

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES ET VETERINAIRES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE MAGISTER

SPECIALITE : AMELIORATION DES PRODUCTIONS VEGETALES

ETUDE PHENOLOGIQUE ET SELECTION DE QUELQUES VARIETES DU BLE
DUR INTRODUITES ET CULTIVEES DANS PLUSIEURS ENVIRONNEMENTS

PRESENTE PAR :

Boubekeur AIT SALAH

devant le jury composé de :

L. ZELLA	Maître de conférence, USD. Blida	Président
A ACHOUCH	Maître de conférence, USD. Blida	Examineur
S.A. SNOUSSI	Maître de conférence, USD. Blida	Examineur
F.Z. BENREBIHA.	Maître de conférence, USD. Blida	Examineur
M.S. ABDUL HUSSEIN	Chargé de cours, USD. Blida	Examineur
M. BENMOUSSA	Maître de conférence, USD. Blida	Promoteur

BLIDA. 06 JUILLET 2005

RESUME

Le parcours de la plante est conditionné par des facteurs du milieu. En Algérie, la sécheresse, le froid et les fortes chaleurs sont souvent présents à travers les différentes zones céréalières du pays. Ces contraintes de production aggravent la déperdition du rendement. Un travail de sélection a été mené sur 13 variétés de blé dur, dont 11 sont introduites de l'Italie, par l'institut technique des grandes cultures. Cette sélection a été basée sur un testage au niveau de deux zones agro-climatiques différentes; Oued Smar (sub-humide) et Khemis Miliana (semi-aride) et sur la base de rendement et de ces caractères qui lui sont associés (poids de mille grains, nombre d'épis par mètre carré...). Les résultats obtenus confirment que les génotypes répondent différemment aux variations du milieu. L'expression des caractères étudiés se rapportent à trois aspects; environnementale, génotypique et interaction génotype-environnement

Mots clés : Sélection, variétés, blé dur, environnement, interaction.

SUMMARY

The different stage of the plant is conditioned by factors of the environment. In Algeria, the drought, the cold and high temperatures are often present in the cereal of the country. These constraints lowered the yield. A selection program was undertaken on 13 varieties of durum wheat, of which 11 are introduced from Italy, by the technical institute of field crops. This selection was to test these varieties under two different environments, Oued Smar (South-Wet) and Khemis Miliana (semi-arid), based on yield and its component and on the basis of output and these characters which are associated for him (weights of thousand kernels, number ears by measures square...). The results obtained confirm that the genotype responds differently to the environment. The expressions of the studied characters are related to three aspects, environment, genotype and G X E interaction effects.

Keys words: Selection, varieties, durum wheat, environment, interaction.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer particulièrement mes profonds remerciements et mon entière reconnaissance à monsieur le professeur Benmoussa. M, maître de conférence de l'université de Blida. Vous avez bien voulu être le rapporteur de ce travail. Votre sens de travail bien fait sera le plus vivant souvenir que je garderai de vous. Profonde gratitude et hommage respectueux.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à monsieur le professeur Zella. L, maître de conférence de l'université de Blida, qui a bien voulu accepter de présider le jury chargé d'examiner ce travail.

A monsieur le professeur Achouch.A, maître de conférence de l'université de Blida, je ne saurai vous remercier assez pour votre aide, vos conseils et encouragements. Vous me faite beaucoup d'honneur en venant juger ce travail

Qu'il me soit également permis d'adresser mes vifs remerciements à Monsieur Snoussi.S.A, madame Abdul Hussein M.S et Madame Benrebiha. F.Z pour avoir accepter d'examiner ce travail. Pour vos grandes compétences, vous me faite beaucoup d'honneur en venant juger ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les travailleurs de l'ITGC de Oued Smar et Khemis Miliana et le responsable du laboratoire de zootechnie de l'institut d'agronomie de Blida.

Ait Salah.

TABLE DE MATIERES

RESUME	
REMERCIEMENTS	
TABLE DE MATIERES	
LISTES DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES ET TABLEAUX	
LISTE DES ABREVIATIONS	
INTRODUCTION	10
1. DONNEES SUCCINTES SUR LE BLE DUR	13
1.1. Classification botanique	13
1.2. Origine de l'espèce blé dur	14
1.3. Caractères morphologiques	16
1.4. Caractères physiologiques	20
1.5. Exigences du blé	23
1.6. Accidents de végétation	25
2. SELECTION DU BLE	28
2.1. Méthodes de sélection appliquées au blé	28
2.2. Sélection conservatrice	30
2.3. Critères de sélection	30
3. INTERACTION GENOTYPE ET ENVIRONNEMENT	39
3.1. Notion	39
3.2. Interaction génotype-milieu	40
3.3. Les bases génétiques d'une interaction génotype-milieu	41
3.4. L'adaptation	42
3.5. Les modèles d'analyse de l'interaction	42
4. AMELIORATION DU BLE	43
4.1. La création variétale	43
4.1.1. Hybridation	44
4.1.2. Mutagenèse	45
4.1.3. Le génie génétique	46
4.1.4. les biotechnologies et la création variétale	48
4.1.5. L'haplodiploïsation	48
5-MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES	51
5.1. But de travail	
5.1.5.2. Etude de milieu d'expérimentation	51
5.3 Protocole expérimental	57
5.4. Conduite de l'essai	61
5.5. Méthodes d'étude	63

6- RESULTATS ET DISCUSSION	68
6.1. Mesure de la précocité	68
6.2. Etude des variables liées à la culture	69
CONCLUSION	99
ANNEXES	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1. Structure d'un épi de blé	17
Figure 2.1. Les composantes de rendement	65
Figure 3.1. Nombre de plant par mètre carré	71
Figure 3.2. Nombre de talles par plant	74
Figure 3.3. Longueur de l'épi (cm)	76
Figure 3.3. Hauteur des plants	78
Figure 3.4.. Nombre d'épis par mètre carré	81
Figure 3.5. Nombre d'épillets total par épis	83
Figure 3.6. Nombre d'épillets fertiles par épi	85
Figure 3.7. Nombre de grain par épi	87
Figure 3.8. Poids de mille grains	90
Figure 3.9. Rendement théorique	92
Figure 3.10. Rendement réel	95
Figure 3.11. Taux de mitadinage	97
Figure 3.12. Le taux d azote dans les grains	98
Tableau 1.1. Quelques caractéristiques globales de grain de blé	19
Tableau 2.1. Précipitations de la campagne 2003/2004 à Oued Smar	52
Tableau 2.2. Précipitations de la campagne 2003/2004 à Khemis Miliana	54
Tableau 2.3. Températures de la campagne 2003/2004 et de la période 1975/1984 à Oued Smar	56
Tableau 2.4. Températures moyennes de la campagne 2003/2004 à Khemis Miliana	57
Tableau 2.5. Origine des variétés testées	58
Tableau 2.6. La faculté germinative des variétés testées en pourcentage	58
Tableau 3.1. Les jours de précocité	69
Tableau 3.2. Nombre de plant par mètre carré	70

Tableau 3.3. Nombre de talles par plant	73
Tableau 3.4. Longueur de l'épi (cm)	75
Tableau 3.5. Hauteur des plants	77
Tableau 3.6. Nombre d'épis par mètre carré	80
Tableau 3.7. Nombre d'épillets total par épis	82
Tableau 3.8. Nombre d'épillets fertiles par épis	84
Tableau 3.9. Nombre de grain par épis	86
Tableau 3.10. Poids de mille grains	88
Tableau 3.11. Rendement théorique	91
Tableau 3.12. Rendement réel	93
Tableau 3.13. Moyennes caractéristiques du rendement en grain	94
Tableau 3.14. Taux de mitadinage	96
Tableau 3.15. Le taux d azote dans les grains	99

LISTE DES ABEVIATIONS

ADN : Acide Désoxyribonucléique
BAC : Bloc Aléatoire Complet
BYDV : Barley Yellow Dwarth Virus
CV : Coefficient de variation
°C : Degrés celsius
cm : Centimètre
C.E.E : Communauté d'Union Européenne
E.T : Ecart Type
E : Environnement
FG : Faculté Germinative
 γ : Gamma
g : Gramme
ha : Hectare
HP : Hauteur des plants
ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures
j : jours
Kg : Kilogramme
KH : Khemis Miliana
LP : Longueur de l'épi
mg : Milligramme
mm : Millimètre
ml : Millilitre
MTD : Mitadinage
NTP : Nombre de talles par plant
NEM : Nombre d'épi par mètre carré
NETE : Nombre d'épis total par épi
NEFE : Nombre d'épis fertiles par épi

NGE : Nombre de grain par épi
NPMC : Nombre de plant par mètre carré
O.S : Oued Smar
Prob : Probabilité
pH : potentiel Hydrogène
PPDS : Plus Petite Différence Significative
PMG : Poids de Mille Grains
% : Pourcentage
% N : Taux d'azote
Qx/ha : Quintaux par hectare
RR : Rendement réel
RT : Rendement théorique
T : Triticum
URSS : Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Var : Variété

INTRODUCTION

Une bonne partie de l'activité agricole d'un pays est concernée par la culture des principales plantes alimentaires qui fournissent l'essentiel de la nourriture aux populations locales. Habituellement, il s'agit de la culture des céréales.

Selon LAMY [1], le blé, le riz, le maïs, la pomme de terre, l'orge et le manioc, dans l'ordre décroissant de production sont les espèces qui assurent à elles seules l'approvisionnement agro-alimentaire de la population mondiale.

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La Chine est devenue le premier producteur mondiale devant l'union européenne, les pays de l'ex URSS, les Etats unis et l'Inde. Le rendement annuel moyen des 270 millions d'hectare cultivés atteint 22 quintaux, chiffres qui témoignent des progrès remarquables enregistrés dans le monde au cours des trois dernières décennies. Les quantités produites par le blé dur sont bien inférieures à celles de blé tendre. Le premier producteur mondial est l'union européenne, suivi par le Canada et les Etats-Unis [2].

Selon OZENDA [3], 7 millions des surfaces cultivées des céréales dans le monde, le blé occupe un tiers.

En Algérie la culture des céréales est essentiellement le blé, qui a été, et restera vraisemblablement pendant longtemps encore la spéculation prédominante. Les aliments à base de blé dur font partie d'une tradition culturelle bien ancrée.

L'indisponibilité ou l'insuffisance de ces produits de base provoque des pressions au niveau des marchés internationaux. Dans certains pays notamment en Afrique, celles-ci sont aggravées par la démographie d'une part et la stagnation de la production

d'autre part. Les pays du tiers monde font face à des déséquilibres chroniques quant à la satisfaction de leurs besoins alimentaires.

Selon le ministère de l'agriculture[4], notre pays forme l'un des plus grands marchés d'importation de blé dur dans le monde. Cette culture représente plus de 40% des importations totales de blé, la production moyenne en 2003 est évaluée à 18 millions de quintaux, elle représente une hausse par rapport à la campagne 2001/2002. En dépit de ces chiffres, les algériens continuent d'acheter chaque année la moitié des réserves mondiales de blé dur.

Donc le problème posé est de savoir quelle est l'origine des fluctuations et de la faiblesse des rendements. Les agressions physicochimiques, telles que des vents violents, des régimes de sécheresse extrêmes ou l'inondation soudaine des sols, des variations importantes de températures et d'éclairement, la présence de molécules toxiques pour le développement, ou simplement l'insuffisance de tel ou tel élément nutritif nécessaire au développement apportent une partie de la réponse. Outre ces contraintes de production qui sont abiotiques, le faible niveau de mécanisation, la sous-utilisation des produits chimiques et des engrais, l'utilisation non rationnelle des terres, la faiblesse des systèmes de cultures ainsi que l'attachement des agriculteurs algériens aux variétés locales, malgré de nombreuses tentatives d'introduction de variétés productives sont tous des facteurs qui contribuent à la déperdition du rendement.

Les faibles rendements enregistrés chaque année sont la conséquence de trois principales contraintes qu'on peut résumer comme suit :

- La grande partie de la superficie réservée à la culture de blé est située dans la zone des hauts plateaux et les plaines intérieures qui se situent dans l'aire semi-aride. Ces zones sont caractérisées par des conditions climatiques sévères où l'eau constitue le principal facteur limitant, les gelées tardives surviennent fréquemment pendant la floraison des céréales, influençant considérablement la fertilité de l'épi et enfin les hautes températures marquent souvent l'échaudage des grains.

- Des techniques culturales mal maîtrisées.

- Un choix du matériel végétal peu ou mal adapté aux conditions d'environnement locales.

Compte tenu de la sévérité des contraintes climatiques et des autres facteurs limitants, l'augmentation des rendements et la limitation de leur variabilité ainsi que l'adéquation aux exigences de la qualité technologique ne peuvent être atteints qu'en améliorant simultanément les itinéraires techniques et la création de variétés présentant une meilleure souplesse d'adaptation.

Dans cette optique et dans le cadre du projet de recherche appliquée sur le blé dur du projet de coopération algéro-italien (IAO), un travail de recherche a été initié au niveau de l'institut technique des grandes cultures visant à sélectionner des variétés qui présentent l'optimum d'adaptation aux deux environnements. Il s'agit de Oued Smar (étage bioclimatique sub-humide) et Khemis Miliana (étage bioclimatique semi-aride)

CHAPITRE 1

DONNEES SUCCINCTES SUR LE BLE DUR

1.1.Classification botanique

Le blé est un monocotylédon qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*.

Les monocotylédones appartiennent aux groupes des angiospermes (plantes à fleurs). Les monocots sont appelées ainsi parce qu'elles n'ont qu'un seul cotylédon embryonnaire [5]. Les angiospermes ont fait preuve, au cours de leur évolution, d'une grande capacité d'amélioration et d'intégration vis-à-vis du milieu. Leur plasticité écologique leur permet de répondre aux modifications de l'environnement [6].

La famille des Graminées, Poacées (du genre *Poa*, Paturin) est une des principales du règne végétale, non seulement du fait de son importance numérique 500 genres, 8 000 espèces mais aussi et surtout, en raison de la place qu'elle occupe dans la biosphère et dans l'agriculture [3].

Selon GUIGNARD [7], la famille des Poacées est composée de 7 000 espèces, elle occupe une place à part par son ubiquité, sa répartition, et son intérêt humain, historique comme économique.

D'après la classification proposée par DAHLGREEN et CLIFFORD (1985) cités par BONJEAN et PICARD [8], les céréales à pailles sont des monocotylédones qui appartiennent toutes au super ordre comméniflorales. Cet ensemble comprend quatre ordres : Commélinales, Cypérales, Hédalétales et Poales. Les Poales comportant sept familles dont celle des graminées (*Graminaceae*) regroupent environ dix mille espèces pour 750 genres et sont cosmopolites.

Selon GRIGNAC cité par BONJEAN et PICARD [8], *Triticum durum* se subdivise en trois sous espèces : *Mediterraneum*, *Syriacum* et *Europium*, correspondant chacun à un centre de diversification déterminé : (Afrique du Nord, Moyen Orient et Sud de l'ex-URSS).

1.2. Origine de l'espèce blé dur

1.2.1. Origine génétique

Selon GABOCHE et al [9] le blé est domestiqué par l'homme sous forme amphidiploïdes ; c'est-à-dire par addition de génomes différents.

Il existe trois groupes de blé selon leur nombre de chromosomes :

- Le groupe diploïde ($2n=14$), ou groupe de *Triticum monococcum*.
- Le groupe tétraploïde ($2n=28$), ou groupe de *Triticum dicoccum* dans lequel on trouve *Triticum durum*. (blé dur).
- Le groupe hexaploïde ($2n=42$), ou groupe de *Triticum sativum*.

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Il est acquis que le génome A provient de *Triticum monococcum*, le génome B d'un *Aegilops* (*bicornis*, *speltoïdes longissima* ou *searsii*) et le génome D d'*Aegilops squarosa* [2].

Le blé dur, si l'on croit les cytogénéticiens, admet trois espèces ancêtres : *T.monococcum*, *T.searsii* et *T.tauschii*. La première a du être cultivée dans l'antiquité ; les deux autres sont seulement spontanées. Tous trois ont sept chromosomes haploïdes et tous trois forment facilement des hybrides entre eux ; toutefois, ces hybrides qui ont bien 14 chromosomes ne s'apparient pas à la méiose, ce qui a fait désigner chacun des trois groupes de sept chromosomes par des lettres différentes A, B et D [10].

Le passage des formes sauvages aux formes cultivées consiste en une diminution considérable de l'égrenage spontané à maturité. Les formes cultivées les plus primitives (*Triticum monococcum*, *T.dicoccum*, *T spelta*) ont le rachis de l'épi qui se désarticule au battage, et des grains vêtus, les formes les plus évoluées ont un rachis qui reste entier et des grains nus [11].

Selon GRIGNAC [12], PREVOST [13] et FEUILLET [2], l'origine hybride des tétraploïdes dont le blé dur (*T.durum*) ; ceux-ci proviendraient du croisement suivi du doublement des chromosomes entre *T.monococcum* apportant le génome A et *Aegilopes speltaoides* apportant le génome B, une telle hybridation aurait donné naissance à *T.dicoccum* et *T.durum* (blé dur).

Les blés tétraploïdes AA BB et hexaploïdes AA BB DD sont facilement hybridables entre eux à l'intérieur de chaque catégorie, et ne diffèrent en fait que par quelques gènes ou loci complexes majeurs [11].

1.2. Origine géographique

Le blé est l'une des plus anciennes plantes cultivées. Il est originaire du Moyen-Orient, où des formes sauvages sont encore connues ; leur vigueur est faible, les grains sont adhérents à leurs enveloppes et l'axe de l'épi est fragile à maturité [3].

Selon HEBERLE BORS [14], le blé est apparu en Asie mineure, dans la civilisation Sumérienne.

T.monococcum et *T.dicoccum* sont cultivées en Europe : le premier depuis l'époque des cités lacustre et l'autre depuis l'âge de pierre. Tout deux sont aujourd'hui en voie de disparition[15].

D'après VAVILOV, cité par AURIAU [16], et MOULE [17], les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* auraient trois centres d'origine distincts :

- Groupe des diploïdes ayant comme centre d'origine le foyer syrien et le Nord palestinienne.
- Groupe des tétraploïdes, dont le centre d'origine est l'Abyssine (ancien nom de l'Ethiopie).
- de Groupe des hexaploïdes, dont le centre d'origine est le foyer Afghano-Indien.

L'Algérie se trouve à proximité de ce centre primaire d'origine, la diversification et le polymorphisme considérables l'espèce blé dur dans nos régions incitant VAVILOV à considérer l'Afrique du Nord comme centre secondaire et de diversification de blé dur.

Selon GRIGNAC [12], le Moyen-Orient est le centre géographique d'origine où l'on retrouvait de nombreuses formes de blé dur et où coexistaient les deux formes parentales.

1.3.Caractères morphologiques

1.3.1. Appareil végétatif

Le blé est une plante herbacée annuelle. Son système aérien est constitué d'un certain nombre d'unités biologiques ou talles. Les talles sont ordinairement nombreuses, naissant d'une zone située à la base de la plante (le plateau de tallage). Chaque talle après complet développement de la plante est formé d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence. La tige est formée d'entre nœuds qui s'allonge considérablement à la montaison et porte 7 à 8 feuilles rubanées, engainantes, à nervures parallèles. Ces feuilles sont formées de deux parties dont l'une inférieure enveloppe l'entre-nœud correspondant, la gaine et l'autre supérieure, le limbe. La gaine est un fourreau cylindrique entourant la tige sur une certaine longueur ; elle est fondue en long du côté opposé au limbe. Celui-ci est étroit et allongé en ruban.

- Système racinaire : Il est formé par la succession de deux parties de racines : Un système de racines primaires ou séminales, fonctionnel de la levée au début du tallage et un système de racines secondaires ou de tallage apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Le système de racines primaires ou séminales est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit cinq racines ; éventuellement il se développe une sixième racine à partir de l'épiblaste. Les racines secondaires ou de tallage (coronales) sont de type fasciculé et se substituent progressivement au système de racines primaires.

1.3.2. Appareil floral

Il est formé par une inflorescence en épi (figure 1-1) dont l'unité morphologique de base est l'épillet. Le rachis ou axe de l'épi porte alternativement à droite et à gauche un épillet dont le nombre sera fonction de la variété et des conditions de culture.

L'épillet (figure 1) est une petite grappe de 1 à 5 fleurs enveloppées de leurs deux glumelles. Elles sont incluses dans deux bractées ou glumes. Les fleurs sont attachées sur le rachillet, chacune comprenant :

- Trois étamines à anthères en forme de X.
- Un ovaire formé d'un seul carpelle d'allure ovoïde, renfermant un seul ovule et nanti au sommet d'une paire de stigmates plumeux en position divergente.
- A la base de l'ovaire deux parties d'écailles, les glumelles. En se gonflant, celles-ci font entrouvrir les glumelles à la floraison.

Le nombre de fleurs fertiles par épillets est de deux à quatre.

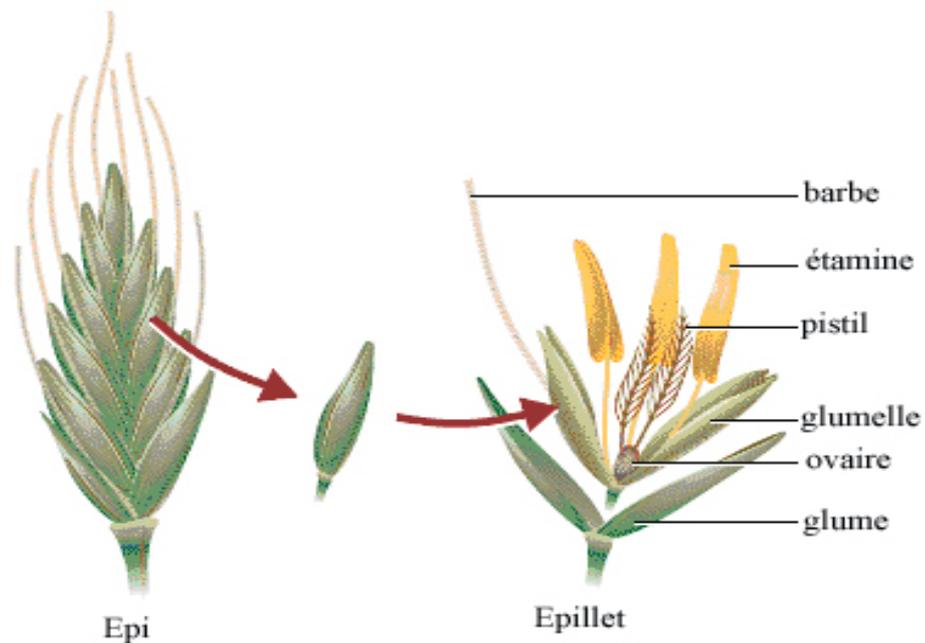


Figure 1.1: Structure d'un épi de blé

1.3.3. Grain

Comme chez la plupart des graminées, le blé possède un grain botaniquement défini comme étant un caryopse, c'est un fruit sec indéhiscent où les téguments de la graine se sont soudés à la paroi de l'ovaire [17].

