vitesse. De ce fait, c'est en jours courts que les nombres d'épillets sont les plus importants. Ce même auteur précise que c'est par l'intermédiaire des semis précoces que l'émission des épillets se réalise en jours courts ; si la température est douce pendant cette phase, le nombre élevé d'épillets peut être atteint.

Cependant, à Beni Slimane même que ce paramètre n'est pas globalement faible reste légèrement affaibli par l'effet du semis tardif où les premières ébauches d'épillets apparaissaient beaucoup plus tardivement contrairement à Oued Smar. Ceci confirme davantage l'effet du facteur environnemental sur cette variable. Selon JARADAT [80], un nombre élevé d'épillets par épi est associé à une épiaison tardive.

Tableau 3-8 : nombre d'épillets total par épi (effet environnement):

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	21.52 ± 1.14	A	0.0000
E2	19.07 ± 0.63	B	

Tableau 3-9: nombre d'épillets total par épi (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	20.35 ± 1.51	0.0679	5.3%
2	V2E1	20.92 ± 3.20		
3	V3E1	21.85 ± 0.58		
4	V4E1	22.06 ± 0.70		
5	V5E1	20.92 ± 0.40		
6	V6E1	23.02 ± 0.93		
7	V7E1	20.51 ± 0.55		
8	V8E1	22.45 ± 0.53		
9	V9E1	21.55±0.53		
10	V1E2	17.98 ± 0.96		
11	V2E2	19.75 ± 0.70		
12	V3E2	18.54 ± 0.26		
13	V4E2	18.93 ± 0.77		
14	V5E2	19.62 ± 0.74		
15	V6E2	19.17 ± 0.77		
16	V7E2	19.15 ± 0.98		
17	V8E2	18.78 ± 0.45		
18	V9E2	19.76 ± 0.52		

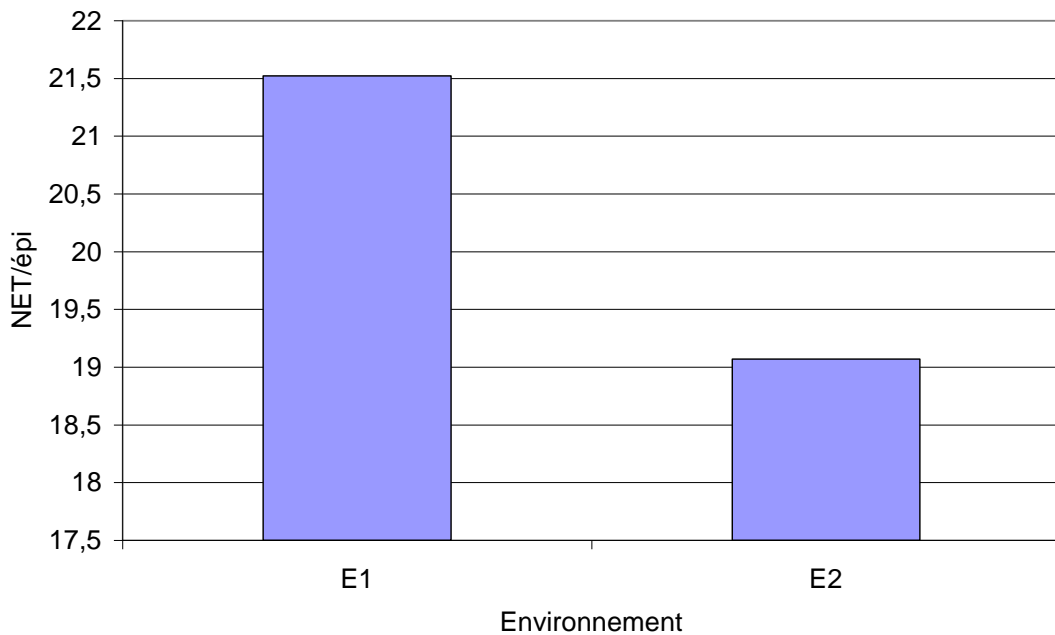


Figure 3-6 : nombre d'épillets total par épi

5.2.5.3 Nombre d'épillets fertiles par épi

Les différents résultats exprimant le nombre d'épillets fertiles par épi sont présentés dans le tableau 3-10 et illustrés par l'histogramme figure 3-7.

L'analyse de la variance a toujours révélé l'existence d'une différence très hautement significative pour le facteur environnement (probabilité 0.0000). En revanche, une différence non significative a été montrée pour le facteur génotype et l'interaction entre ces deux facteurs.

Selon de nombreux auteurs, ce paramètre dépend des conditions climatiques et de l'importance de l'apport d'azote. Ceci corrobore d'une part, les résultats donnés par les deux milieux d'étude. Ainsi, il ressort du test de NEWMAN-KEULS (tableau3-11), que les conditions sub-humide ont permis à toutes les variétés d'avoir les nombres d'épillets fertiles les plus élevés (de 19.68 à 22.33 épillets fertiles par épi) avec une moyenne de 20.79 épillets fertiles par épi (groupe homogène A). Or, celles cultivées dans les conditions plutôt défavorables du semi-aride, ont enregistré un nombre d'épillets fertiles par épi variant de 16.88 à 18.58 moyennant ainsi, les 17.47 épillets fertiles par épi ont cependant moins exprimées leurs fertilité.

Par ailleurs GATE, [64], montre, que la méiose pollinique qui se situe en fin de parcours de la montaison, constitue un moment privilégié dans l'élaboration de

la fertilité des épis. Etant sensible à certains facteurs externes comme le défaut de rayonnement, les températures trop basses ou trop élevées et aussi le stress hydrique, la méiose détermine un stade important où commence véritablement la croissance de l'épi, cet organe devenant alors un puits concurrent de la tige ; les conditions de croissance qui vont intervenir de ce stade à la fécondation, seront déterminantes pour le nombre final de fleurs capables de donner un grain. Le même auteur ajoute que la courte durée qui encadre la méiose pollinique s'avère très sensible au stress hydrique. L'effet du stress pourrait résulter d'une augmentation d'acide abscissique exerçant à forte concentration le rôle de gamétocide. GATE, et *al.*, [81], précisent, que les déficits intervenant de 10 à 15 jours avant l'épiaison réduisent le nombre de fleurs fertiles par épi.

Tableau 3-10 : nombre d'épillets fertiles par épi (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	20.15±1.69	0.1151	5.8%
2	V2E1	19.90±3.24		
3	V3E1	20.83 ±0.51		
4	V4E1	21.49±0.66		
5	V5E1	20.07±0.63		
6	V6E1	22.33±0.97		
7	V7E1	19.68 ±0.59		
8	V8E1	21.55±0.72		
9	V9E1	21.10±0.79		
10	V1E2	17.10±0.37		
11	V2E2	17.80±0.65		
12	V3E2	17.29±0.32		
13	V4E2	17.33±0.34		
14	V5E2	17.15±1.10		
15	V6E2	17.57±0.44		
16	V7E2	17.51±1.06		
17	V8E2	16.88 ± 0.55		
18	V9E2	18.58±0.40		

Tableau 3-11 : nombre d'épillets fertiles par épi (effet environnement)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	20.79 ± 1.20	A	0.0000
E2	17.47 ± 0.57	B	

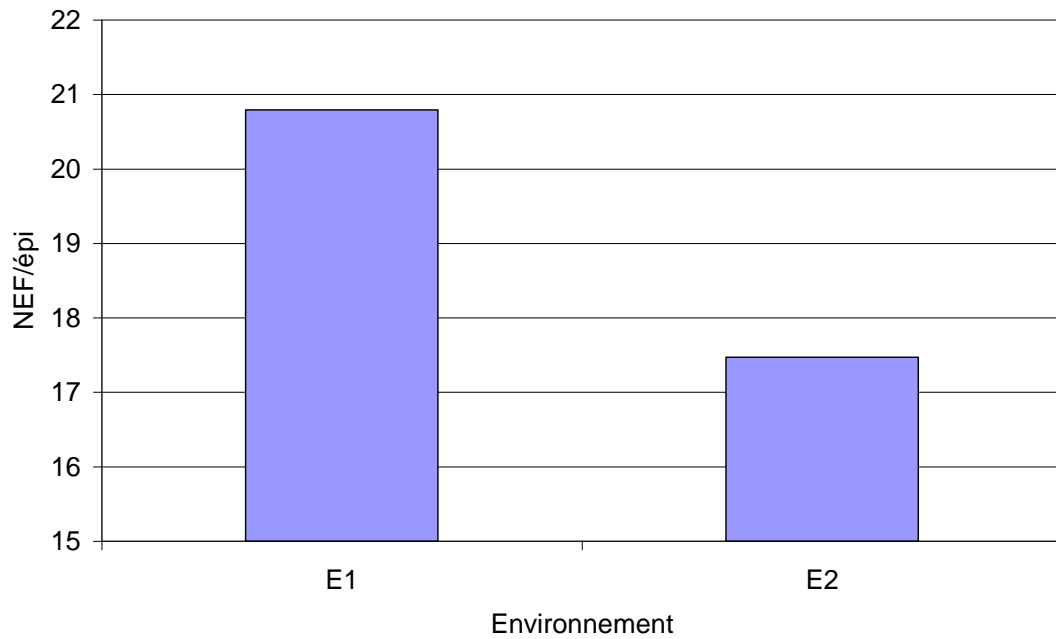


Figure3-7:Nombre d'épillets fertiles par épi

5.2.5.4 Nombre d'épillets stériles par épi

Tous les résultats relatifs au nombre d'épillets stériles par épis sont représentés dans le tableau et illustrés par l'histogramme.

L'analyse de la variance a révélée, que tous les traitements sont très hautement et significativement différents pour les deux facteurs environnement et génotype (probabilité=0.0000). Quant à l'interaction entre ces deux facteurs la différence est plutôt non significative.

Influencé par les conditions de milieu, le nombre d'épillets stérile par épi est aussi sous la dépendance de l'effet génotype (variété). Cela est complété par la précision du test de NEWMAN-KEULS (tableau.3-14). Ainsi, pour l'effet génotype on trouve que les variétés V5 (ACSAD1031), V2 (OTB-2) et Vitron classées dans le groupe homogène A, sont considérées les moins fertiles en présentant les nombres d'épillets stériles les plus élevés, pour des résultats allant de 1.40 jusqu'à 1.66 épillets stériles par épi. Suivie par les variétés Morocco10, V3 (AINZEN-01), V6 (ACSAD1107) et V4 (AINZEN-02) rassemblées dans le groupe homogène AB donnant des résultats variant de 1.09 à 1.14 épillets stériles par épi. Cependant, les variétés Waha et V1 (ISLADCO), exprimant les nombres d'épillets stériles par épi les plus faibles (0.83 et 0.61), ont une aptitude génétique meilleure pour ce caractère, et ce, pour les deux zones d'étude.

Toutefois, l'expression de ce paramètre est aussi régie par les conditions de l'environnement. Ainsi, on trouve selon le test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-13), deux groupes homogènes, dont le premier A représente l'environnement de Oued Smar avec une moyenne de 0.72 épillet stérile par épi, et le groupe homogène B représente l'environnement de Beni Slimane moyennant les 1.61 épillets stériles par épi. Donnant ainsi plus de stérilité. Celle-ci, est inversement proportionnelle à la fertilité, c'est-à-dire, que les variétés les moins fertiles sont les plus stériles. Encore les mauvaises conditions provoquant la baisse de la fertilité des épillets profiteraient davantage à la stérilité de ceux-ci. Ainsi, d'une part, DEBEAKE et *al.*, [82], rapportent que l'avortement des épillets et l'induction de la stérilité male sont les conséquences d'un déficit hydrique fréquent en cours de montaison, d'autre part, BINGHAM, [83], signale qu'en conditions de fortes sécheresses et de hautes températures autour de la floraison causeraient la stérilité du pollen.

De plus, GATE, [64], précise, que des températures excessives supérieures à 25°C pendant la pleine croissance de l'épi (entre le stade méiose et la floraison) accentuent le processus d'avortement des fleurs. Ces avortements concernent en premier lieu les fleurs des tiers inférieurs et supérieurs.

Outre l'effet du facteur environnemental sur ce caractère, l'effet génétique n'est néanmoins pas à négliger. Car celui-ci reste déterminant pour une éventuelle sélection en présentant une expression phénotypique plus ou moins héritable.

Tableau 3-12: nombre d'épillets stériles par épi (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	0.20 ± 0.10	0.0951	32.9%
2	V2E1	1.10 ± 0.21		
3	V3E1	1.02 ± 0.20		
4	V4E1	0.58 ± 0.24		
5	V5E1	0.85 ± 0.28		
6	V6E1	0.69 ± 0.08		
7	V7E1	0.63 ± 0.16		
8	V8E1	0.93 ± 0.15		
9	V9E1	0.48 ± 0.41		
10	V1E2	1.02 ± 0.47		
11	V2E2	1.92 ± 0.59		
12	V3E2	1.24 ± 0.36		
13	V4E2	1.60 ± 0.50		
14	V5E2	2.47 ± 0.61		
15	V6E2	1.55 ± 0.27		
16	V7E2	1.66 ± 0.64		
17	V8E2	1.88 ± 0.42		
18	V9E2	1.18 ± 0.24		

Tableau 3-13: nombre d'épillets stériles par épi (effet environnement)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	0.72± 0.20	A	0.0000
E2	1.61± 0.42	B	

Tableau 3-14: nombre d'épillets stériles par épi (effet variété)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
V5	1.66 ± 0.44	A	0.0000
V2	1.51 ± 0.41	A	
V8	1.40 ± 0.29	A	
V7	1.14 ± 0.43	A B	
V3	1.13 ± 0.27	A B	
V6	1.12 ± 0.19	A B	
V4	1.09 ± 0.37	A B	
V9	0.83 ± 0.31	B	
V1	0.61 ± 0.31	B	

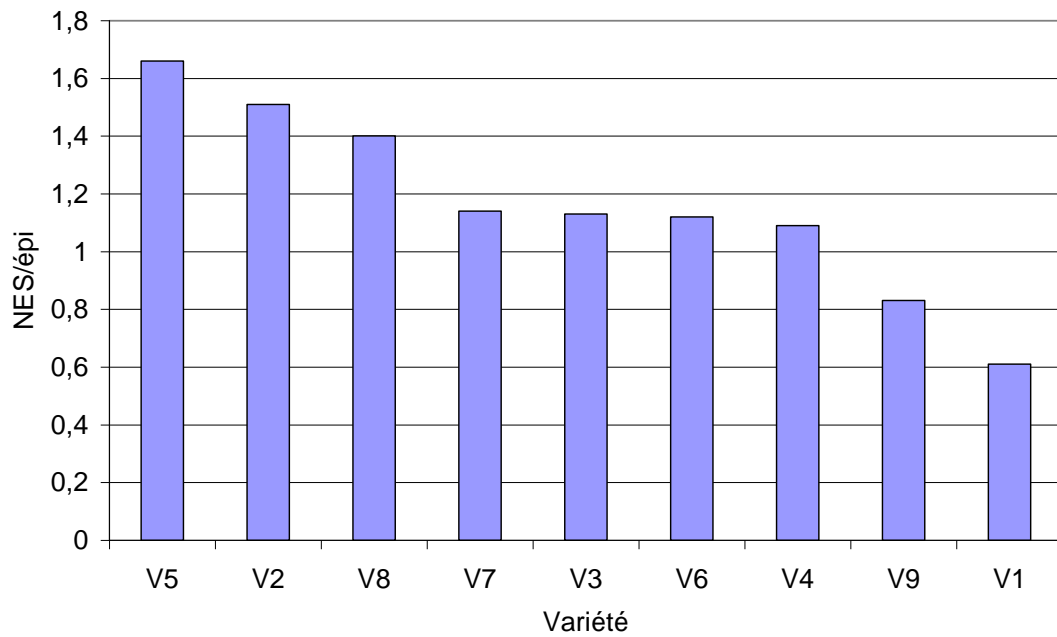


Figure3-8 : nombre d'épillets stériles par épi (effet génétique)

