

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mentouri, Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Ecologie

N° d'ordre :

N° de série :

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Biotechnologies végétales
(Ecole doctorale)

THEME

**Etude de la variabilité morpho-physiologique et
moléculaire d'une collection de blé dur algérien
(*Triticum durum* Desf.).**

Présenté par :

M^{elle} CHERFIA RADIA

Soutenu le: 04 / 07 / 2010

Devant le jury :

Président : Khalfallah N.

Prof. Université Mentouri Constantine.

Rapporteur : Boudour L.

M.C. Université Mentouri Constantine.

Examineurs : Ykhlef N.

Prof. Université Mentouri Constantine.

Baka M.

Prof. Université Mentouri Constantine.

Année universitaire 2009 / 2010

REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, louange à «**ALLAH** » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail et m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti.*

*Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et remerciements à **madame Boudour L.** qui initié et rédigé mon travail. Elle m'a beaucoup appris.*

J'adresse mes vifs remerciements :

*A la présidente du jury **madame Khalfallah N.**, Professeur à l'Université Mentouri de Constantine, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.*

*A **madame Ykhlef Nadia**, à **monsieur Baka M.**, Professeur à l'Université de Constantine, de m'avoir honorée en acceptant de juger ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont aussi aux **mes dames Satta D. et Ghioua K.** à **monsieur M' Boukaboub A.** pour leurs aides et conseils avisés.*

*J'adresse mes sincères remerciements à toutes les personnes que nous avons rencontrés à L' ITGC d' El khroub pour leurs disponibilités et leurs aides précieuse, particulièrement **monsieurs Belkacem R. et M' Zelini Abdessalem.***

*A tous ceux qui de près ou de loin ont participé a la réalisation de ce travail, je dis **merci***

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à :

Mes très chers parents : Yamina et Abdelhamid pour leurs amours.

Mes frères : Abdelaziz, Foued (ton bébé Amjed dia adin) et Farouk

Mes sœurs : Halima, Hayet (ta fille Doaa), Nacira, Fatima et Lamia

Les femmes et les enfants de mes frères.

Mes chers amis : Nadjoua, Lamia, Houda, Amel et Hanene

Touts mes amis d'étude : Rima, Gamra, Aida, Boubaker et Abdelhak

A tous mes collègues de la promotion « Biotechnologie Végétale » de l'Ecole

Doctorale.

A toute la famille : Cherfia et Khalfallah

Sommaire

1- Introduction	1
2- Synthèse bibliographique	3
2-1- Historique, origine et classification.....	3
2-2- Description générale.....	4
2-3 -La culture du blé dur	5
2-3-1- La période végétative	6
2-3-2- La période reproductrice.....	7
2-3-3- La période de formation et de maturation du grain.....	7
2- 4 - Les aspects phénologiques, morpho-physiologiques et moléculaires.....	11
2-4-1- Les paramètres phénologiques	11
2-4-2- Les paramètres morphologiques.....	11
2-4-3- Les paramètres physiologiques.....	14
2-4-4- Les marqueurs moléculaire.....	16
3- Matériel et méthodes	20
3- 1- Matériel végétal	20
3- 2- Site d'expérimentation	21
3- 3- Mise en place de l'essai.....	21
3- 4- Les caractéristiques physico-chimiques du sol	22
3- 5- Caractéristiques pluviométriques.....	22
3- 6- Paramètres mesurés.....	24
3-6-1- Paramètre phénologique.....	24
3-6-2-Paramètres morphologiques	24
3-6-3- Composantes du rendement.....	25
3-6-4- Paramètre physiologique.....	26
3- 7- Analyse de polymorphisme.....	26
3- 8- Analyse des données	30
3- 8-1- Etude phénologique et morpho-physiologique	30
3- 8- 2- Analyse des données moléculaires.....	30

4- Résultats	32
4-1- Paramètre phénologique	32
4-2- Paramètres morphologiques et les composantes du rendement	34
4-2-1- Paramètres morphologiques.....	34
4-2-2- Les composantes du rendement.....	42
4- 3- Paramètre physiologique : Teneur relative en eau.....	45
4-4- Analyse de la variabilité	48
4-4-1- Matrice de corrélation des variables.....	48
4-4-2- Etude des variables	49
4-4-3- Etude des individus	49
4-4-4- Interprétation de la hiérarchie (classification automatique)	55
4-5- Analyse des marqueurs moléculaires.....	57
4- 5 -1- L'analyse RAPD.....	57
4- 5 -2- L'analyse ISSR.....	63
5 - Discussion des résultats	69
5-1- Les paramètres phénologiques et morpo- physiologiques.....	69
5-2- Les marqueurs moléculaires.....	72
6- Conclusion générale et perspectives	76
7- Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé en Français	
Résumé en Anglais	
Résumé en Arabe	

Liste des abréviations

DE : Date d'épiaison.

HP : Hauteur de la plante.

LB : Longueur des barbes.

LE: Longueur de l'épi.

SF : Surface foliaire

TE: Tallage épi.

TH : Tallage herbacé.

TE/TH : Rapport tallage épi / tallage herbacé.

TF% : Taux de fertilité.

NEE : Nombre d'épillet par épi.

NGE : Nombre des grains par épi

PMG : Poids de mille grains.

RDT : Rendement.

TRE : Teneur relative en eau.

C.I.C. : Conseil International des Céréales.

EDTA: Ethylen-diamin-tetracetic acide

RNase: Ribonuclease

Tris: Tris (hydroxymethyl) aminomethane

SDS: Sodium dodecyl sulphate

TE: Tris EDTA

Liste des figures

Figure 1: Origine génétique du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.).....	3
Figure 2: Les différents stades de développement du blé.....	9
Figure 3: Dispositif de l'expérimentation.....	21
Figure 4: Histogramme comparatif entre la pluviométrie de 2007/2008 et la moyenne de 25 ans.....	23
Figure 5: Diagramme ombrothermique de la campagne agricole 2007 / 2008.....	24
Figure 6: La durée d'épiaison des 58 génotypes des 10 variétés.....	31
Figure 7: Hauteur de la plante des 58 génotypes des 10 variétés.....	33
Figure 8: Longueur des barbes des 58 génotypes des 10 variétés.....	33
Figure 9: Longueur de l'épi des 58 génotypes des 10 variétés.....	35
Figure 10: Surface foliaire des 58 génotypes des 10 variétés	35
Figure 11: Nombre de talles épi des 58 génotypes des 10 variétés.....	37
Figure 12: Nombre de talles herbacées des 58 génotypes des 10 variétés.....	37
Figure 13: Rapport TE/TH des 58 génotypes des 10 variétés.....	39
Figure 14: Taux de fertilité des 58 génotypes des 10 variétés	39
Figure 15: Nombre d'épillets par épi des 58 génotypes des 10 variétés	41
Figure 16: Nombre des grains par épi des 58 génotypes des 10 variétés.....	41
Figure 17: Poids de mille grains des 58 génotypes des 10 variétés.....	43
Figure 18: Rendement des 58 génotypes des 10 variétés.....	43
Figure 19: Teneur relative en eau des 58 génotypes des 10 variétés	45
Figure 20: Cercle de corrélation des variables de l'ACP formé par les axes 1 et 2 (Plan 1-2) sur les dix variétés (58 individus).....	51
Figure 21: Cercle de corrélation des variables de l'ACP formé par les axes 1 et 3 (Plan 1-3) sur les dix variétés (58 individus).....	52

Figure 22: Représentation graphique des polygones de dispersion des groupes (10 variétés) sur le plan 1-2 dans une ACP.....	53
Figure 23: Représentation graphique des polygones de dispersion des groupes (10 variétés) sur le plan 1-3 dans une ACP.....	54
Figure 24 : Diagramme électrophorétique RAPD des 10 variétés générées par les trois amorces C15, BO-8 et BO-14.....	61
Figure 25 : Dendrogramme des marqueurs RAPD basé sur la distance Euclidienne des 10 variétés.....	62
Figure 26: Diagramme électrophorétique ISSR des 10 variétés générées par les trois amorces 844b, HB-12 et HB-9.....	66
Figure 27: Dendrogramme des marqueurs ISSR basé sur la distance Euclidienne des 10 variétés.....	67
Figure 28: Dendrogramme des marqueurs RAPD et ISSR basé sur la distance Euclidienne des 10 variétés.....	68

Liste des tableaux

Tableau 1: Stades de développement des céréales.....	10
Tableau 2: Caractéristiques des variétés et nombre d'individus par variété.....	20
Tableau 3: Les caractéristiques physico-chimiques du sol.....	22
Tableau 4: La pluviométrie 2007/2008 et la moyenne de 25 ans (1975-1995) en mm...	22
Tableau 5: La moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année 2007/2008.....	23
Tableau 6: Le tampon de charge 5X (pH 8).....	27
Tableau 7 : Composantes du gel d'agarose 1%.....	27
Tableau 8 : Le tampon de migration TBE 5X (running buffer pH 8).....	28
Tableau 9 : Les séquences des amorces utilisées dans les analyses RAPD et ISSR...	28
Tableau 10: Les composantes de volume finale de la PCR.....	28
Tableau 11 : Composantes du gel d'agarose 1.2%.....	29
Tableau 12: Les F calculé des différents caractères des variétés de blé dur.....	46
Tableau 13: Contribution à la variation totale des principaux axes.....	48
Tableau 14: Matrice des coefficients de corrélations des différentes variables analysées.....	47
Tableau 15: Classification automatique (interprétation de la hiérarchie).....	55
Tableau 16: Analyse RAPD de 10 variétés de blé dur généré par les trois amorces C15, BO- 8 et BO-14.....	60
Tableau 17: Analyse ISSR de 10 génotypes de blé dur générés par les trois amorces 884b, HB-12 et HB-9.....	65

Liste des annexes

Annexe 1: Valeurs moyennes prises par les caractères phéno-physiologiques des 58 géotypes des dix variétés.

Annexe 2-a: Valeurs moyennes prises par les caractères morphologiques des 58 géotypes des dix variétés.

Annexe 2-b: Valeurs moyennes prises par les caractères morphologiques des 58 géotypes des dix variétés.

Annexe 3: Valeurs moyennes prises par les composantes du rendement des 58 géotypes des dix variétés.

Annexe 4: ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères phéno-physiologiques des dix variétés.

Annexe 5-a: ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères morphologiques des dix variétés.

Annexe 5-b: ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères morphologiques des dix variétés.

Annexe 6: ANOVA à un facteur contrôlé pour les composantes du rendement des dix variétés.

Annexe 7 : Protocole d'extraction d'ADN.

Introduction

1- Introduction

Depuis toujours, les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal. De plus la majeure partie de l'alimentation est fournie par les aliments en grain, dont 96% sont produit par les cultures céréalières tels que le blé, l'orge, le seigle, le riz, le maïs et le triticale...etc. Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique.

En Algérie, cette céréale occupe une place très privilégiée dans les ménages, malheureusement son rendement en grains est le plus faible du bassin méditerranéen, il est seulement de l'ordre de 30 quintaux / hectare.

Bouzerzour et al., (2000) expliquent cette faible production par les grandes variations intra et inter-annuelles de la pluviométrie et des températures, qui affectent sérieusement les rendements. Cependant, des études récentes révèlent que ce sont plutôt les basses températures hivernales et printanières qui handicapent le plus cette spéculation (**Annichiarico et al., 2005**). Par ailleurs, dans beaucoup de régions du monde, le déficit en eau reste le facteur le plus limitant auquel fait face la culture du blé dur.

L'amélioration des rendements et la gestion durable des ressources phytogénétiques passent par la réhabilitation de certaines variétés de blé. Ces dernières devraient être introduites dans le schéma de sélection.

L'objectif d'amélioration fixé est une combinaison entre le potentiel de production, d'adaptation aux différentes zones agro-écologiques et de tolérance aux principales maladies.

Plusieurs caractères adaptatifs, d'ordre phénologiques, morphologiques et physiologiques, participent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques (**Boudour, 2006**).