Le caryopse de blé est nu, de couleur allant du blanc au roux ; spécifiquement, le grain de blé dur normal présente une couleur jaune-ambree et une texture vitreuse recherchée par le transformateur pour la production de semoule ; il existe une exception relative aux grains de blé dur mitadinés qui présentent des plages farineuses, blanchâtres plus ou moins étendues. Il est à souligner cependant qu'on rencontre des variétés de blé tendre dites « de force » dont la couleur et la texture rappelant celle de blé dur. Outre la couleur et la texture, le grain de blé dur diffère de celui de blé tendre par le poids : le grain de blé dur pèse 45 à 60 mg ; il est de forme subtriangulaire. Celui de blé tendre est de 30 à 60 mg, de forme ovoïde, avec l'extrémité distale velue (brosse).

Selon GODON et WILLM [18], la taille de grain de blé est la suivante : longueur moyenne 6,5 mm, largeur moyenne 2,9 mm, épaisseur 3,5 mm, masse moyenne 45 mg (tableau 1).

La coupe de grain du blé fait apparaître sa structure anatomique. Cette structure comprend trois parties qui sont de l'extérieur vers l'intérieur :

- Les enveloppes, présentant 14 à 15% du poids de grain, comprenant :
 - Le péricarpe : tégument de fruit, formé de trois assises de cellules.
 - Le tégument du grain ou tégument séminal, vestige du tégument interne de l'ovule, représenté par une assise de deux couches de cellules aplaties.
 - La bande hyaline, d'aspect transparent, formée par les cellules de l'épiderme de nucelle et par les cellules membraneuses de l'assise protéique sous-jacente.
 - La couche à aleurones représentant 60% du poids des enveloppes. C'est la première assise constitutive de l'albumen à grosses cellules de forme cubique à angles arrondies.

- L'albumen ou amande, qui présente 83 à 85 % du poids du grain, c'est une masse de cellules courtes, de la longueur à peu près constante, contenant 70 % de grains d'amidon et d'environ 7 à 14 % de gluten. Ce dernier représente une protéine aux caractéristiques plastiques (extensibilité, ténacité et élasticité) que l'on peut trouver que dans les blés (blés durs et blés tendres). C'est la raison pour laquelle ces dernières céréales sont les plus cultivées et les plus commercialisées dans le monde.

Tableau 1.1: Quelques caractéristiques globales de grain de blé.

<i>Caractéristiques</i>	
Longueur moyenne	6.5mm
Largeur moyenne	2.9mm
Epaisseur moyenne	2.3mm
Masse moyenne	45mg
Teneur en eau	14 %
Amidon et petits glucides	65 %
Protides	12.5 %
Lipides	1.7 %
Cellulose hémicellulose Pentosanes	4.9 %
Minéraux	1.9 %
Albumines	5-10 %
Globulines	5-10 %
Prolamines	40-50%
Glutamines	30-40%

Source : Selon GODON et WILLM [18].

- L'embryon qui représente 1.4 % du grain, est constitué :
 - D'une radicule, recouverte d'un étui, le coléorhize est comporté déjà, outre la racine principale, les ébauches de la première et deuxième paire de racines.
 - D'une tigelle court - nouée.
 - D'une gemmule formée d'un coléoptile, et étui protecteur des premières feuilles déjà différenciées par le méristème apical de la plantule.
 - D'un cotylédon, le scutellum, séparé de l'amande par une assise diastatique destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plante. L'épiblaste serait l'homologue d'un second cotylédon avorté.

L'embryon de grain de blé persiste jusqu'à maturité et contient l'essentiel des réserves, ses réserves sont utilisées par l'embryon plantule dans les premières étapes de la germination, jusqu'à qu'il soit capable de photosynthèse [19].

1.4. Caractères physiologiques

Le cycle du développement de blé comprend trois grandes périodes :

- La période végétative qui va de la germination au début de la montaison.
- La période reproductrice allant du début de la montaison à la fécondation.
- La période de maturation allant de la fécondation à la maturité complète du grain.

1-4-1- Période végétative :

Elle comprend deux phases :

➤ Phase de germination - levée : La graine grâce à sa faculté et énergie germinative et la maturité physiologique, peut profiter de ce que lui procure le milieu où elle se trouve : l'eau, l'oxygène et la température [20]. Cette germination se traduit par l'imbibition du grain, la sortie des racines séminales de la coléorhize et la croissance d'une pré-feuille protégée par le coléoptile. Ce dernier joue un rôle protecteur et mécanique pour percer le sol. A la levée cette première feuille (gaine et limbe amorce la photosynthèse.

Néanmoins les réserves du grain continuent à être utilisées. On parlera de levée lorsque 50 % des plantes seront sorties de terre. Le stade levée est atteint lorsque la plante a reçu une somme de température de 120°C [21].

➤ Phase levée - tallage : Durant le tallage, la plante émet plusieurs apex susceptibles de donner plusieurs tiges (talles). Cette phase correspond à :

- La formation du plateau de tallage : Un renflement apparaît à 2 cm de la surface du sol après l'émission de la troisième feuille : C'est le future plateau de tallage

- L'émission des talles : La première talle apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade « 4 feuilles » et avec la cinquième feuille la deuxième talle qui se forme à la base de la deuxième feuille, et ainsi de suite à chaque nouvelle feuille correspond l'apparition d'une talle.

- La sortie de nouvelles racines : En même temps que se déroule la quatrième feuille et que pointe la première talle, de nouvelles racines sortent de la base du plateau de tallage : Les racines secondaires. Les racines primaires qui deviennent inactives, brunissent et se flétrissent comme tout le rhizome et grain vidé de ses réserves.

1.4.2. Période reproductrice

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi. Cette période passe par plusieurs phases :

1.4.2.1. Phase de la formation des ébauches d'épillets (Phase A-B de JONARD)

Phase A : Elle correspond à l'élongation très limitée des entre-nœuds. C'est le « stade d'initiation florale » où on assiste au développement des bourgeons situés aux aisselles des initiations foliaires.

Phase B : Elle marque le départ de la montaison proprement dite, cette phase signifie également l'arrêt du tallage, et on remarque au niveau des épillets deux renflements qui préfigurent les glumes.

1.4.2.2. Phase de spécialisation florale (Phase B-C de JONARD) : On assiste à la différenciation des pièces florales :

- Stade B₁ : Apparition des ébauches de glumes.
- Stade B₂ : Apparition des ébauches de glumelles.
- Stade C₁, C₂, C₃, et C₄ : Apparition des ébauches de fleurs, cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates.

1.4.2.3. Phase méiose - fécondation (Phase D-F de JONARD) : Elle marque l'épiaison notée au stade 50 % d'épis sortis qui permet également de mesurer la précocité des variétés. L'anthèse et la fécondation (stade F) suivent de quelques jours l'épiaison. La durée de cette phase varie selon les variétés, les espèces et le climat [17].

1.4.3. Période de maturation :

Elle est marquée par la migration des réserves élaborées par les feuilles. On considère trois étapes principales :

- Du grossissement du grain au stade laiteux.
- Du stade laiteux au stade pâteux (45% d'humidité).
- Du stade pâteux au stade dur (15 à 16% d'humidité).

Pendant cette période on peut parler de « palier hydrique », qui est la quantité d'eau maximale contenue dans un grain au cours de sa phase de remplissage. A ce moment sous l'effet de facteurs de l'ordre climatique (circulation d'eau faible et évapotranspiration trop forte) ou parasitaire, on assiste à l'échaudage, qui est un arrêt de développement du grain à un stade précoce, dû à la migration insuffisante des substances de réserves vers l'épi (les grains). Donc les grains privés de ces réserves seront ridés et légers, cela influe négativement sur le poids de mille grains, ce qui provoque une chute de rendement en grain ainsi qu'en semoule (déperdition de la valeur semoulière dans l'industrie).

1.5. Exigences du blé

1.5.1. Climat

1.5.1.1. Température :

Selon JUSSIAUX [22], la température conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 0°C est nécessaire pour la germination des céréales.

La sortie de chaque organe (feuille, talle, racine) s'effectue pour une somme de température déterminée, les températures trop basses après la levée retardent la sortie de la première talle, et à partir de la première talle le tallage est favorisé par des températures basses, qui allongent la phase tallage-montaison et donc augmentent le temps dont disposent la plante pour émettre les talles [20]. Quant à la réalisation du palier hydrique au delà d'une température maximum de 30°C, il y a échaudage physiologique qui est d'autre part causé par le sirocco à partir du printemps [21].

La plante doit recevoir une certaine quantité de température pendant son cycle végétatif, il faut un total de 2300°C [22], et qui se répartissant comme suit :

- Semis - germination 150°C,
- Germination - tallage 500°C,
- Tallage - floraison 850°C,
- floraison - maturité 800°C.

1.5.1.2. Lumière

Le blé est une plante à jours longs, car il forme des ébauches d'épillets (stade B) lorsque la durée d'éclairement dépasse le seuil appelé héméroperiode critique qui diffère selon les variétés, de 12 à 14 heures, cependant les jours courts retardent beaucoup l'initiation florale qui pourrait coïncider avec une période sèche et des conditions difficiles d'humidité [23].

Pour garantir un bon tallage, il faut placer le blé dans des conditions optimales d'éclairement et ceci en étudiant la densité de semis ; d'autant plus que l'aération crée des conditions défavorables au développement des maladies parasitaires [24].

1.5.1.2. Eau

La quantité d'eau influe sur l'élaboration de la matière sèche [20], et selon BOYELDIEU [23] pour produire 1Kg de la matière sèche il faut 500 à 550Kg d'eau, cependant, ce qui est important pour une culture de blé, c'est la répartition des pluies au cours de l'année.

Les besoins en eau correspondant à de bons rendements sont de 450 à 650mm selon le climat et la longueur du cycle végétatif [25]. Selon SOLTENER [20], il existe trois périodes critiques du développement qui nécessitent des quantités importantes d'eau : Levée, différenciation des pièces florales (fin de tallage à début montaison) et remplissage des grains.

En effet, MEKLOCHE [26], indique qu'un apport d'eau au moment du grossissement des grains permet d'augmenter le rendement de 15 qx/ha et précise que la consommation en eau du blé croît régulièrement de la montaison à la floraison ; la montaison : 3.5 à 4 mm/j, l'épiaison : 6 mm/j, formation du grain : 7.5 à 8 mm/j et la maturité : 2.5 à 9 mm/jour.

1.5.2. Sol

Selon PIOT et al [27], toutes les terres conviennent à la culture des céréales à condition toutefois qu'elles soient préparées soigneusement. Quant à SOLTENER [20], il affirme que le blé s'accommode à des terres bien différentes si l'on emploie les fumures et les variétés appropriées.

Les textures idéales, d'après PRATS [24], sont limoneuses, argilo-silicieuses et argilo-calcaires, riches en éléments fertilisants et stables à pH approchant de la neutralité. Il est important que l'enracinement soit abondant et actif et que l'eau et les divers éléments minéraux arrivent en contact du système racinaire.

1.5.3. Eléments fertilisants

1.5.3.1. Azote :

Selon MOULE [17], la meilleure technique susceptible de satisfaire au mieux les besoins de la plante en azote est celle des apports fractionnés :

- Un premier apport au début tallage favorise celui-ci.
- Un deuxième apport au début montaison permet une bonne maturation et une bonne accumulation des matières azotées.

Un apport avant l'hiver est rarement justifié car les besoins sont faibles et les risques de lessivage et de rétrogradation sont grands. Cet apport peut se justifier dans les sols lourds où il est difficile de rentrer dans les terres au printemps et le lessivage est limité.

1.5.3.2. Fumure phospho - potassique

Le phosphore permet de compenser les effets de l'azote en constituant un squelette résistant à la verse. Une bonne alimentation en cet élément agit favorablement sur la croissance et le développement : fécondation, fructification, maturation, constitution des réserves c'est souvent un facteur de précocité [27].

La résistance du blé au gel, à la verse et aux maladies est souvent meilleure s'il dispose d'une alimentation minérale riche en potassium [28].

1.6. Accidents de végétation

Lors de la réalisation des étapes du développement du blé, de nombreuses contraintes climatiques peuvent pénaliser le rendement.

1.6.1. Sécheresse

Elle peut au cours de la maturation entraver la montée à l'épi de quelques talles [21]. Paradoxalement, la fraîcheur favorise la formation de talles- épis [28].

1.6.2. Excès d'humidité

Les excès d'eau postérieurs à la levée limitent l'enracinement, ce qui entraîne un développement chétif de la plante, fréquemment observé à la sortie d'hiver. Cette affaiblissement a surtout pour conséquence une réduction du tallage limitant ultérieurement le peuplement épis ; de même que le plus souvent l'excès d'eau engendre le développement des maladies cryptogamiques et gêne la nutrition minérale des plantes [29] et [21].

1.6.3. Excès de chaleur

Il n'est à craindre qu'au cours de la maturation du grain. La période critique qui caractérise le blé débute de la fécondation jusqu'à la fin de la migration des réserves [30]. Les chaleurs excessives accompagnées de déficit hydrique pendant la montaison affecteront le nombre d'épis dans un mètre carré et le nombre de grain par épi et auraient aussi des conséquences indirectes sur le poids de mille grains. Ces coups de chaleur rendent impossible la migration des réserves (échaudage des grains) ; ce phénomène s'aggrave davantage si les vents desséchants surviennent tôt tel le sirocco [31].

1.6.4. Froid

Le comportement du blé à l'égard du froid dépend d'une résistance intrinsèque liée à l'état physiologique de la plante et particulièrement de la concentration de sel vasculaire qui est fonction du génotype d'une part et de stade du développement d'autre part.

DUTHILE [32], a remarqué que chez le blé, des caractères tel que le port étalé du tallage et 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.

1.6.5. Verse

Cet accident provoque souvent une chute importante du rendement. IL résulte de la pliure plus ou moins accentuée des entre-nœuds basaux qui ne peuvent supporter le poids de l'appareil aérien.

La cause mécanique immédiate en est la pluie ou le vent qui aggrave la charge de la tige. Mais elle est favorisée par toutes les conditions entraînant un certain étiolement du végétal [23].

CHAPITRE 2

SELECTION DE BLE

2.1. Méthodes de sélection appliquées au blé

Les travaux archéologiques montrent que déjà au VII^{ème} siècle avant Jésus Christ, les espèces cultivées de blé, avec des épis denses et plus solides, avaient été sélectionnées à partir des espèces sauvages dont les épis étaient fragiles et cassants [16].

Des schémas et des techniques aujourd'hui bien connus ont permis d'explorer presque la totalité de variabilité génétique naturelle et de sélectionner de bonnes variétés cultivées, qui continuent à servir de matériel de base dans de nouveaux programmes d'amélioration génétique. Ces dernières sont orientées vers la diminution des coûts de production, une meilleure régularité des rendements, de la qualité, et une adaptation de caractéristiques des grains aux utilisations industrielles

2.1.1. Sélection massale

Parmi les méthodes de sélection les plus anciennes, la sélection massale est probablement à la base de la domestication de plusieurs espèces végétales. Elle est simple et très peu coûteuse. C'est une méthode qui consiste à choisir des individus d'après leurs propres performances (choix phénotypique) et de mélanger leur semence. Cette dernière est alors semée en vrac. Après un croisement, la descendance hétérozygote est cultivée en masse pendant plusieurs générations (sept à huit) avant qu'on ne choisisse les plants qui apparaissent comme étant les meilleures de point de vue agronomique. Les agriculteurs qui utilisent leurs propres semences pratiquent une forme autre de sélection massale par le choix de meilleures plantes, de meilleurs épis ou de meilleures graines [33].

2.1.2. Sélection généalogique

Cette méthode consiste à choisir les individus d'après les caractéristiques de leur descendance. En partant d'une F2 très homogène, des autofécondations successives et des éliminations importantes aboutissent à la création d'une lignée très fortement homozygote pour ses caractères. Vu que le sélectionneur se base uniquement sur l'aspect phénologique, il court le risque de ne remarquer si un caractère intéressant se manifeste à l'état récessif hétérozygote, c'est pourquoi, au départ sont réunis des géniteurs très semblables [34].

Cette méthode a conduit à la création de plus de 90% des variétés des céréales à paille, inscrites aux catalogues des pays de la C.E.E et des autres pays céréaliers [8].

2.1.3. Sélection par rétrocroisement

Cette méthode de sélection, également appelée le Back-cross ou croisement de retour, est une forme d'hybridation récurrente. On introduit les caractères recherchés, tels que résistance aux maladies et types de plantes et de grains, dans une variété de haute qualité en croisant celle-ci avec une autre variété qui possède déjà ces caractères intéressant le sélectionneur. La descendance est ensuite rétrocroisée avec le parent original de qualité supérieure. Après chaque rétrocroisement, les plants contenant les caractères recherchés du parent de moindre qualité sont sélectionnés avant que l'on procède au rétrocroisement suivant. Après que ce processus a été répété six à sept fois, la nouvelle lignée possède la qualité technologique du parent de haute qualité sélectionnée, ainsi que le caractère recherché (en général un seul caractère est transféré à la fois) provenant de l'autre parent.

Généralement, le Back-cross est utilisé lorsqu'une variété possédant des caractéristiques désirables présente une faiblesse qui peut être corrigée par l'introduction d'un ou de quelques gènes. L'objectif de Back-cross est de restituer au parent récurrent (variété adaptée) tous ses gènes, sauf le ou les gènes qui contrôle (ent) la caractéristique à transférer [33].

2.1.4. Sélection par méthode de « Bulk »

Cette méthode est simple et peu coûteuse, peu d'efforts sont généralement engagés durant les premières générations. Cependant, la taille de la population doit être assez importante surtout lorsque les plantes sont individualisées durant la sélection. La sélection naturelle est plus active dans le cas de la sélection par cette méthode.

Les plantes hautes et les plantes tardives sont généralement favorisées par la méthode de « Bulk », ce qui peut être en contradiction avec les aspirations de sélectionneur ; cependant, la présence des maladies et d'insectes favorise la mise en évidence des plantes résistantes, généralement recherchées par le sélectionneur [33].

2.1.5. Sélection par méthode SSD (Single Seed Décent)

C'est une méthode inventée récemment par BRIM en 1966 pour le soja. Elle consiste à accélérer les premières générations d'autofécondation en ne pratiquant aucune sélection, en semant un ou deux graines par plante F2 puis plante F3, F4 de telle sorte que l'effectif des plantes reste constant de la F2 à la F4, de niveau d'homozygotie ayant augmenté. Cette méthode ne fait agir que le hasard pendant la première phase. Comme pour la « Bulk », chaque F5 sera constituée d'un certain nombre d'épis ligne (2 à 3 épis ligne) provenant de la plante F précédente et l'on retombe donc dans un semblant de sélection généalogique.

C'est une méthode rapide « légère », son désavantage principal est la part importante du hasard qui risque de conserver beaucoup de matériel inintéressant. Théoriquement cette méthode est celle qui garde cependant toute la variabilité génétique et peut servir de témoin de l'étendue de celle-ci.

2.2. Sélection conservatrice

Elle consiste à produire des semences en quantité suffisante tout en conservant les caractères génétiques originaux : La sélection conservatrice valorise la sélection créatrice et assure la diffusion de variétés nouvelles ou cultivées. C'est ainsi qu'elle élimine à chaque génération les variations pouvant apparaître, quelques soient d'origine génétique ou d'origine accidentelle [35].

Actuellement dans les pays où la recherche agronomique est très avancée, la création de banques de gènes permet de conserver les variétés et les espèces importantes, et aussi de sauvegarder celles qui sont menacées de disparition.

2.3. Critères de sélection

Un critère de sélection est défini comme « la marque à laquelle on reconnaît une chose parmi d'autre » ; il doit permettre de choisir, parmi un grand nombre d'individus, ceux qui correspondent aux objectifs agronomiques ou de qualité définis au départ [36].

L'aptitude d'un cultivar à être raisonnablement performant dans un environnement, où diverses contraintes de production (stress de sécheresse, de froid, de chaleur...) sont combinées les unes aux autres, influant sur la stabilité du rendement, est un caractère important pour l'aboutissement à de nouvelles variétés. Ces dernières doivent être améliorées, tant sur le plan agronomique (productivité, adéquation au milieu : physique et biologique) que qualitatif pour une meilleure adéquation à la demande de l'industriel [34].

En Algérie et dans les zones soumises à une forte variabilité climatique, l'amélioration de la tolérance aux stress reste un objectif de sélection prioritaire.

2.3.1. Sélection au niveau agronomique

2.3.1.1. Productivité

La productivité est définie comme le rendement maximal que pourrait atteindre un génotype placé dans un milieu optimal, duquel serait absent tout facteur pouvant limiter l'expression du rendement [36]. Ainsi, pour obtenir un bon rendement, on accumule dans une même plante des gènes favorables, lui permettant de mieux utiliser les ressources du milieu [33]. La productivité est conditionnée par le tallage (nombre d'épis/m²), la fertilité de l'épi (nombre de grains/épi) et le poids du grain.

L'objectif le plus communément déclaré pour les programmes d'amélioration des plantes, est la combinaison du potentiel du rendement avec la tolérance aux stress. Celle-ci est définie par la différence du rendement qui existe entre les conditions favorables et les conditions de stress, la productivité moyenne étant le rendement moyen des deux situations (stress ou non stress)

2.3.1.2. Adaptation au milieu

Plusieurs critères sont pris en considération dans la sélection selon le milieu. C'est ainsi que l'étude d'adaptation des espèces à leur milieu et la sélection de nouvelles variétés occupent aujourd'hui une place privilégiée par la recherche de la résistance ou l'adaptation aux divers aléas climatiques.

Les cellules des plantes supportent les conditions agressives d'un milieu continuellement fluctuant, non contrôlé par l'organisme, grâce à des adaptations aux stress environnementaux variés et fréquents. Ces adaptations sont une marque destructive du métabolisme végétal [37].

a/ Adaptation au milieu physique

On cherche la résistance aux divers aléas pédoclimatiques ; c'est ainsi qu'il ressort des critères intéressants pour le sélectionneur :

Résistance à la sécheresse

C'est un critère recherché en zones méditerranéennes, où les climats réduisent sérieusement le potentiel de production du blé, le facteur eau étant souvent limitant.

Selon BELAID [38], la sécheresse se définit comme étant la combinaison complexe des contraintes hydriques et thermiques en interaction, qui peut prendre des formes très différentes d'un lieu à un autre ou d'une année à l'autre.

Cependant malgré les programmes d'amélioration du blé dans le monde du point de vue potentiel de production, la résistance à la sécheresse reste peu développée dans ce contexte, beaucoup d'études ont traité le problème de la tolérance à la sécheresse des variétés de blé dur pour l'identification des principaux caractères de la tolérance à la sécheresse.

L'adaptation à la sécheresse se traduit par une succession de modifications au niveau cellulaire et moléculaire qui sont dépendantes des potentialités génétiques de l'espèce.

Deux grands types de paramètres d'adaptation peuvent être explorés (MONNEVEUX, 1989 *in* GALLAIS et BANNEROT [39]) :

◆ Paramètres phénologiques

Les paramètres phénologiques d'adaptation à la sécheresse renvoient à la notion d'évitement ou l'esquive, ou encore l'échappement ou aussi la précocité qui consiste à réaliser le cycle de développement pendant la période favorable ; c'est un moyen pour la plante de réduire ou d'annuler les effets du stress hydrique en évitant qu'il se produise au cours du cycle et en particulier, au cours d'une phase sensible ou critique [36].