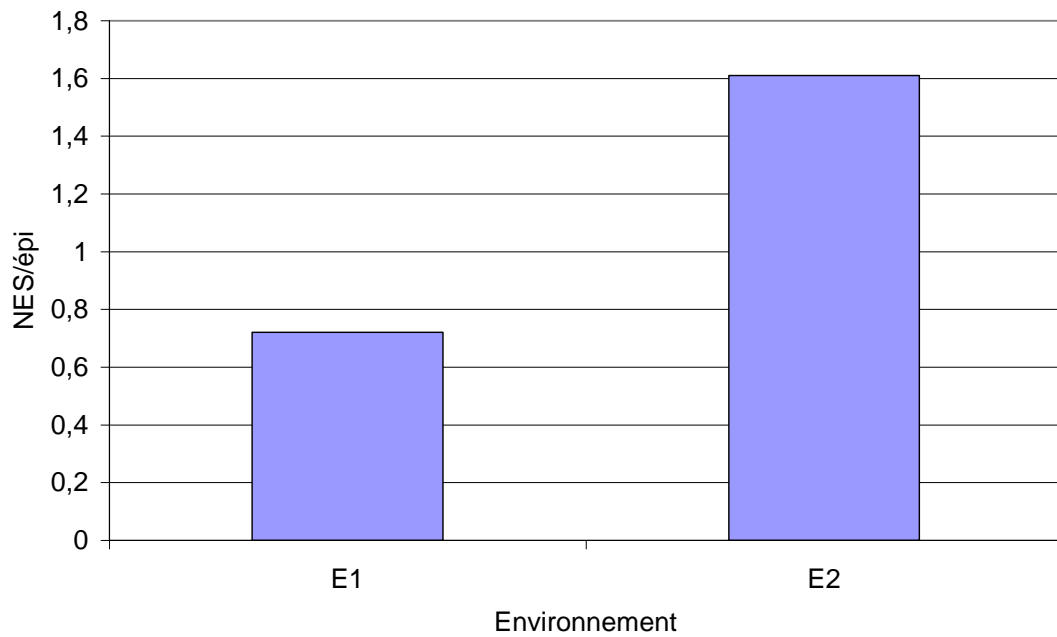


Figure 3-9 : Nombre d'épillets stériles par épi

5.2.5.5 Nombre de grains par épi

Tous les résultats exprimant le nombre de grains par épi sont compris dans le tableau 3-15 et illustrés par l'histogramme figure 3-10.

La différence révélée par l'analyse de la variance est hautement significative pour les effets simples (variété, environnement). Elle est significative pour l'effet interaction génotype environnement. Ceci nous amène à interpréter seulement ce dernier effet.

Ainsi, selon le test de NEWMAN-KEULS nous constatons que la variété V4 (AINZEN-02) a enregistré le nombre de grains par épi le plus élevé (62.70), et ce, dans l'environnement du sub-humide (Oued Smar). Suivie par les variétés V1 (ISLADCO), V6 (ACSAD1107), Waha et Vitron qui sont dans le même groupe homogène AB avec un nombre de grain par épi variant de 59.53 à 61.10. Encore la variété V3 (AINZEN-01) toujours dans les mêmes conditions sub-humide, où ce paramètre est le plus faible (48.50 grains par épi). Par opposition, les mêmes génotypes cultivés dans l'environnement du semi aride (Beni Slimane) se caractérisent par le nombre de grain par épi le plus bas, et sont représentés par le même groupe homogène D, ce qui veut dire ; qu'aucun génotype ne surpasse un autre pour les deux conditions d'études. Ceci confirmera davantage l'effet

interaction génotype environnement sur ce paramètre. D'ailleurs, certaines variétés maintiennent un nombre de grains par épi plus élevé pour compenser une réduction du nombre d'épis/m² à la suite d'une sécheresse du début de cycle [84].

D'emblée, il faut noter que ce paramètre selon GRIGNAC [85], FISCHER et MAURER [86], BENBELKACEM et KELLOU [78], est la composante la plus étroitement liée au rendement. Celle-ci est sensible aux conditions climatiques de la période fin tallage à montaison, car toute déficience en assimilats se traduit par l'augmentation du taux d'avortement des fleurs [78]. De plus, ce paramètre en situation de déficit hydrique est un bon indicateur de la tolérance à la sécheresse [87].

D'après BAHLOULI et *al.*, [88], le stress hydrique qui caractérise le climat semi-aride comme la région de Beni Slimane, affecte aussi bien le remplissage des grains que le nombre de grains par épi. Ce dernier en effet, dépend du taux et de la période d'initiation des épillets et de la fertilité de ceux-ci pour donner des grains [89]. Donc, cette variable semble être fortement liée à la pleine croissance de l'épi durant la mi-montaison à la floraison. Cette étape sensible est d'autant plus courte que la température est élevée. Ainsi, lorsque le rayonnement est élevé, les besoins doivent être satisfaits rapidement [64]. Pareillement à Beni Slimane où justement le climat est semi-aride, de telles situations surviennent assez souvent pour compromettre la réalisation de cette importante composante, qui est préalablement sujette à l'effet des interactions génotype environnement.

Tableau 3-15 : nombre de grain par épi (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupe homogène	Probabilité	C.V.
1	V4E1	62.70 ± 2.75	A	0.0397	8.3%
2	V1E1	61.10 ± 3.54	A B		
3	V6E1	60.69 ± 5.90	A B		
4	V9E1	60.63 ± 4.25	A B		
5	V8E1	59.53 ± 5.75	A B		
6	V5E1	54.83 ± 5.05	A B C		
7	V7E1	53.25 ± 3.85	B C		
8	V2E1	52.75 ± 5.35	B C		
9	V3E1	48.50 ± 1.99	C		
10	V1E2	41.72 ± 3.38	D		
11	V9E2	40.15 ± 2.03	D		
12	V4E2	39.47 ± 1.52	D		
13	V6E2	38.45 ± 1.58	D		
14	V2E2	38.00 ± 1.44	D		
15	V3E2	38.00 ± 2.99	D		
16	V8E2	37.30 ± 1.14	D		
17	V7E2	35.78 ± 5.77	D		
18	V5E2	33.80 ± 4.15	D		

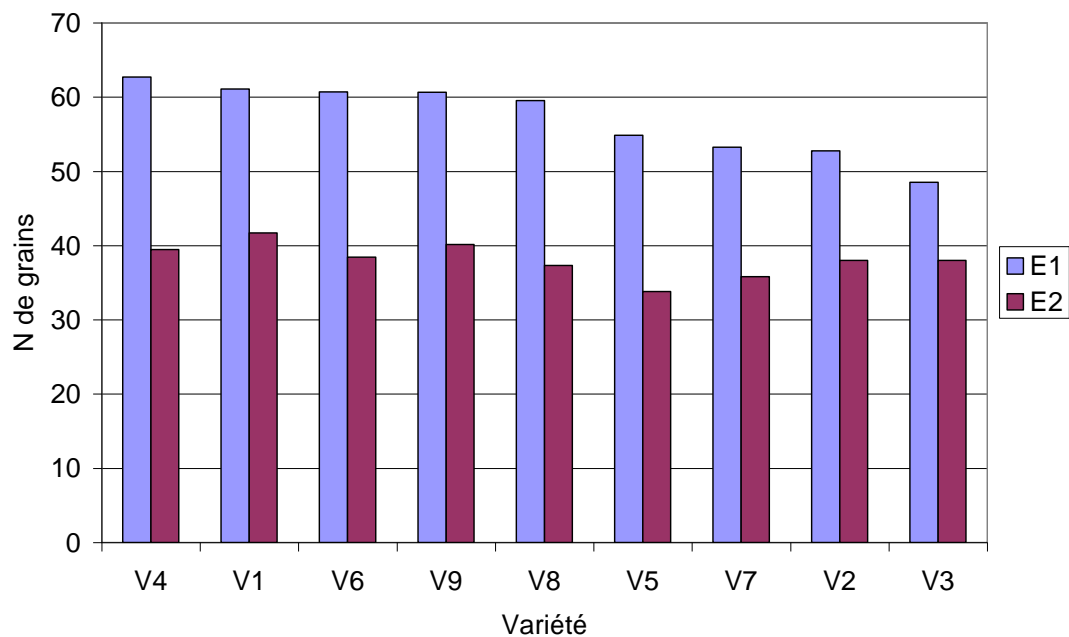


Figure3-10 : nombre de grains par épi

5.2.5.6 Poids de mille grains

Les résultats caractérisant ce paramètre sont groupés dans le tableau 3-16 et illustrés par l'histogramme figure 3-11 et figure 3-12.

D'après l'analyse de la variance, les moyennes des différents traitements sont significativement différentes pour les effets simples à savoir l'environnement et le génotype (probabilité 0.0000). Par contre, la différence est non significative (probabilité=0.1388) pour l'effet interaction entre ces deux facteurs.

Rassemblées dans le même groupe homogène A, selon le test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-17), la quasi-totalité des variétés ne présentent pas de différence dans leur expression pour ce caractère avec des moyennes variant de 33.09 à 35.82 g, et ce, pour les deux conditions environnementales. A l'exception, de la variété V1 (ISLADCO) représentée par un autre groupe homogène B. Celle-ci a enregistré le poids de mille grains le plus faible avec une moyenne de 29.18g.

Ces variations du poids de mille grains qui sont dues d'une part, au facteur génétique comme signalé par ACEVEDO et *al.*, [97] sont d'autre part, en relation directe avec les conditions de milieu. En effet, le test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-16) montre, que la moyenne (39.91g) enregistrée à Oued Smar est considérée élevée, dépasse celle exprimée dans la région de Beni Slimane (28.52g) où celle-ci est faible selon BOUFENAR *al.*, [62] comparativement aux normes établies du poids de mille grains.

En général, nos résultats confirment ceux obtenus par plusieurs auteurs, entre autres, STEDUTO et *al.*, [91], GATE et *al.*, [92], GATE, [64], DEBAEKE et *al.*, [82] et BENBELKACEM et KELLOU, [78]. Où ils rapportent globalement, que le poids de mille grains est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Dans la région de Beni Slimane, ce moment est souvent confronté aux contraintes climatiques en fin de cycle, et plus précisément au déficit hydrique, aux hautes températures, notant aussi une journée de sirocco (vent chaud). Ceci a pour conséquence de provoquer des pertes de poids des grains et plus particulièrement dans notre cas du semis tardif.

De plus, BAHLOULI et *al.*, [89] précisent, que le stress hydrique qui caractérise le climat semi- aride affecte le remplissage des grains et le nombre de grains par épi, les assimilats stockés dans la tige vont compenser ce déficit, cette participation est d'autant plus élevée que le milieu est contraignant.

Ce caractère qui dépend de tous les facteurs agissant après l'anthèse, est conditionné en partie selon BOULAL et *al.*, [21], par la vitesse et la durée de remplissage des grains. ERCHIDI et *al.*, [93] ont mentionné que ces deux variables expliquent 97% de la variabilité du poids de mille grains du blé dur. Ainsi, l'augmentation des températures accélère la vitesse de croissance des grains et réduit leur durée de remplissage. Toutefois, les pertes ont tendance à être plus importantes quand les excès thermiques surviennent au moment où la vitesse de remplissage se maintient à un niveau maximum, c'est-à-dire pendant le palier hydrique qui se situe entre le stade laiteux pâteux. Outre l'effet thermique, le déficit hydrique après floraison a une action préjudiciable sur la diminution de la taille de l'enveloppe du grain d'une part, en réduisant le nombre des divisions des cellules de l'endosperme et en limitant leur extension d'autre part, réduction de l'activité et de la durée du fonctionnement des organes, le stress hydrique affecte la photosynthèse et accélère la sénescence des feuilles [64].

Tableau 3-15: poids de mille grains (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	33.93 ± 1.79	0.1388	7.2%
2	V2E1	43.72 ± 1.18		
3	V3E1	41.53 ± 3.68		
4	V4E1	39.90 ± 2.55		
5	V5E1	41.17± 2.03		
6	V6E1	38.38 ± 2.80		
7	V7E1	38.03 ± 3.39		
8	V8E1	42.20 ± 1.14		
9	V9E1	40.33± 4.57		
10	V1E2	24.43 ± 1.66		
11	V2E2	27.92 ± 2.14		
12	V3E2	30.09 ±1.55		
13	V4E2	28.30 ± 2.22		
14	V5E2	29.95 ± 2.35		
15	V6E2	30.12 ± 2.83		
16	V7E2	28.16 ± 0.57		
17	V8E2	28.87± 1.40		
18	V9E2	28.81± 1.12		

Tableau 3-16: poids de mille grains (effet environnement)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	39.91 ± 2.45	A	0.0000
E2	28.52 ±1.65	B	

Tableau 3-17: poids de mille grains (effet variété)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
V2	35.82 ± 1.60	A	0.0000
V3	35.81 ± 2.61	A	
V5	35.56 ± 2.03	A	
V8	35.53 ± 1.18	A	
V9	34.57 ± 3.08	A	
V6	34.25 ± 2.60	A	
V4	34.10 ± 2.21	A	
V7	33.09 ± 2.25	A	
V1	29.18 ± 1.60	B	