Pour réaliser ces objectifs plusieurs outils d'analyse de la variabilité génétique existant, les uns reposent sur des critères morpho-physiologiques, les autres, récents et plus performants, font appel à des marqueurs moléculaires.

Aussi notre objectif est de réaliser cette variabilité.

Nous nous sommes intéressées à ces critères, en les étudiant sur dix variétés de blé dur cultivées en Algérie.

- La première partie de l'étude, des paramètres phénologiques et morpho-physiologiques sont abordés. Ceux-ci nous permettent d'estimer, dans une certaine mesure, les différences pouvant exister entre les dix variétés.

- La deuxième partie porte sur l'étude du polymorphisme de l'ADN génomique utilisant principalement la méthode RAPD et la technique ISSR dans le but de mettre en évidence d'éventuelles variations génétiques de nos variétés.

A partir des résultats obtenus, nous avons tenté d'établir d'éventuels liens entre ces différents aspects grâce aux analyses statistiques multivariées.

Synthèse Bibliographiques

2- Synthèse bibliographique

2- 1 - Historique, origine et classification

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (**Croston et Williams, 1981**). Des vestiges de blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (**Harlan, 1975**).

Le blé dur espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe des tétraploïdes, du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces. Le blé (*Triticum*), le riz (*Oriza L.*) et le maïs (*Zea mays L.*) constituent la base alimentaire des populations du globe et semblent avoir une origine commune : issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles (**Yves et De Buyser, 2000**).

Selon **Mackey, (1968)**, l'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom d'*Aegilops speltaoides*. Le blé dur (*Triticum durum*) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, possède $2n=4x=28$ chromosomes. D'après **Feillet, (2000)**, le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A) \times *Aegilops speltaoides* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum ssp.dicoccoïdes*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum ssp.dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé) (**Fig. 1**).

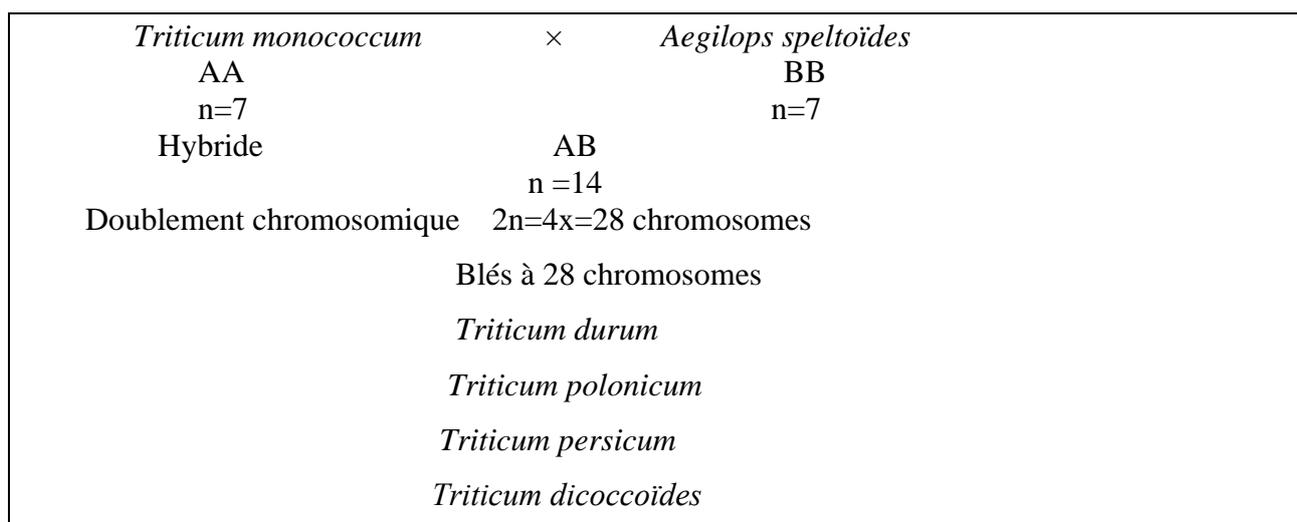


Figure 1 : Origine génétique du blé dur (*Triticum durum* Desf.)
(**Croston et Williams, 1981**).

L'espèce *Triticum durum* s'est propagée dans trois centres secondaires différents qui sont le bassin occidental de la Méditerranée, le sud de la Russie et le Proche Orient. Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variétés botaniques aux caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques particulières (**Monneveux, 1991**).

Cette diversification morphologique a été mise à profit en sélection, notamment dans la recherche de gènes intéressants tels ceux qui contrôlent la résistance aux basses températures, plus présents chez les prôles Européens, ceux qui contrôlent la durée du cycle (précocité aux stades épiaison et maturité), chez les prôles Syriens et Jordaniens et ceux contrôlant la grosseur et la vitrosité du grain, chez les prôles Méditerranéens (**Monneveux, 1991**).

2- 2- Description générale

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. durum*) est une Monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati.

L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs (**Bozzini, 1988**). Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des noeuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenoeuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (**Clarke et al., 2002**). Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux noeuds à la base de la tige principale. Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation. Dans des conditions normales, une plante peut produire en tout trois brins en plus de la tige principale, mais tous ne grènent pas nécessairement (**Bozzini, 1988**).

Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes). La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal.

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds (**Bozzini, 1988**). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est enfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur.

2- 3 - La culture du blé dur

Le blé dur est bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et tempérés (**Amokrane, 2001**).

La plus grande partie du blé dur produit dans le monde est constituée de blé de printemps; toutefois, il existe des variétés de blé dur d'hiver (qui ont besoin de vernalisation pour amorcer la transition de la phase végétative à la phase reproductrice); ces variétés ont été évaluées en vue de la production dans le Sud des États-Unis (**Donmez et al., 2000 et Schilling et al., 2003**).

Sur la scène mondiale, l'Union Européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement (**C.I.C., 2002**).

Afin de caractériser le cycle de développement du blé, différentes échelles de notation ont été développées (**Tableau 1**), portant soit sur des changements d'aspect externe, soit sur les modifications d'aspect interne des organes reproducteurs.

*L'échelle de **Jonard et Koller, (1950)** utilisée pour reconnaître les stades par des changements d'aspect externe (Levée - Montaison).

*L'échelle de **Zadoks et al., (1974)** utilisée pour reconnaître les stades par des modifications d'aspect interne (Différentiation de l'épi : Stade épi 1 cm). (**Gate, 1995**).

Le cycle biologique du blé est une succession de périodes subdivisées en phases et en stades.

2- 3-1- La période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin tallage. Elle se divise en deux phases :

- Une phase germination – levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et du coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (**Gate, 1995**). Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine.

Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (**Eliard, 1979**). Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant. En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (**Masle-Meynard, 1980**). De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination - levée (**Evans et Rawson, 1975**).

- Une phase levée – tallage

La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (**Moule, 1971**). L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier égal à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (**Masle-Meynard, 1980**).

La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (**Austin et Jones, 1975**). Quand le tallage est excessif, les besoins en eau sont très importants, alors que la plupart des talles restent stériles (**Belaid, 1987**). La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**Gate, 1995**).

début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**Gate, 1995**).

2-3-2- La période reproductrice

Elle comprend :

- Une phase montaison – gonflement

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis.

Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (**Clement - Grancourt et Prats, 1971**). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

- Une phase épiaison - floraison

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (**Gate, 1995**). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (**Masle, 1980**).

2-3-3- La période de formation et de maturation du grain

Concerne les stades de grossissement des grains puis de maturation de ces mêmes grains.

- Grossissement du grain

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de 3/4 de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (**Boulelouah, 2002**). A l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade «grain laiteux ».

L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir.

Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12 % contre 25 % chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais non encore desséchées.

- Maturation du grain

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (**Gate, 1995**). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle » (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité).

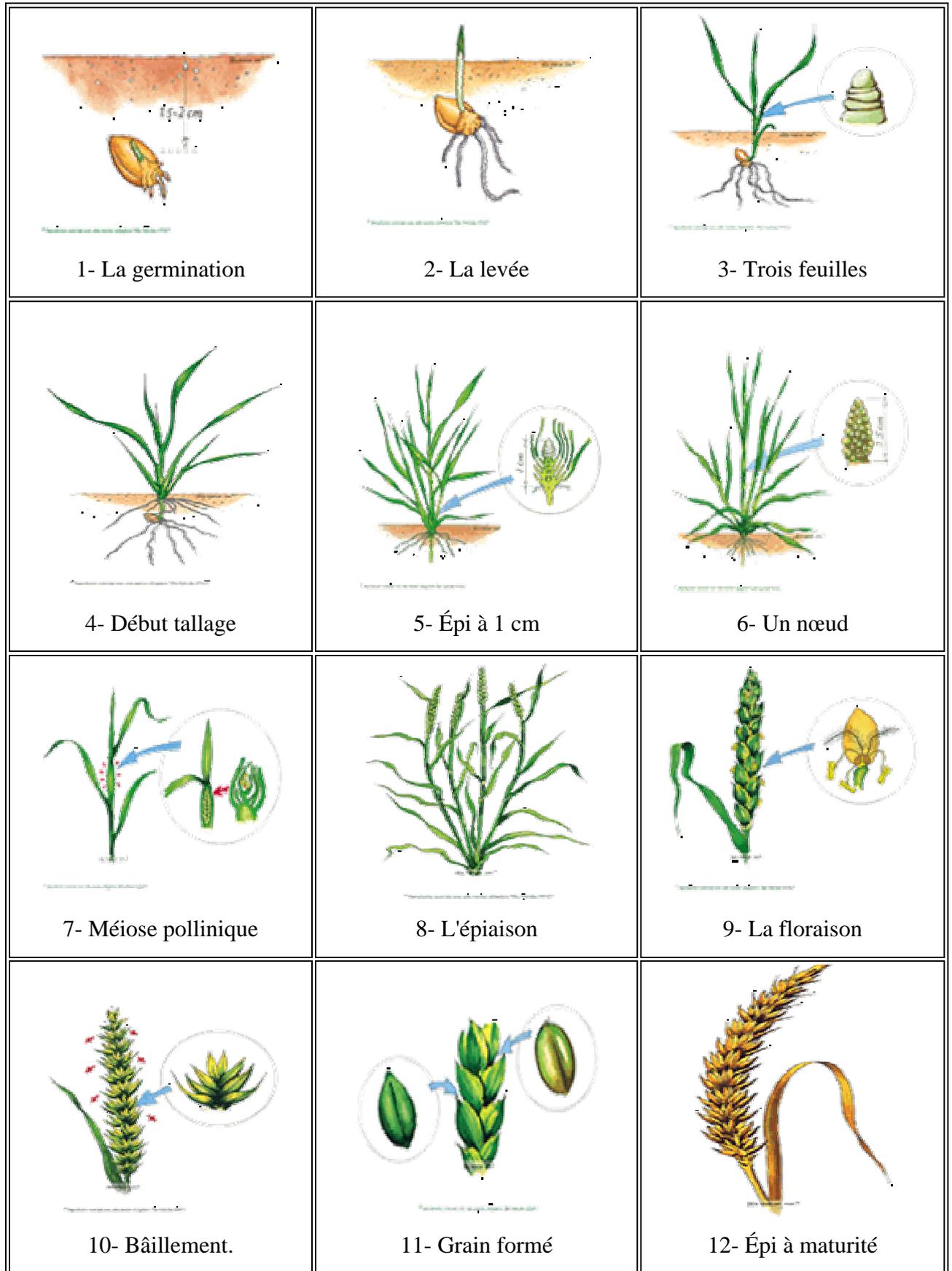


Figure 2 : Les différents stades de développement du blé (Soltner, 2005).

Tableau 1 : Stades de développement des céréales : échelle de **Feekes, (1954)** et de **Zadoks, (1974)**.