La plupart des auteurs citent la précocité comme le meilleur moyen d'échapper au manque d'eau pendant les phases critiques.

.. Paramètres morpho physiologiques

Les sélectionneurs ont toujours admis que les variétés de céréales les plus tolérantes à la sécheresse sont à paille haute. Cette relation entre la hauteur de la plante

et la résistance à la sécheresse peut s'expliquer par la capacité du remplissage du grain en cas de déficit hydrique à partir des quantités d'assimilés stockés dans la tige et le fait qu'une taille élevée du chaume est souvent associée à un système racinaire profond, de ça résulte une meilleure aptitude à extraire l'eau du sol[40].

L'amélioration de la tolérance à la sécheresse ou au déficit hydrique pose certes des problèmes plus complexes du fait de son déterminisme multicaractère et multigénique (MONNEVEUX, 1991 cité par BENSALÉM et MONNEVEUX [41]).

L'utilisation des espèces primitives tétraploïdes (génomes AB et AG) apparaît particulièrement prometteuse pour l'amélioration génétique de la tolérance du blé dur à la sécheresse [41].

Précocité

Ce critère définit la durée plus ou moins longue des différentes périodes de développement [38]. Elle se détermine par rapport à la date à laquelle intervient chacun des stades principaux de la plante (tallage, montaison, épiaison, maturité). On note généralement la précocité à l'épiaison (il y a stabilité de ce caractère) lorsque 50% des épis sortent de la gaine de la dernière feuille.

La précocité est un caractère souvent recherché en zones méditerranéennes, dans la mesure où il permet, l'évitement du déficit hydrique terminal [36].

Selon BENABDALLAH et BENSALÉM [42], la résistance à la sécheresse serait associée à une durée de la phase levée - épiaison relativement courte, et que des augmentations des productions céréalières dans les zones arides seraient possibles moyennant une sélection pour une floraison précoce. En effet, FISHER et MAURER (1978), ont montré dans une étude réalisée sur 53 cultivars, de blé, d'orge et de triticale, que chaque jour de précocité permet d'augmenter le rendement de plus de 30 kg/ha.

Le facteur précocité est également intéressant à prendre en considération dans le choix d'une semence pour alterner la récolte et éviter les problèmes techniques au cours de la collecte. Mais, il faut signaler que les variétés précoces doivent avoir parallèlement une bonne résistance au froid, pour pouvoir valoriser cet avantage.

Résistance au froid

Le froid influe négativement sur la croissance de la plante, donc tout le métabolisme de celle-ci est freiné, sinon arrêté ; il y a influence directe sur l'absorption

et l'assimilation et également sur la circulation de la sève. Les chutes intenses du froid sont responsables de nombreux troubles physiologiques [43].

Selon CLEMENT *et al* [44], la sensibilité au froid chez le blé varie selon son stade de développement :

- Dès la germination, la résistance est à son minimum, une température inférieure à 0°C entraîne la destruction de la graine.
- Au stade plantule : la résistance au froid dépend essentiellement des facteurs génétiques, du stade de la plantule (résistance minimale entre la levée et le pré-tallage et maximale au stade 4 à 5 feuilles) et en relation avec la formation des racines secondaires.
- A la formation de l'épi, les gelées sont les plus dangereuses, car elles provoquent la coulure donc une baisse du rendement ; dans ce cas les gelées tardives sont les plus à craindre.

Certains auteurs ont montré que le site d'action du gel sur les tissus végétaux est localisé au niveau des membranes cellulaires. Ainsi, pour que la plante résiste au froid, elle doit nécessairement impliquer au niveau cellulaire un mécanisme de protection des structures membranaires ; pour cela, de nombreuses études *in vitro* portant sur les membranes chloroplastiques et des cellules végétales en suspension, ont en effet, démontré clairement que la destruction des membranes cellulaires par le gel peut être totalement empêcher. C'est des substances tels que les sucres, des acides organiques, des protéines et certains acides aminés, en particulier la proline, sont présents dans leur environnement pendant le gel [45]. Un enrichissement en sucres solubles de coléoptile des céréales d'hiver, entraîne une augmentation marquée de leur tolérance au gel.

Selon GATE [31], la principale fonction des sucres solubles est d'augmenter la température de la cellule pour qu'il n'y ait pas cristallisation de l'eau et la formation des cristaux ; cela permet une protection contre le gel. En ce qui concerne les protéines, parmi les acides aminés qui s'accumulent avant et pendant l'acquisition de la résistance au gel, la proline présente l'augmentation la plus rapide et la plus intense ; elle maintient la complète hydratation des enzymes et des protéines membranaires pendant le gel.

D'après DUTHIL [32], chez le blé, des caractéristiques tel qu'un port étalé du tallage et 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.

Chez le blé, on peut distinguer deux types de résistance au froid ; l'une variétale intervenant au stade coléoptile uniquement dépendrait de gènes spécifiques, l'autre est liée physiologiquement au type de développement du blé (hivernal, alternatif, printanier).

En général le comportement du blé à l'égard du froid dépend à la fois des facteurs génétiques, de l'état physiologique de la plante, particulièrement de la concentration du sel vasculaire qui est fonction du stade de développement et du froid lui même.

Alternativité

C'est l'aptitude pour une variété de pouvoir être semée sur un intervalle de plusieurs mois. Dans les pays très froids, elle peut être très intéressante pour la sélection, afin d'éviter le froid qui survient durant la période sensible du développement du blé et pour alterner la récolte.

Résistance à la verse

La verse est un accident de culture préjudiciable aux récoltes, elle provoque une chute importante du rendement et diminue leur rigidité.

Outre la verse pathologique qui est due à une attaque de la tige ou des racines par des champignons comme le *Fusarium* chez le blé, la verse physiologique et la verse mécanique résultent le plus souvent de la combinaison de facteurs de différentes natures à la fois liés aux techniques culturales et au climat :

- La verse physiologique peut être due à un déséquilibre dans la nutrition (excès d'azote à un moment inopportun du stade de végétation ou déséquilibre de la fumure) [38].
- La verse mécanique est surtout due aux vents violents et des pluies orageuses.

Le facteur génétique, lié au génotype doit être pris en considération ; la capacité de la résistance à la verse dépend de la variété (génotype). Les variétés résistantes à la verse présentent une conformation morphologique (hauteur et diamètre de la tige, géométrie du système racinaire), une anatomie (importance des tissus de soutien) et une composition biochimique des parois cellulaires bien spécifiques.

En général, ces facteurs agissent simultanément et il est difficile de dissocier entre la verse physiologique et la verse mécanique. La résistance à la verse peut être obtenue par l'intermédiaire des variétés à paille courte tolérantes aux fortes doses d'azote. Elle est liée à la taille du chaume mais également à sa solidité.

b- Adaptation au milieu biologique

La protection des cultures par des pesticides devrait être réservée à la lutte contre les épidémies accidentelles ou localisées, l'utilisation prolongée de ces produits n'est pas justifiée à cause de leur coût, de leurs conséquences écologiques et des adaptations inévitables des parasites [46].

Les sélectionneurs cherchent comme critère de sélection la création de variétés génétiquement résistantes aux parasites et aux agents pathogènes. Il s'intéressent particulièrement aux maladies : rouille, fusariose, septoriose, oïdium, piétin-échaudage, piétin-verse et l'hélmintosporiose (maladies cryptogamiques).

La résistance variétale est une méthode de lutte rarement durable et difficile, en raison de l'adaptation des parasites aux gènes de résistance, obligeant le sélectionneur à modifier sans cesse les variétés pour surmonter la virulence des parasites [47].

Les blés hybrides peuvent permettre de produire des génotypes inédits hétérozygotes qui sont ainsi plus difficile à contourner par l'agent pathogène. Pour la résistance aux champignons, il n'existe pratiquement pas d'exemples réussis car la connaissance des processus infectieux fongiques reste insuffisante.

Il faut par ailleurs noter que les croisements interspécifiques à l'intérieur du groupe des blés tétraploïdes sont susceptibles de permettre l'incorporation chez le blé dur de gène intervenant dans la résistance aux maladies : deux lignées de *T. dicoccoïdes*, Vernal Emmer et Khalpi, ont été largement utilisées par les sélectionneurs comme source de résistance à la rouille noire [41].

En ce qui concerne la résistance aux virus, les approches proposées se fondent sur l'expression par la plante d'un transgène qui comporte des informations d'origine virale[48].

2.3.2. Sélection sur le plan qualitatif

Il s'agit de l'utilisation ultérieure des grains qui s'illustre par la qualité industrielle ou technologique des blés. Actuellement, au niveau mondial, c'est le critère

qui est le plus considéré. En général, le blé dur est destiné à la fabrication de divers produits alimentaires : pâtes alimentaires, galettes, couscous, gâteaux [48].

La qualité technologique des grains doit satisfaire les besoins des industriels et des semouliers. Elle s'élabore du semis à la récolte par le choix de la variété et une conduite adaptée en matière de fertilisation azotée et de la protection contre les déprédateurs.

Pour une même variété de céréales, des facteurs agronomiques et climatiques entraînent la synthèse et l'accumulation plus ou moins importantes des substances de réserves dans l'albumen. Ceci a une grande importance pour la valeur d'utilisation technologique des grains [18].

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

2.3.2.1. Valeur semoulière

Quelques critères de sélection permettent d'appréhender l'aptitude de blé dur à être transformé en semoule :

- Le taux de mitadinage : Les grains mitadinés présentent, dans la base cornée de l'albumen, des tâches plus ou moins étendues d'amidon farineux. Le mitadinage diminue le rendement en semoule et provoque des piqûres blanchâtres dans la semoule et les pâtes alimentaires issues. La fumure azotée tardive, avant épiaison limite cet accident. Les conditions climatiques en Algérie ne permettent pas l'application de cette fumure azotée à ce stade tardif qui en plus 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 ainsi qu'une fertilisation raisonnée constitue une solution plus sûre et plus économique, particulièrement pour notre pays.

- Le poids de mille grains : Généralement, la proportion d'enveloppes est d'autant plus grande que le poids est petit. En cas d'échaudage, ce critère s'affaiblit. Pour un blé dur vitreux, le rendement sera d'autant plus élevé que le poids de mille grains est important.

- La teneur en eau : Le blé étant conditionné à 16% avant trituration, le rendement sera d'autant plus élevé que le grain est sec.

La proportion d'impuretés, la teneur en enveloppes, le taux de cendre et le facteur réglementaire sont d'autres critères qui doivent être pris en considération.

2.3.2.2. Valeur pastière

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

* Qualité visuelle : Les pâtes de couleur jaune ambrée et qui ne représentent pas de piqûres sont à rechercher. Les grains mouchetés présentent des tâches brunes à noirâtres sur les enveloppes, au niveau du germe et/ou le sillon, causées par des champignons (*Fusarium*, *Alternaria*...). Ces derniers se développent surtout sur les épis versés ou attaqués par certains parasites (*Thrips*). Ainsi ces zones colorées se retrouvent en partie sous forme de piqûres noires après mouture, dans la semoule et puis dans les pâtes alimentaires entraînant une dépréciation de la valeur commerciale de ces produits.

* Qualité culinaire : Elle recouvre plusieurs facteurs dont la tenue des pâtes avant et 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).

CHAPITRE 3

INTERACTION GENOTYPE ET ENVIRONNEMENT

3.1. Notion de génotype

Le génotype est la composition génétique d'un individu. Il est défini selon Vespa[34] comme un arrangement de gènes.

3.2. Notion du milieu

Le milieu peut être défini par coordonnées de l'espace, au sens large, dans lequel est placée la plante. Ces coordonnées peuvent être plus ou moins bien caractérisées. Il peut s'agir de lieu, de l'année, du complexe pédoclimatique de culture, sans identifier de façons précises les facteurs physiques ou biologiques qui les caractérisent. Mais ceux-ci peuvent être aussi mesurés : niveau de fertilisation, durée de l'éclaircissement, enrichissement en gaz carbonique dans le cas de culture en conditions artificielles

3.3. Notion de phénotype

Le phénotype est la valeur prise par l'arrangement des gènes pour un caractère donné. Selon MACKENZIE et al [49], le phénotype est le produit de l'interaction génotype et son milieu. Il est également la cible de la sélection [50].

3.2. Interaction génotype milieu

Le phénotype qui émerge d'un organisme est une combinaison de son code génétique avec les stimuli environnementaux qui l'affectent durant le développement. Les

gènes contrôlent davantage chaque aspect d'un organisme, en faisant inclure la voie dont il répond à l'environnement, s'ils doivent être la composante dominante [51].

La relation entre génotype et phénotype varie en complexité d'un caractère à l'autre. A un extrême, le phénotype peut être représenté par la séquence d'ADN d'un fragment de génome. Dans ce cas, la distinction entre génotype et phénotype s'estompe et on peut dire, en fait, on observe que le génotype. A l'autre extrême se situent la majorité des caractères intéressantes particulièrement les variations de rendement, de taux de croissance, de forme de métabolisme et de comportement qui constituent les différences marquantes entre variétés et espèces

Les changements des phénotypes ne sont pas toujours causés par des mutations. L'expression d'un même programme génétique peut se traduire par des phénotypes distincts dans des environnements changeants. Des changements d'expression permettent d'adapter la cellule à des environnements variés ; phénomène de régulation de l'activité des gènes. Les changements programmés d'expression des gènes accompagnent le développement des organismes pluricellulaires complexes et la différenciation de leurs cellules [51].

Les caractéristiques biologiques de phénotypes qui peuvent être de nature morphologique, physiologique, comportementale, etc., sont en effet le résultat d'une interaction entre les gènes et l'environnement [52].

De petites altérations de gènes peuvent avoir des effets énormes sur le phénotype. A la suite d'un long processus de changement d'adaptation chaque gène est devenu capable de porter l'information nécessaire à la structure d'une protéine essentielle, responsable d'une fonction vitale pour l'organisme [34].

Il y 'a une certaine dualité du génotype et du milieu ; la meilleur façon de caractériser un milieu, c'est d' y décrire les performances phénotypiques d'un ensemble de génotypes et la meilleur façon de décrire un génotype c'est de décrire la variabilité de son comportement au travers des différents milieux. Pour comprendre les relations génotype – milieu, il faut déployer le génotype dans différents milieux, mais aussi le milieu sur différents génotypes [53].

Dés 1974, REITZ regroupe les variétés d"espèces cultivées en trois catégories :

- les variétés maintenant des rendements élevés dans une large gamme d'environnement.

- les variétés assurant une production de graines relativement élevée dans des environnements à fortes contraintes.

- les variétés ne donnant de bons rendements qu'en conditions favorables.

3.3. Les bases génétiques d'une interaction génotype – milieu (Gallais [51])

L'existence d'interaction génotype – milieu 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 ; ils sont plus homéostatiques. Ainsi lorsque il y' a de l'hétérosis, un hybride simple est souvent plus stable que ces parents. Cela est peut être due à l'hétérosis, mais il peut exister des gènes de stabilité, des systèmes de régulation permettant un meilleur fonctionnement du génotype dans des conditions assez variées de milieu.

Une autre cause la stabilité de comportement est l'hétérogénéité intrapeuplement. Un peuplement plus hétérogène sera plus stable qu'un peuplement plus homogène s'il est formé de génotypes adaptés à différents milieux.

A partir de comportement de mélange, il est possible de formuler un modèle de fonctionnement des génotypes les plus stables. Il suffit de considérer qu'il existe des gènes d'adaptations aux différentes conditions de milieu, et que ces gènes sont à des loci différents.

Ainsi, s'il est possible d'accumuler dans un génotype des gènes de résistance à la sécheresse et de gènes de bon fonctionnement en conditions humides, ce génotype aura de bonnes performances dans les deux types de conditions.

3.3.L'adaptation

D'après LEVEQUE [52], lorsque les conditions de l'environnement se modifient, les génotypes qui produisent les phénotypes les plus aptes à répondre aux

nouvelles contraintes ont un avantage adaptatif et sont sélectionnés au cours des générations successives.

L'adaptation qui est possible grâce au polymorphisme génétique est ainsi un mécanisme fonctionnel permettant aux espèces de faire face à la variabilité des milieux.

L'adaptation est toujours le résultat de l'expression d'une combinaison harmonieuse de gènes, fonctionnant entre eux de façon intégrée et assurant la réalisation d'un phénotype qui prédispose les individus à survivre dans le milieu où ils vont le plus probablement naître [54].

Une adaptation se caractérise par une modification du phénotype en réponse à un signal spécifique de son environnement, modification qui a une relation fonctionnelle étroite avec ce signal et conduit à une amélioration des fonctions biologiques, telles la croissance, la reproduction et/ou la survie (STEARNS cité par LEVEQUE [52]).

La valeur adaptative reflète la relation qui existe entre le phénotype d'un organisme et l'environnement de celui-ci, de sorte qu'un même phénotype présentera des valeurs adaptatives différentes dans des milieux distincts. Ceci provient en partie de fait que l'exposition à différents environnements au cours de développement d'un organisme conduit à l'apparition de phénotypes différents à partir de même génotype. Mais, même si le phénotype est identique, la réussite de l'organisme dépend de son environnement [55].

3.4. Modèles d'analyse de l'interaction

Selon MONNEVEUX *et al* [56], 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. Ces modèles d'étude doivent être considérés comme des modèles purement descriptifs du comportement: ils relèvent d'une approche biométrique, qui ne cherche pas à définir ni à exprimer le rôle des facteurs de l'environnement ou le fonctionnement biologique de la plante.

CHAPITRE 4

AMELIORATION DU BLE DUR.

Depuis les débuts de l'agriculture, l'homme a cherché à améliorer les plantes par rapport à des critères de qualité ou de rendement correspondant à ses besoins. L'amélioration des plantes est devenue un outil extrêmement puissant pour accroître la productivité et la qualité de nos cultures [51].

L'amélioration variétale est un mécanisme très délicat et long qui tient compte de divers facteurs ; génétiques, physiologiques et pédoclimatiques. Cette amélioration peut utiliser les techniques de la génétique, du génie génétique, de la biochimie, de la physiologie et de la biotechnologie.

L'objectif final de cette amélioration est d'obtenir un matériel végétal performant haut producteur, tolérant aux stress environnementaux [57], donnant satisfaction à l'utilisateur et au consommateur, parfaitement homogène pour l'inscription au catalogue officiel des nouvelles variétés (DAALOUL et *al* cités par BENSALÉM et MONNEVEUX [41]).

Les voies utilisées pour y parvenir peuvent être plus ou moins larges et différentes, les objectifs généraux d'amélioration étant tournés vers la diminution des coûts de production (DOUSSINAULT et *al* cités par GALLAIS et BANNEROT [39]).

On estime généralement que l'amélioration génétique des plantes est responsable de la moitié des progrès agronomiques réalisés depuis quelques décennies. L'autre moitié étant due à l'amélioration des techniques agricoles [58].

4.1. La création variétale

La nature est un réservoir génétique important et rassemble de très nombreuses lignées. Afin de proposer des variétés toujours performantes, le sélectionneur utilise au mieux ce réservoir naturel de variabilité génétique, voir même l'augmenter en créant de nouveaux matériaux [34].

Les premières espèces de blé utilisées pour la sélection de variétés, il y a presque 10 000 ans étaient diploïdes (*T.beoticum*) et tétraploïdes (*T.dicocoides*). Le blé tétraploïde est issu d'une polyploidisation par croisement entre *T.beoticum* (diploïde) et *Aegilops speltoide* (diploïde). Il est allopolyploïde [16].

4.1.1. Hybridations

L'hybridation consiste à croiser deux plantes ayant des caractères différents et complémentaires. On crée ainsi la descendance de nouvelles combinaisons qui seront des parents de sélection. On cherchera la où les plantes qui regroupent un maximum de caractères intéressants, provenant de chacun des parents [35].

4.1.1.1. Hybridations intraspécifiques

C'est la plus courante, elle consiste à un croisement de deux lignées pures de la même espèce. Elle est facile à réaliser et ne pose pas de problèmes d'ordre génétique.

Les génotypes sont croisés à l'intérieur d'une même espèce avec un ou plusieurs partenaires qui apportent des qualités complémentaires ou qui intensifient, par l'effet cumulatif, les performances de chaque génotype, lorsqu'on veut compléter entre deux parents tout un ensemble de caractéristiques [59].

4.1.1.2. Hybridations interspécifiques

On pratique cette méthode lorsque les caractères recherchés n'existent pas au sein de l'espèce, par exemple la rusticité. Dans ce cas, on utilise souvent les plantes issues d'espèces voisines, généralement sauvages [59].

Les hybridations interspécifiques présentent les avantages suivants :

- Cette hybridation contribue à la création d'espèces nouvelles, notamment parmi les espèces cultivées (blé, colza, pomme de terre).

- C'est une méthode d'haplodiploïdisation, en raison de l'élimination sélective et spontanée du génome du parent pollinisateur au cours des premières divisions cellulaires de l'embryon [60]

- Les barrières génétiques peuvent parfois être levées entre espèces voir même entre genres différents, normalement interféconds.

- L'hybridation interspécifique permet l'augmentation de la variabilité fortement diminuée et qui présente des intérêts agronomiques importants.

En revanche l'hybridation interspécifique présente souvent des difficultés :

- La réalisation d'un croisement présente souvent des limites découlant de la distance cytotaxonomique entre les géniteurs, de leur structure génétique différentes et de leur stade relatif d'évolution.

- Difficultés de croisement dues à des barrières complexes de biologie florale, de compétition pollinique, d'incompatibilité et de non fécondation.

- L'absence ou la rareté d'appariement entre chromosomes homéologues d'espèces apparentées limitent les combinaisons chez les hybrides interspécifiques et intergénériques.

4.1.1.3. Croisements diallèles

Il est considéré comme une méthode prévisionnelle de meilleure hybridation à réaliser [61]. C'est un ensemble d'hybridations dirigées entre structures à étudier comprenant systématiquement une série de combinaisons (les grains issus de chaque parent mâle étant individualisés sur chaque parent femelle) ; il s'applique aux espèces autogames et aux espèces allogames [62].

4.1.2. Mutagenèse

D'après SIMON *et al* [35] et VESPA [34], les mutations se produisent spontanément dans la nature mais on peut aussi les provoquer par des agents mutagènes :

chimiques (sulfamides, formol, hydrocarbure, méthane sulfate d'éthyle : MSE) ou des rayonnements (UV, γ , X). Ces mutations provoquent l'apparition brutale d'allèles nouveaux ; avec l'apparition dans la plupart du temps de caractères défavorables, voire létaux. Dans d'autres cas, les mutations ne sont pas transmissibles.

La mutagenèse a été appliquée afin d'obtenir des modifications morphologiques et physiologiques des plantes, la production de nombreux allèles pour un gène donné, la recombinaison de gènes étroitement liés, le transfert de gène ou de groupe de gènes d'une espèce à une autre et l'augmentation du degré de croisement naturel chez les plantes autogames.

Ce procédé a été rapidement délaissé parcequ'il est à l'origine de modifications intempestives du code génétique et de remaniements chromosomiques tendant à rompre l'harmonie d'un arrangement et à apporter un affaiblissement général de la vigueur, même s'il engendre un caractère nouveau. Avec la découverte des méthodes de génie génétique, des modifications beaucoup plus spécifiques sont envisagées [59].