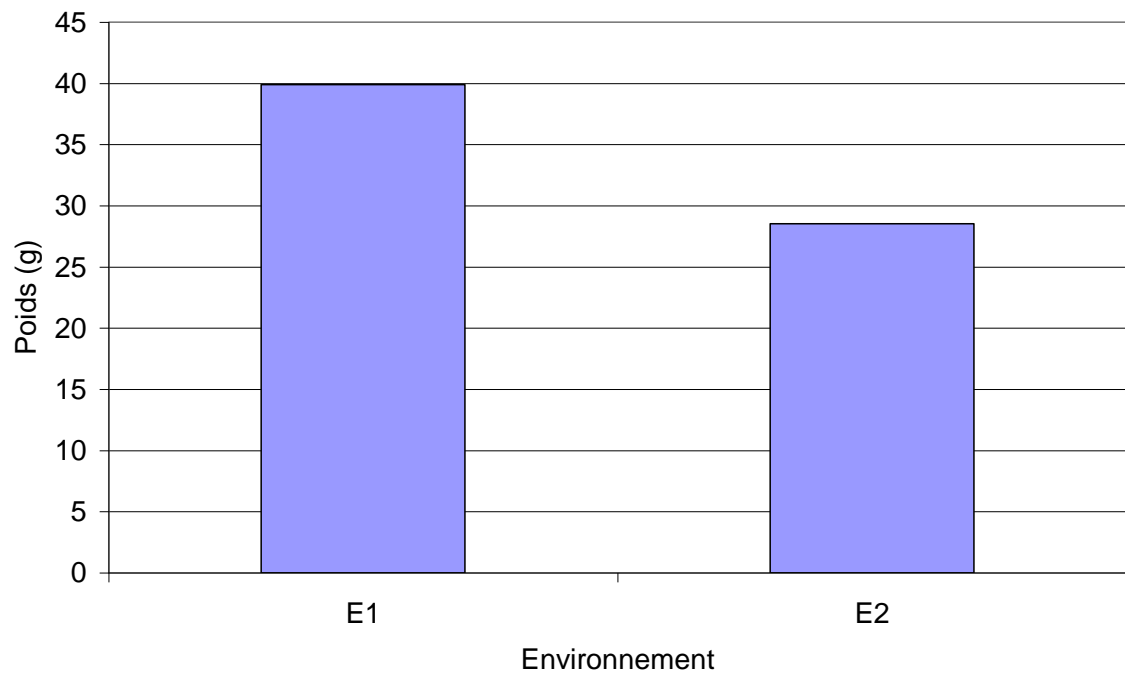


Figure3-11: poids de mille grains

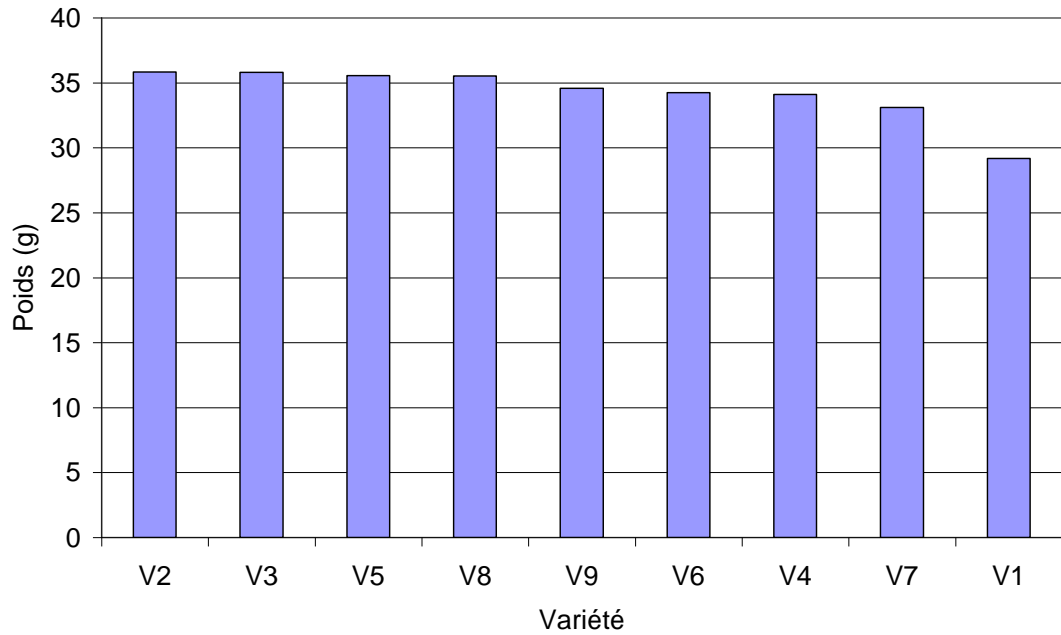


Figure3-12 : poids de mille grains (effet génétique)

5.2.6.7 Le rendement potentiel

Les résultats exprimant le rendement potentiel sont groupés dans le tableau 3-19 et illustrés par l'histogramme figure 3-13.

L'analyse de la variance a révélé l'existence d'une différence non significative des moyennes de différents traitements tant pour le facteur génotype que pour l'interaction entre celui-ci et l'environnement. Toutefois, cette différence est plutôt très hautement significative pour l'effet environnemental.

Les conditions de milieu ont fortement influencé le rendement théorique. Ainsi, l'environnement de Oued Smar a permis une expression potentielle très élevée du rendement des différents génotypes (59.98qx/ha). Comparativement à Beni Slimane où les rendements sont potentiellement faibles moyennant les 11.90qx/ha.

Ce caractère est le produit de trois composantes : le nombre d'épis/m², le nombre de grains par épi et le poids de mille grains. JONARD et KOLLER [94], ont conclu que la modification d'une composante de rendement, sans variation

compensatrice des autres, doit provoquer un changement de rendement. En réalité, en situation normale, il y a compensation entre les différents éléments du rendement.

Tableau 3-18: rendement théorique (effet environnement)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	59.98 ± 8.21	A	0.0000
E2	11.90 ± 2.92	B	

Tableau 3-19: rendement théorique (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	54.08±6.65	0.5222	20.10%
2	V2E1	58.23±12.90		
3	V3E1	53.32±6.03		
4	V4E1	59.48±10.47		
5	V5E1	64.43±7.59		
6	V6E1	65.66±11.03		
7	V7E1	56.42±4.25		
8	V8E1	57.50±10.39		
9	V9E1	70.67±11.10		
10	V1E2	10.49±5.32		
11	V2E2	10.62±2.62		
12	V3E2	11.54±0.61		
13	V4E2	13.16±2.77		
14	V5E2	12.56±3.37		
15	V6E2	13.31±3.79		
16	V7E2	10.15±2.17		
17	V8E2	11.83±2.51		
18	V9E2	13.47±4.47		

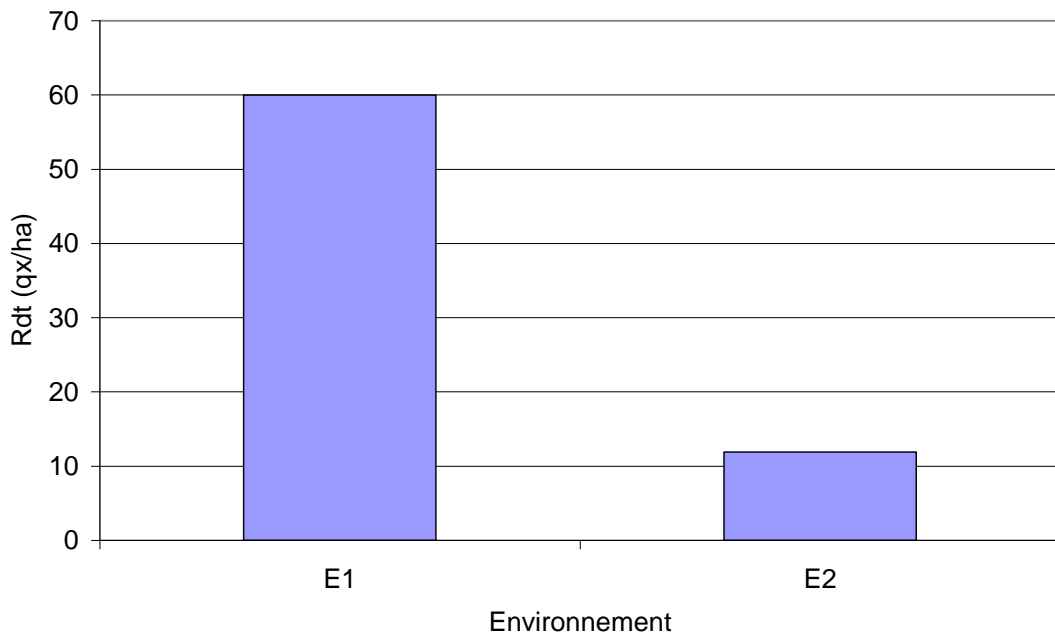


Figure 3-13: Rendement potentiel

5.2.5.8 Rendement réel

Toutes les moyennes des rendements enregistrés dans les deux sites d'études sont groupées dans le tableau 3-21 et illustrées par l'histogramme figure 3-14.

L'analyse de la variance a mis en évidence l'existence d'une différence non significative pour le facteur génétique et l'interaction entre celui-ci et l'environnement. Par contre, la différence est très hautement significative pour le facteur environnement sur le caractère le plus ciblé par la sélection. Toutefois, plusieurs travaux, parmi lesquels ceux de DADAY et *al.*, (1973) cité par MONNEVEUX et *al.*, [59], aboutissant à la conclusion que la sélection pour le rendement et ses composantes est peu efficace en conditions environnementales défavorables, la variance génétique et l'héritabilité de ce caractère étant dans ces conditions peu élevées. Cependant, celui-ci est utilisé généralement pour quantifier la résistance à la sécheresse [95].

L'influence évidente de l'environnement est précisée par le test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-20). Ainsi, l'environnement de Oued Smar a laissé les génotypes s'exprimer pleinement leur potentiel génétique en donnant une moyenne de rendement très élevée 49.17 qx/ha. Quant à l'environnement de Beni

Slimane où sévissaient des températures élevées d'une part, et les déficits hydriques (8,8mm de pluviométrie pendant le Juin et Mai) d'autre part, ont fait que tous les géotypes n'ont nullement exprimé leur aptitude au rendement (5.98 qx/ha). Un rendement qui encore affaiblie par l'attaque des moineaux. JOUVE et DAOUDI, [96], précisent, qu'en zones arides et semi-arides, la date de semis a, sur le rendement, un impact souvent supérieur à celui de la variété ou de la fertilisation.

De plus, GRIGNAC [97], montre, que les rendements faibles et irréguliers des céréales obtenus dans la zone méditerranéenne sont principalement dus aux conditions climatiques défavorables, le manque d'eau en fin de cycle est souvent le facteur le plus limitant. Affectant ainsi, selon NACHIT et *al.*, [98] en particulier le rendement du blé dur qui varient de 10 à 80% selon années.

En fait, les effets du stress hydrique touchent toutes les fonctions de la plante. Ainsi, ils influent sur le métabolisme et les processus physiologiques qui contrôlent sa croissance. Ces effets se répercutent négativement sur les composantes de rendement. Chacune de celles-ci est élaborée pendant une phase bien déterminée du cycle de développement de la culture, qui est un ensemble d'étapes que traverse la plante depuis le semis à la récolte. Etant la résultante des ces composantes, le rendement en grain est compromis par effet cumulatif de celles-ci, ou au contraire maintenu élevé par leur variation compensatrice.

Par conséquent, il faut noter que les rendements réalisés à Beni Slimane n'ont nullement profité de la contribution des ses composantes. Celles-ci, successivement et négativement atteintes par les différents aléas climatiques sévissant pendant tout le cycle de développement. KERROU, [99], ajoute qu'un pourcentage assez élevé des sols, surtout des zones arides et semi-arides sont peu profonds. De plus, EL MOURID et *al.*, [100], rapportent, qu'en sol peu profond, le rendement en grain des céréales est pénalisé. Cela est imputé à la profondeur et la topographie (les parcelles de notre essai à la station de Beni Slimane sont accidentées) qui ne contribuent pas beaucoup à la conservation de l'eau dans le sol, où ce dernier subit encore d'une part, l'érosion par le

ruissellement, et d'autre part, l'érosion par le vent (érosion éolienne) d'où la perte de la stabilité structurale du sol.

Tableau 3-20 : rendement réel (effet environnement)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	49.17 ± 7.85	A	0.0000
E2	5.98 ± 2.60	B	

Tableau 3-21 : rendement réel (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	50.54 ± 5.77	0.8166	24.8%
2	V2E1	44.66 ± 6.97		
3	V3E1	49.16 ± 8.60		
4	V4E1	47.00 ± 7.43		
5	V5E1	44.79 ± 13.22		
6	V6E1	47.04 ± 1.82		
7	V7E1	50.00 ± 9.33		
8	V8E1	54.62 ± 12.87		
9	V9E1	54.75 ± 8.77		
10	V1E2	6.14 ± 2.53		
11	V2E2	4.89 ± 2.95		
12	V3E2	5.41 ± 4.02		
13	V4E2	6.56 ± 2.46		
14	V5E2	6.98 ± 3.97		
15	V6E2	5.31 ± 2.44		
16	V7E2	5.40 ± 2.49		
17	V8E2	6.77 ± 1.88		
18	V9E2	6.39 ± 3.19		

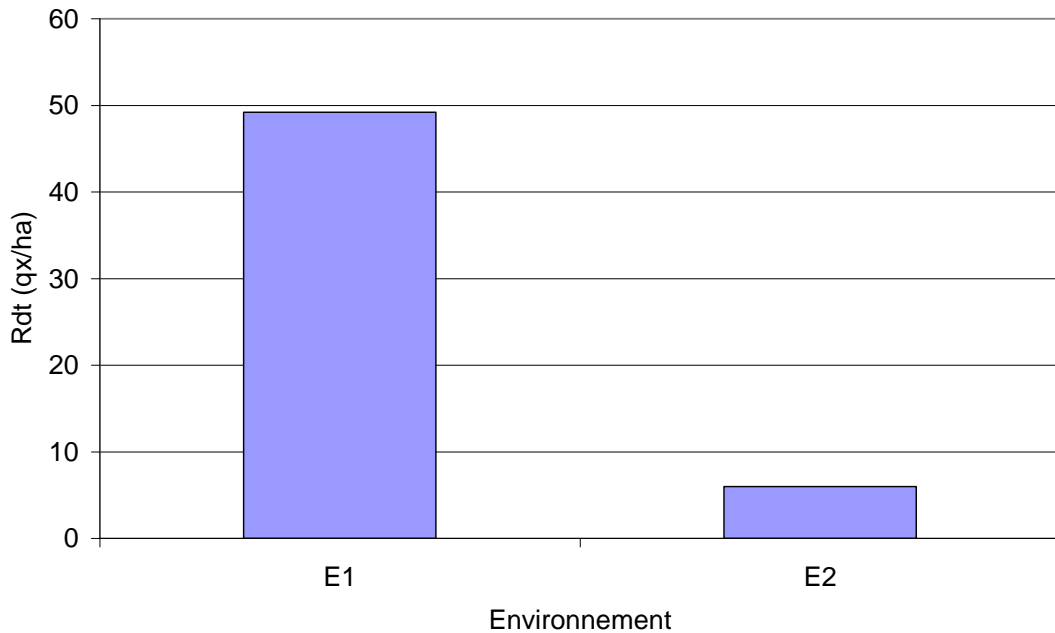


Figure3-14 : rendement réel

5.2.6 Paramètres technologiques

5.2.6.1 Taux d'humidité

Les résultats relatifs au taux d'humidité sont compris dans le tableau et illustrés par l'histogramme figure 3-15.

L'analyse de la variance pour ce paramètre, a montré une différence non significative entre les différents génotypes et leur effet en interaction avec le milieu. Cependant, la différence est très hautement significative entre les deux environnements. En effet, selon le test de NEWMAN-KEULS les grains sont plus humide à Oued Smar avec 13.51% qu'à Beni Slimane 12.91%. Néanmoins, les deux moyennes ne dépassent pas les 14-14.50 % d'humidité. Un seuil au-delà duquel il y aura des risques de mauvaise conservation.

Ces différences dans le taux d'humidité s'expliquent d'une part, par les effets des fortes chaleurs conjuguées au déficit hydrique au moment de la maturité des grains à Beni Slimane, d'autre part, aux conditions de stockage des grains.