Stade	Feekes	Zadoks	Caractéristiques
Levée	1	7	Sortie de la coléoptile
		10	1 ^{ère} feuille traversant la coléoptile
		11	1 ^{ère} feuille étalée
		12	2 ^{ème} feuille étalée
		13	3 ^{ème} feuille étalée
Début tallage	2	21	Formation de la 1 ^{ère} talle
Plein tallage	3	22	2 à 3 talles
Fin tallage	4	23	
		24	
		25	
Epi à 1cm	5	30	Sommet de l'épi distant à 1cm du plateau de tallage
1- 2 noeuds	6	31	1 nœud
	7	32	2 nœuds élongation de la tige
Gonflement L'épi gonfle la gaine de la dernière feuille	8 9 10	37	Apparition de la dernière feuille
		39	Ligule juste visible (méiose male)
		45	Gaine de la dernière feuille sortie
Epiaison	10-1	49-51	Gaine éclat
	10-2	53	¼ épiaisons
	10-3	55	½ épiaisons
	10-4	57	¾ épiaisons
	10-5	59	Tous les épis sortis
Floraison	10-5-1	61	Début Floraison
	10-5-2	65	Demi Floraison
	10-5-3	69	Floraison complète
Formation du grain	10-5-4	71	Grain formé
	11-1	75	Grain laiteux
	11-2	85	Grain pâteux
	11-3	91	Grain jaune
	11-4	92	Grain mure

2- 4 - Les aspects phénologiques, morpho- physiologiques et moléculaires

La résistance à la sécheresse du blé dur est un phénomène très complexe qui fait intervenir plusieurs caractères phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. Mais le mécanisme adaptatif qui détermine le rendement en conditions de stress n'est pas encore élucidé (**Fereres, 1987**).

2- 4-1- Les paramètres phénologiques

Les paramètres phénologiques renvoient à la notion « d'évitement » ou d'échappement qui correspond au pouvoir d'un cultivar à achever son cycle pendant la période où l'eau est disponible (avant la déclaration de la sécheresse) (**Hamada, 2002**).

Les plantes soumises à un déficit hydrique durant les étapes de cycle de développement peuvent entraîner une réduction du poids de mille grains, du au blocage de la migration des assimilats stockés durant la montaison (**Day, 1981**).

La précocité qui consiste en un développement phénologique rapide de cycle végétatif permet d'éviter la sécheresse et les hautes températures survenant à la fin du cycle de la culture (**Monneveux, 1991 et Brisson, 1996**).

Selon **Worland et al., (1994)**, la précocité à l'épiaison et par conséquent celle à maturité, est déterminée par un ensemble complexe de gènes. La durée de remplissage est légèrement plus courte chez les variétés Européen (38 jours contre 42 jours).

2- 4- 2- Les paramètres morphologiques

Sont les paramètres correspondant à une stratégie d'adaptation de la culture qui font impliquer des mécanismes propres à la plante.

Les essais conduits dans les différents environnements du bassin méditerranéen, ont révélé une interaction significative entre le génotype et l'environnement (**Nachit et Jarrah, 1986**). Les résultats observés par **Nachit et al., (1992)** sur les effets morphologiques et physiologiques révèlent que la taille, la capacité du tallage fertile, les caractères de l'épi, la durée du remplissage des grains et l'enroulement foliaire jouent un rôle important dans l'interaction entre génotype et environnement dans la région méditerranéenne.

Dans les zones arides et semi-arides de la méditerranée, la possibilité et la faculté des plantes à avoir un tallage fertile en conditions de stress hydrique est l'un des facteurs qui influence directement le rendement en grain (**Nachit et al., 1992**).

Chez le blé dur il a été démontré que les différents stress tels que la sécheresse, haute température, et le gel ou froid apparaissent durant la même période de croissance et de reproduction chez cette espèce. Faisant référence aux chercheurs **Nachit et Jarrah, (1986)** : la précocité, le tallage fertile, la fertilité de l'épi, la longueur du col de l'épi et la précocité de la vigueur de la plante sont associés au haut rendement en condition de stress hydrique.

- La hauteur de la plante

Les sélectionneurs ont longtemps admis que les variétés de céréales les plus tolérantes étaient des variétés à paille haute. L'existence d'une liaison positive entre la hauteur de la plante et la tolérance à la sécheresse peut s'expliquer d'une part, par l'aptitude des génotypes à paille haute à remplir le grain en cas de déficit hydrique terminal par la quantité d'assimilats stockés dans la tige et la capacité de remobiliser ces réserves (**Blum, 1988**). Cependant de nombreuses études (**Pheloung, 1991 ; Ali Dib, 1992 ; Bouzerzour et Hafsi, 1993**) ont montré que les variétés de blé à paille courte ont une bonne adaptation et une meilleure productivité en zones sèches en combinant une tolérance élevée à la sécheresse et un indice de récolte élevé.

- Les barbes des épis

D'après les travaux de **Araus et al., (1991)** et **Hannachi et al., (1996)** en conditions de stress hydrique, les barbes contribuent au remplissage du grain chez le blé dur, en effet ce paramètre joue un rôle considérable dans la production des photosynthétats (**Kramer, 1981**).

- La surface foliaire

La feuille est l'organe le plus sensible à la contrainte hydrique, elle change de forme et d'orientation en présence d'un déficit hydrique (**Gate et al., 1993**). Les déficits survenant en pleine phase de floraison entraînent la sénescence de la feuille en réduisant la photosynthèse (**Nachit et al., 1992**). La feuille étendard est la principale unité fonctionnelle des photosynthétats qui contribuent à la formation du grain.

D'après (**Rawson et al., 1977**) la réponse de la plante à la sécheresse prend beaucoup de formes, parmi lesquelles, la plus visible est la réduction de la surface foliaire en conséquence à une diminution en nombre et en taille des feuilles.

L'enroulement des feuilles est un phénomène qui se produit lors d'un stress hydrique ou lorsque la plante est exposée à des températures extrêmes. Ce phénomène est utilisé par les plantes pour réduire la perte d'eau par transpiration ce qui permet aux réserves stockés de contribuer dans le remplissage du grain et donc au rendement en grain (**Brinis, 1995**).

- L'épi

Acevedo et al., (1991) estiment que l'épi des variétés adaptées doit émerger assez tôt pour que le remplissage des grains se fasse avant que les effets des contraintes thermiques et hydriques ne deviennent assez forts pour compromettre le rendement en grain.

D'après **Blum, (1985)**, l'épi joue un rôle dans la photosynthèse et la production d'assimilats nécessaires au remplissage du grain, quand la dernière feuille devient sénescence. Les derniers organes chlorophylliens (glumes et barbes) jouent un rôle prédominant dans la formation du grain. Les barbes par leur port dressé et leur position au immédiat de la graine, conditionnent la formation du col de l'épi et contribuent dans la translocation des assimilats stockés à son niveau et donc à la photosynthèse (**Gate et al., 1990**) alors que dans certains cas le rendement en grain paraît insensible à la longueur de l'épi.

Les épis ont une utilisation efficiente de l'eau plus élevée que celles des feuilles et il a été démontré que la contribution des épis est de 40% concernant la fixation du carbone totale en conditions de stress hydrique (**Evans et Rawson, 1975**). Les barbes peuvent être prises comme critère de sélection.

Le col de l'épi, à déterminisme génétique plus important que la hauteur de la plante, a été souvent proposé comme critère de sélection des génotypes tolérants au stress hydrique (**Fisher et Maurer, 1978**)

- Le rendement et ses composants

Le rendement étant un caractère quantitatif complexe, sa variation est sous contrôle d'un grand nombre de gènes. Une méthode plus analytique, basée sur l'utilisation de caractères morpho-physiologiques et phénologiques liés à l'adaptation à la sécheresse a été proposée par (**Richards, 1986 et Monneveux, 1991**).

Le rendement en grains est tributaire de la quantité d'eau transpirée, de l'efficience de l'utilisation de l'eau et de l'indice de récolte (**Ludlow et Muchow, 1990**). Le rendement est un caractère quantitatif complexe (**Breck et al., 1992**) qui implique au moins cinq chromosomes (3A, 6A, 2B, 1D, 3D).

Chez le blé dur, le rendement en grain est la résultante de plusieurs paramètres et des conditions environnementales dans lesquelles la plante est cultivée.

Certains chercheurs (**Engledow et wadham, 1993**) définissent le rendement comme étant l'ensemble des composantes : le nombre de plante par unité de surface, le nombre d'épis par plante, le nombre de grain par épi, poids de mille grains. Chez le blé dur, l'amélioration du rendement dépend de l'amélioration d'une ou de plusieurs composantes du rendement, le nombre de grains par

mètre carré est le produit du nombre d'épis fertiles par mètre carré par le nombre de grain par épi. Selon (**Ketata, 1987 et Hamada, 2002**), ce paramètre joue un rôle important dans la détermination du rendement.

2- 4- 3- Les paramètres physiologiques

Les outils de physiologie appliqués à la sélection trouvent des difficultés des à la complexité des mécanisme des plantes et leur comportement vis-à-vis des conditions abiotiques de l'environnement.

Dans les environnements stressés, le rendement dépend largement de l'expression des paramètres physiologiques. Ces derniers jouent un rôle important dans la tolérance aux stress et à l'interaction génotype et environnement (**Nachit *et al.*, 1992 ; Annichiarico et Pecetti, 1993**).

- La teneur relative en eau

La caractérisation du statut hydrique d'une plante pourrait passer par la seule évaluation de la teneur relative en eau. **Clarke et Mc Craig, (1982)** attirent l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress. **Scofield *et al.*, (1988)** notent que la teneur en eau diminue lorsque le stress augmente, mais elle diminue plus vite chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. La TRE en plus de sa relation avec le volume cellulaire reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration, le potentiel osmotique et de turgescence (**Nouri, 2002**).

El Hakimi *et al.*, (1995) montrent que cette caractéristique présente un coefficient d'héritabilité élevé et qu'elle se fixe rapidement chez les lignées en ségrégation d'un croisement donné. Ainsi, les variétés tolérantes au stress hydrique, sont celles qui sont capables de perdre le moins d'eau par unité de temps et unité de surface, sous stress.

La teneur relative en eau ou turgescence foliaire est une caractéristique génotypique qui est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'eau dans la feuille qui soit à même de garantir la continuité de l'activité métabolique dont, entre autre, la photosynthèse. Cette capacité est liée aux possibilité de la plante à s'alimenter, de manière constante en eau (système racinaire), au contrôle des pertes d'eau par les surfaces évaporantes (nombre et diamètres des stomates, résistance stomatique à la sortie de la vapeur d'eau) et à l'ajustement osmotique (**Araus *et al.*, 1991**).

Toutes les réactions métaboliques se déroulent dans la phase aqueuse. L'eau participe aux transformations métaboliques. Elle est aussi indispensable au bon fonctionnement des protéines. D'ailleurs les organismes vivants se distinguent par leur contenu en eau très élevé : il peut aller

jusqu'à 90% de la masse ou même d'avantage chez les plantes supérieures (**Richter, 1993**). Le contenu en eau est facilement déterminable en tenant compte du poids frais après récolte, et du poids sec après mise à l'étuve à une température de 60°C (**Chorfi, 1992**). Chez les plantes supérieures, l'eau est un moyen de transport : elle véhicule principalement les sels minéraux, d'une cellule à l'autre et des racines aux organes aériens.

Le maintien d'un niveau élevé de la TRE serait probablement lié à une bonne capacité d'ajustement osmotique permettant la préservation de l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus (**Blum, 1988**).

Pour **Semiani, (1997)** le maintien d'une TRE élevée chez une variété de blé tendre en conditions sèches s'explique par sa haute capacité à accumuler des solutés et/ou à une faible élasticité des tissus. Il conclut également que la chute de la TRE en fonction du niveau de stress est un caractère dépendant du génotype.

Le suivi de la teneur en eau relative d'une variété de blé dur et d'une variété de blé tendre a démontré que le blé dur maintenu en régime déficitaire perd davantage l'eau, par contre ses besoins sont satisfaits (**Mekliche et al., 1993**).