4.1.3. Le génie génétique

Il consiste à associer les gènes intéressants de plusieurs individus ou espèces, passant par l'isolement du gène puis sa transmission (incorporation). Il s'agit ensuite de l'extérioriser par son intégration dans son génome d'accueil et sa manifestation lors de sa reproduction.

Parmi les méthodes de génie génétique, on peut parler de celles utilisées pour les plantes transgéniques. Cette méthode de création consiste principalement à utiliser pour le transfert de gène dans une plante. La transformation de cellules végétales est réalisable par deux familles de techniques :

- La première technique a recours à un processus physico-chimique : l'électroporation, soit l'application de chocs électriques courts et intenses à des cellules pour les débarrasser de leurs parois péctocellulosiques (protoplastes). Le transgène est alors introduit par micro-injection et peut alors migrer jusqu'au noyau puisqu'il s'intègre dans les chromosomes ; à la condition que ce gène transféré ait une structure eucaryote, il peut alors s'exprimer. Une autre variante consiste à bombarder ces mêmes cellules par des

microbilles métalliques (tungstène) ou microparticules chargées d'ADN, grâce à ce qu'on appelle « un canon à gènes » (biolistique).

- La seconde technique fait appel à des vecteurs biologiques qui sont des bactéries du sol, notamment l'*Agrobacterium tumefaciens* et *Agrobacterium rhizogénèse*, qui sont capables « d'infecter » les cellules végétales et d'y introduire des composants de leur matériel génétique. Les scientifiques en guise de contrôle de leur travail, utilisent parallèlement des gènes marqueurs qui permettent de différencier les plantes transgéniques des plantes d'origine, car l'aspect morphologique et visuel des premières est souvent identique à celui des secondes, lors des premiers stades de développement. Outre l'appui qu'ont apporté ces bactéries du sol à la génétique moléculaire, l'utilisation de virus comme vecteurs de transfert de gènes semble plus promettant. Le virus de la mosaïque du chou-fleur (CMV), très utilisé pour multiplier et exprimer des gènes étrangers chez plusieurs dicotylédones. Ainsi que d'autres virus à ADN tel que celui de nanisme chez le blé (BYDV) ou le virus de maïs (MSV) et tous les autres virus des graminées sont en cours d'étude quant à leurs potentialités en génie génétique. De plus, des recherches sont développées dans le but d'un transfert direct des gènes.

A partir de la connaissance intime du mécanisme de défense, il est possible de proposer une solution élégante et durable pour lutter contre les maladies induites par des bactéries ou des champignons. Cette solution passe par la voie de la transgénèse et correspond à une modification mineure d'un gène résidant [63].

Selon AXEL KAHN [64], en fonction de la nature du transgène, la construction génétique, l'espèce et la variété de plante, les conditions de culture et l'écosystème et de l'utilisation alimentaire ou industrielle, différents types de risques de la transgénèse peuvent être évalués :

- Les risques toxiques : Ils peuvent être directement liés à la modification du métabolisme et au niveau élevé d'infestation d'une plante génétiquement tolérante à des pathogènes, qui peut, en théorie, s'accompagner à l'accumulation de substances potentiellement toxiques.

- Les risques alimentaires pour l'homme ou pour l'animal : En dehors des risques toxiques, il s'agit d'une question qui ne se pose que lorsque la plante transgénique

n'est pas de composition substantiellement équivalente à celle des variétés non transgéniques d'utilisation courante.

- Les risques allergiques : Sont les plus difficiles à évaluer, l'évaluation pourra se baser sur les multitudes structurales entre le produit du transgène et les allergènes connus, et sur la teneur résiduelle en protéine codée par le transgène dans le produit à consommer.

- Les risques écologiques : La plante transgénique présente un effet sur l'équilibre des populations d'insectes domestiques et sauvages par la synthèse des toxines. La sélection des plantes résistantes d'agent de pathogénicité et de toxicité modifiées et/ou augmentées est également un problème posé.

- Les risques économiques : Les craintes et incertitudes de la population vis-à-vis des plantes transgéniques et des produits dérivés, aboutissent à leur échec commercial, représentant le risque économique le mieux identifié par les industriels. L'éviter exige que soit répondu aux questions et interrogations des consommateurs, de la manière la plus sincère et claire possible.

4.1.4. Les biotechnologies et la création variétale chez le blé

L'amélioration génétique regroupe aujourd'hui, l'ensemble des procédés biologiques et biotechnologiques qui permettent au sélectionneur de bien choisir sa stratégie d'action en utilisant au mieux les ressources génétiques et les matériels disponibles. La culture « in vitro », le clonage, l'haplodiploïdisation, la fusion de cellules et le transfert de gènes constituent selon DEMARLEY et SIBI [59], BONJEAN et PICARD [8] , des techniques nouvelles et complémentaires aux méthodes conventionnelles qui permettent dans leur synergie, une plus grande efficacité pour introduire une nouvelle diversité génétique.

4.1.5. L'haplodiploïdisation

L'haplodiploïdisation consiste en fait à développer une plante à partir uniquement de mâle ou de femelle haploïde (n) et multiplier par deux le nombre de chromosomes pour passer à l'état (2n), restaurer la fertilité et fixer les caractères. Les plantes ainsi obtenues s'appellent des haploïdes doublés ou « lignées haploïdes doublées ». Ce processus

d'obtention de plantes haploïdes à partir de cellules gamétiques puis haploïdes doublés, est appelé soit « haplométhodes » soit « haplodiploïisation » ou encore appelé « haploïdie » [65].

Un haploïde est un sporophyte qui résulte du développement d'un gamétophyte mâle ou femelle, donc de cellules qui ont subi la méiose. De ce fait, un haploïde possède le nombre gamétique de chromosomes [8]. Ce sont donc des « plantes sans père » (gynogenèse) ou des « plantes sans mère » (androgenèse) [59].

Selon PELLETIER (1998) cité par TEOULE [66], le taux de production d'haploïdes chez le blé est satisfaisant. Des haploïdes doubles sont intégrés dans les programmes de sélection et des variétés dérivées ont été inscrites au catalogue.

4.1.5.1. Androgenèse (culture d'anthères)

Il s'agit de mettre en culture généralement des anthères, plus rarement du pollen où ce dernier est formé mais il n'a pas subi encore la dernière division, celle qui donnera un noyau reproducteur et un noyau végétatif.

Si cette technique est simple dans son principe, certaines particularités spécifiques sont essentielles pour sa réussite. Son utilisation présente des taux excessivement faibles de réussite, l'androgenèse « in vitro » aboutit en effet à un taux extrêmement important des plantules albinos inviables ; chez le blé dur ce taux est de 99% [67]. Comme le taux de plantules chlorophylliennes est forcément influencé par le génotype, il est de l'ordre de 0.1 à 1 hybrides doubles pour 100 anthères mis en culture.

HENRY et DE BUYSER (1983) cité par TEOULE [66], soulignent que le blé nécessite 10^{-5} de 2,4 D pendant 12 jours pour initier les premières divisions lors de l'androgenèse.

Selon TEOULE [66], le rendement androgénitique peut être amélioré avec des chocs thermiques avant la mise en culture.

4.1.5.2. Gynogenèse (culture d'ovaire)

Le principe de base et les protocoles sont analogues à ceux décrits pour l'androgenèse mais ce sont les ovaires ou les ovules qui sont mis dans un milieu de culture

un peu plus riche en sucre (de 10 à 12%) et en fer. Après six ou huit semaines de culture, un embryon ou un cal pourra émerger du sac embryonnaire. L'embryon sera ensuite transféré sur un milieu de germination ou le cal sur un milieu de régénération.

4.1.5.3. Intérêts de l'haploïdie

D'après TEOULE [66], parmi les avantages de l'utilisation de l'haploïdie on peut citer :

- L'obtention rapide des lignées pures dont on a besoin pour un tel ou tel programme d'amélioration, de juger leurs valeurs agronomiques avec une meilleure précision. De plus, cela permet de choisir plus facilement les individus pour leurs caractères génétiques

- Les interactions de dominance entre les allèles homologues n'existent plus et on a ainsi une « lecture directe » du génome permettant en particulier d'observer directement les caractères déterminés par les allèles récessifs.

- Elle permet d'éviter un problème rencontré dans la sélection généalogique classique : la dérive génétique.

- Elle permet la lecture directe des mutations.

- Elle permet encore un gain du temps surtout pour les espèces multipliées par graine, comme les céréales.

CHAPITRE 5

MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES

5.1. But de l'essai

L'objectif de cette étude est de faire une évaluation phénotypique et agronomique de 13 variétés de blé dur cultivées dans deux sites différents en vue de mettre les variétés qui expriment au mieux leurs qualités agronomiques et technologiques vis à vis de l'environnement.

5.2. Etude du milieu d'expérimentation

L'essai a été réalisé au niveau de deux stations expérimentales de l'institut technique de grandes cultures (ITGC), un à Oued Smar et l'autre à Khemis Miliana.

5.2.1. 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 de Khemis Miliana se situe sur la plaine de Chelif à une altitude de 289 mètres, latitude 36° 15 Nord et longitude 2° 14 Est.

La plaine de Mitidja se situe à l'étage bioclimatique sub-humide et celle de Chelif à l'étage bioclimatique semi-aride.

5.2.2. Analyse des conditions de déroulement de la campagne dans les deux stations

5.2.2.1. Précipitations

a/ Oued Smar

Les données pluviométriques de la campagne 2003/2004 à Oued Smar sont enregistrées dans le tableau 2.1.

Le total pluviométrique enregistré durant la période de septembre à juin 2004 à la station de Oued Smar a été de 763.7mm.

Les conditions climatiques ayant caractérisé la campagne , ont été globalement favorables pour tout le cycle végétatif de la culture passant de situation peu humide au début de campagne (sept-oct) à très humide durant les saisons hivernale et printanière.

Tableau 2.1 : Précipitations de la campagne 2003/2004 à Oued Smar.

Mois	Total mensuel (mm)	Nombre de jours de pluie
Sept	33	04
Oct.	42.4	04
Nov.	79.2	06
Déc.	129.6	11
Jan	112.6	09
Fev	58	05
mars	86.8	07
Avril	55	07
Mai	167.1	07
Total	763.7	60

Le bilan pluviométrique de cette campagne est positif par rapport à la moyenne des précipitations calculées sur 10 ans (1973/1984) qui est de 696 mm. Les besoins en eau donnant un bon rendement sont de l'ordre de 450 à 650 selon le climat et la durée du cycle végétatif de la variété.

Dans le détail et par période, les caractéristiques essentielles des conditions pluviométriques peuvent se résumer comme suit :

• Période Sept-Déc : correspondant à la mise en place de la culture. Cette période a été marquée par un temps relativement pluvieux au niveau de la zone. Un cumul de 300.2 mm a été enregistré. Cette période a été également caractérisé par :

- Les quantités de pluies enregistrées représentent 22 % des précipitations totales.
- Perturbation des travaux par l'inaccessibilité de la terre engendrant l'extension de la période de semis jusqu'à mi-décembre.
- Des conditions favorables à la germination et à la levée
- Un fort lessivage des éléments minéraux et de l'azote en particulier.
- Une amélioration des réserves hydriques de sol.

• De janvier à février : Cette période a été marquée par des chutes de pluies relativement abondantes. Les quantités de pluies enregistrées durant cette période représentent 22 % des précipitations totales.

• De mars à juin : c'est la phase de développement et reproduction, 40 % des précipitations totales ont été enregistré durant cette période. Les quantités de pluies recueillies ont été conséquentes permettant de maintenir la réserve hydrique de sol à un niveau acceptable et de répondre aux besoins en eau de la culture favorisant ainsi leur développement et la formation des composantes de rendement.

La quantité de pluie la plus importante est celle enregistrée à la fin de mois de mai qui est de 167.1mm. Cette quantité est en quelque sorte néfaste pour la culture car elle a engendré un retard dans la maturité et elle a favorisé l'apparition de certaines maladies cryptogamiques.

b/ Khemis Milana

Les données pluviométriques de la campagne 2003/2004 à Khemis Miliana sont enregistrées dans le tableau 2.2.

Le totale pluviométrique durant la période de septembre à juin a été de 308mm.

Il ressort de tableau 2.2 que la quantité d'eau 308mm est insuffisante par rapport aux besoins annuels de la culture qui sont de l'ordre 450 à 600mm. Donc, le bilan pluviométrique est déficitaire.

Tableau 2.2 : Précipitations de la campagne 2003/2004 à Khemis Miliana

Mois	Total mensuel (mm)	Nombre de jours de pluie
Sep.	19	3
Oct.	31	3
Nov.	54	4
Déc.	75.8	11
Jan	38.7	9
Fev	39.5	8
mars	43.3	9
Avril	31.3	10
Mai	42.5	12
juin	9.6	3
Total	308.7	61

La répartition des précipitations est un peu régulière, car on remarque la présence de celles-ci presque durant tous les mois, de septembre jusqu'au mois de juin mais avec des quantités très différentes.

Les caractéristiques essentielles des conditions pluviométriques peuvent se résumer comme suit :

- Période Sept-Déc : Cette période a été marquée par un temps peu pluvieux au niveau de la zone. Un cumul de 104mm a été enregistré. Cette période a été également caractérisé par :

- Les quantités de pluies enregistrées représentent 34 % des précipitations totales.
- Le mois de décembre a été marqué par une perturbation des travaux par l'inaccessibilité de la terre engendrant l'extension de la période de semis jusqu'à mi-janvier.
- Des conditions plus au moins favorables à la germination et à la levée
- Les réserves hydriques du sol sont insuffisantes.

- De janvier à février : Cette période a été marqué par des chutes de pluies relativement faibles. Les quantités de pluies enregistrées durant cette période représentent 25 % des précipitations totales.

- De mars à juin : c'est la phase de développement et reproduction, 41 % des précipitations totales ont été enregistré durant cette période. Les quantités de pluies recueillies ne permettant pas de maintenir la réserve hydrique de sol à un niveau acceptable et de répondre aux besoins en eau de la culture ne favorisant pas ainsi leur développement et la bonne formation des composantes de rendement.

Les quantités d'eau enregistrées en mois d'avril et mai sont très faible, elles ont constitué un déficit hydrique car cette période coïncide avec le déroulement de la phase remplissage de grain. Ce déficit hydrique a des répercutions négatives sur le poids de mille grains et le rendement.

5.2.2.2. Températures

Les données concernant les températures durant la campagne 2003/2004 à Oued Smar et Khemis Miliana sont enregistrées respectivement dans les tableaux 2.3 et 2.4.

Les températures moyennes enregistrées à Oued Smar présentent une légère différence par rapport à celles de la décennie 1975/1984. Les mois de septembre, octobre et novembre de la campagne 2003/2004 ont des températures moyennes élevées à ceux de la décennie 1975/1984.

On remarque aussi que l'hiver et le premier mois de printemps de cette campagne sont légèrement froids. Les températures moyennes ne dépassent pas 12°C.

Les variétés de type hiver demandent un abaissement de la température en début de végétation. Cette exigence conditionne la montaison et la formation des fleurs.

En général les températures enregistrées à Oued Smar durant la campagne 2003/2004 ne s'avère défavorable pour un bon développement de la culture de blé dur.

Tableau 2.3 : Températures de la campagne 2003/2004 et de la période 1975/1984 à Oued Smar.

Mois.	2003/2004	1975/1984
Septembre	23.9	22.8
Octobre	20.5	18.9
Novembre	15.9	14.7
Décembre	11.4	12.4
Janvier	11.1	10.9
Février	12.0	12.6
Mars	11.9	16.5
Avril	14.8	14.3
Mai	16.6	17.0
Juin	20.2	21.3

A Khemis Miliana, les températures moyennes hivernales de la campagne sont supérieures à celles enregistrées pendant la période 1990/1993, par contre les mois de mars, avril, mai et juin ont une température moyenne inférieure. Les mois de mars et mai sont très chauds, ils s'avèrent défavorables pour le développement de la culture de blé dur.

Tableau 2.4 : Températures moyennes de la campagne 2003/2004 à Khemis Miliana.

Mois.	2003/2004	1975/1984
Décembre	10.6	8.6
Janvier	10.4	9.4
Février	12.4	11.4
Mars	13.3	13.5
Avril	15.7	18
Mai	17.3	22.8
Juin	25.2	25.6

5.3. Protocole expérimentale

5.3.1. Matériel végétale

Le matériel végétal étudié est composé de 13 variétés de blé dur (*Triticum durum*. Desf), Le tableau 2.5 nous montre l'origine des variétés testées.

Les trois variétés WAHA, VITRON et CHENS sont considérées comme des témoins. Les autres sont introduites de l'Italie afin de tester leur potentiel génétique.

WAHA est une sélection locale faite à l'intérieur du matériel introduit de la Syrie, elle se caractérise par sa précocité au stade épiaison, ce qui la rend sensible au gel. Cependant, c'est une variété qui réussit à échapper aux stress de fin de cycle à cause de sa précocité à maturité [68].

VITRON est une sélection locale faite à l'intérieur du matériel introduit de l'Espagne, elle se caractérise par un cycle végétatif précoce au stade épiaison. Sa zone d'adaptation est les hauts plateaux et les zones sahariennes.

OROBEL se caractérise par une précocité au stade épiaison, inscrite au catalogue officiel en 2000 [48].

Tableau 2.5 : Origine des variétés testées.

variété	origine
V1. Duilio	Italie
V2. Appio	Italie
V3. Latino	Italie
V4. Plinio	Italie
V5. Flaminio	Italie
V6. Bronte	Italie
V7. Orobel	Italie
V8. Portorico	Italie
V9. Portobello	Italie
V10 Vetrodur	Italie
V11. Waha	ICARDA
V12. Vitron	Espagne
V13. Chen's	CIMMYT

La faculté germinative (tableau 2.6) des variétés étudiées est dans l'ensemble élevée par référence au taux minimale prévue par la législation algérienne, taux qui est de 85%. Le test de germination qui a été effectué sur l'ensemble des géotypes au niveau de la station ITGC de Oued Smar a montré que la faculté germinative est en moyenne de 95 %.

Tableau 2.6 : la faculté germinative des variétés testées en pourcentage.

Variétés.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
FG %	92	89	93	97	93	96	99	95	90	92	95	98	94

5.3.2. L'élaboration de plan d'expérience

L'essai qui a été 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 introduits volontairement en vue d'en examiner les effets, sont le facteur environnement et le facteur variété. Ces deux derniers sont qualitatifs et présentent plusieurs variantes ou niveaux. Le facteur environnement présente deux variantes et le facteur variété présente treize variantes.

La combinaison de différentes variantes des deux facteurs étudiés nous a donné 26 traitements de base.

Le nombre de parcelles élémentaire sur l'ensemble des deux sites d'expérimentation a été de 104 parcelles. C'est le produit de nombre de traitement de base et le nombre de répétitions. 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 testée, a été de 12mètre carré. A Khemis Miliana, elle a été de 7.2mètre carré. Le nombre de lignes par parcelle a été de 6 espacées de 0.2m.

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

L'élaboration de plan d'expérience a été résumé comme suit :

*Nombre de facteurs : 2

Facteur 1 : variété

Facteur 2 : environnement

* Le nombre de variantes :

- Facteur 1 = 13 (V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13).

- Facteur 2 = 2 (E1 et E2).

* Le nombre de traitements de bases: $13 \times 2 = 26$ traitements. (V1 E1, V2 E1, V3 E1, V4 E1, V5 E1, V6 E1, V7 E1, V8 E1, V9 E1, V10 E1, V11 E1, V12 E1, V13 E1, V1 E2, V2 E2, V3 E2, V4 E2, V5 E2, V6 E2, V7 E2, V8 E2, V9 E2, V10 E2, V11 E2, V12 E2, V13 E2) .

E1 désigne l'environnement de Oued Smar et E2 l'environnement de Khemis Miliana.

5.3.3. 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 de 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 PPDS 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

5.4. Conduite de l'essai

5.4.1. Itinéraires techniques

5.4.1.1. Précédent cultural

Le précédent cultural a été une céréale au niveau de l'essai installé dans l'environnement de Oued Smar. Celui de Khemis Miliana a été une jachère.

5.4.1.2. Travail de sol

Le travail de sol est une composante principale de l'itinéraire technique des grandes cultures. La valorisation des facteurs de production comme la variété, la semence, le semis en ligne, le désherbage chimique, la fertilisation et l'irrigation d'appoint dépend, en grande partie, de la qualité de travail de sol.

La qualité de travail de sol dépend de l'outil ou des outils utilisés et de la date de réalisation de travail, autrement dit, de l'état du sol laissé par le précédent cultural.

A Oued Smar, le labour a été effectué en octobre 2003 avec une charrue bisoc réversible à une profondeur de 30 cm et dans des conditions de sol assez humide. La charrue bisoc réversible est la plus utilisée par la majorité des agriculteurs, elle est facile à transporter et à régler.

Les opérations des façons superficielles ont été effectuées comme suit :

Le passage de chisel en décembre 2003.

Le passage de la herse juste avant le semis et celui de rouleau après. La herse assure le criblage du sol en déposant les petites mottes en surface et la terre fine en profondeur, elle permet aussi un certain nivellement du sol. Quant au rouleau, il est toujours recommandé après le semis.

Le but des façons superficielles qui suivent le labour est la préparation d'un lit de semences adéquat en vue de la mise en place de la culture.

5.4.1.3.La fumure de fond

L'épandage d'engrais phosphatés, super 46 a été réalisé à une dose de 2 qx/h.

5.4.1.4.Le semis

Le semis a été effectué le 17/12/2003 à Oued Smar et le 12/01/2004 à Khemis Miliana. Ce retard dans la date de semis a été du à la pluviométrie. Celle-ci n'a pas permis l'accessibilité au terrain.

L'opération de semis a été réalisée à l'aide d'un semoir expérimentale. La dose de semis a été évaluée à travers le poids de mille grains tenant compte de la faculté germinative.

5.4.1.5. La fumure azotée

La fertilisation azotée a été fractionnée en deux apports puisque l'azote ne résiste pas au lessivage.

A Oued Smar, le premier apport a été réalisé le 07/01/2004 en utilisant l'urée à 46 % à raison de 1 ql/h et le deuxième apport le 09/03/2004.

A Khemis Miliana, le premier apport a été effectué le 07/02/2004 avec le même fertilisant et la même dose qu'à Oued Smar et le deuxième apport le 09/04/2004.

5.4.1.6.Désherbage chimique

Les désherbants chimiques qui ont été utilisés à Oued Smar sont le Granstar à raison de 15g/h et le Calliofop à raison de 2.5l/h. Le premier est un anti dico et le deuxième est anti mono. La date d'opération est le 13/01/2004.

A Khemis Miliana, le désherbage a été réalisé manuellement au fur à mesure de l'apparition des mauvaises herbes.

5.4.1.7.Lutte contre les oiseaux

Afin de contrer les attaques des moineaux à oued Smar au stade pâteux de blé, on a procédé par l'installation d'un dispositif contenant des bombes aérosols.

A Khemis Miliana, aucune lutte n'a été conçue pour contrer l'attaque des moineaux.

5.4.2.La récolte

La récolte a été effectuée à Oued Smar le 21/06/2004 à l'aide d'une moissonneuse-batteuse expérimentale 1.2m de largeur. Cette récolte a été retardée en raison des conditions climatiques défavorables (pluies).