Tableau 3-22: taux d'humidité (effet environnement)

Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	13.51 ± 0.50	A	0.0002
E2	12.91 ± 0.53	B	

Tableau 3-23 : taux d'humidité (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	13.30± 0.27	0.8696	4.6%
2	V2E1	13.79 ± 0.58		
3	V3E1	13.58 ± 0.25		
4	V4E1	13.60 ± 0.65		
5	V5E1	13.37 ± 1.10		
6	V6E1	13.54 ± 0.52		
7	V7E1	13.35 ± 0.25		
8	V8E1	13.76 ± 0.49		
9	V9E1	13.27 ± 0.50		
10	V1E2	12.89 ± 0.67		
11	V2E2	12.56 ± 0.39		
12	V3E2	13.16- ± 0.50		
13	V4E2	13.18 ± 0.45		
14	V5E2	12.71 ± 0.78		
15	V6E2	13.01 ± 0.64		
16	V7E2	12.91 ± 0.64		
17	V8E2	12.88 ± 0.77		
18	V9E2	12.92 ± 0.38		

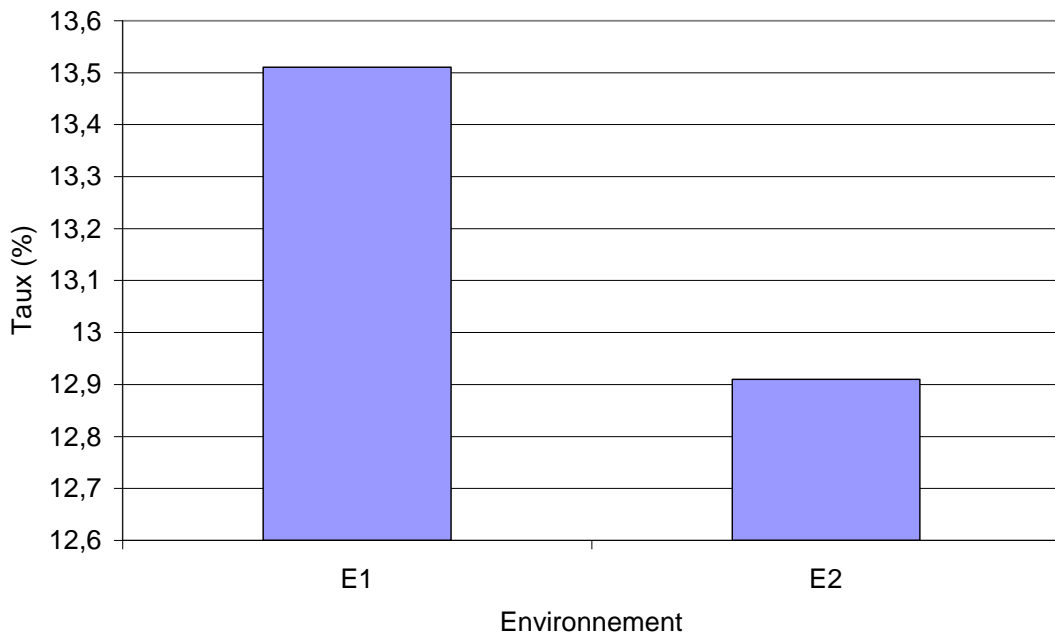


Figure3-15 : taux d'humidité

5.2.6.2 Taux d'échaudage

Les résultats exprimant le taux d'échaudage sont présentés dans le tableau 3-24 et illustrés par l'histogramme figure 3-16.

L'analyse de la variance a révélée une différence très hautement significative autant pour les effets simples (variété et environnement) que pour l'effet combiné des deux facteurs (interaction génotype environnement). Selon le test de NEWMAN-KEULS, la variété la plus sensible à l'échaudage en combinaison avec les conditions semi-arides, est la V1 (ISLADCO) avec un taux de 6.53%. Suivie par la V4 (AINZEN-02) (3.48%), toujours dans les mêmes conditions. Globalement, les taux d'échaudage les plus élevés sont assignés aux variétés cultivées à Beni Slimane, comparativement à ceux des variétés cultivées à Oued Smar, où les taux sont très faibles comme pour le groupe homogène E renfermant des taux variant de 0.23 à 0.56%.

En revanche, nous constatons que tous les taux exprimés sont faibles relativement aux normes admises pour l'échaudage. Ce paramètre conditionne fortement le pois de mille grains. Celui-ci est d'autant plus faible que le taux

d'échaudage est élevé. Cependant, dans notre cas où ce justement ce taux est plus au moins faible pour qu'il puisse participer à la faiblesse du poids de mille grains surtout à Beni Slimane, est dû selon GATE, [64], à la phase pendant laquelle les températures interviennent pour compromettre le remplissage des grains. Ainsi, si de fortes températures conjuguées aux déficits hydriques, apparaissent après la formation des enveloppes (après le stade laiteux), les grains auront un aspect ridé : le réservoir de taille non limité n'a pas pu se remplir de matière sèche dans sa totalité et lors de la dessiccation des grains, des rides apparaissent suite au départ d'eau. C'est l'échaudage. Si au contraire, ces aléas surviennent lors de la constitution des enveloppes, comme dans notre cas à Beni Slimane, les grains à maturité seront petits et bien remplis ce qui leur donne un aspect lisse en surface.

Les effets des aléas climatiques de fin de cycle ont fait varier l'expression de l'échaudage selon les génotypes. Ceci confirmé par l'influence de l'interaction génotype milieu sur ce caractère, qui intéresse à la fois le producteur et le transformateur, s'explique d'une part, par l'existence d'une résistance variétale à l'échaudage (génétique) et d'autre part, à la modulation de celle-ci par une variation environnementale importante (passage du sub-humide au semi aride).

Tableau 3-24 : taux d'échaudage en pourcentage (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Écartype	Groupes homogènes	Probabilité	C.V.
1	V1E2	6.53 ± 1.71	A	0.0000	49.3%
2	V4E2	3.48± 1.40	B		
3	V5E2	2.70 ± 0.71	B C		
4	V7E2	2.53 ± 1.25	B C D		
5	V9E2	2.18 ± 0.25	B C D E		
6	V3E2	2.00 ± 0.87	B C D E		
7	V2E2	1.98 ± 0.95	B C D E		
8	V6E2	1.82 ± 0.64	B C D E		
9	V6E1	1.67 ± 1.23	B C D E		
10	V8E2	1.35 ± 0.47	C D E		
11	V7E1	0.74 ± 0.38	D E		
12	V1E1	0.72 ± 0.42	D E		
13	V5E1	0.56 ± 0.20	E		
14	V3E1	0.49 ± 0.35	E		
15	V9E1	0.43 ± 0.38	E		
16	V4E1	0.40 ± 0.16	E		
17	V8E1	0.31 ± 0.27	E		
18	V2E1	0.23 ± 0.13	E		

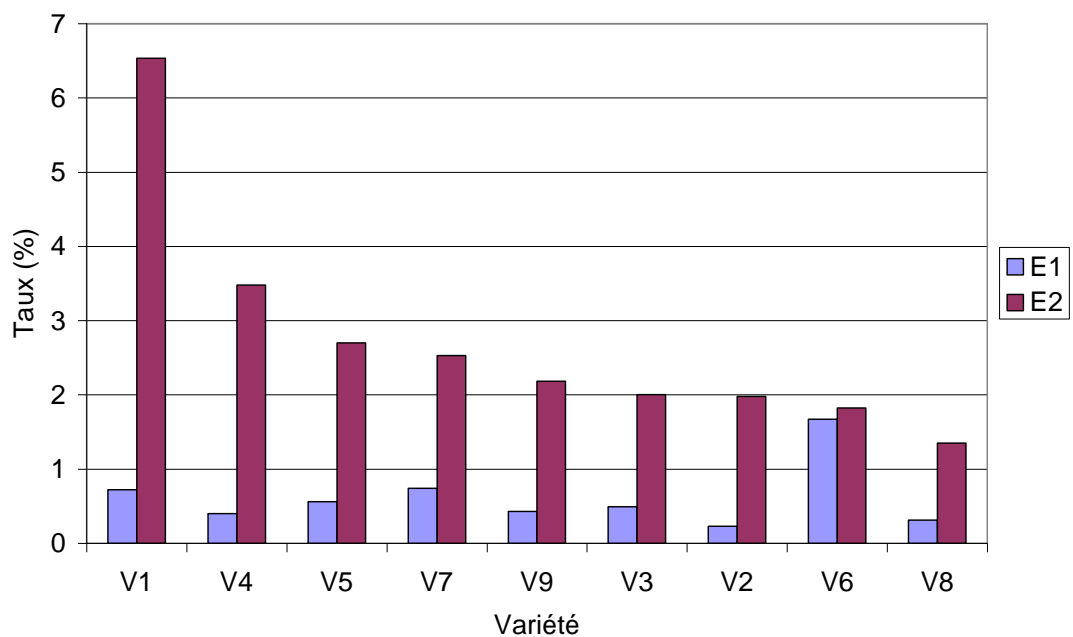


Figure 3-16: taux d'échaudage

5.2.6.3 Indice de jaune

Le tableau 3-25 rassemble les différents résultats de l'indice de jaune. Ceux-ci sont ensuite illustrés par l'histogramme figure 3-17.

L'analyse du test global (analyse de la variance) a confirmé l'influence, aussi bien des effets simples (variété et environnement), que de l'effet interaction entre ces deux facteurs, sur l'indice de jaune.

L'analyse du test de NEWMAN-KEULS sur cet effet interaction précise, que les valeurs les plus élevées sont assignées au témoin Waha (21.18), cultivée dans les conditions sub-humide, et la variété V1(ISLADCO) (21.05) récoltée au niveau de Beni Slimane. Celles-ci sont en fait, représentées par le même groupe homogène A. Par la suite, on trouve toujours la variété témoins Waha qui est cultivée dans les conditions semi-aride avec la valeur de 20.51. Ce paramètre reste ainsi élevé pour la plupart des variétés récoltées à Beni Slimane, comparativement à celles récoltées à Oued Smar à l'exception de la variété Waha déjà citée et la variété (ISLADCO) leurs valeurs sont moins élevées, variant de 17.38 à 18.19, et plus particulièrement pour celle qui présente un indice de jaune le plus faible : variété Morroco10 (14.55).

Tous les résultats relatif à cette composante jaune de la semoule, qui est fonction de la teneur en pigments caroténoïdes dont la xanthophylle (fonction de la variété) et des oxydases (lipoxigénases) [37], sont considérés faibles (inférieur à 28) selon l'échelle de classement donnée par HOULIAROPOULUS et *al.*, [101]. Cela est imputé à la faible teneur en pigments caroténoïdes qui est associée à leur destruction au cours du stockage des grains, puis s'accélère après la transformation du blé en semoule ([102] et [103]). De plus, lors de la mouture des grains : l'élimination plus au moins complète du germe, très riche en lipoxigénase, ainsi que la présence de particules d'enveloppes dégradant la couleur de la semoule. La granulation de cette dernière intervient également : plus la semoule est fine, moins jaune elle apparaît. De plus, selon LAIGNELET et *al.*, [104], les pluies abondantes à la veille de la maturation provoquent un lavage et donc diminuent l'intensité de coloration des semoules. Les attaques fongiques et la moucheture ont également des effets indirects sur la coloration.

Etant un critère majeur de la qualité de la semoule et des pâtes, la couleur est considérablement influencée par les caractéristiques des blés mis en œuvre. Ceux-ci liés aux effets environnementaux, génétiques et surtout comme dans notre cas aux interactions génotype milieu, ne facilite pas la sélection. Pourtant, cette couleur jaune selon CAUDERON, [105] qui est moins dépendante du milieu, est une caractéristique génétique liée à la présence de 3 gènes majeurs à action additive, plus un gène récessif modificateur de l'intensité.

Tableau 3-25 : Indice de jaune (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité	C.V.
1	V9E1	21.18 ± 0.61	A	0.0018	5.4%
2	V1E2	21.05 ± 1.02	A		
3	V9E2	20.51 ± 0.61	A B		
4	V5E2	19.93 ± 1.16	A B C		
5	V2E2	19.77 ± 1.89	A B C D		
6	V3E2	19.32 ± 0.83	A B C D		
7	V7E2	19.23 ± 2.18	A B C D		
8	V1E1	19.22 ± 0.47	A B C D		
9	V8E2	18.95 ± 0.41	A B C D		
10	V6E2	18.95 ± 1.35	A B C D		
11	V4E2	18.61 ± 0.63	B C D		
12	V5E1	18.19 ± 1.36	B C D		
13	V3E1	17.87 ± 0.39	C D		
14	V6E1	17.66 ± 0.68	C D		
15	V8E1	17.48 ± 0.29	C D		
16	V2E1	17.41 ± 0.22	D		
17	V4E1	17.38 ± 0.45	D		
18	V7E1	14.55 ± 0.46	E		

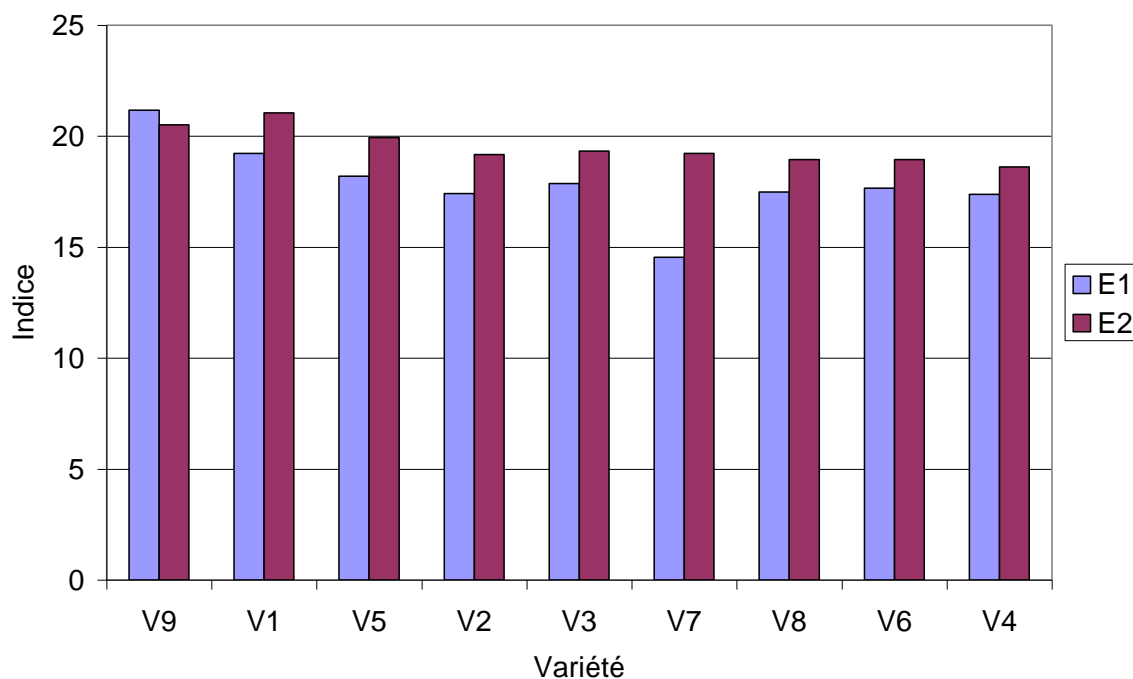


Figure 3-17: indice de jaune

5.2.6.4 Indice de brun

Les résultats de ce paramètre sont groupés dans le tableau 3-25 et illustrés par l'histogramme figure 3-18.

Aucune influence n'a été révélée par l'analyse de la variance autant pour les effets simples à savoir le génotype et l'environnement, que pour l'effet interaction entre ceux-ci sur l'indice de brun.