La baisse du potentiel osmotique est induite au niveau de la plante par une augmentation de la concentration des intracellulaires d'une manière active (**Turner, 1978 ; Gnanasiri et al., 1992 ; Galoud et al., 1995**). Le potentiel osmotique aide dans le maintien de la turgescence cellulaire qui est à la base de la préservation de plusieurs fonctions physiologiques. En effet celle-ci permet d'empêcher la fermeture des stomates et donc de maintenir la photosynthèse, la transpiration, l'assimilation du carbone et enfin l'élongation cellulaire (**Bammoune, 1997**).

D'après **Ykhlef, (2001)** le maintien de la turgescence des tissus foliaires entraîne une ouverture des stomates et contribue au maintien d'une activité photosynthétique importante. Plusieurs travaux montrent que le déficit hydrique chez les céréales en particulier le blé dur affecte à la fois les phénomènes stomatique et non stomatique de la photosynthèse **Ykhlef, (2001)**.

- La pilosité, la glaucescence et les cires

La pilosité des feuilles et des tiges, la glaucescence et la présence des cires induisent une augmentation de la réflexion des radiations incidentes et limitent donc l'élévation de la température des feuilles et contribuent par conséquent, à limiter les pertes d'eau par transpiration. (**Bengeston et al., 1978 ; Anderson et al., 1984 ; Clarke et Richards, 1988; Araus et al., 1991**).

La glaucescence est un caractère qui réduit le taux de déperdition d'eau (transpiration cuticulaire) en conditions de déficit hydrique et qui influence fortement le rendement et l'efficacité d'utilisation de l'eau en retardant la sénescence foliaire (**Richards, 1986 ; Ludlow et Muchow, 1990**). La production des cires est liée à des facteurs environnementaux tels que : la faible humidité de l'air, une forte radiation lumineuse ; la réduction de la disponibilité de l'eau du sol (**Bengeston et al., 1978 ; Levitt, 1980 ; Johnson et al., 1983**).

2- 4- 4- Les marqueurs moléculaire

Les protéines en occurrence, restent très informatives du fait qu'elles constituent des produits de l'information génétique portée par l'ADN d'un individu. L'ADN, bien qu'il code pour un même produit, peut porter des variations (mutations) significatives d'un individu (ou d'un groupe) à un autre. L'ensemble des protéines synthétisées dans l'organisme peut être caractéristique pour un individu donné. L'utilisation de ces marqueurs est fréquente dans la recherche de génotypes notamment résistants à de conditions de stress (**Boudour, 2006**). Ainsi, différentes méthodes sont utilisées selon les produits recherchés.

Les protéines de réserve de graine (gliadines, glutenines) sont facilement séparées par électrophorèse mono-dimensionnelle sur gel de polysaccharide. Souvent polymorphes, elles se sont avérées un moyen rapide d'identification de diverses espèces ou cultivars, en particulier chez les plantes céréalières (**Branlard et al., 1989 ; Metakostvsky et Baboer, 1992**). Une autre technique, permettant de séparer les protéines totales par électrophorèse bi-dimensionnelle après dénaturation, a été mise au point par **O'Farrell, (1975)**. La première migration s'effectue sur un gradient de pH (électrofocalisation) induisant la séparation des protéines selon leur point isoélectrique et la seconde favorise la séparation des protéines selon leur poids moléculaire en présence d'agents dénaturants (SDS et B-mercaptoéthanol).

Vu le faible niveau du polymorphisme révélé par les marqueurs biochimiques et sa variabilité en fonction des conditions environnementales, il est souvent nécessaire d'utiliser les marqueurs moléculaires pour compléter l'évaluation et l'étiquetage des ressources génétiques.

L'amélioration des plantes (**Eagles et al., 2001 ; Langridge et al., 2001 ; Dekkers et Hospital, 2002**) est basée sur l'utilisation de la variabilité génétique naturelle et sur des méthodes d'exploitation rapides et fiables de cette diversité dans les programmes de sélection. Les marqueurs moléculaires, directement issus du polymorphisme existant au niveau de l'ADN, sont désormais utilisés fréquemment pour l'analyse des ressources génétiques et dans les programmes d'amélioration des plantes. Leurs caractéristiques permettent de les séparer en deux familles

(Santoni *et al.*, 2000). Il existe plusieurs types de marqueurs moléculaires, mais nous nous sommes intéressés aux RAPD et ISSR.

Les caractères moléculaires sont de bons marqueurs génétiques : ils révèlent directement la nature génétique de l'information. Ceci les différencie des caractères morphologiques, physiologiques et plus généralement de tous les caractères phénotypiques, dus à une addition d'effets génétiques et non-génétiques. Cet aspect génétique leur confère un avantage du point de vue de la reconstruction de phylogénies, par rapport aux caractères classiques utilisés en systématique.

Au niveau du blé et de l'orge, plusieurs auteurs ont rapporté que les effets génétiques qui régularisent la réponse à la sécheresse, la salinité et le froid ont été assemblés dans un même chromosome (Cattivelli *et al.*, 2002).

Actuellement, les marqueurs moléculaires permettent aux améliorateurs d'identifier les locis qui contrôlent la tolérance à la sécheresse et à d'autres caractères agronomiques.

La technique la plus utilisée actuellement est la **PCR** (*Polymerase Chain Reaction*) (Saiki *et al.*, 1988) qui permet l'amplification d'un fragment donné d'ADN, dans toute une série d'individus même si celui-ci est une simple copie au milieu d'un génome de grande taille.

Chez les graminées, par exemple, cette technique a été utilisée pour convertir certaines sondes **RFLP** en marqueurs STS (Williams *et al.*, 1990). Cependant la technique de **PCR/RFLP** est surtout utile lorsque peu de marqueurs doivent être manipulés sur un grand nombre de plantes, comme dans le cas de marqueurs liés à des gènes de résistance aux parasites. Elle autorise un crible rapide sur des populations importantes.

La technique **PCR** a été également utilisée pour détecter le polymorphisme dans certaines lignées de blé produites par hybridation, 2 cultivars de blé tendre, un cultivar de blé dur et un cultivar d'*Aegilops cylindrica*. Sur la base des réactions d'amplification (Farooq *et al.*, 1994).

- La technique **RAPD**: *Random Amplified Polymorphic ADN*

Le polymorphisme d'AND amplifié au hasard ou RAPD est produit par la technique PCR (Réaction de Polymérisation en Chaîne), utilisant d'ADN génomique, d'une amorce aléatoire courte d'environ 10 nucléotides et d'enzyme *Taq* polymérase (Welsh et McClelland, 1990; Williams *et al.*, 1990). Les fragments générés en nombre quasiment illimité, sont répartis dans tout le génome, non spécifiques de locus et dominants qui ne peuvent donc mettre en évidence l'état hétérozygote. Le polymorphisme observé se traduit par la présence ou l'absence de bande chez les différents génotypes.

En effet, l'amplification avec les marqueurs RAPD obéit à la loi de «tout ou rien» mettant en jeu des amorces très spécifiques (**Adam et Dron, 1993**). Les variations de séquences nucléotidiques entre les génomes, révélées par ces marqueurs, sont le résultat d'une modification (mutation ou insertion) au niveau de site de fixation de l'amorce (**Park et al., 1991**).

Mandoulakani et al., (2006), ont utilisé les marqueurs RAPD et les protéines de réserve des semences pour l'identification des meilleures combinaisons parentales de 28 cultivars de blé iranien dans l'amélioration de la qualité boulangère du blé.

- Microsatellites ou SSR (*Simple Sequence Repeats*)

Les microsatellites, alternativement connus sous le nom de «séquences simples répétées (SSR) sont des éléments d'ADN répétés dont la taille est généralement moins de 5pb (mono, di, tri et tétra-nucléotidiques), révélés par amplification par PCR de l'ADN génomique (**Tautz et Rentz, 1984; Tautz, 1989; Bruford et Wayne, 1993**).

Le polymorphisme des SSRs résulte de la différence du nombre d'unité répétée, estimée de 5 à 50 copies chez les plantes (**Cardle et al., 2000**) et qui émane des erreurs survenues lors de la réplication d'ADN (**Jarne et Lagoda, 1996**). Ces différences sont révélées sur gel polysaccharide où les motifs en tandem migrent en fonction de leur poids. Par ailleurs, ces marqueurs sont adaptés aux études de populations étroitement apparentées et permettent même les comparaisons entre individus ou cultivars (**Takezaki et Nei, 1996; Westman et Kresovich, 1997; Hokanson et al., 1998**).

Grâce à leur grand contenu informatif, 10 à 20 loci suffisent pour distinguer des génotypes très proches. Ils ont été utilisés aussi bien dans l'étude de la diversité génétique que dans l'élaboration des cartes génétiques du blé, de l'orge et du soja (**Röder et al., 1995; Peakall et al., 1998; Ramsay et al., 2000**).

En plus, ce sont des marqueurs multi-alléliques d'où leur usage dans les études phylogénétiques et de l'évolution des espèces. Ainsi, **Mhameed et al., (1997)** utilisant ces marqueurs ont pu établir un arbre phylogénétique composé de *Persea americana* et ses espèces sauvages.

- La technique ISSR: *Inter-Simple Sequence Repeat*

Les marqueurs ISSR, liés aux séquences simples répétées (SSRs) dans le génome, sont basés sur le polymorphisme de taille de 200 à 2500pb le long de ces espaces inter-microsatellites amplifiables par une seule amorce PCR (**Zietkiewicz et al., 1994**). En générale, les locus microsatellites sont régulièrement distribués en grand nombre à travers le génome d'eucaryote, fournissant ainsi un pool riche en potentiels marqueurs ISSR convenables pour révéler la diversité étroitement associée aux accessions (**Wiesner et Wiesnerová, 2003**).

En effet, cette amplification ISSR est définie par variation des PCR qui utilisent des amorces à simple séquence répétée comme [AC] n, pour amplifier les régions situées entre les séquences microsatellites (**Kahl, 2001**). Selon **Zietkiewicz et al., (1994)**, La production des marqueurs ISSR est, par rapport aux marqueurs AFLP, SSR et RFLP, moins coûteuse, rapide et facile à optimiser. Par ailleurs, ils sont considérés plus reproductibles que ceux de RAPD et détectent un grand polymorphisme génomique que les marqueurs RFLP (**Zietkiewicz et al., 1994; Oh et al., 2000**).

La technique ISSR a été largement et diversement appliquée dans l'étude de la variabilité génétique des plantes (**Godwin et al., 1997**) et la caractérisation de certains organismes fongiques (**Grunig et al., 2001**). Ainsi, elle a été utilisée pour déterminer le polymorphisme génétique des espèces de *Sorghom*, *Ipomoea*, *Eucalyptus*, *Oryza*, *Lupinu*, *Asparagus*, etc (**Yang et al., 1996; Prevost et Wilknsn, 1999; Qian et al., 2001**).

Nous avons opté pour l'utilisation de la méthode RAPD pour l'amplification de l'ADN comme source de marqueurs génétiques pour estimer la diversité génétique de variétés de blé dur, et pour caractériser les sources de germplasm. Nous avons mis au point la méthode d'isolement de l'ADN (**Ramsay et al., 2000**). La méthode RAPD a été testée sur un échantillon de 10 accessions.

Les fragments générés en grand nombre, sont répartis dans tout le génome, non spécifiques de locus. Le polymorphisme observé se traduit par la présence ou l'absence de bande chez les différents génotypes.

Matériel
&
Méthodes

3- Matériel et méthodes

3-1- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué d'une collection qui comporte dix variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) Algérien, contenant une population de **58** génotypes (Boudour, 2004 - 2006).

Tableau 2 : Caractéristiques des variétés et nombre d'individus par variété (Boudour, 2004 - 2006).