A Khemis Miliana, la récolte a été faite manuellement. Le battage a été réalisé au niveau de laboratoire

5.5.Methodes d'étude

5.5.1.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.

5.5.2.Etudes des variables liées à la culture

5.5.2.1. 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.

5.5.2.2. Nombre de talles par plant

Durant la période de plein tallage, on a choisis 10 échantillons de plants au hasard tout le long de chaque parcelle élémentaire. Ces échantillons ont été l'objet d'un dénombrement du nombre de talles par plant.

5.5.2.3.Hauteur des plants à la floraison

la hauteur des pieds des variétés de blé dur a été mesurée à partir de 15 plants choisis au hasards au niveau de chaque parcelle élémentaire. La mesure a été prise de la base de la tige jusqu'à l'épi (barbe non incluse).

5.5.2.4.Longueur de l'épi

Pour chaque parcelle élémentaire nous avons mesuré la longueur de 15 épis pris au hasard (sans barbes).

5.5.2.5.Composantes de rendement

5.5.2.5.1. 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.

5.5.2.5.2.Nombre d'épillets total par épi

Le nombre total d'épillets par épis se mesure au stade formation de grain. Ce nombre est déterminé à partir de 15 échantillons (épis) pris au hasards au niveau de chaque parcelle élémentaire ; sur chaque épi nous avons compté le nombre total d'épillets.

5.5.2.5.3. Nombre d'épillets fertiles par épi

Sur les même épillets prélevés auparavant, nous avons procédé au nombre d'épillets fertiles, afin d'apprécier la fertilité de l'épi.

5.5-2-5-4-Nombre de grains par épis

C'est un élément essentiel de rendement, il nous permet de préciser la fertilité de l'épi. Nous avons procédé au comptage des grains à partir des épis prélevés auparavant.

5.5.2.5.6.Poids de mille grains

Après récolte et nettoyage, mille grains sont compté par un compteur automatique puis pesés avec une balance de précision, cela pour chaque parcelle élémentaire.

5.5.2.6.Rendement en grain

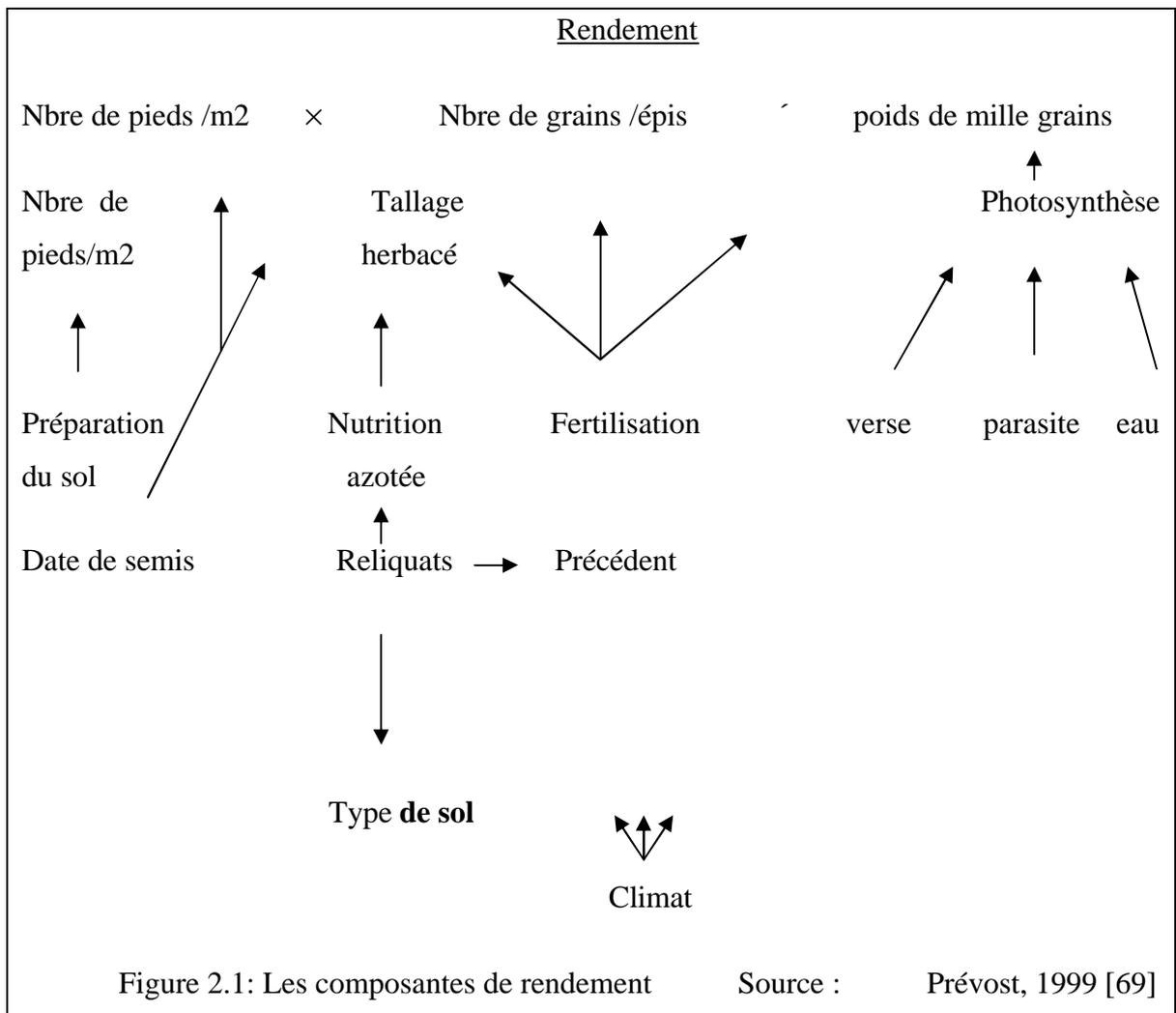
5.5.2.6.1.Rendement théorique

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, de la maturation à la récolte.

La détermination du rendement chez le blé s'obtient de la façon suivante [81] :

$$\text{Rendement (qx/h)} = (\text{Nombre d'épis par mètre carré}) \times (\text{Nombre de grain par épis}) \times (\text{PMG}) \times 10^{-4}$$

Sur chaque composante intervient une série de facteurs et de conditions de rendement (figure 2)



A partir de ce schéma, l'agriculteur doit définir ses interventions permettant la meilleure réussite de la culture.

5.5.2.6.2. 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.

5.5.2.7. Qualité technologique des grains

5.5.2.7.1. Détermination de taux de mitadnage

Le taux de mitadnage a été réalisé à l'aide d'un coupe grain, le farinotome de POHL à raison de 12 coupes par échantillons.

Le taux de mitadnage de l'échantillon examiné est donné par la formule suivante :

$$N = (n \times 100)/p.$$

N : le pourcentage des grains mitadinés dans la fraction examinée.

n : le nombre de grains mitadinés dans la fraction examinée.

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

5.5.2.7.2. Détermination de la matière azotée totale

L'azote est déterminé par la méthode de KJELDAHL, on minéralise le produit par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur : l'azote N organique est transformé en azote ammoniac par la lessive de soude et on le dose après l'avoir reçu dans de l'acide borique (indicateur).

CHAPITRE 6

RESULTATS ET DISCUSSION

6.1. La mesure de la précocité

La levée a eu lieu le 03/01/2004 à Oued Smar pour l'ensemble des génotypes, alors qu'à Khemis Miliana elle a lieu le 01/02/2004. Cette différence dans les dates pour les deux milieux revient à la date de semis qui diffère. Il faut souligner que la date de semis à Oued Smar a été le 17/12/2003 et celle de Khemis a été le 12/01/2004.

Les dates des stades de développement tallage, montaison et épiaison des 13 génotypes testées au niveau des deux sites, Oued Smar et Khemis Miliana sont données dans le tableau 8. Ce dernier a été donné afin de mesurer la précocité.

On peut noter que le semis à Khemis Miliana est tardif. Cela semble défavorable pour un bon développement des plants en raison de raccourcissement de cycle végétatif.

Il ressort du tableau 8 qu'à Oued Smar, la plupart des variétés sont précoces en comparant au témoin Waha et Vitron (variétés locales connues).

Les variétés qui ont présenté un nombre de jours élevés de la levée à l'épiaison sont Plinio, Flaminio, Orobél, Portorico et chen's respectivement 108, 105, 108, 108 et 108 jours. Ces variétés s'avèrent tardives.

A Khemis Miliana, la réalisation de stade épiaison des 13 variétés sélectionnées pour la région indique que tous les génotypes ont épiés du 11 au 26 du mois d'avril. La durée du cycle levée épiaison est comprise entre 69 à 84 jours pour l'ensemble des variétés. Les nombres de jours allant de la levée à l'épiaison pour les différents génotypes

sont inférieurs à ceux de Oued Smar. Cela s'explique de fait de la date de semis qui est tardive à Khemis Miliana.

Les variétés qui présentent un cycle levée-épiaison élevé à Oued Smar sont les même qui le présente à Khemis Miliana.

Tableau 3.1 : Les jours de précocité

Variétés	Tallage		Montaison		Epiaison		Précocité	
	OS	KH	OS	KH	OS	KH	OS	KH
V01	11/02	08/03	16/02	13/03	05/04	15/04	94	73
V02	12/02	09/03	16/02	14/03	04/04	14/04	93	72
V03	11/02	08/03	16/02	14/03	04/04	11/04	91	69
V04	12/03	09/03	16/02	14/03	18/04	25/04	108	83
V05	13/02	10/03	16/02	16/03	15/04	22/04	105	80
V06	14/02	11/03	16/02	17/03	04/04	14/04	93	72
V07	15/02	12/03	19/02	18/03	18/04	26/04	108	84
V08	14/02	11/03	16/02	17/03	18/04	25/04	108	83
V09	13/02	10/03	16/02	15/03	02/04	12/04	92	71
V10	13/02	10/03	17/02	15/03	02/04	12/04	92	71
V11	11/02	08/03	16/02	13/03	02/04	11/04	91	70
V12	14/02	11/03	17/02	16/03	02/04	11/04	91	70
V13	13/02	10/03	13/02	16/02	15/03	18/04	108	81

6.2. Etudes des variables liées à la culture

6.2.1. Nombre de plant par mètre carré

Les résultats relatifs au nombre de plant par mètre carré sont représentés dans le tableau 2 et sont illustrés par l'histogramme figure 1

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements (prob = 0.4002). Donc l'interaction des facteurs n'est pas significative. Elle n'existe pas ou n'a pu être mise en évidence dans les conditions opératoires. L'hypothèse de son inexistence étant acceptée. Le modèle théorique proposé pourrait être simplifié en supprimant le terme interaction.

Tableau 3.2 : Nombre de plants par mètre carré

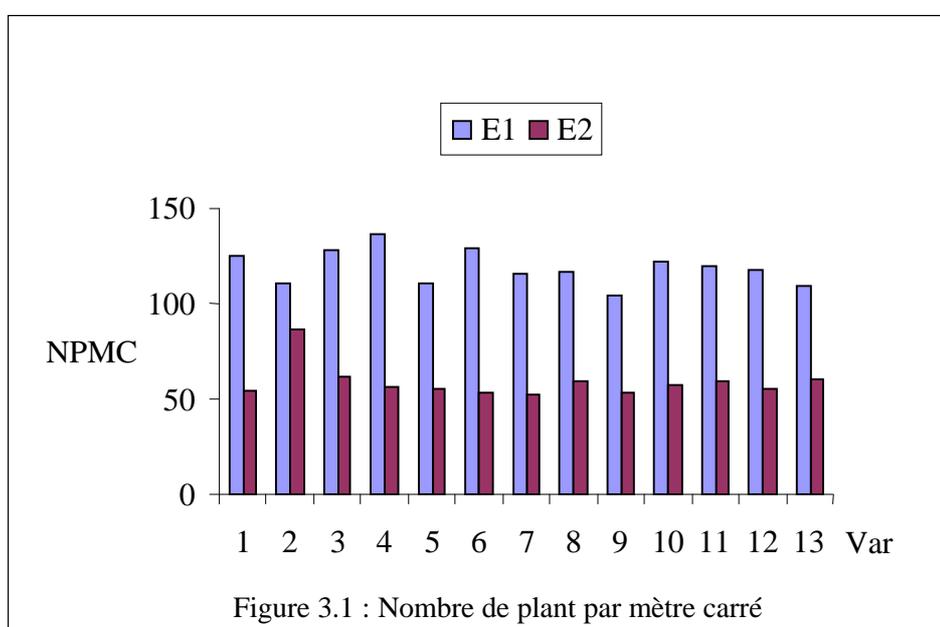
N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Proba	ET résiduel	CV %
1	V1E1	124.75 \pm 24.6	0.4029	12.75	14.6
2	V2E1	110.88 \pm 10.69			
3	V3E1	127.75 \pm 14.03			
4	V4E1	136.25 \pm 7.35			
5	V5E1	110 \pm 8.07			
6	V6E1	129 \pm 12.04			
7	V7E1	116 \pm 15.46			
8	V8E1	116.63 \pm 6.82			
9	V9E1	104.28 \pm 4.78			
10	V10E1	122.3 \pm 12.33			
11	V11E1	119.75 \pm 11.5			
12	V12E1	117.75 \pm 18.82			
13	V13E1	109.63 \pm 15.68			
14	V1E2	54.56 \pm 4.27			
15	V2E2	86.76 \pm 11.58			
16	V3E2	61.25 \pm 13.04			
17	V4E2	56 \pm 13.16			
18	V5E2	54.75 \pm 9.83			
19	V6E2	53.5 \pm 14.67			
20	V7E2	52.5 \pm 9			
21	V8E2	59.5 \pm 8.46			
22	V9E2	52.75 \pm 6.01			
23	V10E2	57.75 \pm 7.36			
24	V11E2	59 \pm 15.46			
25	V12E2	54.75 \pm 13.10			
26	V13E2	60.25 \pm 5.08			

L'analyse des deux facteurs principaux séparément a révélé un effet très hautement significatif de facteur environnement et un effet non significatif de facteur variété (voir annexe 1).

On peut déduire qu'il y a un seul effet. Il est d'ordre environnemental. C'est-à-dire les deux environnements testés présentent des différences pour le nombre de plants par mètre carré.

L'allure des courbes montre que l'environnement de Oued Smar est plus positivement sur le nombre de plant par mètre carré.

Pour ce qui est de la précision de l'essai, celui-ci est moyenne (C.V. = 14.6 %).



6.2.2. Nombre de talles par plant

Les résultats portant sur le nombre de talles par plant sont donnés dans le tableau 3 et illustrés par l'histogramme figure 2.

Sur les 13 variétés de blé dur testées, on a observé une différence entre les moyennes des différents traitements hautement significative pour leur nombre de talles par plant (prob =0.0017) au seuil de signification de 5 %. Donc l'interaction existe entre les deux facteurs.

Effectivement, les variétés cultivées dans la station de Oued Smar ont enregistré des valeurs de nombre de talles plus élevées que celles de Khemis Miliana.

L'analyse de la variance, selon le test de Student NEWMAN and KEULS, a permis de classer les différentes variétés en groupes homogènes et a révélé les meilleurs nombre de talles chez les variétés Vetrodur 6.90 et Waha 6.55 talles pour le site de Oued Smar et la variété Vitron 4.55 talles pour le site de Khemis Miliana.

De plus on peut déduire qu'il y a une interaction entre les génotypes et environnemental, car le nombre de talles par plant est dépendant du milieu, de climat durant les phases critiques de développement de végétal, de la fertilisation, des pratiques culturales, des maladies et autres facteurs.

HUCCEL et BACKER [70] ont montré que la capacité de tallage chez le blé dépend du génotype et que le rendement en grain est déterminé par le nombre de talles formées durant la phase végétative.

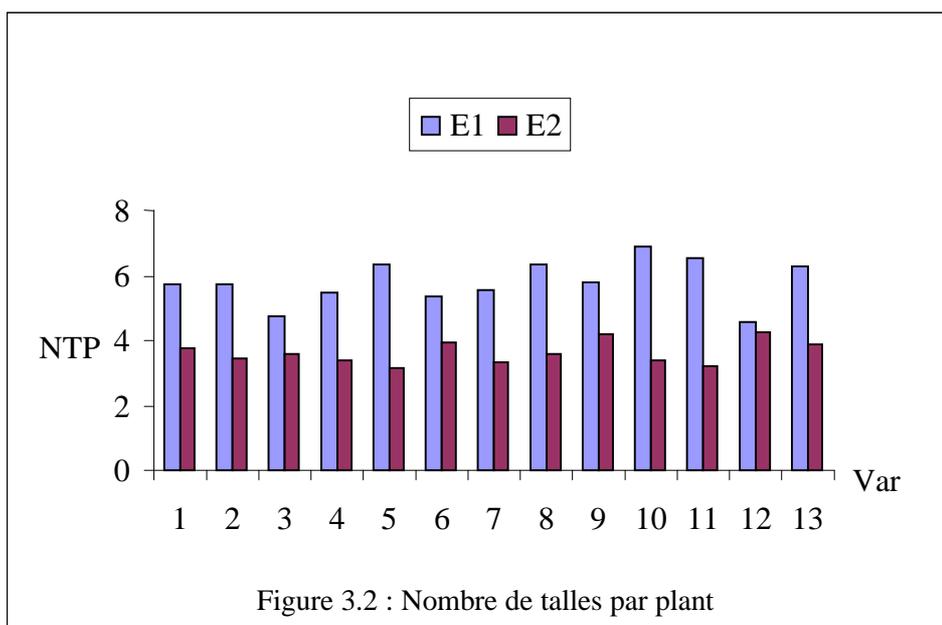
La capacité de tallage chez la plante de blé est un mécanisme d'adaptation très utile particulièrement sous les conditions difficiles du milieu [71]

La baisse de nombre de talles par plant semble être liée au nombre de jours élevés de gel durant la phase de tallage [72]. Quant à KIRBEY et SEBLIOTE [73], ont montré que les basses températures du sol au niveau de plateau de tallage du blé tendre limitent la formation des racines et des talles.

La fluctuation de nombre de talles par plant de l'environnement sub-humide à celui de semi-aride pour l'ensemble des génotypes peut être attribuée aux conditions climatiques

Tableau 3.3 : Nombre de talles par plant

N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V10E1	6.90 \pm 0.66	A	0.0017	0.73	15.4
2	V11E1	6.55 \pm 0.49	A			
3	V8E1	6.32 \pm 0.28	AB			
4	V5E1	6.31 \pm 1.13	AB			
5	V13E1	6.25 \pm 1.69	AB			
6	V9E1	5.78 \pm 0.81	ABC			
7	V2E1	5.72 \pm 0.97	ABC			
8	V1E1	5.70 \pm 0.90	ABC			
9	V7E1	5.55 \pm 0.51	ABC			
10	V4E1	5.48 \pm 0.85	ABC			
11	V6E1	5.35 \pm 0.37	ABCD			
12	V3E1	4.70 \pm 0.62	BCDE			
13	V12E1	4.55 \pm 0.18	BCDE			
14	V12E2	4.26 \pm 0.48	CDE			
15	V9E2	4.16 \pm 0.74	CDE			
16	V6E2	3.96 \pm 0.75	DE			
17	V13E2	3.86 \pm 0.45	DE			
18	V1E2	3.73 \pm 0.60	E			
19	V8E2	3.60 \pm 0.43	E			
20	V3E 2	3.55 \pm 0.68	E			
21	V2E2	3.45 \pm 0.18	E			
22	V4E2	3.38 \pm 0.23	E			
23	V10E2	3.38 \pm 0.34	E			
24	V7E2	3.30 \pm 0.32	E			
25	V11E2	3.23 \pm 0.26	E			
26	V5E2	3.15 \pm 0.25	E			



L'abondance de tallage dans le milieu sub-humide peut être due à la durée la plus longue de cette phase, ce qui favorise la formation d'un plus grand nombre de talles.

Le facteur limitant réellement le tallage épis est le plus souvent la date de semis ou la variété plutôt que la dose d'azote [37].

6.2.3. Longueur de l'épis

L'analyse de la variance nous a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes de différents traitements (prob = 0.0000) au seuil de signification de 5 % (tableau 4). L'effet interaction existe entre les deux facteurs.

La valeur de la longueur de l'épi la plus élevée a été enregistrée chez la variété Orobél à Oued Smar avec 12.58cm.

A Khemis Miliana, la variété Flaminio a donné la longueur de l'épi la plus élevée avec 8.08cm, alors que la variété Waha (témoin) a donnée la valeur la plus faible avec 6.55cm.

Tableau 3.4 : Longueur de l'épi (cm).

N°	Traitements	Moyenne ± Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V07 E1	12.58±0.32	A	0.0001	0.62	8.9
2	V08 E1	10.57±0.45	B			
3	V05 E1	9.98±0.40	B			
4	V06 E1	8.60±0.58	C			
5	V01 E1	8.50±0.11	C			
6	V09 E1	8.50±0.18	C			
7	V04 E1	8.28±0.24	CD			
8	V12 E1	8.26±0.37	CD			
9	V03 E1	8.23±0.24	CD			
10	V05E2	8.08±0.59	CD			
11	V11 E1	8.05±0.62	CD			
12	V10 E1	7.99±0.31	CD			
13	V07 E2	7.91±0.70	CD			
14	V12 E2	7.87±1.68	CD			
15	V04 E2	7.67±0.76	CD			
16	V03 E2	7.37±1.53	CD			
17	V09 E2	7.35±1.19	CD			
18	V02 E2	7.33±1.09	CD			
19	V10 E2	7.29±1.08	CD			
20	V13 E1	7.27±0.13	CD			
21	V08 E2	7.21±0.55	CD			
22	V02 E1	7.20±0.55	CD			
23	V06 E2	7.12±0.49	CD			
24	V13 E2	6.87±0.48	CD			
25	V01 E2	6.87±0.26	CD			
26	V11 E2	6.55±0.54	D			

Le test de NEWMAN and KEULS nous a donné 5 groupes homogènes. Il y' a 19 traitements qui sont regroupés dans le même groupe homogène allant de la longueur de 6.87 cm jusqu'à 8.28cm comme le montre le tableau 4.

Selon JONARD [74] la longueur de l'épi est une caractéristique variétale peu influencée par les variations du milieu.