D'après l'échelle de classement donnée par HOULIAROPOULUS et *al.*, [102], les résultats de l'indice de brun exprimés, et ce, pour les deux environnements sont considérés faibles (inférieurs à 18). Cette faiblesse de la composante brune est recherchée. Celle-ci est due selon FEILLET, [37], à l'activité des enzymes peroxydasiques ou à la présence d'un complexe protéine cuivre qui est fonction de la variété.

Contrairement à nos résultats où aucune influence n'a été décelée, HOULIAROPOULUS et *al.*, [101], ont montré, que l'indice de brun est beaucoup plus influencé par des facteurs agro-climatiques et du taux d'extraction.

Tableau 3-25 : indice de brun (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	14.70 ± 0.30	0.7427	11.7%
2	V2E1	11.27 ± 0.37		
3	V3E1	12.28 ± 0.28		
4	V4E1	12.54 ± 2.93		
5	V5E1	12.59 ± 1.12		
6	V6E1	12.20 ± 1.20		
7	V7E1	13.32 ± 2.20		
8	V8E1	12.36 ± 1.23		
9	V9E1	12.68 ± 0.80		
10	V1E2	13.70 ± 2.36		
11	V2E2	12.26 ± 0.95		
12	V3E2	13.83 ± 1.93		
13	V4E2	13.00 ± 1.05		
14	V5E2	12.68 ± 1.08		
15	V6E2	12.09 ± 0.72		
16	V7E2	13.36 ± 1.79		
17	V8E2	12.11 ± 0.69		
18	V9E2	11.68 ± 1.46		

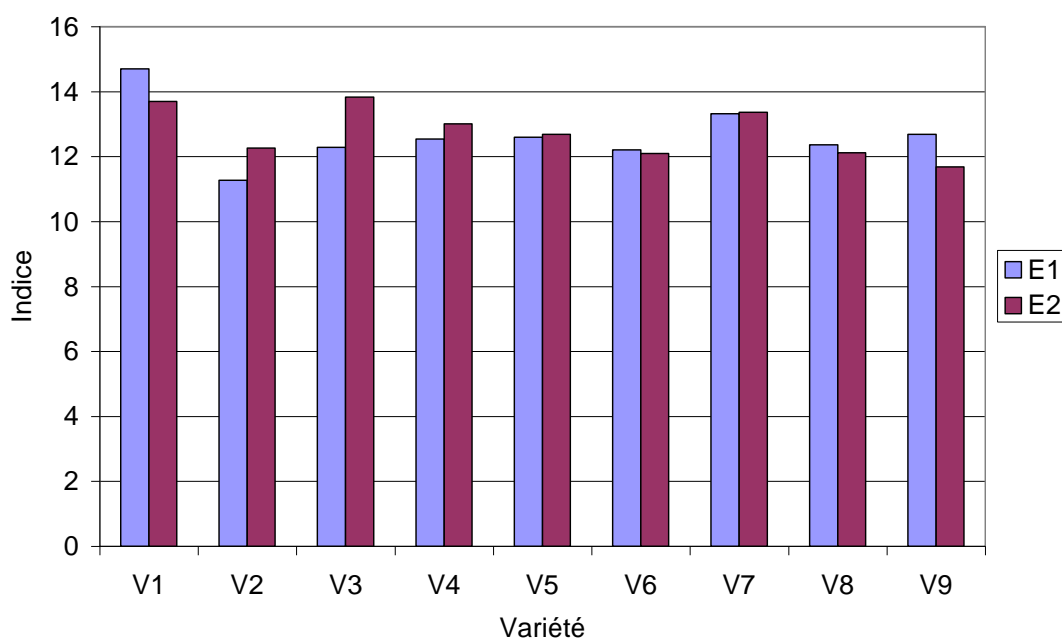


Figure3-18: indice de brun

5.2.6.5 Taux de cendre

Les résultats du taux de cendre sont rassemblés dans le tableau 3-26 et illustrés par l'histogramme figure3-19.

Dans les conditions de notre étude aucune influence n'a été révélée par l'analyse de la variance aussi bien pour les effets simples que pour leur effet combiné sur le taux de cendre. Selon MATVEEF, [106], le taux de cendre d'un blé est relativement peu influencé par variété et la fumure du sol, mais énormément par les milieux géographiques de culture. En effet, les teneurs maximales sont atteintes en zones de climat humide et tempéré, par contre, les minimales sont obtenues en zone semi-aride.

Les matières minérales (cendre) du blé sont des constituants pondéralement mineurs de l'ordre de 1.6 à 2% (exprimés en matière sèche). La répartition de celles-ci dans le grain est différente entre les enveloppes et l'amande [107].

Bien que, nos résultats des taux de cendre exprimés soient un peu élevés, cela s'explique, par le fait, que ce sont les parties périphériques de la graine, tégument séminal et assise protéique, qui en sont plus riches et, qu'à l'inverse, l'albumen n'en contient qu'environ 0.5%. De ce fait, la teneur en matières minérales d'une semoule est utilisée comme marqueur de sa pureté [37]. Cependant, selon LAMPEREUR et *al.* [108], la détermination de la teneur en acide férulique apparaît comme un meilleur marqueur de la pureté des fractions de moutures en mesurant le degré de contamination des semoules par les enveloppes.

Même que la stabilité de ce paramètre à travers les deux environnements est intéressante, il est néanmoins, que seule la variabilité phénotypique liée à des différences génotypiques permet d'obtenir un progrès en sélection [33].

Tableau 3-26: taux de cendre (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	2.76 ± 0.26	0.0613	32.2%
2	V2E1	2.20 ± 0.45		
3	V3E1	2.32 ± 1.32		
4	V4E1	1.60 ± 0.44		
5	V5E1	1.95 ± 0.24		
6	V6E1	2.25 ± 0.52		
7	V7E1	1.89 ± 0.61		
8	V8E1	1.89 ± 0.22		
9	V9E1	1.67 ± 0.10		
10	V1E2	2.07 ± 1.04		
11	V2E2	2.22 ± 0.55		
12	V3E2	1.61 ± 0.46		
13	V4E2	2.87 ± 0.93		
14	V5E2	1.38 ± 0.44		
15	V6E2	1.87 ± 0.17		
16	V7E2	1.69 ± 0.06		
17	V8E2	2.41 ± 1.02		
18	V9E2	1.92 ± 0.74		

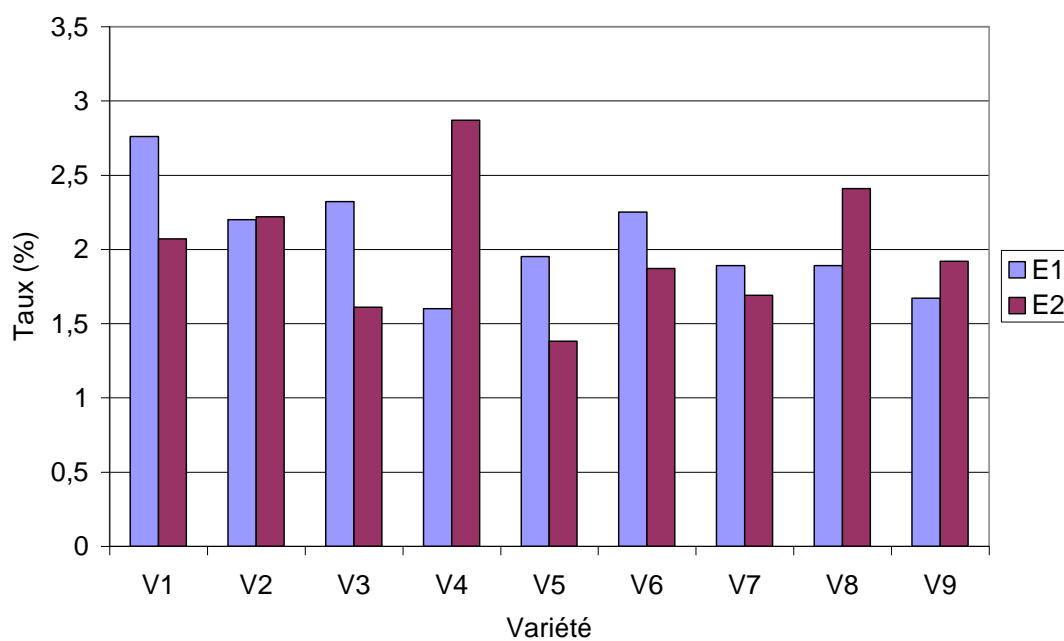


Figure3-19: taux de cendre

5.2.6.6 Taux de mitadinage

Les résultats du taux de mitadinage sont présentés dans le tableau 3-27 et illustrés par l'histogramme figure 3-20.

L'analyse du test global a révélé une différence très hautement significative autant pour les effets simples (génotype et environnement) que pour l'effet combiné des facteurs (interaction génotype environnement).

D'après le test de précision (test de NEWMAN-KEULS), la variété la moins résistante au mitadinage est la V6 (ACSAD1107) (14.12%) en combinaison avec les conditions sub-humides. Suivie par le témoin Vitron avec 9.52% toujours dans les mêmes conditions. Puis, on trouve la plupart des variétés partagées entre les deux conditions (Oued Smar et Beni Slimane) qui sont représenté par le même groupe homogène BC avec des taux allant 2.95 à 8.25%. Cependant, les variétés les plus résistantes au mitadinage pour les deux environnements, ont enregistrées des taux variant de 1.95 à 2.89% et sont rassemblées dans le même groupé homogène C. Parmi lesquelles on trouve le témoin Waha.

BOY et BRAUN, [109], précisent, que le taux de mitadinage est l'une des principales caractéristiques de la qualité technologique, lié à la teneur en protéines du grain. De plus, ils précisent, que pour l'obtention d'un taux de mitadinage inférieur à 20%, seuil en dessous duquel il y a réfection, la teneur en protéines doit être supérieure à 14%.

Bien que, certains taux de protéines exprimés dans notre cas d'étude n'accédant pas les 14%, leur taux respectif de mitadinage est toutefois très bas relativement au seuil fixé.

Par ailleurs, il faut noter que cette variation de résultats qui est liée directement à l'effet de l'interaction génotype milieu s'explique, par le degré de sensibilité des variétés à la dose optimale d'azote, en combinaison avec son absorption qui est selon plusieurs auteurs, sujette à l'influence environnementale. De ce fait, d'une part, pour les variétés résistantes, la dose optimale pour la qualité correspond à la dose optimale pour le rendement, d'autre part, pour les

variétés plus sensibles, la dose optimale pour la qualité est par conséquent plus élevée que la dose optimale pour le rendement. Donc, l'application d'une fumure azotée tardive, avant épiaison limite cet accident pour ces variétés sensibles. Or, les conditions climatiques en Algérie ne permettent pas cette application à ce stade tardif, d'autant plus qu'elle augmente la sensibilité du blé aux maladies de végétation (Oïdium, fusariose, septoriose...). C'est pour cette raison que l'adaptation de variétés résistantes au mitadinage et l'application d'une fertilisation raisonnée constitue une solution plus sûre et économique, particulièrement pour notre pays.

Globalement, on peut conclure, que hormis la variété V6 récoltée à Oued Smar, toutes les autres sont en dessous du seuil de 10% qui est fixé par le transformateur.

Tableau 3-27: taux de mitadinage en pourcentage (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité	C.V.
1	V6E1	14.12 ± 2.07	A	0.0004	53.4%
2	V8E1	9.52 ± 6.38	B		
3	V5E1	8.25 ± 3.79	B C		
4	V7E1	6.79 ± 4.78	B C		
5	V4E1	6.41 ± 2.74	B C		
6	V3E2	5.94 ± 2.05	B C		
7	V2E1	5.70 ± 2.06	B C		
8	V8E2	5.33 ± 1.57	B C		
9	V9E2	3.44 ± 1.13	B C		
10	V7E2	3.41 ± 1.29	B C		
11	V5E2	3.33 ± 1.74	B C		
12	V3E1	3.32 ± 1.80	B C		
13	V2E2	3.16 ± 1.59	B C		
14	V6E2	2.95 ± 1.58	B C		
15	V9E1	2.89 ± 2.09	C		
16	V1E2	2.62 ± 1.61	C		
17	V1E1	2.22 ± 1.61	C		
18	V4E2	1.95 ± 0.90	C		

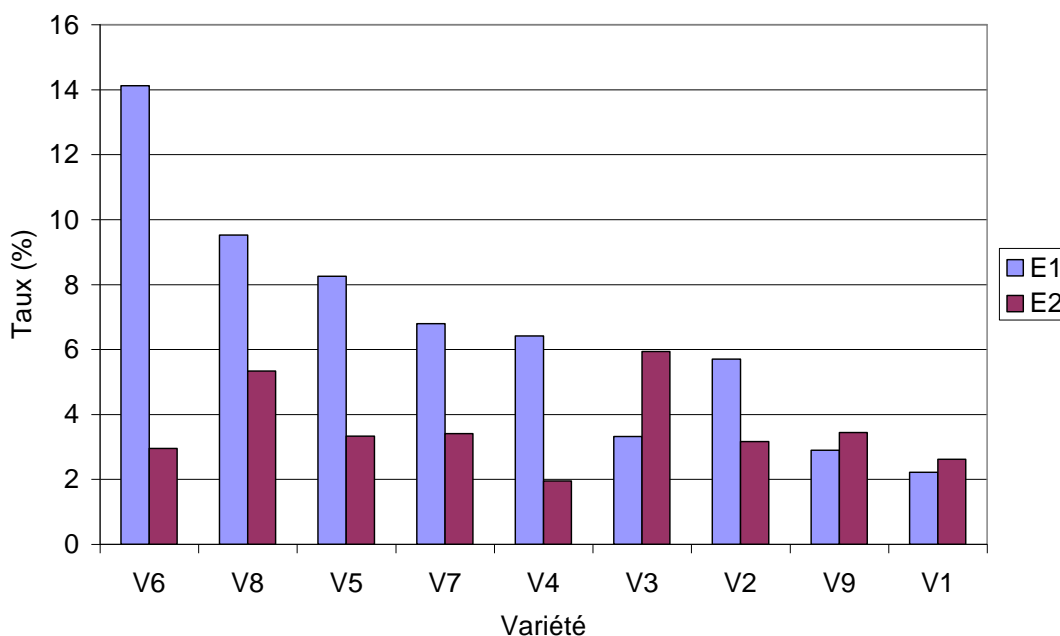


Figure3-20: taux de mitadine

5.2.6.7 Taux du gluten sec

Le tableau 3-28 résume les résultats du taux du gluten sec. Ceux-ci sont par la suite illustrés par l'histogramme 3-21.

L'influence de l'effet combiné des deux facteurs : génotype et environnement, est montrée par l'analyse de la variance. Et selon le test de précision de NEWMAN-KEULS, tous les génotypes récoltés à Beni Slimane ont exprimé un taux du gluten sec élevé, comparativement à ceux de Oued Smar. Ainsi, les génotypes V1 (ISLADCO) et V2 (OTB2) en combinaison avec les conditions semi-aride, ont donné respectivement les taux les plus élevés (19.82 et 19.49). Ensuite, on trouve le reste des génotypes dans le même groupe homogène AB exprimant des taux variant de 16.74 à 19.10. Alors que les mêmes génotypes cultivés à Oued Smar ont donné des taux du gluten sec les moins élevés. En effet, la majorité des génotypes sont classés dans le groupe homogène CD avec des résultats variant de 12.59 à 14.14. Ainsi, toujours dans les mêmes conditions d'étude les taux les plus faibles sont assignés au témoin Waha (12.38) et la variété V6 (ACSAD1107) (11.83).