Variétés	Nombre de génotypes	Epi	Glume	Paille	Grain	Compacité
<i>provinciale</i>	1	noir violet	glabre noire	demi creuse	blanc	demi compacte
<i>apulicum</i>	2	noir	glabre noire	creuse à demi creuse	rouge	demi compacte
<i>erythromelan</i>	4	blanc	pubescente blanche	creuse	rouge	compacte
<i>obscurum</i>	3	roux	pubescente rouge	creuse	blanc	compacte
<i>algériense</i>	6	blanc	pubescente blanche	creuse à demi creuse	blanc	compacte
<i>alexandrinum</i>	9	blanc	pubescente blanche	creuse à demi creuse	rouge	compacte
<i>africanum</i>	3	blanc	pubescente blanche	creuse à demi creuse	rouge	demi compacte
<i>fastuosum</i>	6	roux	glabre rouge	creuse	blanc	compacte
<i>melanopus</i>	11	roux	glabre rouge	creuse à demi creuse	rouge	compacte
<i>circumflexum</i>	13	roux	glabre rouge	creuse	rouge	compacte

3- 2- Site d'expérimentation

L'expérimentation a été réalisée à la station de la recherche agronomique expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) d'El-khroub, situé à 14Km au Sud Est de Constantine, à une altitude de 640m. La station se trouve dans la région semi-aride, caractérisée par un climat méditerranéen.

3- 3- Mise en place de l'essai

Le matériel végétal est semé sur une parcelle élémentaire d'une rangée de 1m de long avec une inter-ligne de 20 cm. Le semis est effectué le **15 du mois de janvier 2008** à une profondeur approximative de 3 à 5cm, à la main. Chaque génotype occupe un mètre linière.



Figure 3 : Dispositif de l'expérimentation.

3- 4 - les caractéristiques physico-chimiques du sol

L'analyse des sols est réalisée régulièrement par le laboratoire de l'ITGC (2008), les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Les caractéristiques physico-chimiques du sol.

Profondeur	0- 30	30- 60	60- 90
Argile	55	44	60
Limon fin	29	3	6
Limon Grossier	3	3	4
Sable fin	11	11	18
Sable Grossier	3	3	13
Matière organique	1,49	1,45	1,37
pH	7,6	7,6	7,9
Conductivité électrique	0,5	1,7	0,6
Densité réelle	2,2	2,2	2 ,2

3- 5 - Caractéristiques pluviométriques

La quantité annuelle pluviométrique est de **394,5 mm**, elle est inférieure à la moyenne établie sur 25 années (1975-1995) qui était de **486,5 mm (Tab.4, Fig.4)**. Ces données sont fournies par l'ITGC (station météorologie de Ain El Bey).

Tableau 4 : La pluviométrie 2007/2008 et la moyenne de 25 ans (1975-1995) en mm.

	Précipitation (2007 / 2008) mm	Moyenne de 25 ans (1975 /1995)
Septembre	59,9	37,5
Octobre	39,1	38,6
Novembre	23,8	44,6
Décembre	93,4	73,2
Janvier	9,9	62,8
Février	8,7	53,8
Mars	72,6	56,2
Avril	23,1	59
Mai	58,2	42,3
Juin	5,8	19,3

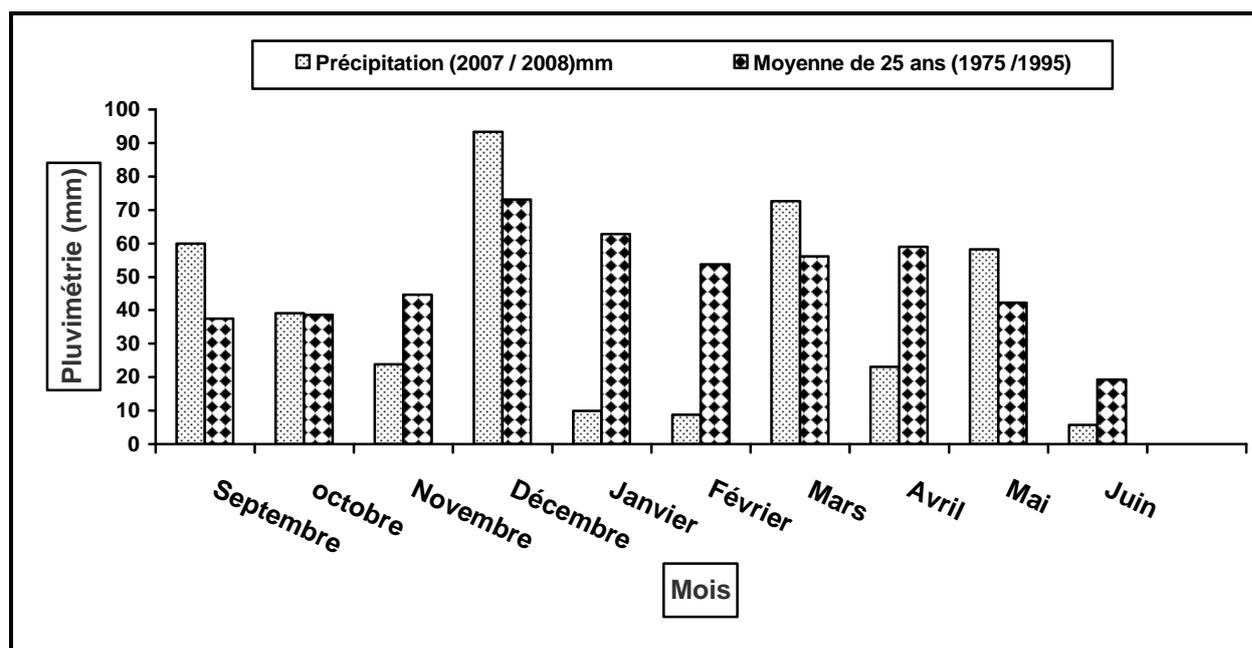


Figure 4: Histogramme comparatif entre la pluviométrie de 2007/2008 et la moyenne de 25 ans.

Le total des pluies enregistrées de septembre 2007 à juin 2008 est de 394,5 mm, contre une moyenne de 440,2 mm durant la campagne 2006/2007 (**Tab.5**).

La figure 5 représente la variabilité mensuelle moyenne de la pluviométrie et des températures durant la campagne 2007/2008.

Tableau 5 : La moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année 2007/2008

Mois	Température (°C)	Pluviométrique (mm)
Septembre	21,86	59,9
Octobre	18,1	39,1
Novembre	10,4	23,8
Décembre	7,63	93,4
Janvier	5,31	9,9
Février	7,93	8,7
Mars	10,01	72,6
Avril	13,73	23,1
Mai	18,69	58,2
Juin	19,06	5,8

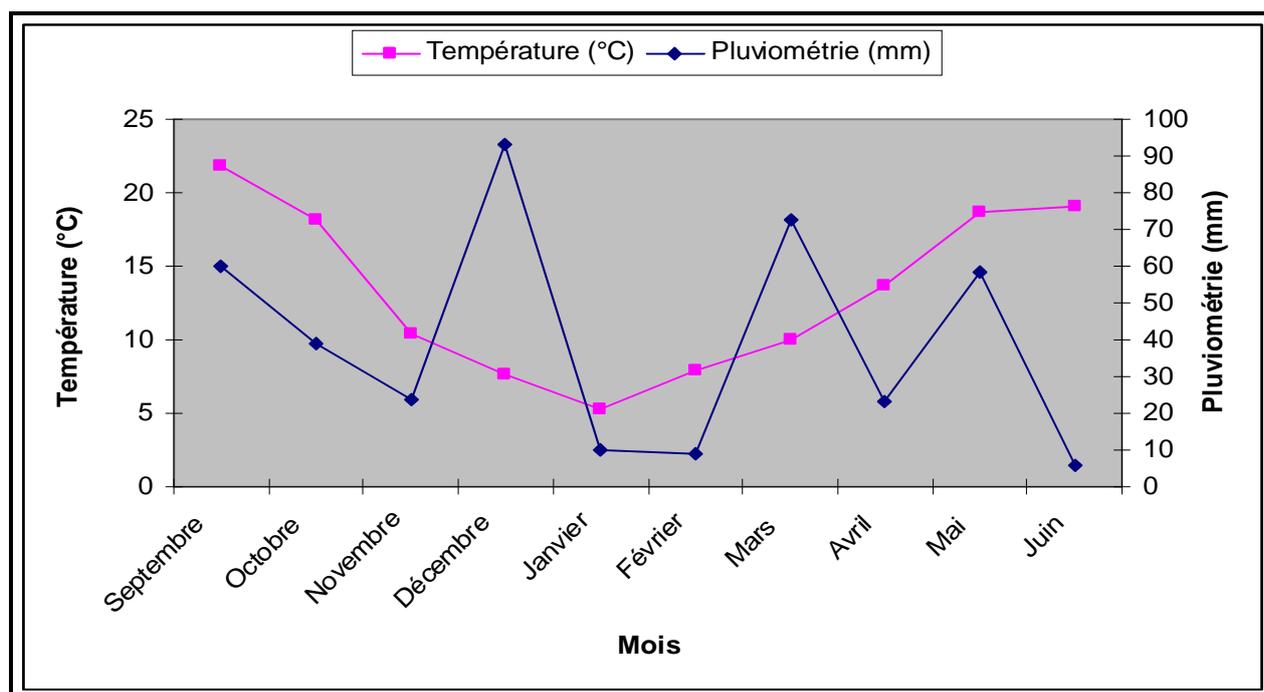


Figure 5: Diagramme ombrothermique de la campagne agricole 2007 / 2008.

3- 6 - Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés sont les suivants : caractères phénologiques, morphologiques, agronomiques et physiologiques et ce durant l'année 2007/2008.

3- 6- 1- Paramètre phénologique

Les observations ont lieu tout au long du cycle végétatif du blé, du semis jusqu'à la maturité.

- Le stade d'épiaison (DE)

Est le nombre de jours de la germination jusqu'au stade de l'apparition des ébauches des épis (DE). La date d'épiaison est notée lorsque 50% des épis de la parcelle élémentaire sont sorties de la gaine de la dernière feuille.

3- 6- 2- Paramètres morphologiques

Les différents paramètres morphologiques mesurés sont :

- La hauteur de la plante (HP)

On mesure un échantillon de 5 plantes / génotype, au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'aux sommets des barbes de l'épi. Elle est exprimée en cm.

- La longueur de l'épi (LE)

On mesure un échantillon de 5 épis sans barbes / génotype, au stade maturité à partir de la base de l'épi (1^{er} article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal. Elle est exprimée en cm.

- La longueur des barbes (LB)

On mesure un échantillon de 5 épis / génotype, au stade maturité à partir du sommet de l'épillet terminal jusqu'au sommet des barbes. Elle est exprimée en cm

- La surface foliaire (SF)

La surface foliaire exprimée en cm^2 est définie comme le produit de la longueur totale (L, cm) par la largeur moyenne (I, cm) des feuilles par 0.7149, d'après **Spagnoletti-Zeuli et Qualset, (1990)**, **SF (cm²) = L x I x 0.7149**

- Le nombre de talles herbacées (TH)

Il est déterminé par comptage direct de nombre de talles herbacées (à l'exception du maître brin) de toutes les plantes / génotype, à partir du stade 4 feuilles jusqu'à la fin tallage. On déduit ensuite la moyenne des talles herbacées / plante.

- Le nombre de talles épi (TE)

Il est déterminé par comptage direct du nombre d'épis formés (à l'exception du maître brin) de toutes les plantes / génotype, au stade maturité. On déduit ensuite la moyenne des talles épis / plante

- Le rapport tallage épi /tallage herbacé (TEH).

- Le taux de fertilité (TF%)

Est déterminée selon **Gallais et Bannerot (1992)** par la formule suivante:

Taux de fertilité = Nombre de grains / épi Nombre de fleurs X100. On mesure un échantillon de 5 épis / génotypes.

3- 6- 3- Les composantes du rendement

- Le nombre d'épillets par épi (NE/E)

A maturité le nombre d'épillets par épi est compté pour indiquer le taux de fertilité de la plante.

- Le nombre de grains par épi (NG/E)

Il est obtenu par comptage direct d'un échantillon de 5 épis / génotype.