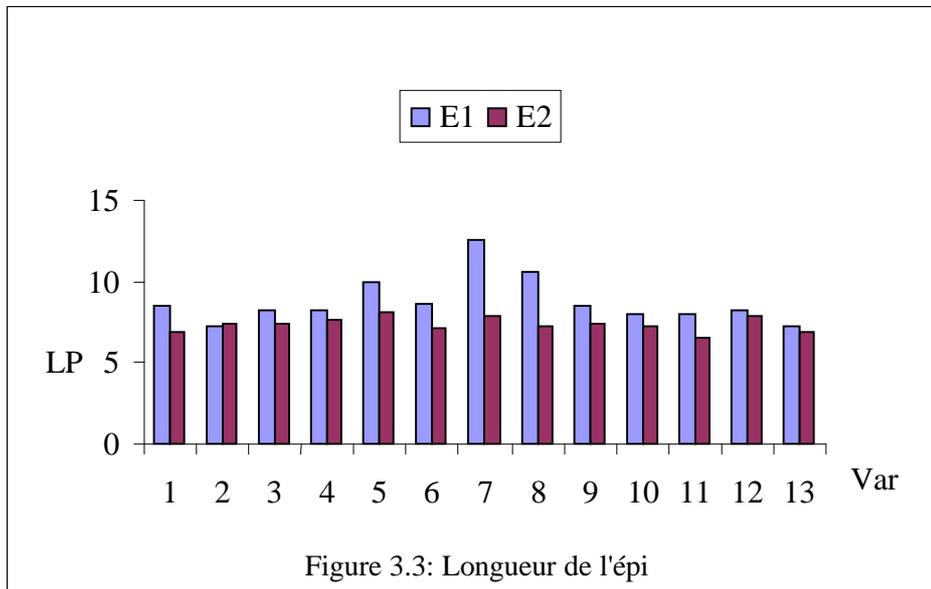


Figure 3.3: Longueur de l'épi

6.2.4. Hauteur des plants à la floraison

L'analyse de la variance (tableau 5) nous a montré qu'il y' a une différence très hautement significative entre les moyennes des différents traitements (prob = 0.0002). Ce qui confirme l'existence d'une interaction entre le facteur variété et le facteur environnement.

On a remarqué qu'il y' a une grande différence entre les deux milieux pour l'expression du caractère hauteur des plants.

Les valeurs les plus élevées sont toutes enregistrées dans le milieu sub-humide pour l'ensemble des variétés, alors que les faibles sont obtenus en milieu semi-aride

Tableau 3.5: Hauteur des plants

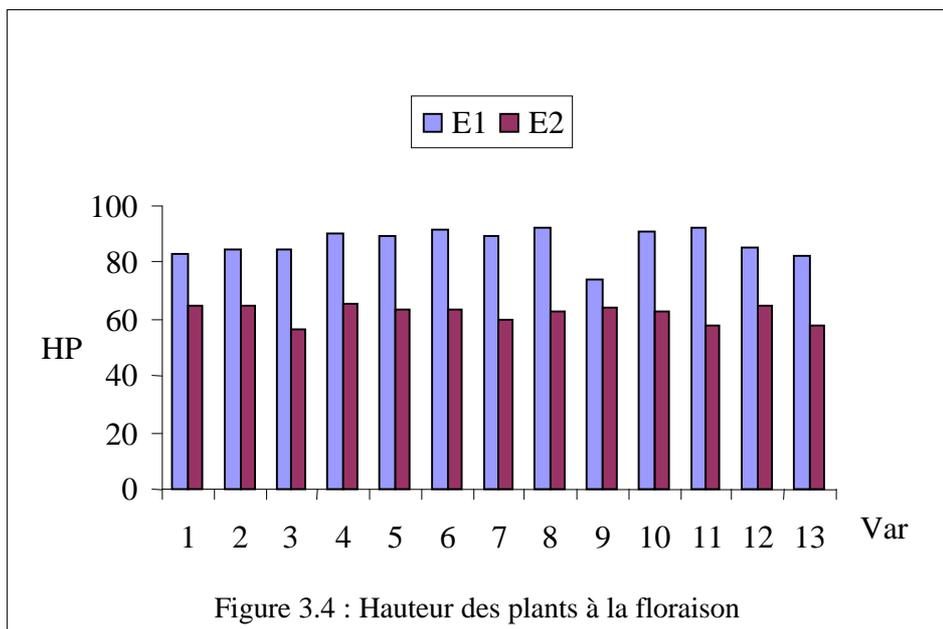
N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V11E1	92.44 \pm 4.70	A	0.0002	4.73	6.4
2	V08E1	92.33 \pm 8.51	A			
3	V06E1	91.81 \pm 4.60	A			
4	V10E1	90.88 \pm 3.03	A			
5	V04E1	90.00 \pm 2.00	A			
6	V05E1	89.56 \pm 8.56	A			
7	V07E1	89.50 \pm 2.21	A			
8	V12E1	85.44 \pm 4.02	A			
9	V03E1	84.41 \pm 4.55	A			
10	V02E1	84.19 \pm 3.42	A			
11	V01E1	83.25 \pm 2.31	A			
12	V13E1	82.80 \pm 6.20	B			
13	V09E1	74.00 \pm 3.50	BC			
14	V04E2	65.75 \pm 3.02	BC			
15	V01E2	64.96 \pm 3.26	BC			
16	V02E2	64.83 \pm 5.73	BC			
17	V12E2	64.50 \pm 7.70	BC			
18	V09E2	64.42 \pm 4.08	BC			
19	V05E2	63.41 \pm 7.36	C			
20	V06E2	63.25 \pm 3.19	C			
21	V10E2	62.67 \pm 3.17	C			
22	V08E2	62.41 \pm 1.55	C			
23	V07E2	60.06 \pm 3.54	C			
24	V13E2	57.90 \pm 7.61	C			
25	V11E2	57.50 \pm 4.18	C			
26	V03E2	56.38 \pm 5.19	C			

Le test de NEUWMAN-KEULS nous a révélé 4 groupes homogènes. A Oued Smar la variété la plus haute est Waha suivie de Portorico, Bronte, Vetrodur, Plinio, Orobel, Duilio, Appio, et Latino, toutes classées dans un seul groupe homogène (A). A Khemis Miliana, la variété la plus haute est Plinio avec 65.75cm, alors que la plus basse est la variété Latino avec 56.38cm.

L'expression des génotypes pour le caractère hauteur n'est pas le même dans les deux milieux ; cela signifie que l'environnement s'est interagis avec les génotypes.

Le raccourcissement de cycle végétative, dû au retard dans le semis, peut être la cause des hauteurs faibles enregistrées au niveau de Khemis Miliana. C'est-à-dire la durée de stade montaison a été réduite.

La hauteur élevée de la paille est souvent associée à une bonne résistance à la sécheresse ; grâce aux quantités d'assimilés au niveau des tiges, principaux organes de réserves.



6.2.5. Composantes de rendement

6.2.5.1. Nombre d'épis par mètre carré

Les résultats relatifs aux nombres d'épis par mètre carré sont présentés dans le tableau 6 et illustré par l'histogramme figure 5.

Sur les 13 variétés de blé dur étudiées, on a remarqué une différence ; entre les moyennes des différents traitements au seuil de signification de 5%, très hautement significative pour leur nombre d'épis par mètre carré (prob = 0.0406). Donc l'interaction existe entre les deux facteurs.

La station de Oued Smar a enregistré des valeurs de nombre d'épis plus élevées que celles de Khemis Miliana.

L'analyse de la variance, selon le test de Student NEWMAN and KEULS, a permis de classer les différentes variétés en groupes homogènes et a révélé le meilleur nombre d'épis par mètre carré chez la variété Vetrodur 297.75 pour le site de Oued Smar et la variété Latino 184.75 pour le site de Khemis Miliana.

A travers ces résultats, on peut déduire que les génotypes ont présentés une interaction avec leur milieu.

Selon ZAIR [75], le peuplement épi dépend en premier lieu de potentiel génétique de la variété, puis la densité de semis et de la puissance de tallage, elle même est conditionnée par la nutrition azotée et l'alimentation hydrique de la plante pendant la tallage. De son côté Couvreur [21], indique que le peuplement épi est lié à l'état de la végétation et à la sortie de l'hiver.

Vers le stade deux nœuds, toute carence en azote entraîne une régression des tiges et une diminution de leur fertilité [37].

Tableau 3.6: Nombre d'épis par mètre carré

N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V10 E1	297.75 \pm 70.99	A	0.0003	37.88	15.23
2	V11 E1	271.00 \pm 36.37	AB			
3	V09 E1	264.00 \pm 54.15	ABC			
4	V02 E1	258.50 \pm 26.86	ABCD			
5	V03 E1	248.75 \pm 4.94	ABCDE			
6	V01 E1	242.25 \pm 0.20	ABCDEF			
7	V06 E1	235.75 \pm 6.07	ABCDEFG			
8	V05 E1	235.00 \pm 2.29	ABCDEFG			
9	V12 E1	220.25 \pm 2.47	ABCDEFG			
10	V04 E1	213.50 \pm 2.24	ABCDEFG			
11	V08 E1	204.75 \pm 6.04	BCDEFG			
12	V13 E1	203.25 \pm 50.20	BCDEFG			
13	V03 E2	184.75 \pm 2.42	BCDEFG			
14	V13 E2	178.25 \pm 2.96	CDEFG			
15	V12 E2	177.00 \pm 6.65	CDEFG			
16	V09 E2	172.00 \pm 8.90	CDEFG			
17	V01 E2	165.75 \pm 8.56	DEFG			
18	V10 E2	162.25 \pm 2.88	EFG			
19	V04 E2	159.75 \pm 17.15	EFG			
20	V11 E2	157.50 \pm 22.77	EFG			
21	V08 E2	154.75 \pm 56.84	EFG			
22	V07 E1	150.00 \pm 22.55	FG			
23	V06 E2	147.25 \pm 07.97	FG			
24	V05 E2	141.50 \pm 20.90	G			
25	V02 E2	141.00 \pm 23.36	G			
26	V07 E2	139.25 \pm 28.62	G			

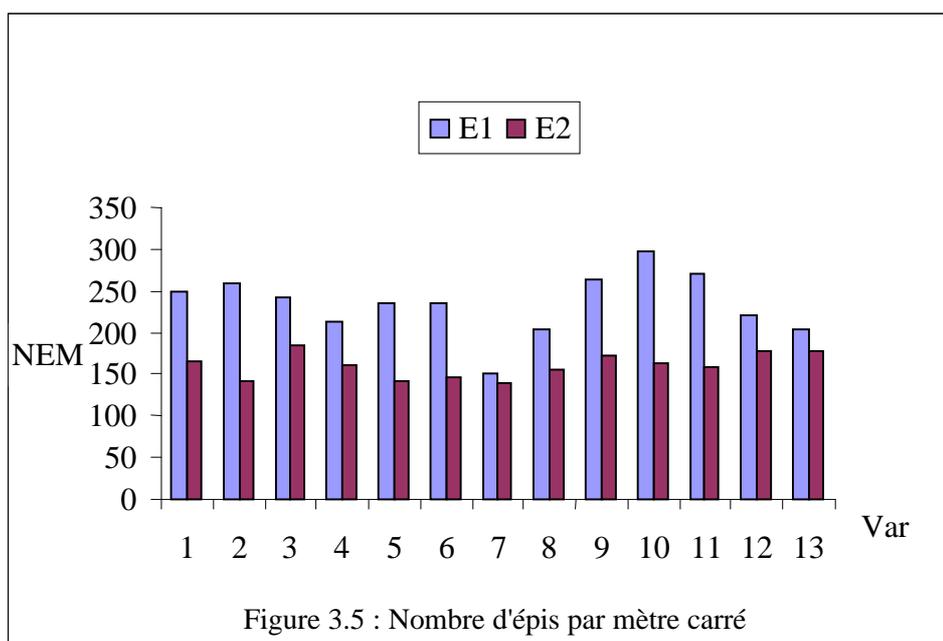


Figure 3.5 : Nombre d'épis par mètre carré

6.2.5.2. Nombre d'épillets total par épis

Les résultats de l'analyse statistique de la variable nombre d'épillets par épis sont représentés dans le tableau 7 et illustrés par l'histogramme figure 6.

L'analyse de la variance du nombre d'épillets par épis des 13 variétés testées dans les deux milieux, sub-humide et semi-aride, a révélé des différences très hautement significatives (prob = 0.0001).

Les résultats obtenus montrent qu'il est fortement influencé par l'interaction génotype \times environnement. Par conséquent, tous les génotypes testés ne se comportent pas de la même façon vis-à-vis des variations du milieu. Le nombre d'épillets par épis le plus élevé à Oued Smar est de 25.1 enregistré par la variété Orobél, alors que le nombre le plus élevé à Khemis Miliana est de 18.81 réalisé par la variété Flaminio. Cela montre que le comportement variétal en ce qui concerne le nombre d'épillets par épis diffère selon l'environnement.

Un raccourcissement de la phase reproductive est par conséquent une réduction du nombre d'épillets [23]. Plus le tallage sera long plus l'épis sera long avec un nombre d'épillets élevé [76].

Tableau 3.7 : Nombre d'épillets total par épis

N°	Traitements	Moyenne Ecart type	±	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V07E1	25.10±0.65		A	0.0251	1.24	6.3
2	V05E1	22.10±0.89		B			
3	V08E1	21.83±1.08		BC			
4	V06E1	21.81±0.61		BC			
5	V04E1	21.79±1.46		BC			
6	V03E1	20.96±1.63		BCD			
7	V09E1	20.74±1.22		BCDE			
8	V11E1	19.81±0.52		BCDEF			
9	V02E1	19.44±0.35		BCDEFG			
10	V12E1	19.15±0.58		CDEFGH			
11	V10E1	19.13±1.26		CDEFGH			
12	V05E2	18.81±1.27		DEFGH			
13	V07E2	18.26±0.64		DEFGH			
14	V01E1	18.17±0.89		DEFGH			
15	V10E2	18.00±1.68		EFGH			
16	V08E2	17.98±0.46		EFGH			
17	V04E2	17.79±1.35		FGH			
18	V12E2	17.69±2.12		FGH			
19	V13E1	17.29±0.62		FGH			
20	V02E2	17.00±1.42		FGH			
21	V11E2	16.85±1.74		GH			
22	V06E2	16.65±0.85		GH			
23	V03E2	16.50±2.51		GH			
24	V01E	16.42±0.78		GH			
25	V09E2	16.33±1.40		GH			
26	V13E2	16.19±1.19		H			

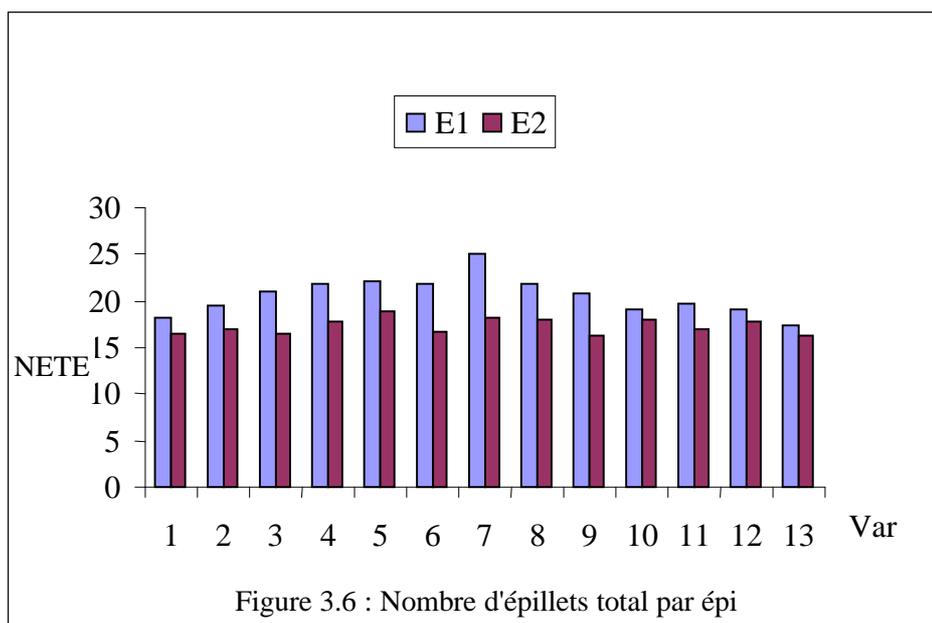


Figure 3.6 : Nombre d'épillets total par épi

6.2.5.3. Nombre d'épillets fertiles par épis

Les moyennes caractéristiques des 13 génotypes étudiées sont données au tableau 8 et illustrées par l'histogramme figure 7.

L'étude de ces moyennes montre que le site de Oued Smar comparativement au site de Khemis Miliana autorise une meilleure expression du caractère nombre d'épillets fertiles.

L'analyse statistique a révélé que les interactions génotypes \times site sur le nombre d'épillets fertiles est très hautement significatives.

Le test de Student NEWMAN-KEULS, a permis de classer les différents traitements en groupes homogènes. Ainsi, le meilleur nombre d'épillets fertiles a été enregistré chez la variété Orobel à Oued Smar avec un nombre de 25.10, alors qu'à Khemis Miliana c'est la variété Duilio qui a enregistré le meilleur nombre avec 13.52.

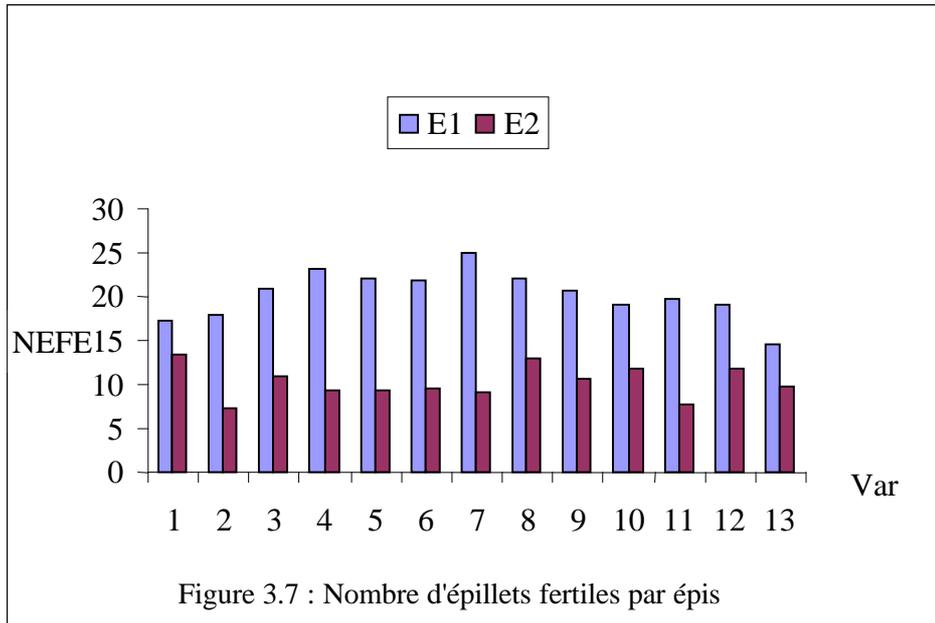
A travers ces résultats, on peut déduire que les variétés cultivées à Khemis Miliana sont les moins fertiles que celles cultivées à Oued Smar.

Tableau 3.8 : Nombre d'épillets fertiles par épis

N°	Traitements	Moyenne ± Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V07E1	25.10±0.78	A	0.0030	2.73	17.3
2	V04E1	23.29±3.27	AB			
3	V05E1	22.10±1.18	AB			
4	V08E1	21.96±0.43	AB			
5	V06E1	21.81±1.08	AB			
6	V03E1	20.96±1.42	AB			
7	V09E1	20.77±0.92	AB			
8	V11E1	19.85±0.94	ABC			
9	V12E1	19.17±1.06	ABC			
10	V10E1	19.15±1.76	ABC			
11	V02E1	17.98±1.34	BCD			
12	V01E1	17.35±0.74	BCDE			
13	V13E1	14.55±4.69	CDEF			
14	V01E2	13.52±2.25	DEFG			
15	V08E2	13.04±2.08	DEFG			
16	V10E2	11.81±2.74	EFG			
17	V12E2	11.73±3.33	EFG			
18	V03E2	10.88±3.28	FG			
19	V09E2	10.60±2.69	FG			
20	V13E2	9.80±3.39	FG			
21	V06E2	9.53±2.14	FG			
22	V05E2	9.34±5.08	FG			
23	V04E2	9.29±3.05	FG			
24	V07E2	9.19±1.37	FG			
25	V11E2	7.71±3.51	G			
26	V02E2	7.27±4.80	G			

Selon ABROL et INGRAM [78], la croissance et le développement qui suivent l'initiation des épillets sont contrôlés par la température et la durée de jours pendant la différenciation des épis en épillets. Les effets aigus d'une température élevée sont les plus frappants quand le stress de chaleur se produit pendant la floraison.

Chez le riz, le stress de chaleur à l'anthèse empêche la déhiscence des anthères et l'éjection du pollen, ce qui réduit la pollinisation et le nombre de grains ([79], [80])



6.2.5.4. Nombre de grains par épis

Les résultats relatifs au nombre de grain par épi sont donnés dans le tableau 9 et illustrés par l'histogramme figure 8.

L'analyse statistique des résultats, porté sur le nombre de grains par épi, a montré une différence non significative entre les génotypes au sein des deux sites étudiés (prob = 0.0756). L'effet interaction est inexistant.

Par ailleurs, l'étude des deux facteurs principaux séparément a révélé un effet très hautement significatif (voir annexe 8).

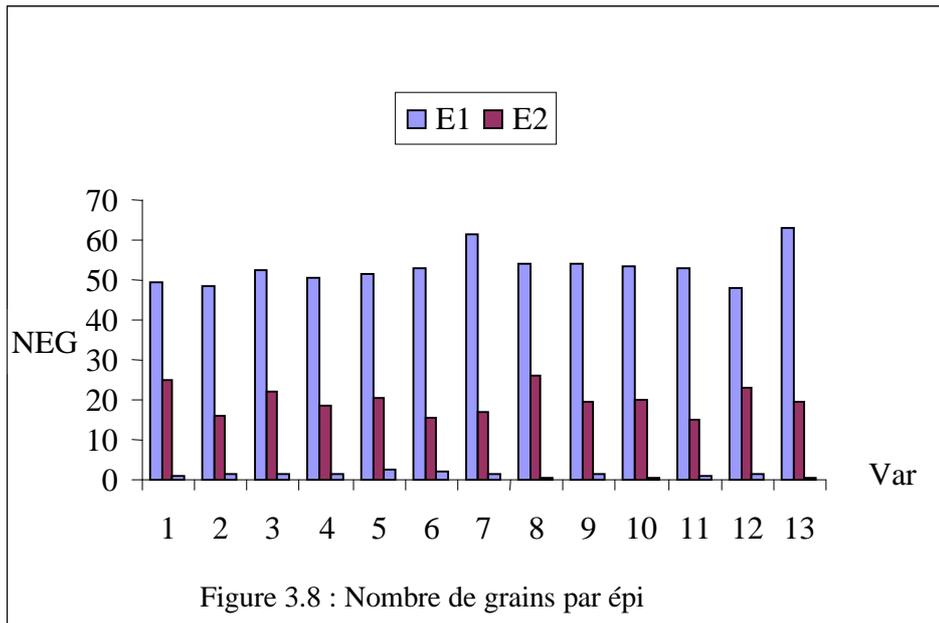
On peut dire que l'expression du génotype est bien spécifique à un environnement

Bien que la fertilité d'un épi soit un caractère variétal, elle peut dépendre des conditions climatiques au moment de la fécondation et juste après

Tableau 3.9 : Nombre de grain par épis

N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Proba	ET résiduel	CV %
1	V01E1	49.55 \pm 3.19	0.0756	6.52	17.8
2	V02E1	48.48 \pm 2.93			
3	V03E1	52.56 \pm 1.25			
4	V04E1	50.27 \pm 3.94			
5	V05E1	51.31 \pm 4.28			
6	V06E1	53.19 \pm 2.39			
7	V07E1	61.54 \pm 8.86			
8	V08E1	54.06 \pm 7.82			
9	V09E1	54.19 \pm 5.01			
10	V10E1	53.52 \pm 5.49			
11	V11E1	53.10 \pm 6.01			
12	V12E1	47.97 \pm 2.41			
13	V13E1	63.13 \pm 3.48			
14	V01E2	25.22 \pm 7.85			
15	V02E2	16.25 \pm 4.36			
16	V03E2	21.94 \pm 8.31			
17	V04E2	18.71 \pm 7.86			
18	V05E2	20.67 \pm 14.02			
19	V06E2	15.67 \pm 5.52			
20	V07E2	16.92 \pm 5.01			
21	V08E2	26.00 \pm 5.53			
22	V09E2	19.57 \pm 5.25			
23	V10E2	20.00 \pm 2.66			
24	V11E2	14.88 \pm 8.04			
25	V12E2	22.79 \pm 10.04			
26	V13E2	19.44 \pm 7.73			

La fertilité de l'épi est contrôlée par la température moyenne de la phase épiaison – maturation et en second lieu par la durée de jours de cette même phase. Plus la température moyenne augmente, moins est important le nombre de grain par épis, contrairement la durée de jours est associée positivement à cette composante de rendement [81].