Principalement constitué de protéine, le gluten avec ses caractéristiques rhéologiques ou physico-chimiques, conditionnent pour une large part les qualités technologiques des semoules et des blés ainsi leur utilisation industrielle et leur valeur commerciale. En conséquence, selon CUBADDA et *al.*, [110] les industriels comptent seulement sur les blés à forte teneur en gluten pour former des pâtes non collantes.

Selon LAIGNELET, [111], les variétés méditerranéennes donnent des pâtes de bonne qualité culinaire par rapport aux variétés nord américaines qui en contre partie donnent des pâtes de bonne coloration. La qualité culinaire dépend surtout de la quantité et la qualité du gluten.

En se basant sur l'échelle de classement proposé par MATVEEF [112], nous constatons que toutes les variétés récoltées à Oued Smar expriment une bonne valeur pastifiante (teneur en gluten comprise entre 11 et 15%). Alors, qu'à Beni Slimane toutes les variétés sont considérées améliorantes (teneur en gluten supérieure à 15%).

Selon BOGGINI et POGNA [113], le gluten est influencé par l'environnement (fertilisation, façons culturales, etc.). Dans ce cas d'influence, HARTL et JONES, [58], montrent que les effets de l'environnement sur le gluten ajoute ou soustrait la même valeur indépendamment du génotype. Or dans notre situation, les effets de l'environnement varient selon le génotype, autrement dit l'existence de l'effet interaction génotype environnement. Celle-ci n'arrange en aucun cas le processus de sélection pour un caractère qui reste très recherché par le transformateur.

Tableau 3-28 : taux du gluten sec (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité	C.V.
1	V1E2	19.82±1.57	A	0.0259	9.4%
2	V5E2	19.49±2.51	A		
3	V4E2	19.10±1.74	A B		
4	V9E2	18.55±1.55	A B		
5	V6E2	18.36±1.78	A B		
6	V7E2	18.20±1.82	A B		
7	V8E2	18.07±0.30	A B		
8	V3E2	17.97±1.91	A B		
9	V2E2	16.74±1.64	A B		
10	V3E1	15.78±0.98	B C		
11	V2E1	14.14±1.32	C D		
12	V5E1	13.76±0.53	C D		
13	V1E1	13.56±1.65	C D		
14	V7E1	13.45±1.10	C D		
15	V8E1	13.01±1.22	C D		
16	V4E1	12.59±0.90	C D		
17	V9E1	12.38±0.84	D		
18	V6E1	11.83±0.88	D		

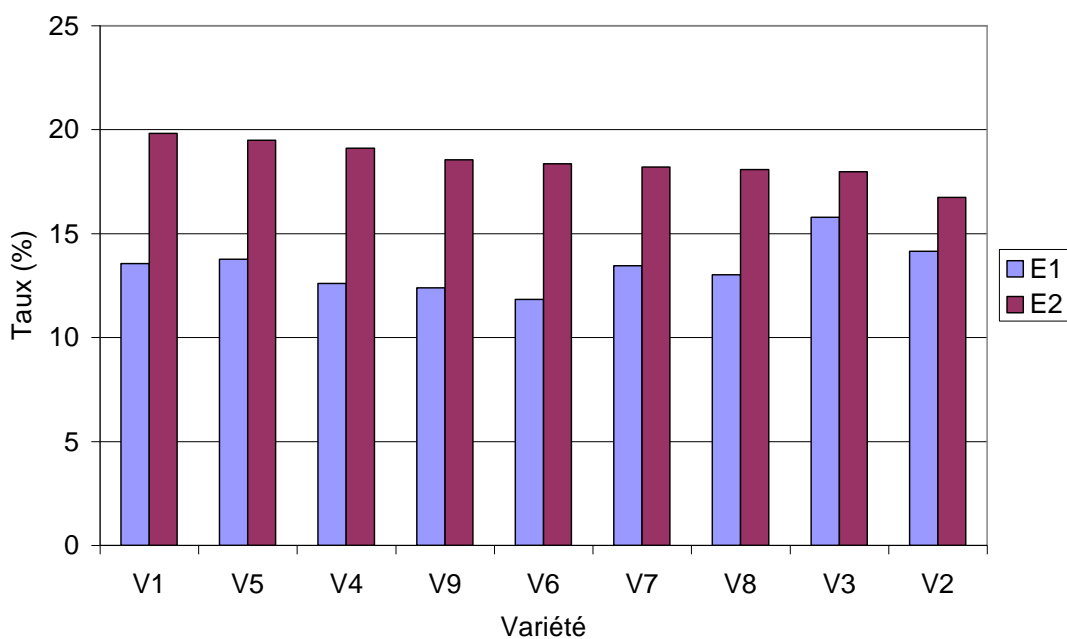


Figure3-21: taux du gluten sec

5.2.6.8 Taux du gluten humide

Les différents résultats relatifs au taux du gluten humide sont groupés dans le tableau 3-29 et illustrés par l'histogramme figure 3-22.

L'analyse de la variance a mis en évidence l'influence de l'effet l'interaction génotype environnement sur ce paramètre. En général, on a constaté la même situation décrite précédemment sur le taux du gluten sec. Ainsi, selon le test de NEWMAN KEULS, les taux du gluten humide les plus élevés sont enregistrés à Beni Slimane, où la variété V1 (ISLADCO) est classé première avec un taux de 50.18. Vu l'influence de l'interaction génotype milieu, le même génotype cultivé dans les conditions du Sub-humide ne se retrouve pas à la meilleure place par rapport aux taux du gluten humide exprimés. Nous remarquons aussi que les taux les plus faibles sont assignés au témoin Waha et la variété V6 (ACSAD1107) dans les conditions sub-humide, en enregistrant les résultats suivant : 31.45 et 30.17.

Tableau 3-29: taux du gluten humide (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne±Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité	C.V.
1	V1E2	50.18±4.13	A	0.0446	9.70%
2	V5E2	49.37±6.74	A B		
3	V4E2	48.40±3.88	A B		
4	V9E2	48.11±3.96	A B		
5	V7E2	46.72±4.66	A B		
6	V6E2	46.10±4.43	A B		
7	V8E2	45.45±1.19	A B		
8	V3E2	45.20±4.75	A B		
9	V2E2	43.21±4.26	A B C		
10	V3E1	40.58±3.01	B C D		
11	V5E1	36.51±1.44	C D E		
12	V2E1	35.95±4.01	C D E		
13	V1E1	35.46±4.15	C D E		
14	V7E1	35.24±3.13	C D E		
15	V8E1	33.95±3.28	D E		
16	V4E1	32.43±2.58	D E		
17	V9E1	31.45±3.66	E		
18	V6E1	30.17±2.54	E		

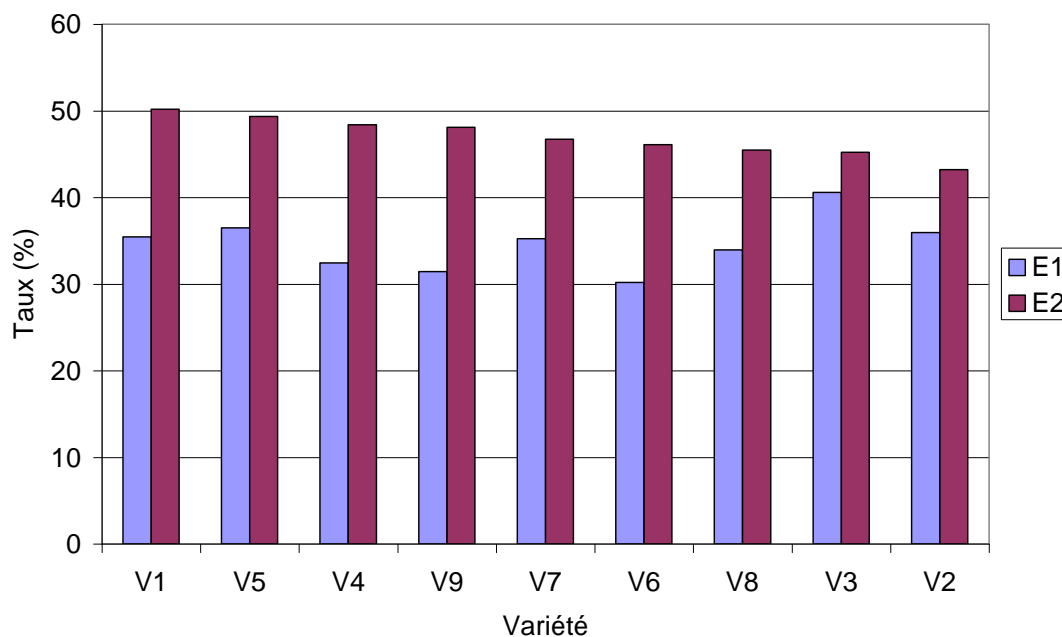


Figure3-22: taux du gluten humide

5.2.6.9 Taux de protéine

Le tableau 3-30 résume les résultats relatifs au taux de protéines, qui sont par la suite illustrés par l'histogramme figure 3-23.

L'effet des conditions environnementales est mis en évidence par l'analyse de la variance en révélant une différence très hautement significative. Par contre, cette différence est non significative aussi bien pour le facteur génotype que pour l'effet combiné des deux facteurs. Avec la précision du test de NEWMAN-KEULS (tableau 3-23), le taux de protéine (17.10%) exprimé dans les conditions semi-aride, dépasse largement celui trouvé dans le milieu sub-humide moyennant les 12.10%. Ces deux valeurs de protéines oscillant entre 12.10 et 17.10% de matière sèche sont selon FEILLET, [114] dans les larges limites de variation des quantités de protéines chez le blé qui sont de 9 à 18 % de matière de sèche, celles-ci moyennent les 13% de matière sèche. Cependant, ce même auteur mentionne, que ce caractère déterminant de la qualité technologique, est fonction de la variété, des facteurs agroclimatiques, des conditions physiologiques de développement de la plante et de la maturation du grain.

En conséquence, seulement le facteur environnement avec les différents aléas thermiques et hydriques qu'il renferme, explique globalement cette variation

du taux de protéines, et surtout son accumulation importante à Beni Slimane. Ainsi, ABROL et INGRAM cité par BAZZAZ et SOMBROEK, [115], rapportent, qu'en région aride et semi-aride, les cultures en terres sèches peuvent synthétiser et accumuler des niveaux substantiels de protéines qu'on nomme les 'Heat Shock Protéins' (HSPs) ou les protéines du choc thermique, en réponse à des températures foliaires élevées.

Cette tendance accumulatrice de protéine dans la région semi-aride (Beni Slimane) est d'autant plus élevée que le déficit hydrique est important (8.8 mm de pluviométrie pendant le mois de Mai et Juin).

De leur côté, BHULLAR et JENNER, [116] ; JENNER, [117] ; HAWKER et JENNER, [118], à travers leur travaux sur les effets de brèves périodes de réchauffement des épis après la floraison, ont identifiés des réponses différentielles quant à l'accumulation d'amidon et d'azote dans les grains. La vitesse d'accroissement de l'accumulation d'azote fut cependant, plus grande que celle de la matière sèche. Cette concentration accrue d'azote dans les grains est presque entièrement due à la chute de teneur en amidon plutôt qu'au changement de la qualité totale du grain [119].

Par ailleurs, CAUDERON, [105], explique, que sur le plan physiologique les variétés riches en protéines se distinguent par une absorption plus lente de l'azote. Elles se caractérisent aussi par une utilisation moins complète de l'azote accumulé dans la plante en raison d'une migration moins rapide vers le grain. Ces constatations expliquent que le rendement en grain soit souvent limité pour les variétés riches en protéines. Ceci corrobore effectivement nos résultats où le taux de protéine est inversement proportionnel au rendement en grain. Pourtant, le même auteur mentionne, l'existence des gènes qui induisent une plus grande richesse en protéines du grain indépendamment de la productivité. Comme l'existence du gène de nanisme Rht1 chez le blé dur améliore la teneur en protéines sans affecter le rendement [64]. C'est ce type de variété qui nous intéresse, car par leur forte héritabilité du caractère en question donne facilement prise à une éventuelle sélection.

De plus, BRANLARD et *al.*, [120], précise, que ce caractère répond à un déterminisme polygénique rendant la sélection très difficile. S'il est vrai que toutes les variétés expriment à la récolte un déficit en protéine dans le grain par rapport aux potentialités qu'elles révèlent lorsque la nutrition minérale n'est pas limitante, il ne faut pas en conclure pour autant qu'une nutrition azotée accrue résoudrait la question. Certains cultivars ont une aptitude à mieux valoriser que d'autres les conditions de faibles intrants.

Tableau 3-30 : taux de protéine (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	12.08±0.57	0.8361	5.6%
2	V2E1	12.28±0.15		
3	V3E1	13.01±1.52		
4	V4E1	11.99±0.47		
5	V5E1	11.51±0.78		
6	V6E1	12.31±1.09		
7	V7E1	11.89±0.55		
8	V8E1	12.06±0.94		
9	V9E1	11.75±0.17		
10	V1E2	16.59±0.34		
11	V2E2	17.24±0.67		
12	V3E2	17.36±0.94		
13	V4E2	17.40±0.59		
14	V5E2	16.66±1.02		
15	V6E2	17.06±1.29		
16	V7E2	16.86±0.58		
17	V8E2	17.69±0.76		
18	V9E2	17.02±0.46		

Tableau 3-31 : taux de protéine (effet environnement)

Traitements	Moyenne± Ecartype	Groupes homogènes	Probabilité
E1	12.10±0.71	A	0.0000
E2	17.10±0.70	B	

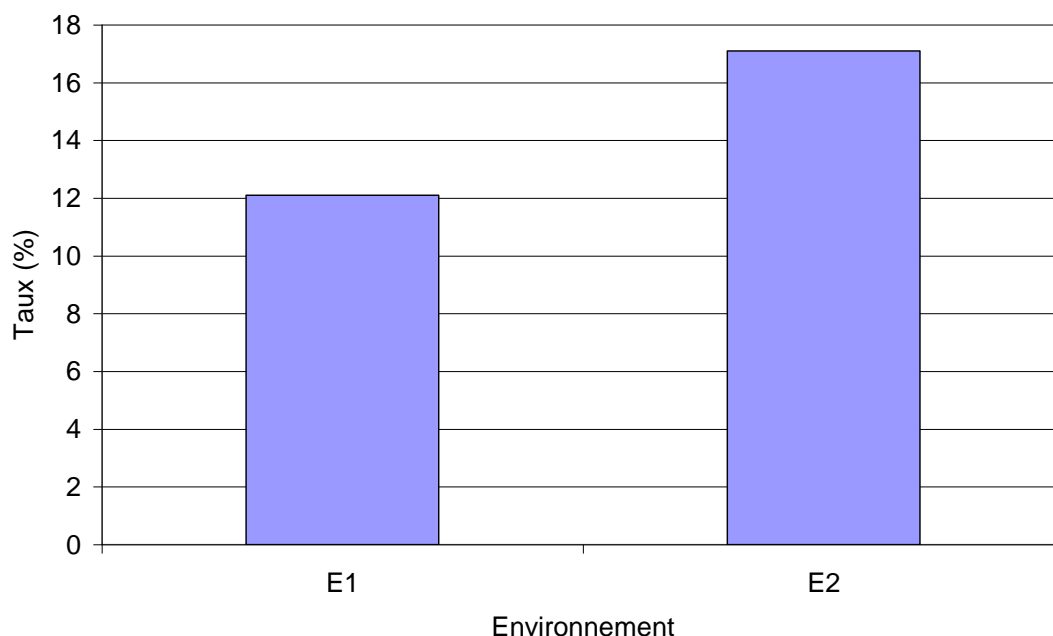


Figure3-23: taux de protéine

5.2.6.10 Taux d'extraction

Les résultats exprimant le taux d'extraction sont rassemblés dans les tableaux 3-32 et 3-33, puis, illustrés par l'histogramme figure 3-24.