- Le poids de mille grains (PMG)

Ce paramètre est mesuré après avoir déterminé le poids moyen d'un grain par plante de chaque génotype, multiplié par mille pour trouver le poids de mille grains.

- Le rendement en grains (RDT)

D'après **Vilain, (1987)**, le rendement $\text{qtx / ha} = \text{nombre de plants / ha} \times \text{nombre moyen d'épis / plant} \times \text{nombre de grains par épi} \times \text{poids moyen d'un grain}$.

➤ Les 13 variables sont mesurés avec 5 répétitions de chaque lignée.

3- 6- 4- Paramètre physiologique

La teneur relative en eau (TRE) a été mesurée durant l'année 2007 / 2008.

C'est l'un des principaux paramètres qui indique le niveau hydrique de la plante ou encore la turgescence cellulaire. La TRE est mesurée selon la méthode décrite par **Barrs, (1968)**.

La formule est : **TRE en % = $\frac{PF-PS}{PT-PS} \times 100$ (Ladigues, 1975).**

PF : poids frais en mg. **PT** : poids de turgescence en mg. **PS** : poids sec en mg.

3-7- Analyse de polymorphisme

L'étude moléculaire a porté sur dix génotypes sélectionnés parmi 58 génotypes appartenant à 10 variétés. Ce choix a porté sur les caractères phénologiques et morpho-physiologiques liés à l'adaptation au stress hydrique, chaque variété est représentée par un génotype, le travail a été réalisé au laboratoire de biotechnologie au Caire - Egypte.

3-7-1- Extraction d'ADN

- L'extraction de l'ADN

Est faite suivant la méthode de **Dellaporta et al., (1983)** à partir de feuilles issues de chaque variété broyées en présence l'azote liquide. Les broyats sont mis dans des tubes Eppendorf, additionnés 500 µl de tampon d'extraction Tris-HCl, (100 mM Tris-HCl (pH8), 500 mM NaCl, 10 mM B- mercaptoethanol 50 mM Na₂-EDTA, H₂O q.s.p100 ml). Mélange au vortex et ajouter 33 µl de SDS (10%). Mélanger, et mettre au bain marie à 65°C pendant 10 min.

Centrifugation à 10000 tr/ min à 4°C pendant 10min. Additionner 160µl de 5M d'acétate de potassium (pH8), bien mélanger au vortex, mettre au congélateur pendant 20 min. Après centrifugation à 10000 tr/ min à 4°C pendant 10 min, le surnageant est transféré à un nouveau tube Eppendorf.

Additionner 225 µl d'isopropanol, mélanger; mettre au congélateur a -20°C pendant une heure. Après centrifuger à 10000 tr/min à 4°C pendant 10 min, le surnageant a été éliminé et le culot lavé deux fois avec 500 µl d'éthanol 70%. Puis centrifuger à 10000 tr/min à 4°C pendant 5 min, le surnageant est éliminé et le culot laissant séché pendant 30 min, puis additionner 100 µl de tampon TE (10 mM Tris-HCl (pH 8), 1 mM Na₂-EDTA, H₂O q.s.p100 ml) et conserver à 4°C jusqu'à la purification.

- La purification d'ADN

La purification d'ADN est réalisée par l'addition de RNase (1µl / 100µl ADN) et protéinase (2.4 µl /100 µl ADN). Mettre au bain marie à 37°C pendant 60 min. ajouter 1V phénol (100µl / 100 µl ADN), mélanger pendant 2 min, centrifuger à 10000 tr/min à 4°C pendant 10min.

On prend le surnageant en Eppendorf, puis additionne 100µl de chloroforme / alcool isoamilique (24/1), mélanger pendant 2 min et centrifugé à 10000 tr/min à 4°C pendant 5min.

Prendre le surnageant en Eppendorf, puis additionner 100 µl NaCl et 500 µl d'éthanol (95%). Mélanger et incubé pendant 10 min à -20°C.

Puis centrifuger à 10000 tr/min à 4°C pendant 10min, le surnageant a été éliminé et le culot lavé avec 500 µl éthanol (70%). Puis centrifuger à 10000 tr/min à 4°C pendant 10 min. On prend le culot, laissé sécher, puis additionner 100 µl de TE (pH 8). Mettre en congélateur jusqu'à l'utilisation. Evaluation de la pureté par DO à 260nm et 280nm et rapport DO_{260} / DO_{280} , et quantification par DO à 260 nm.

3-7- 2- Electrophorèse d'ADN

• Préparation des échantillons

L'analyse électrophorétique pour l'ADN est faite avec un volume de 3 µl d'ADN, ajouté au 2 µl de tampon de charge 5X (**Tab.6**)(2 ml Na- EDTA (500 Mm), 0.75 ml bleu de bromophénol (2%), 5 ml glycérol (100%) , 0.75 ml xylene cyanole (2%), 1.5 ml H₂O).

Tableau 6 : Le tampon de charge 5X (pH 8)

Tampon de charge 5X (pH 8)	
Bleu de bromophénol (2%)	0.75 ml
Glycérol (100%)	5 ml
Na- EDTA	2 ml
Xylène cyanole (2%)	0.75 ml
H ₂ O	1.5 ml

• Préparation des gels

Le support d'électrophorèse est formé d'un gel d'agarose à 1% dans un tampon TBE 1X en présence de Bromure d'Ethidium. Couler le gel et laisser polymériser plaçant les peignes pour la formation des puits. Les échantillons d'ADN (5 µl) (qui sont préparés par l'addition de 2µl de tampon de charge au 3µl de l'ADN) sont déposés dans les puits et soumis à un courant de 93V durant 1h et 30 min.

Tableau 7 : Composantes du gel d'agarose 1%

Agarose	1g
tampon TBE 1X (pH 8)	100ml
Bromure d'éthidium (10µg/µl)	2µl

Tableau 8 : Le tampon de migration TBE 5X (running buffer pH 8)

Tris	5.40 g
Acide borique	2.75 g
500 mM EDTA (pH 8)	0.29 g
H2O	q.s.p 100 ml

3- 7- 3 - L'analyse PCR/ RAPD et PCR /ISSR

L'analyse RAPD est effectuée par l'utilisation de trois amorces aléatoires (C15, BO-8 et BO-14) (Metabion, Martinsried, Allemagne).

Pour les marqueurs ISSR nous avons utilisé trois amorces monocaténares ISSR (844b, HB-12 et HB-9) (San Diego, Californie, USA) basée sur le marquage à l'extrémité 5'ou 3', comme indiqué dans le **tableau (9)**.

Tableau 9 : Les séquences des amorces utilisées dans les analyses RAPD et ISSR.

	Le nom d'amorce	Séquence (5' 3')	CG %
RAPD	C15	5' GAC GGA TCA G 3'	60%
	BO- 8	5' GTC CAC ACG G 3'	70%
	BO-14	5' TCC GCT CTG G 3'	70%
ISSR	844b	5' CTC TCT CTC TCT CTC TGC 3'	55.5%
	HB-12	5' CAC CAC CA GC 3'	70%
	HB-9	5' GTG TGT GTG TGT GG 3'	57.1%

La PCR est réalisée dans un volume finale de 25 µl contient 2.5 µl de tampon PCR 10X, 0.5 µl MgCl₂, 0.5 µl dNTP, 0.5 amorce, 2µl ADN, 0.5 U Taq polymérase et 16µl H₂O.

Tableau 10: Les composantes de volume final de la PCR

tampon de réaction 10X (50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl, 1.5 mM MgCl ₂ , pH 9.0)	2.5 µl
50mM MgCl ₂	0.5 µl
2mM dNTP	2.5 µl
10mM amorce	0.5 µl
50ng ADN	2 µl
0.5U Taq polymérase	1 µl
H ₂ O	16 µl

Les réactions d'amplification pour les analyses RAPD et ISSR ont été réalisées dans un thermocycleur ADN (Biometra, GmbH).

L'amplification de l'ADN à l'aide de la technique RAPD-PCR a été réalisée selon la méthode de **Williams *et al.*, (1990)**. Cette amplification comprend une phase de dénaturation initiale d'ADN de 2,5 min à 94°C, une phase de 30 cycles avec 1 min à 94°C pour la dénaturation de l'ADN, 1 min à 37°C pour l'hybridation des amorces, 1 min à 72°C pour l'élongation et une phase d'élongation finale de 10 min à 72°C.

L'amplification de l'ADN à l'aide de la technique ISSR a été réalisée selon la méthode de **Zietkiewicz *et al.*, (1994)** on y trouve d'abord une phase de dénaturation initiale de 2 min à 94°C, suivie de 40 cycles pour une dénaturation de 94°C pendant 30 secondes, pour une hybridation à 52°C pendant 45 secondes et pour une extension à 72°C pendant 2 min et enfin un dernier cycle d'extension finale à 72°C pendant 7 min.

- Électrophorèse de la PCR

• Préparation des échantillons

Les échantillons sont préalablement préparés en mélangeant 5 µl d'un tampon de charge 5X (pH 8) (**Tab.6**) additionner au 25 µl de l'extrait d'amplification et le marqueur.

• Préparation des gels

Le support d'électrophorèse est constitué d'un gel d'agarose à 1.2% dans le tampon TBE 1X en présence de Bromure d'Ethidium.

Tableau 11 : Composantes du gel d'agarose 1.2%

Agarose	1.2g
tampon TBE 1X (pH 8)	100ml
Bromure d'éthidium (10µg/µl)	2µl

Les échantillons (5µl de mélange) sont coulés dans des puits après polymérisation du gel. Les échantillons migrent selon leurs poids moléculaires sous un courant de **90** volts pendant **2** heures de temps. Les bandes d'ADN amplifiés sont visualisées sous lumière ultraviolette avec 10 µg / µl de bromure d'éthidium et la taille des fragments est estimée sur la base d'une échelle d'ADN de 100 à 2000 paires de base.

3- 8- Analyse des données

Les résultats obtenus sont traités par des analyses statistiques multivariées.

3- 8-1- Etude phénologique et morpho-physiologique

- Analyse de la Variance (ANOVA)

Elle est réalisée à l'aide du logiciel (Minitab version 13 France), un test statistique permettant de vérifier si plusieurs échantillons sont issus d'une même population. Les analyses de variance ou analyses factorielles permettent de savoir si une ou plusieurs variables dépendantes sont en relation avec une ou plusieurs variables dites indépendantes.

- Analyses en Composantes Principales (ACP)

Les résultats sont traités par une analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée à l'aide du logiciel STAT-ITCF (**Thomas, 1988**). C'est une technique descriptive qui permet de faire la synthèse de l'information contenue dans un grand nombre de variables.

Son but est de réduire les dimensions de l'espace de représentation des données en projetant le nuage des points dans un ou plusieurs graphiques plans, en essayant de limiter la perte d'information au cours de cette réduction.

3- 8- 2- Analyse des données moléculaires

Les gels sont photographiés, scannés, puis analysés par le logiciel Bio-Rad. Model Gel Documentation 2000.

- Analyse RAPD

Pour les gels PCR/ RAPD, les bandes de chaque profil sont désignées par leur présence (1) ou absence (0). Les matrices ainsi établies pour les différents marqueurs générés par différentes amorces sont analysées à l'aide du logiciel Bio-Rad.

- Analyse ISSR

La photographie de chaque gel PCR/ ISSR, est transférée vers le logiciel Bio-Rad. Model Gel Documentation 2000 pour le traitement. Les profils de chaque accession générés par différentes amorces, sont directement comparés entre eux par marquage ou sélection de leurs bandes respectives et de celles du marqueur moléculaire dont les tailles sont connues.

La construction des dendrogrammes est réalisée par la méthode Euclidienne par le logiciel 'Minitab version 13 France' pour les deux PCR/ ISSR et PCR/ RAPD.