6.2.5.5. Le poids de mille grains

L'analyse statistique des résultats recueillis sur les différents génotypes pour la composante de rendement poids de mille grains au niveau de deux sites d'essai sont représentés dans le tableau 10 et illustrés par l'histogramme figure 9.

L'analyse de la variance de poids de mille grains indique que l'interaction génotype × milieu est très hautement significative (prob = 0.0000).

Le test de Student NEWMAN and KEULS, a permet de classer les différents traitement en groupes homogènes et a révélé le meilleur PMG chez la variété Plinio 44.07g pour le site de Oued Smar et la variété Flaminio 26.08g pour le site de Khemis Miliana.

Le PMG le plus faible à Oued Smar est enregistré chez la variété Appio avec 32.48g, alors qu'à Khemis Miliana c'est la variété Portobello avec 18.73.

Tableau 3.10 : Poids de mille grains

N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V04E1	44.07	A	0.0000	2.33	7.8
2	V07E1	42.44	AB			
3	V06E1	39.60	BC			
4	V03E1	38.96	BC			
5	V05E1	38.48	BC			
6	V12E1	38.26	BC			
7	V01E1	38.22	BC			
8	V10E1	37.45	BCD			
9	V13E1	35.33	CDE			
10	V08E1	35.14	CDE			
11	V09E1	34.73	CDE			
12	V11E1	32.84	DE			
13	V02E1	32.48	E			
14	V05E2	26.08	F			
15	V06E2	24.68	FG			
16	V12E2	24.58	FG			
17	V13E2	24.26	FGH			
18	V01E2	23.45	FGHI			
19	V08E2	22.68	FGHI			
20	V04E2	22.62	FGHI			
21	V03E2	22.58	FGHI			
22	V07E2	20.01	GHI			
23	V11E2	19.56	GHI			
24	V02E2	19.11	HI			
25	V10E2	19.06	HI			
26	V09E2	18.73	I			

La faiblesse de poids de mille grains à Khemis Miliana peut s'expliquer par les quantités de pluies reçues et le régime thermique des zones semi-aride.

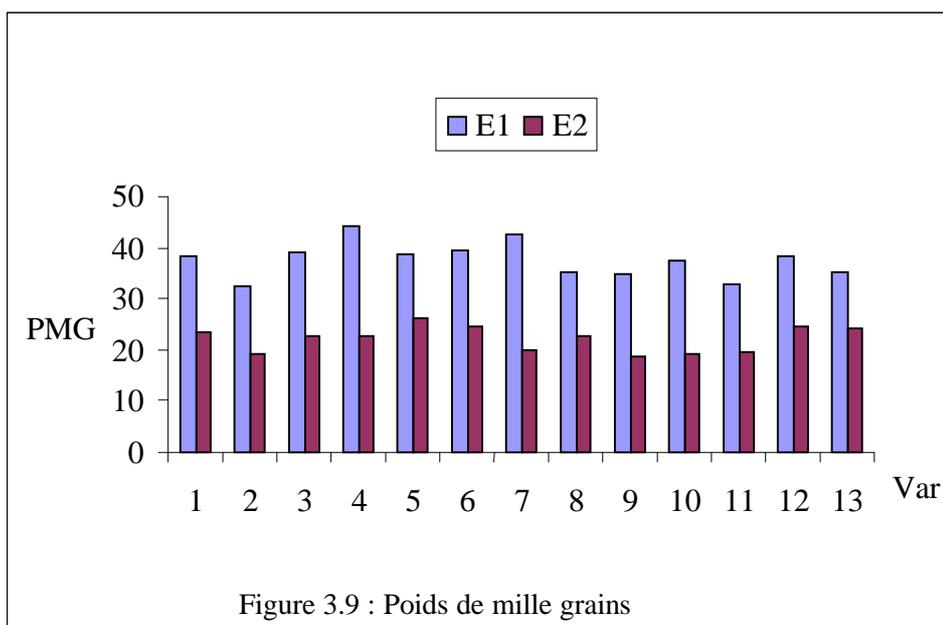
Le meilleur poids de mille grains est la résultante des interactions entre les facteurs climatiques et les variétés utilisées.

Le PMG est sous l'effet des composantes suivantes : matière fraîche, matière sèche, eau et matière protéique [82].

Les faibles PMG obtenus à Khemis Miliana peut s'expliquer aussi par l'échaudage des grains.

En Inde, les températures élevées en mars 30/13°C et en avril 30/20°C réduisent la durée de remplissage des grains [77].

La réduction de poids du grain due au stress de chaleur peut être expliqué presque entièrement par les effets de température sur la vitesse et la durée de croissance de grain. Avec une hausse de température de 15/10°C à 21/16°C, la durée de remplissage des grains fut réduite de 60 à 36 jours et la vitesse de croissance du grain a augmenté de 0.73 à 1.49 mg/grain/jours avec une influence minimale sur le poids de grain à maturité. En augmentant encore les températures de 21/16°C à 30/25°C, le remplissage des grains tomba de 36 à 22 jours avec une hausse minimale de la vitesse de croissance de 1.49 à 1.51 mg/grain/jours. Donc le poids de grain mur diminua significativement à la température la plus élevée [77]. Une évapotranspiration et une température moyenne faible, au cours de la phase épiaison– maturation peut améliorer le PMG [81].



6.2.6.2. Le rendement en grain :

6.2.6.1. Le rendement théorique :

Les résultats relatifs aux rendements théoriques calculés à partir de produit de nombre d'épi par mètre carré, le nombre de grain par épis et le PMG sont reportés dans le tableau 11 et illustrés par l'histogramme figure 10.

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements. Donc l'interaction génotype \times environnement n'est pas significative.

L'analyse des deux facteurs principaux séparément a révélé un effet très hautement significatif de facteur environnement et un effet non significatif de facteur variété (voir annexe 11). Donc le seul effet qui existe est l'effet environnemental.

Tableau 3.11: Rendement théorique

N°	Traitements	Moyenne ± Ecart type	Proba	ET résiduel	CV %
1	V01E1	48.08±10.24	0.1850	7.57	28.34
2	V02E1	40.96±2.43			
3	V03E1	49.29±2.82			
4	V04E1	47.36±5.58			
5	V05E1	45.94±15.29			
6	V06E1	49.95±9.07			
7	V07E1	41.46±7.37			
8	V08E1	31.54±9.60			
9	V09E1	47.37±18.36			
10	V10E1	58.68±11.72			
11	V11E1	47.83±10.57			
12	V12E1	41.27±8.30			
13	V13E1	45.73±11.08			
14	V01E2	10.19±1.87			
15	V02E2	5.98±1.04			
16	V03E2	9.25±4.96			
17	V04E2	6.88±4.08			
18	V05E2	9.21±6.08			
19	V06E2	5.88±3.43			
20	V07E2	5.04±3.93			
21	V08E2	9.22±4.49			
22	V09E2	6.27±2.00			
23	V10E2	6.05±1.53			
24	V11E2	4.95±3.09			
25	V12E2	9.87±5.92			
26	V13E2	9.05±2.47			

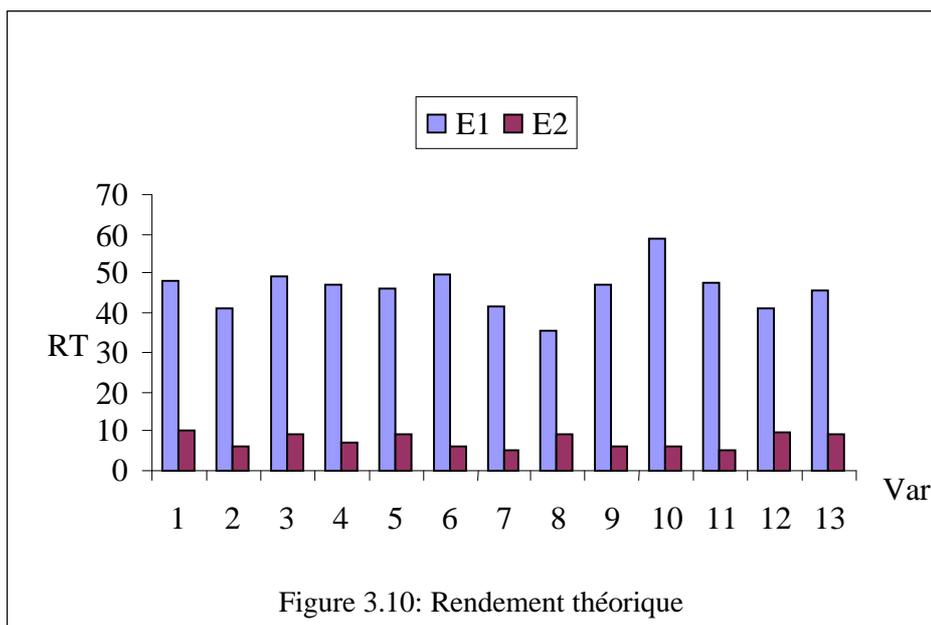


Figure 3.10: Rendement théorique

6.2.6.2. Le rendement réel

La variabilité du rendement en grains observé sur les deux sites expérimentaux, de sélection de blé est indiquée au tableau 12 et illustrée par l'histogramme figure 11.

L'analyse de la variance de rendement en grain indique que l'interaction génotype × milieu est hautement significative (prob = 0.0000)

Le test de Student NEWMAN and KEULS, a permet de classer les différentes variétés en groupes homogènes et a révélé le meilleur rendement chez la variété Latino avec 45.82 qx/h pour le site de Oued Smar et la même variété pour le site de Khemis Miliana avec 6.72 qx/ha. Du point de vue performances maximales, le site de Oued Smar se démarque de site de Khemis Miliana.

Tableau 3.12 : Rendement réel

N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V03E1	45.82 \pm 3.23	A	0.0020	5.2	30.6
2	V12E1	36.37 \pm 8.96	B			
3	V11E1	34.97 \pm 6.32	B			
4	V09E1	32.48 \pm 6.86	BC			
5	V01E1	31.25 \pm 6.32	BC			
6	V13E1	29.35 \pm 5.58	BC			
7	V10E1	29.17 \pm 6.04	BC			
8	V04E1	28.50 \pm 3.55	BC			
9	V06E1	28.41 \pm 2.32	BC			
10	V02E1	26.04 \pm 1.16	BCD			
11	V05E1	25.52 \pm 7.28	BCD			
12	V07E1	22.67 \pm 4.61	CD			
13	V08E1	17.77 \pm 2.50	D			
14	V03E2	6.72 \pm 2.26	E			
15	V05E2	5.16 \pm 3.55	E			
16	V13E2	4.70 \pm 3.90	E			
17	V12E2	4.60 \pm 3.48	E			
18	V06E2	4.47 \pm 1.21	E			
19	V01E2	4.44 \pm 1.31	E			
20	V02E2	3.82 \pm 0.49	E			
21	V11E2	3.80 \pm 2.67	E			
22	V08E2	3.62 \pm 1.60	E			
23	V09E2	3.21 \pm 1.83	E			
24	V07E2	3.04 \pm 2.19	E			
25	V04E2	2.00 \pm 1.38	E			
26	V10E2	1.83 \pm 0.22	E			

L'écart moyen de rendement en grain entre ces deux environnements est très important, il est de 23.17 qx/h comme le montre le tableau ci-dessous. Cet écart s'explique par le pourcentage d'échaudage qui est plus important au niveau de Khemis Miliana.

Tableau 3.13 : Moyennes caractéristiques du rendement en grain.

paramètre.	Oued Smar	Khemis Miliana.
Max.	45.82	6.72
Min.	17.77	1.83
Moy.	28.25	5.09

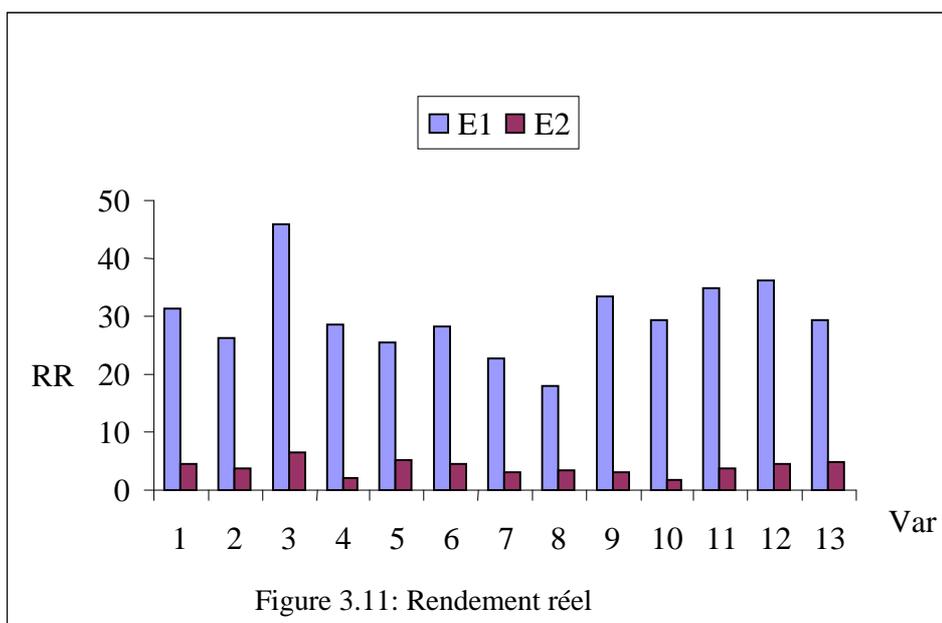
Le site de Oued Smar est considéré comme celui qui est favorable à l'expression de haut rendement.

Les cultivars Vetrodur, Waha et Chen's pris comme témoins ont donné des rendements en grains, à Oued Smar, de 34.93, 36,37 et 29.35 qx/h respectivement. Les deux premiers cultivars sont classés seuls dans le deuxième groupe homogène B et chen's dans le groupe trois AB (tableau 19). Alors qu'à Khemis Miliana, les moyennes de rendement des trois témoins nationaux sont classées dans le même groupe homogène E que les variétés italiennes, le rendement varie entre 1.83 à 6.72 qx/h.

Le trois témoins ont enregistré des rendements en grains à Oued Smar plus élevés comparativement à ceux de Khemis Miliana.

Selon BOUZERZOUR et *al* [83], la variété Waha a donné un rendement en grain moyen sur les quatre sites Khroub, Setif, Tiaret et Sidi Bel-Abbès de 24.5 qx/h.

La faiblesse des rendements à Khemis Miliana peut s'expliquer du fait de l'effet de l'environnement sur le comportement des géotypes. Le premier facteur de l'environnement responsable de cette faiblesse est la pluviométrie, qui est relativement faible, engendrant une sécheresse au cours du stade critique de remplissage de grain provoquant ainsi l'échaudage. Il y a aussi le semis tardif qui est défavorable pour éviter les hautes températures de fin de printemps.



Donc les résultats obtenus ont montrés que le rendement est fortement influencé par les variations, en quantités et en fréquences des pluies reçues au cours du cycle de développement, ainsi que par la présence de l'interaction génotype \times environnement.

6.2.7. Le taux de mitadinage

Les résultats statistiques relatifs au taux de mitadinage sont reportés dans le tableau 1 et illustrés par l'histogramme figure 12.

Sur les 13 cultivars de blé dur testés et analysés, l'analyse de la variance de taux de mitadinage indique que l'interaction génotype \times milieu est hautement significative (prob = 0.0020).

Le test de NEWMAN – KEULS nous a permet de classer les différents traitements en groupes homogènes et a révélé des taux de mitadinage élevés chez certaines variétés, en l'occurrence Appio, Bronte, Latino et Chen's avec des taux qui varient de 6.13 a 9.55 % pour le site de Oued Smar. Alors qu'à Khemis Miliana c'est les cultivars Flaminio, Vitron et Orobel qui ont présentés un taux de mitadinage élevé avec des taux qui varient entre 3.30 et 3.67 %.

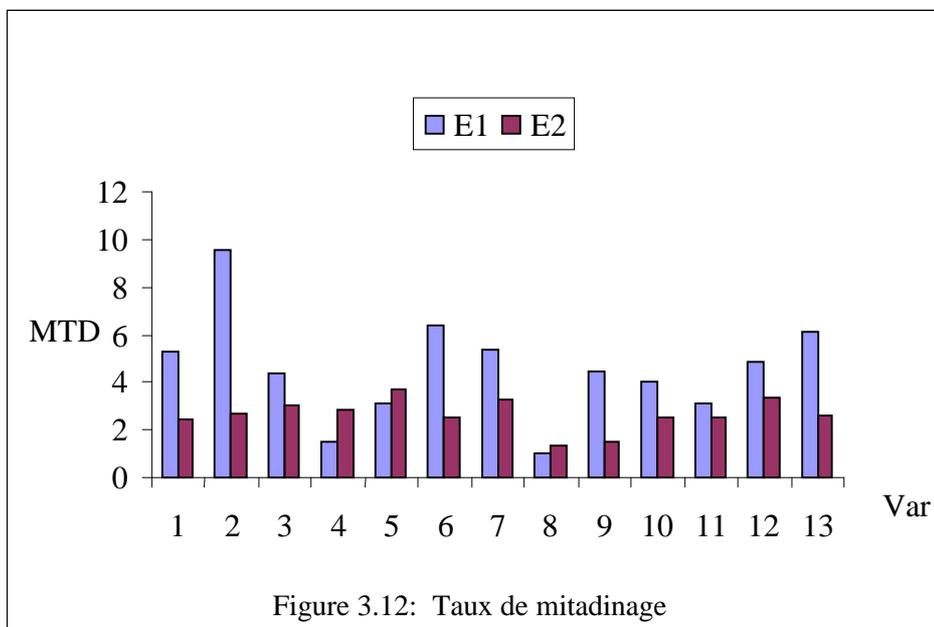
Tableau 3.14 : Taux de mitadinage

N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Groupes homogènes	Proba	ET résiduel	CV %
1	V02E1	9.55 \pm 3.73	A	0.0062	1.92	53.2
2	V06E1	6.38 \pm 5.52	B			
3	V13E1	6.13 \pm 2.02	B			
4	V07E1	5.36 \pm 1.89	BC			
5	V01E1	5.25 \pm 1.18	BC			
6	V12E1	4.85 \pm 1.85	BC			
7	V09E1	4.44 \pm 1.86	BC			
8	V03E1	4.38 \pm 2.90	BC			
9	V10E1	4.00 \pm 2.00	BC			
10	V05E1	3.67 \pm 0.51	BC			
11	V12E2	3.38 \pm 1.10	BC			
12	V07E2	3.30 \pm 0.50	BC			
13	V05E1	3.13 \pm 2.35	BC			
14	V11E1	3.13 \pm 2.21	BC			
15	V03E2	3.00 \pm 0.28	BC			
16	V04E2	2.87 \pm 0.37	BC			
17	V01E2	2.85 \pm 0.59	BC			
18	V02E2	2.65 \pm 1.29	BC			
19	V13E2	2.63 \pm 1.09	BC			
20	V11E2	2.53 \pm 0.84	BC			
21	V06E2	2.53 \pm 0.97	BC			
22	V10E2	2.50 \pm 0.28	BC			
23	V04E1	2.50 \pm 0.77	BC			
24	V09E2	1.47 \pm 0.45	BC			
25	V08E2	1.36 \pm 0.24	BC			
26	V08E1	1.00 \pm 0.64	C			

Il ressort du tableau 14, que la variété Portobelle a enregistré un taux de mitadinage le plus faible que se soit à Oued Smar ou à Khemis Miliana. Celle-ci se révèle plus intéressante pour le sélectionneur.

En générale, tous les génotypes testés dans les deux sites ont présenté des taux de mitadinage acceptable, taux qui ne dépasse pas les 10 %.

Ce paramètre est très important en industrie où le rendement en semoule est inversement proportionnel au taux de mitadinage. Il est en fonction de potentiel génétique de la variété et également des conditions de l'environnement de la culture, plus précisément de la teneur d'azote dans le sol.



Selon SOLTENER [84], le mitadinage diminue le rendement en semoule et provoque des points blanchâtres sur les pâtes. La fumure azotée tardive, à la montaison, limite cet accident.

Pour les variétés sensibles au mitadinage, on conseillera en plus de la majoration de deuxième apport d'azote, un troisième apport en fin de gonflement [36].

6.2.8. le taux d'azote :

Les résultats portant sur le taux d'azote dans les grains des génotypes testés sont donnés dans le tableau 15 et illustrés par l'histogramme figure 13.

L'analyse statistique des résultats par le biais de l'analyse de la variance a révélé un effet non significatif de l'interaction génotype \times environnement.

L'étude des deux facteurs principaux séparément a révélé un effet très hautement significatif pour le facteur variété et de même pour le facteur environnement (voir annexe 13).

On peut déduire qu'il y a un double effet : variétal et environnemental dans l'expression du caractère teneur en azote dans les grains.

Effectivement, la teneur en protéines est influencée par les conditions agro-climatiques de la région de culture, puisque les valeurs enregistrées à Khemis Miliana (15.05% à 16.37%) sont distinctes et élevées par rapport à celles de Oued Smar (13.49% à 15.30%).

Selon BOGGINI et POGNA [85]; c'est durant les phases critiques de développement du végétal que la teneur en protéine des grains est hautement dépendante du milieu et du climat.