L'analyse de la variance a montré l'influence exclusive de l'effet génétique c'est-à-dire génotypique sur le taux d'extraction. Toutefois, la même analyse du test global a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements aussi bien pour l'environnement que pour l'effet combiné des deux facteurs. Par la précision du test de NEWMAN-KEULS, nous constatons que le témoin Vitron possède le taux d'extraction le plus élevé avec 59.18, suivie par la majorité des variétés rassemblées dans le même groupe homogène AB avec des taux variant de 54.31 à 57.05 %. Les variétés V5 (ACSAD1031) et V2 (OTB2) ont par contre, enregistrées respectivement les taux les plus faibles (53.96 et 52.49 %).

Le taux d'extraction qui se définit par le rapport entre la quantité de semoule extraite et la quantité de blé mis en mouture, dépend selon plusieurs

auteurs, pour une large part de la variété. Ceci corrobore nos résultats qui confirment effectivement l'effet variétal sur le taux d'extraction. Bien que, les taux exprimés ne soient pas élevés, néanmoins, la sélection pour ce paramètre où les variations phénotypiques sont dues seulement aux effets génétiques, s'avère intéressante et surtout donne prise à la sélection.

Par ailleurs, il faut noter, que le taux d'extraction exerce un effet sur la composition biochimique des semoules. Selon la répartition des différents constituants chimiques dans le grain, et compte tenu du principe de la mouture, l'élévation du taux d'extraction s'accompagne d'une diminution ou d'une augmentation de la teneur en ces éléments. MOUSA et *al.*, [121]., ont indiqué que l'augmentation du taux d'extraction entraîne une augmentation de la teneur en protéines et en cendres.

Tableau 3-32 : taux d'extraction (effet interaction)

N°	Traitements	Moyenne± Ecartype	Probabilité	C.V.
1	V1E1	57.07±4.02	0.2570	5.9%
2	V2E1	54.60±3.34		
3	V3E1	55.58±3.29		
4	V4E1	57.21±2.95		
5	V5E1	56.56±3.83		
6	6VE1	54.22±0.57		
7	V7E1	57.07±2.11		
8	V8E1	57.55±1.41		
9	V9E1	55.81±1.11		
10	V1E2	57.03±4.67		
11	V2E2	50.37±3.14		
12	V3E2	53.73±2.76		
13	V4E2	55.01±1.28		
14	V5E2	51.37±3.61		
15	V6E2	54.40±4.78		
16	V7E2	55.88±5.91		
17	V8E2	60.82±0.92		
18	V9E2	57.24±0.86		

Tableau 3-33 : taux d'extraction (effet variété)

Traitements	Moyenne± Ecartype	Groupes homogènes
V8	59.18±4.03	A
V1	57.05±3.00	A B
V9	56.53±2.81	A B
V7	56.47±2.11	A B
V4	56.11±3.44	A B
V3	54.65±3.15	A B
V6	54.31±4.11	A B
V5	53.96±1.11	B
V2	52.49±0.92	B

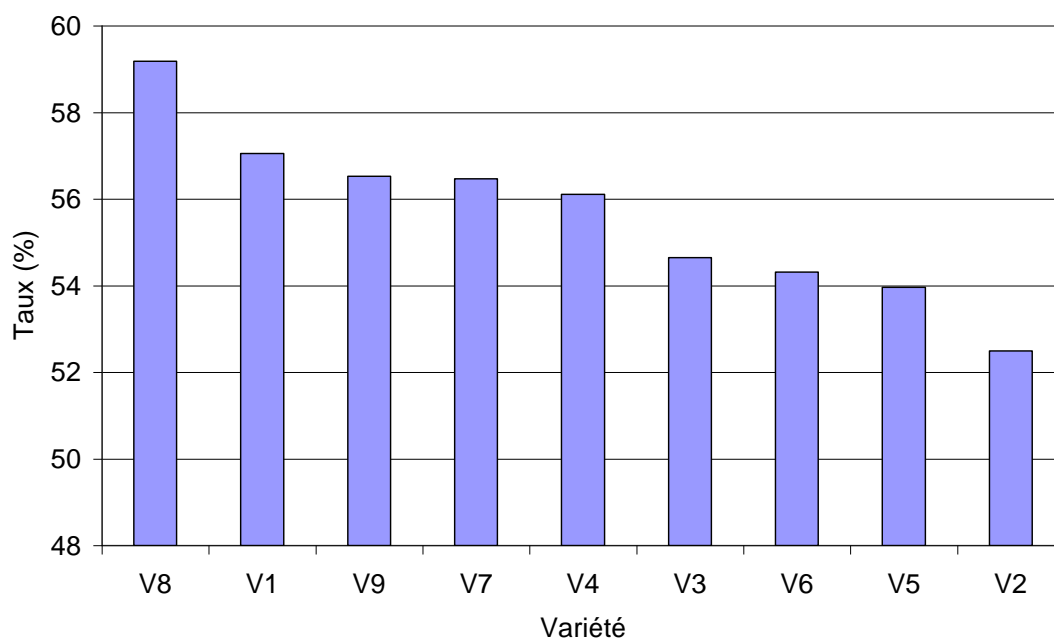


Figure 3-24: taux d'extaction

CONCLUSION

Au terme de cette étude et à travers les résultats obtenus, nous soulignons d'emblée, l'existence de plusieurs réponses des variétés aux deux environnements. Ces réponses se rapportent en général aux effets d'interaction génotype milieu, et aussi aux effets simples d'environnement, où l'on trouve certains paramètres entre autres : le rendement réel sous l'effet exclusif des conditions de milieu. Cependant, avec un niveau d'influence beaucoup moindre pour deux paramètres, à savoir le nombre d'épillets stériles par épi et le poids de mille grains liés aux effets simples : génotype et environnement. Abordant avec presque le même niveau d'influence, le taux d'extraction qui se rapporte seulement à l'aspect génétique.

Ensuite, nous avons exploité les possibilités de réponses vis-à-vis des contraintes assez variées de milieu. Ainsi, nous avons remarqué un manque de stabilité dans l'expression de la majorité des paramètres étudiés, et ce, pour toutes les variétés testées y compris les deux témoins.

Les résultats obtenus au cours de notre expérimentation, font apparaître des différences nettement significatives pour les deux sites d'étude. Ainsi nous avons constaté une adaptation spécifique pour le rendement au niveau de Oued Smar (49,17qx/ha). Contrairement au taux de protéine exprimé, celui-ci est largement élevé à Beni Slimane (17,10%) par rapport à Oued Smar (12,10%). Donc, dans ce cas de conditions (Beni Slimane) il serait très intéressant de sélectionner pour cette meilleure teneur en protéine.

Par ailleurs, cette variation importante de résultats diminue la précision de la sélection, surtout que la relation entre les valeurs phénotypiques et génotypiques est réduite.

De plus, il est important de noter que la sélection pour l'adaptation des variétés sera d'autant plus efficace que l'héritabilité des caractères est plus élevée. Cela veut dire que la variabilité phénotypique due seulement à des causes environnementales ne donne pas prise, ou rarement, à la sélection. Dans ce contexte la variance d'interaction génotype environnement qui caractérise chaque génotype sélectionné est importante à déterminer. Celle-ci, en dépit de sa forte présence et encore conjuguée à l'effet important de l'environnement, en révélant des performances significativement élevées dans le milieu de Oued Smar, on ne peut nullement recommander définitivement ces variétés spécifiquement pour ce milieu.

En revanche, une analyse interannuelle des résultats et en passant par les deux environnements, s'avèrent nécessaire pour une meilleure appréciation de la stabilité des caractères. D'autant plus qu'en Algérie, les conditions de milieu sont très variables et imprévisibles.

APPENDICE A
LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

I.T.G.C. : Institut Technique Grande Culture

mm : millimètre

°C : degré Celsius

ICARDA : International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (centre international de la recherche agricole en zone aride)

ACSAD : The Arab Center for the Studies of Arid zones and Dry land (centre arabe d'études des zones sèches)

m : mètre

g : gramme

ha : hectare

cm : centimètre

NF : norme française

PMG: Poids de Mille Grains

U : unité

ml : millilitre

CIE : Commission International d'Eclairment

BAC : Bloc Aléatoire Complet

V : variété

E : environnement

C.V : Coefficient de Variation

NP : Nombre de Plants

LP : Longueur de l'Epi

HP: Hauteur des Plants

NE: Nombre d'Epis

NET: Nombre Epillet Total

NEF : Nombre Epillet Fertile

NES : Nombre Epillet Stérile

Rdt : Rendement

NEF : Nombre Epillet Fertile

NES : Nombre Epillet Stérile

Rdt : Rendement

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Ministère de l'agriculture et du développement local « Statistique agricole superficies et productions » 2006, 10p.
2. Bouzerzour H. « Synthèse des essais menés dans le cadre du volet création variétale », Projet de la station de Sétif, 1992, 20p.
3. Blum A. « Plant breeding for stress environments» CRC Press Inc Florida, USA, 1988, 223p.
4. Ceccarelli S.; Grando S; Hamblin J. «Relation ships between barley grain yield measured in low and high yielding environments» Euphytica, 64. 1992. 49-58pp
5. Hobkins W. G. « Physiologie végétale », Ed. De Boeck et Larcier s. a. 2003, 436p.
6. Leonard M. et Stamp «Principales of fields crop production» Mc Millan publ. Co.Inc. New York, 1976.
7. Jussiaux C. « Cours d'agriculture moderne ». Ed. Maison rustique, Paris, 1980, 623p.
8. Entz M.H. et Fowler D. B. «Critical stress periods affecting productivity of no-till winter wheat in western Canada» Journal agronomique, 80 (6), 1988, pp: 987-992.
9. Campbell N. A. et REECE J. B. « Biologie » Ed. Renouveau Pédagogique inc.2004, pp : 896-897.

10. Jassim F. «Principales of regional soil survey, land evaluation and land-use planning in IRAG» Ph. D. Thesis, Fac. Of sciences, RUG, Ghent, Belgium, 1981, p510.
11. Monneveux P. et Ben Salem M. «Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en Méditerranée occidentale » Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne, Ed. INRA, 1992, pp : 83-99.
12. Soltner D. « Les grandes productions végétales. Céréales-plantes sarclées-prairies », Collection Sc, et Tech, Agricole, 17édition, 1990, 464 p.
13. Simon H., Coddaccioni P. et le Cœur X. « Produire les céréales à paille », Agriculture d'aujourd'hui scientifique et technique d'application. Ed. Tec. et Doc. Lavoisier, Paris, 1989, 333p.
14. Benseddik B., 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, 2000, pp : 45-51.
15. Doorembos A., Kassem H. « Réponses des rendements à l'eau » Bulletin d'irrigation et de drainage. Ed. F.A.O, Rome, 1979, 33 p.
16. Soltner D. « les grande productions végétales » 16 ème édition, collection sciences et techniques agricoles, Paris, 1988, 109 p.
17. Boyeldieu J. « Les cultures céréales », Nouvelle encyclopédie de connaissances agricoles, Ed. Hachette, 1981, 256 p.
18. Grandcourt C. M. et Prats J. « Les céréales », Ed. Baillière, Paris, 1971, 351p.
19. Mossedaq F. et Moughli L. « fertilisation azotée des céréales », Bulletin du transfert de technologies en agriculture, MADRPM/DERD, N°62, 1999, pp :1-4.

20. Jouve P. « adaptation des systèmes de production à l'aridité au Maroc et au Sahel », Vol.1 : Synthèse des travaux, Thèse de Doctorat, Université Paul Valéry, Montpellier III, 1993, 188 p.
21. Boulal H., Zaghouane O., El Mourid M., Rezgui S. « Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) » 2007, pp : 35-109.
22. Le Souder C. «Raisonner la fumure P et K» Cultivar, N°342, 1993, pp : 22-23.
23. Moughli L. «Phosphorus soil test calibration for wheat on maroccan soils» Phd dissertation, Colorado State University, 1991.
24. Farihane H. «Acquis de la recherche agronomique dans le domaine de la production des céréales en milieux arides et semi-arides du Maroc occidental» Ed. INRA Maroc, 1996, pp : 9-11.
25. Daly A. et Mhiri A. «Fertilisation phospho-potassique du blé dur en culture intensive en Tunisie» Cahiers d'études et de recherches francophones/ Agriculture, Vol.11, N°6, 391-7, 2002.
26. Iboukassene M. S. « Le désherbage chimique des céréales d'hiver », Rev. N°9, 1987, pp : 11-15.
27. Dubuis A. « Principales espèces de mauvaises herbes de céréales et leur écologie en Algérie » Séminaire national sur le désherbage des céréales d'hiver, Projets céréales MARA, Alger, 1973, 46p.
28. Monneveux P. « Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? » colloque AUPELF-UREF, Ed. J. Libbey, Tunis, 1990.
29. Bensalem M. Bahri H., Douimi R., Teulat-Merah B., This D. Zoumarou W., « Etude de la tolérance à la sécheresse chez les céréales, l'orge comme modèle

biologique, approche QTL » des modèles biologiques à l'amélioration des plantes, Ed. INRA, 2003, 493 p

30. El Jaafri S., El Hadrami I., Fagroud M., Paul R. et Qariani L. « Intégration des outils biotechnologies et agrophysiologie. Le blé, une plante modèle » des modèles biologiques à l'amélioration des plantes, Ed. INRA, 2003, 517 p.

31. Duthil J. « Eléments d'écologie et d'agronomie » collection d'ingénieur des techniques agricoles, Ed. Baillière, Tome 3, 1971, 656 p.

32. LEPOIVRE P. « Phytopathologie », Ed. De Boeck et Larcier s. a., Bruxelles, 2003, 259 p.

33. Bonjean A Picard E. « Les céréales à Paille. Origine, histoire, économie et sélection», Ed. Softword / ITM, 1990, 205 p.

34. TROTTEY, M. « Les résistances génétiques dans le système de protections des cultures céréalières contre les champignons, virus et nématodes » les colloques de l'INRA, 1986, pp : 65-72.

35. ABECASSIS J. « Qualité de blé dur, de la semoule et des pâtes » Industries des céréales, N°4,1991, pp : 7-11.

36. ABECASSIS J. « Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur menière et la semoulière des blés », 1993, pp :25-37.).