Résultats
&
Discussion

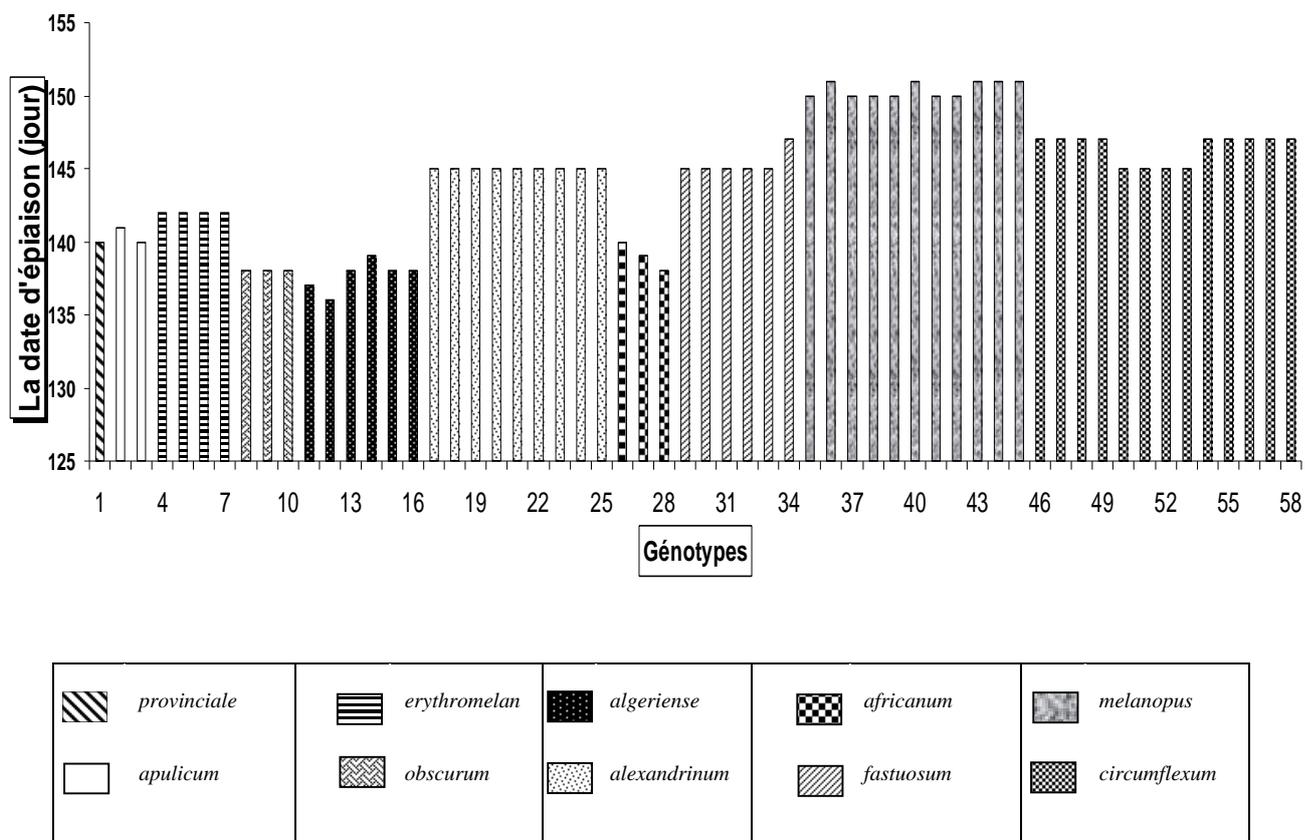


Figure 6: La durée d'épiaison des 58 génotypes des 10 variétés.

4- Résultats et discussion

La campagne 2007/2008 est une année relativement moyenne, comparativement aux années précédentes. Au cours de cette année là, on a noté, une forte pluviométrie particulièrement durant le mois de Décembre (93,4 mm) avec un déficit au mois de Juin (5,8 mm).

La température moyenne mensuelle la plus élevée durant l'essai est enregistrée au mois de Septembre (21,86°C), alors que la plus basse au mois de Janvier (5,31°C).

En ce qui concerne les gelées, on a compté 29 jours répartis entre le mois de Novembre et le mois d'Avril.

4-1- Paramètre phénologique : La date d'épiaison

Cette phase est observée sur une période allant de 138 à 151 jours chez les dix variétés. La durée la plus élevée est observée chez les génotypes de la variété *melanopus* (G35, G37, G38, G39, G41 et G42) avec une durée de 150 jours. De même pour les génotypes (G36, G40, G43, G44 et G45) dont la durée est de 151 jours.

La plus courte durée est enregistrée chez la variété *algériense*, dont les génotypes sont: G11, G12, G13, G14, G15 et G16 qui ont montré une durée allant de 136 à 139 jours. Les variétés *africanum* (G28) et *obscurum* (G8, G9, et G10) ont également une durée de 138 jours.

Il apparaît donc que les génotypes des variétés *obscurum*, *algeriense* et *africanum* sont les plus précoces, alors que les génotypes de la variété *melanopus* sont tardifs (**Fig. 6 et Annexe 1**).

L'analyse de la variance des dix variétés montre une différence très hautement significative ($F=217.33^{***}$ à $\alpha=0.001$). Les comparaisons de moyennes réalisées par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, mettent en évidence deux groupes de variétés :

- Le premier groupe comprend les variétés *melanopus*, *fastuosum* et *circumflexium*, qui enregistre la durée la plus importante.

- Le deuxième groupe composé des variétés *africanum*, *algeriense* et *obscurum*, montre la plus faible durée (**Annexe 4**).

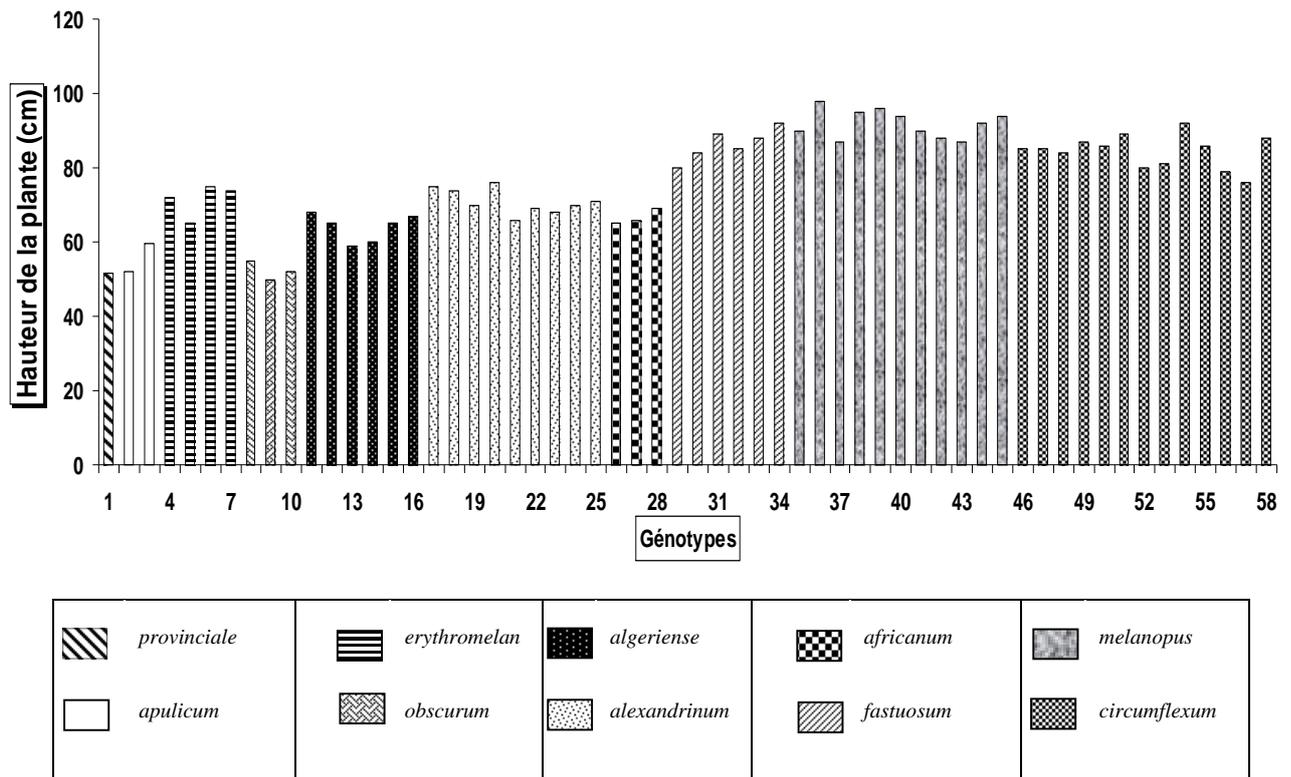


Figure 7 : Hauteur de la plante des 58 génotypes des 10 variétés.

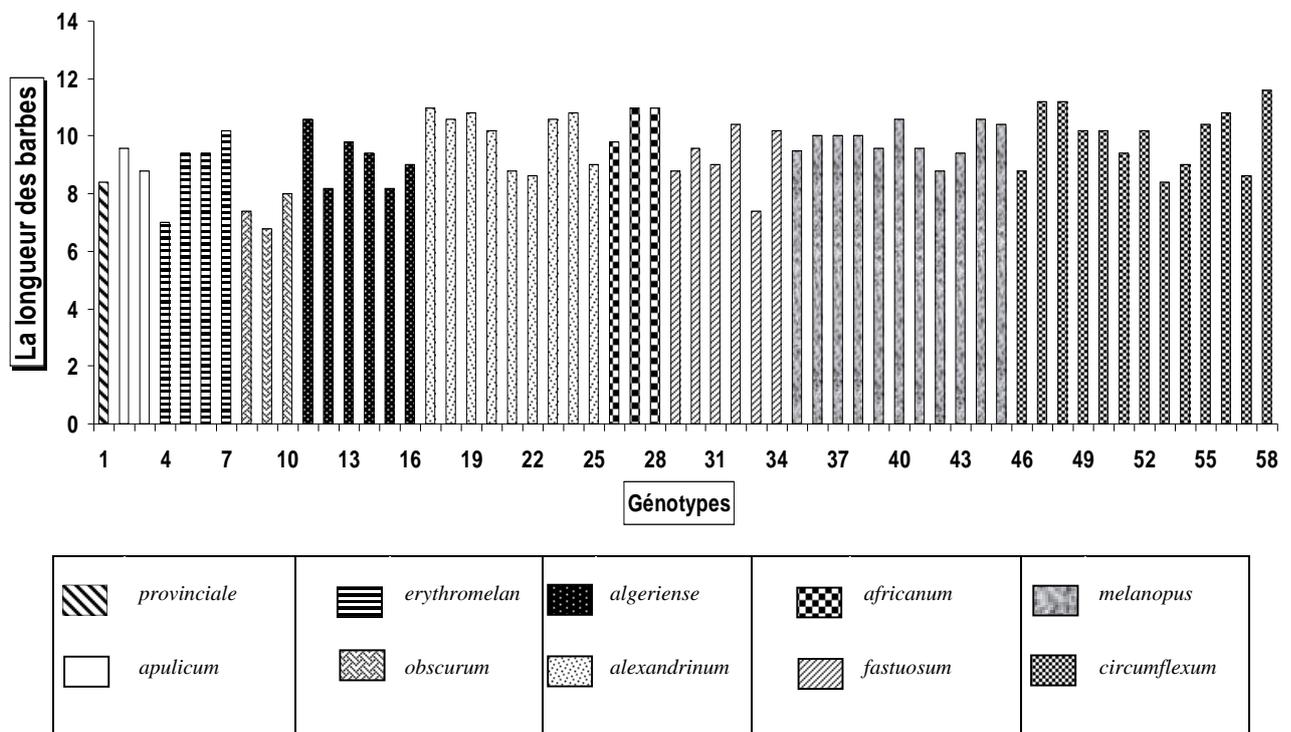


Figure 8 : La longueur des barbes des 58 génotypes des 10 variétés.