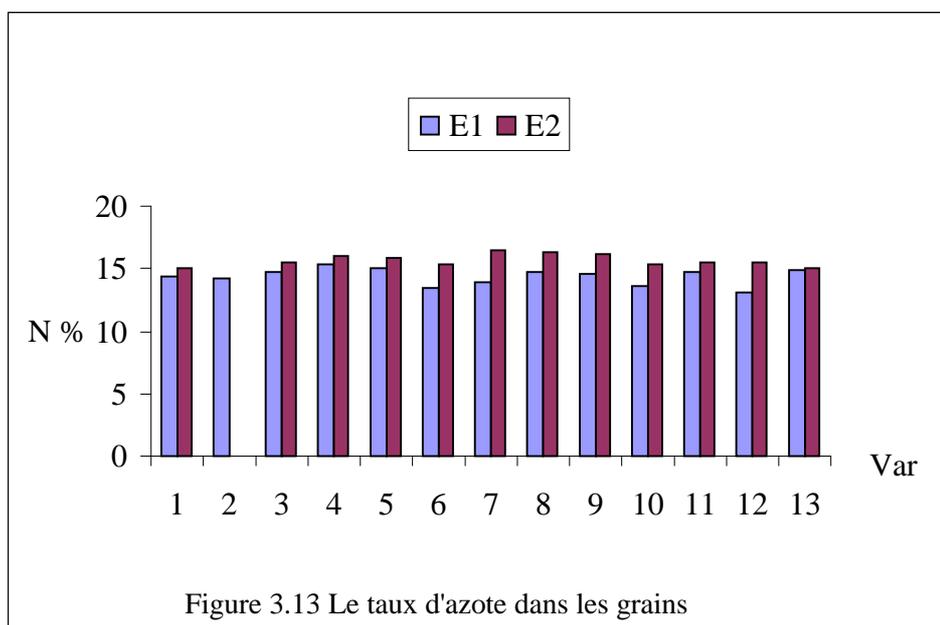


Figure 3.13 Le taux d'azote dans les grains

Tableau 22 : Le taux d'azote dans les grains

N°	Traitements	Moyenne \pm Ecart type	Proba	ET résiduel	CV %
1	V1E1	14.42	0.1969	0.84	5.6
2	V2E1	14.19			
3	V3E1	14.67			
4	V4E1	15.30			
5	V5E1	14.97			
6	V6E1	13.49			
7	V7E1	13.85			
8	V8E1	14.78			
9	V9E1	14.55			
10	V10E1	13.57			
11	V11E1	14.80			
12	V12E1	13.15			
13	V13E1	14.85			
14	V1E2	15.05			
15	V2E2	16.12			
16	V3E2	15.57			
17	V4E2	15.95			
18	V5E2	15.92			
19	V6E2	15.30			
20	V7E2	16.51			
21	V8E2	16.37			
22	V9E2	16.22			
23	V10E2	15.37			
24	V11E2	15.49			
25	V12E2	15.56			
26	V13E2	15.02			

CONCLUSION

L'étude des génotypes sélectionnés sur la base des paramètres étudiés indique l'existence d'une grande diversité de réponse aux deux environnements, compliquée par les interactions des génotypes avec le milieu.

Parmi les paramètres étudiés, nous avons pu uniquement enregistrer que deux se rapportent à l'aspect environnemental, à savoir le nombre de plant par mètre carré et le rendement théorique. Cela s'explique par la présence de l'effet uniquement environnemental sur l'expression des deux caractères.

Le nombre de grain par épi et le taux d'azote, se rapportent à l'aspect génotypique et environnemental. C'est-à-dire qu'il y a la présence d'un double effet, environnemental et génotypique sur l'expression des deux caractères.

Les paramètres restants, tous se rapportent à l'aspect interaction génotype-milieu. Donc, présence de l'effet interaction sur l'expression phénotypique.

Les variétés testées à Oued Smar ont enregistré des valeurs plus élevées à celles de Khemis Miliana pour l'ensemble des paramètres étudiés.

Les conditions climatiques de Khemis Miliana semblent défavorables pour un bon développement des 13 variétés testées. Le raccourcissement de cycle de développement, le stress survenu à la fin de cycle sont les principaux facteurs qui ont causé la faiblesse de rendement dans cette région.

L'accroissement de la production en conditions difficiles et contraignantes est possible. Il faudrait faire face à ce défi de manière imaginative et innovatrice.

Les stratégies développées par l'ITGC dans ce domaine et les premiers résultats sont des acquis à prendre en considération.

L'adoption des techniques culturales basées sur la conservation maximum de l'humidité de sol qui permettent une bonne installation des cultures, ainsi que le bon choix des variétés adaptées permettraient de garantir à l'agriculteur de ces zones difficiles une production sûre et rentable. Le choix de l'aptitude génétique n'est pas à écarter, c'est surtout l'interaction génotype-milieu que dépendra la productivité.

Il est recommandé de reconduire l'essai dans d'autres conditions environnementales afin de faire un bon choix et de sélectionner les variétés qui répondent mieux aux contraintes de milieu.

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau d'analyse de la variance de nombre de plant par mètre carré

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	121489.3	103	1173.5			12.7	14.6
Var. F1	2667.03	12	222.25	1.37	0.2003		
Var. F2	101781.3	1	1017.81	626.15	0.0000		
Var.F1. F2	1945.31	12	162.1	1.00	0.4062		
Var. Bloc	2904.34	3	968.11	5.96	0.0012		
Var. Résiduelle	12191.91	75	162.55				

Annexe 2 : Tableau d'analyse de la variance de nombre de talles par plant.

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	193.44	103	1.83			0.73	15.4
Var. F1	8.43	12	0.70	133	0.2188		
Var. F2	124.54	1	124.57	23668	0.0000		
Var.F1. F2	19.11	12	102.11	3.02	0.0017		
Var. Bloc	1.78	3	968.11	1.13	0.3410		
Var. Résiduelle	39.54	75	0.53				

Annexe 3 : Tableau d'analyse de la variance de la longueur de l'épi.

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	206,38	103	2.09			0.72	8.9
Var. F1	72,87	12	6.67	11.65	0.0000		
Var. F2	50.78	1	50.78	97.44	0.0000		
Var.F1. F2	43.43	12	3.62	0.95	0.0000		
Var. Bloc	0.18	3	0.08	0.12	0.9487		
Var. Résiduelle	39.08	75	0.52				

Annexe 4 : Tableau d'analyse de la variance de la hauteur des plants

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	19592.8	103	190.22			4.75	6.4
Var. F1	805.48	12	67.12	2.97	0.0020		
Var. F2	16050.1	1	16050.1	710.5	0.0000		
Var.F1. F2	1005.54	12	83.8	3.71	0.0002		
Var. Bloc	37.39	3	12.96	0.53	0.6525		
Var. Résiduelle	1694.24	75	22.59				

Annexe 5 : Tableau d'analyse de la variance de nombre d'épi par mètre carré

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	337424.8	103	3275.9			37.8	15.2
Var. F1	44072.25	12	3672.7	2.56	0.0063		
Var. F2	142894.5	1	142894.5	99.61	0.0000		
Var.F1. F2	33670.7	12	2805.9	1.96	0.0406		
Var. Bloc	9191.4	3	306.82	2.14	0.1015		
Var. Résiduelle	107595.8	75	1437.6				

Annexe 6 : Tableau d'analyse de la variance du nombre d'épillets totale par épi.

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	641.28	103	6.23			1.24	6.31
Var. F1	165.72	12	13.77	9.00	0.0000		
Var. F2	285.19	1	265.19	186.72	0.0000		
Var.F1. F2	71.27	12	5.94	3.88	0.0001		
Var. Bloc	4.92	3	1.69	1.07	0.3666		
Var. Résiduelle	114.68	75	1.53				

Annexe 7 : Tableau d'analyse de la variance du nombre d'épillets fertiles par épi.

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	3739.8	103	36.31			2.73	17.14
Var. F1	239.67	12	19.97	2.68	0.0048		
Var. F2	2621.8	1	2621.8	351.91	0.0000		
Var.F1. F2	294.44	12	26.54	3.29	0.0000		
Var. Bloc	25.11	3	8.37	1.12	0.3455		
Var. Résiduelle	558.77	75	7.45				

Annexe 8 : Tableau d'analyse de la variance du nombre de grain par épi

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	34162.14	103	331.67			6.52	17.8
Var. F1	608.81	12	50.73	1.19	0.0038		
Var. F2	29364.4	1	29364.4	689.95	0.0000		
Var.F1. F2	887.71	12	73.81	1.74	0.0756		
Var. Bloc	138.11	3	44.27	1.07	0.3794		
Var. Résiduelle	3189.93	75	42.53				

Annexe 9 : Tableau d'analyse de la variance du rendement réel.

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	21836.31	103	212.0			3.19	30.6
Var. F1	1395.34	12	116.28	4.36	0.0000		
Var. F2	17467.9	1	17467.9	651.2	0.0000		
Var.F1. F2	955.65	12	79.64	2.97	0.0020		
Var. Bloc	7.39	3	2.46	0.09	0.9630		
Var. Résiduelle	2010.17	75	26.8				

Annexe 10 : Tableau d'analyse de la variance de poids de mille grains.

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	7477.33	103	72.6			2.23	7.8
Var. F1	579.88	12	40.32	8.89	0.0000		
Var. F2	6189.8	1	6189.8	1137.1	0.0000		
Var.F1. F2	289.69	12	24.14	4.44	0.0020		
Var. Bloc	9.76	3	3.25	0.6	0.6224		
Var. Résiduelle	400.25	75	5.44				

Annexe 11 : Tableau d'analyse de la variance du rendement théorique

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	45018.22	103	437.07			5.57	28.3
Var. F1	715.95	12	59.66	1.03	0.4271		
Var. F2	38696.1	1	38696.1	671.1	0.0000		
Var.F1. F2	968.04	12	80.67	1.40	0.1856		
Var. Bloc	313.68	3	104.56	1.81	0.1504		
Var. Résiduelle	774.9	75					

Annexe 12 : Tableau d'analyse de la variance de taux de mitadinage.

Variable	SCE	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	625.27	103	6.07			1.92	53.2
Var. F1	140.17	12	11.68	3.18	0.0011		
Var. F2	92.91	1	92.91	25.31	0.0000		
Var.F1. F2	114.27	12	9.5	2.89	0.0062		
Var. Bloc	2.59	3	0.86	0.24	0.8723		
Var. Résiduelle	275.32	75	3.67				

Annexe 13 : Tableau d'analyse de la variance de taux d'azote dans les grains.

Variable	ddl	CM	Test F	Prob	ET	CV
Var.totale	103	1.30			0.84	5.6
Var. F1	12	2.19	3.05	0.0016		
Var. F2	1	43.78	62.68	0.0000		
Var.F1. F2	12	0.96	1.37	0.1969		
Var. Bloc	3	0.30	0.42	0.7398		
Var. Résiduelle	75	0.70				

REFERENCES

1. Lamy, M; La biosphère. La biodiversité et l'homme, Ellipse, Paris, (1999). 458 p.
2. Feuillet, P; Le grain de blé, Composition et utilisation, INRA, Paris, (2000). 308 p.
3. Ozenda, P; Les végétaux, Organisation et diversité biologique, DUNOD, Paris, (2000). 511 p.
4. Ministère de l'agriculture ; Bilan de la campagne céréalière 2002/2003. (Nov., 2003). 25 p.
5. Puves, W.K; Orians, G.H; Heller, HC, et Sadava, D ; Le monde vivant. Traduit par London. J, Flammarion. (2000), 1321 p
6. Robert, D et Catesson, A.M ; Organisation végétative. Biologie végétale, DOIN. V. 2. (2000), 349 p.
7. Guignard, J.L ; Abrégées botanique. MASSON, (1989). 249 p.
8. Bonjean, A et Picard, E ; Les céréales à pailles p. Origine, histoire, économie et sélection, SOFT. WORD, Group, ITM, (1990).: 29-40
9. Gaboche, M ; Delseny, M et Pelletier, G ; Le monde végétal. Du génome à la plante entière. Rapport sur la science et la technologie, Tec et Doc. RST n° 10. Académie des sciences. (2000), 1- 51.
10. Valdyron, G ; « Pollinisation et productions végétales ». Ouvrage dirigé par Pesson. P et Louveaux. P., INRA, Paris. (1984), 143-162

11. Messiaen, C.M; les variétés résistantes. Méthodes de lutte contre les maladies et ennemies de plantes, Lavoisier. Tec et Doc, Paris, (1980), 398 p.
- 12.. Grignac. P ; « Le blé, monographie succincte », Annale de l'INR, Paris, (1978). 83-98.
13. Prévost, G ; Génétique, Lavoisier, Paris. (1976). 299 p
14. Heberle Bors, E ; Génie génétique, une histoire, un défi. Traduction française de Spire.M.L et Judor.R (2001), INRA, Paris, (1996). 287 p.
15. Luttge, U; Kluge, M et Bauer, G ; Botanique. Traité fondamental. Traduit et adapté par Sieffert.V et Sieffert.A, Tec et Doc, Lavoisier, Paris. (1992). 574 p.
16. Auriou, P; Amélioration de blé dur. Annales de l'INA de Tunisie, n° 40. V. 5, (1967). 344 p.
17. Moule.C ; Les céréales. Ed. Maison rustique. Paris. (1980). 318p
18. Godon, B et Willm, C ; « Les industries de premières transformations des céréales », Collection sciences et techniques agroalimentaire, Lavoisier, Tec et Doc, (1998). 57-74.
19. Dumas, C ; Miginiac, E et Pelletier, G ; Le monde végétal. Du génome à la plante entière, Rapport sur la science et la technologie, Tec et Doc, Académie des sciences. RST n° 10. (2000), 21-51.
20. Soltener, D ; Les grandes productions végétales. 16 ème édition. Collection sciences et techniques agricoles, Paris, (1988), 109 p.
21. Couvreur, E ; Formation de rendement du blé dur et risques climatiques, Perspectives agricoles. n° 95, (1985), 12-19.
22. Jussiaux, C; Cours d'agriculture moderne, La maison rustique, Paris, (1980), 623 p.
23. Boyeldieu, J ; Les cultures céréalières. Nouvelle encyclopédie des connaissances agricoles, Hachette, (1981), 256 p.
24. Prats, J ; Les céréales, Tome II, J.B. Baillere et fils, (1971), 351 p.

25. Doorembos, A et Kassem, H ; Réponses des rendements à l'eau, Bulletin d'irrigation et de drainage, FAO, Rome, NX, (1979), 33 p.
26. Mekliche, A ; Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée d'hiver dans le haut de Chéelif. Thèse de magistère, INA, Alger, (1983), 81 p.
27. Piot, JC ; Gauland, JD, Marthin. F et Winder. E ; « Production végétale », céréales et plantes sarclées, Association suisse des ingénieurs, Payot. Lausanne. (1987), 7-32.
28. Clement, G.C. M et Prats, J ; Les céréales, Baillièrre, Paris, (1971), 351 p.
29. Grignac, P ; « Amélioration de la qualité des variétés de blé dur ». Annale, Amélioration des plantes, n° 20 V. 2, (1969), 159-188.
30. Heller, R; Physiologie végétale, Tome I, Masson, Paris, (1977). 244 p.
31. Gate, PH ; Ecophysiologie de blé, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (1995). 429 p.
32. Duthil, J ; Eléments d'écologie et d'agronomie. Collection des ingénieurs des techniques agricoles, Baillièrre. Tome III, (1971), 656 p.
33. Zahour, A ; Manuels scientifiques et techniques. Eléments d'amélioration génétique des plantes. Actes Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc. (1992). 9-157.
34. Vespa, R ; « Semences des céréales à paille », D. Agro, n° 1, Paris, (1984), 14-94.
35. Simon, H ; Coddaccioni, P et Le Cœur, X ; Produire les céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui scientifique et technique d'application, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (1989). 333 p.
36. Monneveux, P et This, D ; La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse. Espoirs et difficultés. Synthèse sécheresse, INRA. Paris. (1997), 29-36.
37. Benveniste, P ; Boudet, AM ; Douce, R et Joyard, J ; Le monde végétal. Du génome à la plante entière. Rapport sur la science et la technologie, Tec et Doc, Académie des sciences. RST n° 10. (2000), 55-104.

38. Belaid, D ; Aspect de la céréaliculture algérienne, OPU, Alger, (1986). 126 p.
39. Gallais, A et Bannerot, H ; Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection, INRA, Paris, (1992), 687 p.
40. Blum, 1988 ; Plant breeding for stress environment, CRC. Press, INC, Florida, USA, (1988), 223 p.
41. Bensalem, M et Monneveux, P; Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes, diversité génétique et amélioration variétale, INRA, (1993), 436 p.
42. Benabdallah, N et Bensalem, M; Paramètres morphologiques de sélection pour la résistance à la sécheresse ds céréales en zones méditerranéennes, INRA, Paris, (1992), 436 p.
43. Payot, L ; « La défense des plantes cultivées », 7ème édition, Maison rustique, Paris. (1979), 211-212.
44. Clement, GC ; Grand Court, M et Prats ; Les céréales, Baillièrre, Paris, (1970). 351 p.
45. Havaux, A et Lannoye, R; Changement biochimique observé pendant l'adaptation au froid de l'orge, Science de production végétale et de l'environnement,. INRA, Paris, (1982), 1-7.
46. Bouharmont, J ; Création variétale et amélioration des plantes. Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de l'amélioration de la production végétale, Hatier. Paris. (1995), 313-337.
47. Lafon, IP ; Tharaud, C et Levey, B ; Biologie des plantes cultivées. Physiologie de développement génétique et amélioration, Tome II, (1990), 478 p.
- 48-Anonyme ; Actes de premier symposium international sur la filière blé, enjeux et stratégies, OAIC, Alger. (2000). 522 p.
49. Mackenzie, A ; Ball, A.S et Virdee, S.R ; L'essentiel en écologie, Benti, Paris. (2000), 363 p.
50. West-Heberhad, MJ; Phenotypic plasticity and the origine of diversity, Annual review of écologie and systematics, n° 20, (1989), 249-278.

51. Rossignol, J.L; Berger, R ; Deutsch, J., Fellous, M., Lamour Isnard, C., Ozier Kalageropoulos, O., Picard, M et Devienne, D.N Génétique. Gènes et génomes, Dunod. Paris, (2000). 229 p.
52. Lévêque, C ; Ecologie, De l'écosystème à la biosphère, Dunod. Paris. (2001), 497 p.
53. Gallais, A ; Théorie de la sélection en amélioration des végétaux, Masson, Paris, (1989), 575 p.
54. Jessop, NM ; Ecologie, Mécanisme d'adaptation, Tome I, Recherche et Marketing. Québec., (1973), 323 p.
55. Griffiths, A.G.F ; Gilbert, W.M ; Miller, J.H et Lewantin, R.C; Analyse génétique moderne, Boeck Université.s.a, (2001), 784 p
56. Monneveux, P ; This, D et Belhassen, E ; L'eau dans l'espace rural. Production végétale et qualité de l'eau. Amélioration de la tolérance à la sécheresse, INRA, Paris. (1997), 121-142.
57. Chalbi, N et Demarly, Y ; Actualités scientifiques, Amélioration des plantes par l'adaptation aux milieux arides, Lavoisier. Paris, (1991), 228 p.
- 58- Bahadj, D ; 1993 ; Etude des différentes stratégies de sélection dans les essais variétaux, Thèse Ing. Gembloux, Belgique. (1991), 104 p.
59. Demarly, Y et Sibi, M ; Amélioration des plantes et biotechnologie, John Libbey. Eurotext, Paris, (1989), 152 p.
60. Sarafi, A ; Régénération haploïde par le croisement intergénérique (blé et maïs) et interspécifique (*H. vulgare* L et *H.bulbusum* L.) in haplodiploïisation (biotechnologies végétales) , AUPULF- UREF. (1995), 163-175.
61. Hanafi-Mekliche, L ; Etude agronomique, analyse dialléle et cytogénétique de quatre variétés de blé dur cultivées en Algérie, Thèse de magistère en sciences agronomiques, INA. Alger, (1983), 98 p
62. Demarly, Y; Génétique et amélioration des plantes, Collection sciences agronomiques, Masson, Paris. (1977), 273 p.

63. Le Buanec, B ; Pelletier, G et Plagès, JN ; « Les plantes génétiquement modifiées », Rapport sur la science et la technologie, Tec et Doc, n°13. (2002), 39-68.
64. Axel Kahn, J ; Plantes transgéniques en agriculture, ISBN, Paris, (1996), 165 p.
65. Picard, E; « Historique des méthodes d'haplodiploisation de 1922 à 1995, haplodiploisation », CNED. et AUPELF, UREFBN, (1995), 9-11.
66. Teoule, E; « Biotechnologies et amélioration des plantes », 5^{ème} édition, Tec et Doc. (1999), 607-612.
67. Fouroughi Wehr B; Friedt. W et Wenzel, H; “On the genetic improvement of androgenetic haploid in *Hordium vulgare* L”, Theo. Appl. Genet 62. (1989), 233-239.
68. Abassenne, F ; 1997 ; Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse Magistère, INA, Alger, (1997), 81p.
69. Prevost, P ; Les bases de l'agriculture, Tec et Doc. 2ème Edition, Paris. (1999). 245 p.
70. Hucel, P et Backer, RJ; “Tilles phenology and yield of spring wheat in a semi arid environnement”, Crop science, 29. (3). (1989), 631-635.
71. Lefort, G et Sebliote, M; Action du gel sur la culture de blé d'hiver en fonction des micro relief et de la fertilisation, An, Amélioration des plantes. V. 19. n° 8, (1968), 685-698
72. Kronstad, WE; « Les techniques de sélection pour l'amélioration des céréales. Conférence internationale pour les céréales » INAT/ INRAT. (1982), 16-25
73. Kirby, E.I et Sebliote, HG; “The relation between the maims shoots and tilliers in barley plants. Journal of agriculture”, Sc. Cambridge, n° 68. (1977), 381-389.
74. Jonard, P ; « Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre ». Annale, Amélioration des plantes, n° 14, (1964), 101-130.
75. Zair, R; « L'irrigation d'appoint et fertilisation azotée d blé dur. Céréaliculture » n° 24, (1984), 1-7.

76. Couvreur, F et Masse, J ; 1983 ; Perspective, Formation du rendement et niveau de production , n° 32. (1983), 8-11.
77. Kayyal, H ; « Caractéristiques agro climatiques du type Haurani (*Triticum durum*. Desf) et les possibilités de son amélioration », An. Amélioration des plantes. n° 23. (1973), 245-257.
78. Abrol, YP et Ingram, KT ; les effets de la hausse des températures diurnes et nocturnes sur la croissance de certaines plantes cultivées. Changement de climat et production agricole. FAO. Paris. (1997), 142-163.
79. Mackill, DJ; Coffman, W et Rutge, LT; “Pollen cheding and combining ability for high temperature tolerance in rice”. Crop science. N° 20. (1982), 730-733.
80. Zheng. K, et Mackill, DT; “Effect of high temperature an another dehiscence and pollination in rice”, Sabrao. J. 14. (1982), 61-66.
81. Melki, M ; Dahmane, AEK et Garout. A; « Effet de la variation saisonnière des facteurs climatiques sur les composantes de rendement des céréales (blé dur et orge) » Journal des sciences agronomiques, INAT. Tunis, V 10, n° 1. (1996), 105-114.
82. Rousset, H ; Amélioration des plantes autogames. Revue agronomie, n° 1, (1986), 616-619.
83. Bouzerzour, H; Benmahammed, A; Benbelkacem, A ; Hazmoun, T; Mimouni, H; Bourmel, S et Mekhlouf, A; « Stabilité des performances et caractéristiques phénomorphologiques de quelques variétés de blé dur », Céréaliculture, ITGC, n°35. Semestre 1, (2001), 21-27.
84. Soltener, D; Les grandes productions végétales. Céréales-Plantes sarclées-Prairies. Collection Sc, et Tech, Agricole, 17édition, (1990), 464 p.
85. Boggini, G et Pogna. N.E; The bread making quality and storage protein composition of italian durum wheat, J, cereal sci, n°9, (1989), 131 p.