37. Feillet P. « le grain de blé. Composition et utilisation » Ed. INRA, Paris, 2000, 308p.

38. Godon B. « Protéines végétales » Ed. Tec. et Doc. Lavoisier, Paris, 1985, 629p.

39. Bœuf F. « le blé en Tunisie » Annuaire service botanique et agronomique, Tunis, 1932, pp : 1-454.

40. Ducellier L. « Espèces et variétés de céréales cultivées en Algérie », 1930, pp : 1-62.
41. Laumont P. et Erroux J. « Inventaire des blés durs rencontrés et cultivés en Algérie » Mémoires société, histoire, Afrique du Nord, N°5, 1961, pp : 1-96.
42. Ducellier L. « Observation sur les céréales de la région de Médéa, Berroughia », Revue Afrique du Nord, Alger, 1921.
43. Ministère de l'agriculture « Liste provisoire des variétés de céréales autogames autorisées à la production et à la commercialisation », Arrêté ministériel, 02 Octobre, 2006.
44. BENSMAIA, Z. « La gamme variétale de blés durs et de blés tendres », Séminaire régional sur la production de semences, OAIC/DSAP, Batna, 1998.
45. Le CNCC (Centre National de Contrôle et de Certification) « Les variétés de céréales autorisées à la production et à la commercialisation » J. O., 1998, p 66.
46. Abdelguerfi A. et Laouar M. « Les ressources génétiques des blés en Algérie Passé, présent et avenir », Symposium Blé 2000 : enjeux et stratégies/ Alger, 2000, 137 p.
47. Hakimi M. « Contribution des méthodes traditionnelles à la conservation, à l'amélioration et à la gestion des ressources phylogénétiques », Annale de l'institut national d'Agronomie, El Harrach, 12 (1), 1988, pp : 36-42.
48. Benbelkacem A. « La recherché variétale sur les blés en Algérie », Revue céréaliculture N° 26, 1993, pp : 3-8.
49. Bamoun A. « Mutagenèse, technique et perspectives » Séminaire régional sur la recherche, Tiaret, 1991.
50. Laberche J. C. « Biologie Végétale », Ed. Dunod, Paris, 2004, 234 p.

51. Hartl D. L. et Jones E. W. « Génétique les grands principes », 3^{ème} Ed. Dunod, Paris, 2003, 609 p.
52. Gallais A. « Théorie de la sélection en amélioration des végétaux », Ed. Masson, Paris, 1990, 575 p.
53. Gallais A., Bracant Ph. Verrier E. « Cours de génétique quantitative » Institut National Agronomique Paris-Grignon, 2001, pp : 30-37.
54. Lévêque C. «Ecologie de l'écosystème à la biosphère», Ed. Dunod, Paris, 2001, pp : 308-309.
55. Griffiths A. J. F., Miller J. H., Suzuki D. T., Lewontin R. C., Gelbart W. M. «Introduction à l'analyse génétique», 3^{ème} Ed. De Boeck Université s.a., Paris, 2002, 860 p.
56. Finay K. W. et Wilkinson G. H. «The analysis of adaptation in a plant breeding programme» Aust. J. Agric. Res., 14, 1963, pp: 742-754.
57. Eberhart S.A. et Russell W.A. « Stability parameters for comparing varieties» Crop Sci.6, 1966, pp: 36-40.
58. Rosielle A.A. et Hamblin J. « theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments », Crop Sc. 21, 1981, pp: 943-946.
59. Monneveux P., This D. et Belhassen E. « Amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse » In Riou C., Bonhomme R., Chassin P., Neveu A et Papy F. L'eau dans l'espace rural production végétale et qualité de l'eau, Ed. INRA, Paris, 1997, 411p.
60. Nachit M., Nachit G., Keteta H., Gauch H.G. et Zobel R.W., « Use of AMMI and linear regression models to analyze genotype-environment interaction in durum wheat» Theor. Appl. Genet., 83, 1992, pp: 597-601.

61. Mellah, A. » Contribution à la cartographie des sols dans la plaine de Beni Slimane, étude de la relation sol érosion » Mém. d'Ing. INA El Harrach, 1994.
62. Boufenar, Zaghouane F. et Zaghouane O. « Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine) » Ed. I.T.G.C., 2006, pp : 16-57.
63. Afnor « Recueil des normes françaises : céréales, produits à base de céréales, couscous, spécifications, 1991, p10.
64. Gate Ph. « écophysiologie du blé », Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1995, 429 p.
65. Sivertsen T.H., Nejedlik P., Oger R. et Sigvald R. «The phenology of crops and the development of pests and diseases», Rapport 1/99, EC-Foundation COST 711, 1999, 92 p.
66. Porter J. R. et Gawith M. « Temperatures and growth and development of wheat», Revue, Eur. J. Agronomy, N°10, 1999, pp: 23-36.
67. Mouret J. C., Conesa A. P., Bouchier A., Gaid M. et Ould Said O. «Identification des facteurs de variabilité du rendement du blé dur en conditions hydriques limitantes dans la région de Sidi Bel Abbès (Algérie)» Physiology-breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments, Montpellier, Ed. INRA, 1991, pp : 35-47.
68. Meziani L., Bamoun A., Hamou M., Brinis L. et Monneveux P. « Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans les zones agroclimatiques de l'Algérie » In Monneveux et Ben Salem, tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne, diversité génétique et amélioration variétales Montpellier, Ed. INRA, 1993, pp : 191-203.
69. Jonard P. « Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre », Annale, Amélioration des plantes, N°14, 1964, pp : 101-130.

70. Baylan H. et Singh O. « pleiotropic effects of GA-insensitive RHT genes on grain yield and its components characters in wheat Cereal» Res. Comm. 22 (3), 1994, pp: 195-200.

71. Siddique K.H.M., Belford R.K., et Tennant D. « Growth development and light interception of old and modern wheat varieties in Mediterranean environment » Aust, J, Agri, Res, N° 40, 1989, pp: 473-487.

72. Dakheel A. J., Nadji I., Mahalazkshmi V. et Peacock J. M. « Morphophysiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments » Aspects of Applied Biology, N°34, 1995, pp: 297-307.

73. Mekliche H. L. «Etude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie » Mémoire Magistère, I.N.A. El Harrach, 1983, 150p.

74. Bensalem M. « Etude comparative de l'adaptation à la sécheresse du blé, de l'orge et du triticale » In Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale, Ed, INRA, Paris, Les colloques 64, 1992, pp : 275-297.

75. Bagga A. K., Ruwal K. N. et Asana R. D. « Comparaison of reponses of some Indian and semi-dwarf Mexican wheats to unirrigated cultivation» Journal Indien Science Agricole , N° 40, 1970, pp: 421-427.

76. Dib A. T., Monneveux P. et Araus J. L. « Breeding durum wheat for drought tolerance » Analytical, Synthetical, approach and their connections. In Panayotov I. And Pavlova S. (Ed.) Proceedings of international symposium wheat breeding: Prospects and future approaches, Agricultural Academy Bulgaria Albena June 4-8, 1990, pp: 224-240.

77. Bouzerzour H. « Grain yield response of durum wheat to diverse environments in Algeria » Rachis, 1991, pp: 7-8.

78. Benbelkacem A. et Kellou K. «Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés», Actes du premier symposium international sur la filière blé, Algérie enjeux et stratégies, 2000, pp : 123-131.

79. Zair M. « L'irrigation d'appoint et la fertilisation azotée du blé dur » Revue, Céréaliculture, N° 24, 1994, pp : 1-7.

80. Jaradat A. A. « Phenotypic divergence for morphological and yield related traits among from Jordan» Revue, Emphytica, N° 52, 1986, 20p.

81. Gate PH. Knott D.R. et Baker R. J. «Pour les cereals à paille à chaque variété son époque de semis » Perspectives agricoles, N° 148, 1990, pp: 20-27.

82. Debeake P., Puech J. et Casals M.L. « Elaboration du rendement de blé d'hiver en condition de déficit hydrique » I. Etude en Lysimètre. Agronomie N°16, 1996 pp: 3-23.

83. Bingham J. «Varietal response in wheat to water supply in the field and male sterility caused by a period of drought in a glasshouse experiment» Annale de l'application biologique N° 57, 1966, pp: 365-377.

84. Ouhajou L. «Efficience d'utilisation de l'eau et stabilité des rendements des céréales » Mémoire 3^{ème} cycle IAV, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 1991.

85. Grignac P. J. « Relation between yield, yield components and some morphological characters» Symposium sur génétique et amélioration du blé dur, Bari, 1973, pp: 275-284.

86. Fischer R. A. et Mourer R. « Drought resistance in spring wheat cultivars grain yield response» Aust. J. Agric. Res. 29, 1978, pp: 697-912.

87. Triboi E., Planchon J. et Magne J. « Déterminisme du poids moyen du grain chez le grain du blé. Effet sur la variation du rendement » CR Acad. Agri de France, N° 71, 1985, pp : 871-886.
88. Bahlouli F., Bouzerzour H. et Benmahammed A. «Contribution des hydrates de carbone de la tige au rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf) sous climat méditerranéen» Actes du séminaire international sur l'amélioration des productions végétales, Institut National d'Agronomie, El Harrach, 2005, 46p.
89. Garcia del Moral M. B. Jimenez Tejada M.P., Garcia del Moral L. F., Ramos J. M., Roca de Togores F. et Molina-Cano J. L. «Apex and ear development in relation to the number of grains on the main stem ears in spring barley (*Hordeum distichon* L.) » J. Agri. Sc. Camb. N° 117, 1991, pp: 39-45.
90. Acevedo E., Craufurd P. Q., Austin R. B. et Perez- Marco P. « Traits associated with high yield in barley in low- rainfall environments» J. Agri. Sc. Camb. N° 116, 1991, pp: 23-36.
91. Steduto P., Alvino A., Magliulo V. et Sisto L. « Analysis of the physiological and reproductive responses of five wheat varieties under rainfed and irrigated conditions in southern Italy» In Drought resistance in plants: Physiological and genetic aspects, EEC Mtg, Amalfi, 1986, pp: 131-149.
92. Gate PH. Bouthier A., et Monnier J. L. « La tolérance des variétés à la sécheresse : une réalité à valorisée » Perspectives Agricoles, N° 148, 1992, pp : 62-67.
93. Erchidi A. E., Benbella M. et Talouizte A. «Croissance du grain chez neuf cultivars du blé dur » In Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N. et Araus J. L, L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne : nouveaux défis Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, N° 40, Zaragoza, 2000, pp, 137-140.
94. Jonard P. et Koller J. «Les facteurs de la productivité chez le blé » Annale d'amélioration des plantes, N°2, 1950, pp : 256-276.

95. Acevedo E. et Ceccarelli S. « Role of physiologist breeder in a breeding program for drought tolerance conditions » In Drought resistance in cereals. FWG, Ed. Baker, CAB International, 1989, 117-139.
96. Jouve P. et Daoudi A. « Effets de la position du cycle cultural sur l'élaboration du rendement du blé tendre et de l'orge en zones semi-arides et arides marocaines » Agronomie N° 39 (3), 1984, pp : 216-228.
97. Grignac P. « Rendement et composantes du rendement dans l'environnement méditerranéen français » Communication présentée au séminaire AGRIMED de Bari, Italie, 1981, pp : 185-195.
98. Nachit M. M., Picard E., Monneveux P., Labhilili M., Baum M. et Rivoal R. « Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen » Cahiers agricoles, N° 7, 1998, pp : 510-515.
99. Kerrou M. « Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au Maroc » In Royo C., Nachit M.M., Di Fonzone N. et Araus J. L., L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne : nouveaux défis Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, N° 40, Zaragoza, 2000, 560p.
100. El Mourid M., Lamine M., Boutfirass M. et Farihane H. « Simulation de l'effet de l'irrigation d'appoint sur la productivité du blé tendre dans les régions semi-arides du Maroc » In International conference on supplementary irrigation and drought water management, Bari (Italie), Vol.1, 1992, pp : 11-14.
101. Houliaropoulos E., Abecassis J. et Autran J. C. « Produits de mouture du blé dur : coloration et caractéristiques culinaires » Industrie des céréales N°120, 1981.
102. Feillet P. « Les bases biochimiques de la qualité culinaire des pâtes alimentaires » Sciences des aliments, 4, 1986, pp : 551-566.

103. Demarchi F. « La qualité des blés durs et des pâtes alimentaires » Séminaires européen COMETT, Montpellier, 1994.
104. Laignelet B., Kobrehel K. et Feillet P. «Le problème de la coloration des pâtes alimentaires » Industrie des aliments agricoles, 4, 1972, pp : 418-425.
105. Cauderon A. « Rôle de la recherche agronomique dans l'évolution de la céréaliculture en France » In Les céréales à pailles, Ed. Tec. et Doc-Lavoisier, Paris, 1982, pp : 54-62.
106. Matveef M. « Les matières minérales des semoules, critères de leur pureté » Bulletin E.N.S.M.I.C. 196, 1963, pp : 187-193.
107. Dubois M. « Les farines-Caractéristiques des farines et pâtes » In Industries des céréales, Revue, N°97, 1996, 19p.
108. Lampereur I, Chaurand M, Abecassis G. et Autran J. C. « Valeur semoulières des blés durs (*Triticum durum* Desf) : influence de la taille des grains » Industrie des céréales, N° 104, 1997, pp : 13-20.
109. Boy E. et Braun P. « Qualité du blé dur et technique culturales » Recueil des communications du Forum Optimum blé dur ABDD-ITCF, 1987, pp : 34-42.
110. Cubadda R., Carcea M. et Pasqui L. A. « Suitability of the gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat and semolina » Cereal food world, 1992, pp: 37-12.
111. Laignelet B. « Etude de certains facteurs biochimiques communs à la coloration et à la qualité culinaire des pâtes alimentaires du blé dur, 1979.
112. Matveef M. « Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires » Bulletin E.F.M. N°213, 1966, pp : 133-138.

113. Boggini G. et Pogna N. E. « The bread making quality and storage protein composition of Italian durum wheat» journal scientifique des céréales, N°9, 1989, 131p.
114. Feillet P. « Interaction between proteins, starch and lipids » Sciences des aliments, N°4, 1994, 560p.
115. Bazzaz F. et Sombroek W. « Changement du climat et production agricole» Ed. Europe Media Duplication S.A., Paris, 1997, 406p.
116. BHULLAR S. S. et JENNER C. F. « Effects of a brief episode of elevated temperature on grain filling in wheat ears cultured on solution of sucrose» Journal australien de la physiologie des plantes N°5, 1986, pp: 51-72.
117. Jenner C. F. « Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. II. Carry over effects» Journal australien de la physiologie des plantes N°18, 1991 pp : 179-190.
118. Hawker J. S. et Jenner C. F. « High temperature effects on the activity of enzymes in the committed pathway of starch synthesis in developing wheat endosperm » Journal australien de la physiologie des plantes N°20, 1993, pp: 197-200.
119. Bhullar S. S. et Jenner C.F. « Differential responses to high temperature of starch and nitrogen accumulation in the grain of four cultivars of wheat» Journal australien de la physiologie des plantes N°12, 1985, pp: 313-325.
120. Branlard G., Dardevet M., Gateau I., Marcoz C. et Martini B. « Bases génétiques de la qualité des blés de demain » Industries des céréales, N° 114, 1999, 5p.

121. Mousa E.I., Ibrahim R. H., Shuey W.C. et Maneval R. D. « Influence of wheat classes, flour extraction and baking methods of egyptian balady bread» Cereal Chem.56, N°6, 1979, pp: 499-607.