4- 2- Paramètres morphologiques et agronomiques

4- 2-1- Paramètres morphologiques

- La hauteur de la plante

La hauteur des plantes des dix variétés étudiées varie de 50 cm à 98 cm. Chez la variété *melanopus* (G36, G38, G39, G40 et G45) les hauteurs mesurées sont de 98cm, 95 cm, 96 cm, 94 cm et 94 cm respectivement. Pour la variété *circumflexum* (G49, G51 et G58), la hauteur est de 87cm, 89cm et 88cm respectivement. Alors que pour la variété *fastuosum* (G29, G30, G31, G32, G33 et G34), les hauteurs sont respectivement de 80 cm, 84 cm, 89 cm, 85 cm, 88 cm, 92 cm et 90 cm. Tous les génotypes de ces variétés donnent des groupes à paille haute.

Quant aux variétés *obscurum* (G9 et G10), *apulicum* (G2) et *provinciale* (G1) les valeurs enregistrées sont de 50 cm, 52 cm, 52 cm et 52 cm respectivement. Elles se caractérisent donc par une taille réduite (**Fig. 7 et Annexe 2-a-**).

On remarque que les génotypes des variétés étudiées présentent une différence très hautement significative ($F=64.12$ *** à $\alpha=0.001$). En effet le test de Newman et Keuls à 5%, fait ressortir deux groupes différents, dans lesquels d'une part les variétés *circumflexum*, *fastuosum* et *melanopus*, possèdent les moyennes les plus élevées de la hauteur de la plante et d'autre part les variétés *provinciale*, *apulicum* et *obscurum* avec des moyennes moins importantes (**Annexe 2-a-**).

- la longueur des barbes

La longueur des barbes des variétés *circumflexum* (G47, G48, G56 et G58), *alexandrinum* (G17, G19, et G24) et *africanum* (G27et G28) est de 11.2 cm, 11.2 cm, 10.8 cm, 11.6 cm, 11 cm, 10.8 cm, 10.8 cm, 11 cm et 11 cm respectivement.

Chez les variétés *erythromelan* (G4), *obscurum* (G8 et G9) et *fastuosum* (G33) les barbes sont plus courtes, leur longueur est respectivement de 7cm, 7.4cm, 6.8cm et 7.4cm (**Fig. 8 et Annexe 2-a-**).

L'analyse de la variance des dix variétés montre une différence hautement significative pour ce paramètre ($F=3.41$ ** à $\alpha=0.01$). Les résultats confrontés par la comparaison des moyennes réalisée par le test de Newman et Keuls à 5% révèle l'existence de deux groupes distincts : le groupe des variétés *africanum*, *alexandrinum* et *circumflexum* dont les valeurs sont les plus élevées et le groupe des variétés *erythromelan*, *provinciale* et *obscurum* qui présente les longueurs les plus courtes (**Annexe 5-a-**).

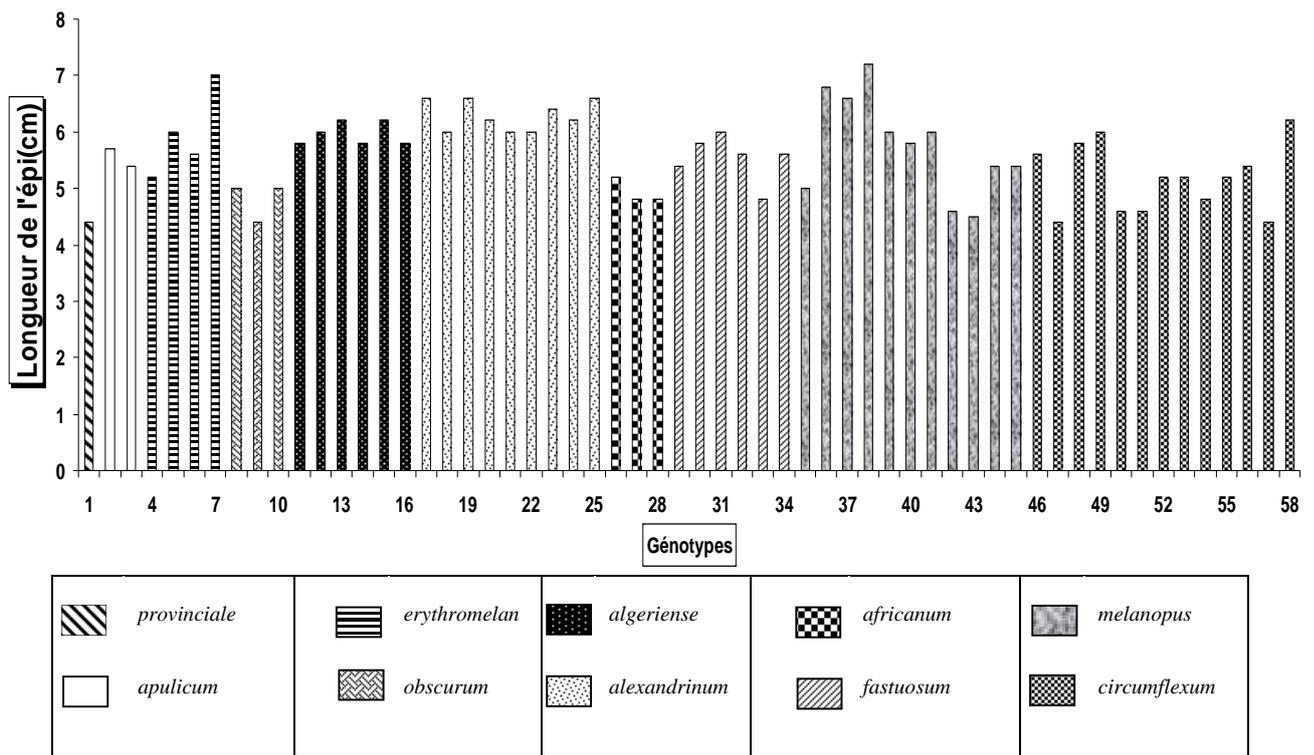


Figure 9 : Longueur de l'épi des 58 génotypes des 10 variétés.

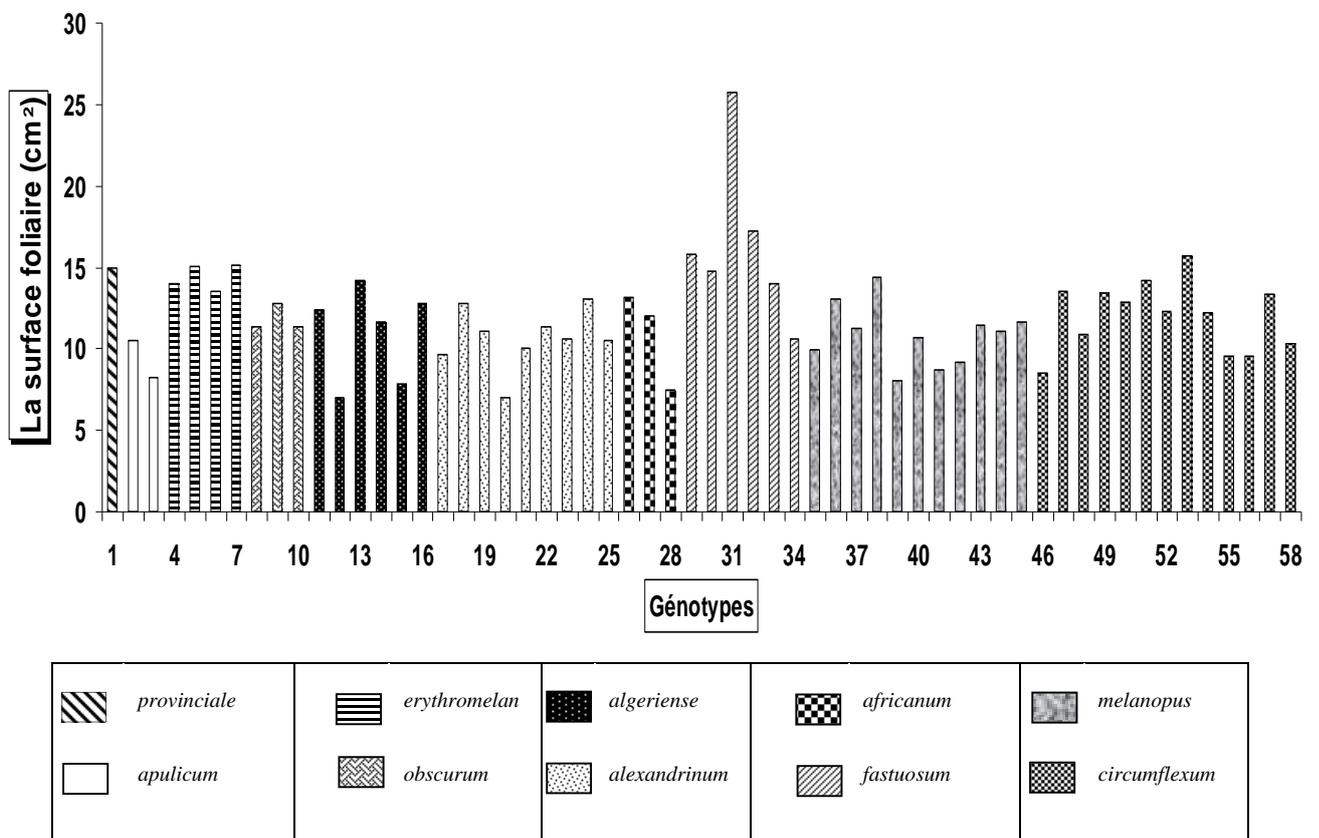


Figure 10: Surface foliaire des 58 génotypes des 10 variétés.

- La longueur de l'épi

La longueur de l'épi se situe entre 4.4 cm et 7.2 cm. Les variétés *erythromelan* (G7), *alexandrinum* (G17, G19 et G25) et *melanopus* (G36, G37 et G38) enregistrent les valeurs de 7 cm, 6.6 cm, 6.6 cm, 6.6 cm, 6.8 cm, 6.6 cm, 7.2 cm respectivement. Ces génotypes possèdent la longueur d'épi la plus élevée.

Les variétés provinciale (G1), *obscurum* (G9), *melanopus* (G43) et *circumflexium* (G47 et G57) montrent la plus faible longueur de l'épi de l'ordre de 4.4 cm (**Fig.9** et **Annexe 2-a**).

On remarque que les variétés étudiées présentent une différence significative ($F= 3.93^*$ à $\alpha =0.05$).

Le test de Newman et Keuls à 5% confirme ces résultats et montre que les variétés se répartissent en deux groupes distincts :

- Le premier groupe formé des variétés *alexandrinum*, *erythromelan* et *algeriense*, qui se distinguent par les valeurs les plus élevées.
- Le deuxième constitué des variétés *africanum*, *provinciale* et *obscurum*, qui se caractérisent par les plus faibles valeurs (**Annexe 5-a**).

- La surface foliaire

Les variétés *erythromelan* (G7), *fastuosum* (G29, G31 et G32) et *circumflexium* (G53) montrent les valeurs les plus importantes de 15.13 cm², 15.83 cm², 25.74 cm², 17.24 cm² et 15.67 cm² respectivement.

Les variétés *apulicum* (G3), *algeriense* (G12 et G15), *alexandrinum* (G20), *africanum* (G28) et *melanopus* (G39) enregistrent les valeurs les plus faibles de 8.2 cm², 7.05 cm², 7.9 cm², 7.04 cm², 7.43 cm² et 8.04 cm² respectivement (**Fig.10** et **Annexe2-a**).

L'analyse de la variance des dix variétés étudiées montre une différence hautement significative avec $F=3.46^{**}$ à $\alpha=0.01$.

Les résultats obtenus par le test de Newman et Keuls révèlent que les variétés *erythromelan*, *fastuosum* et *provinciale* se caractérisent par une surface foliaire élevée, contrairement aux variétés *melanopus*, *apulicum* et *algeriense* dont la surface foliaire est plus faible (**Annexe 5-a**).

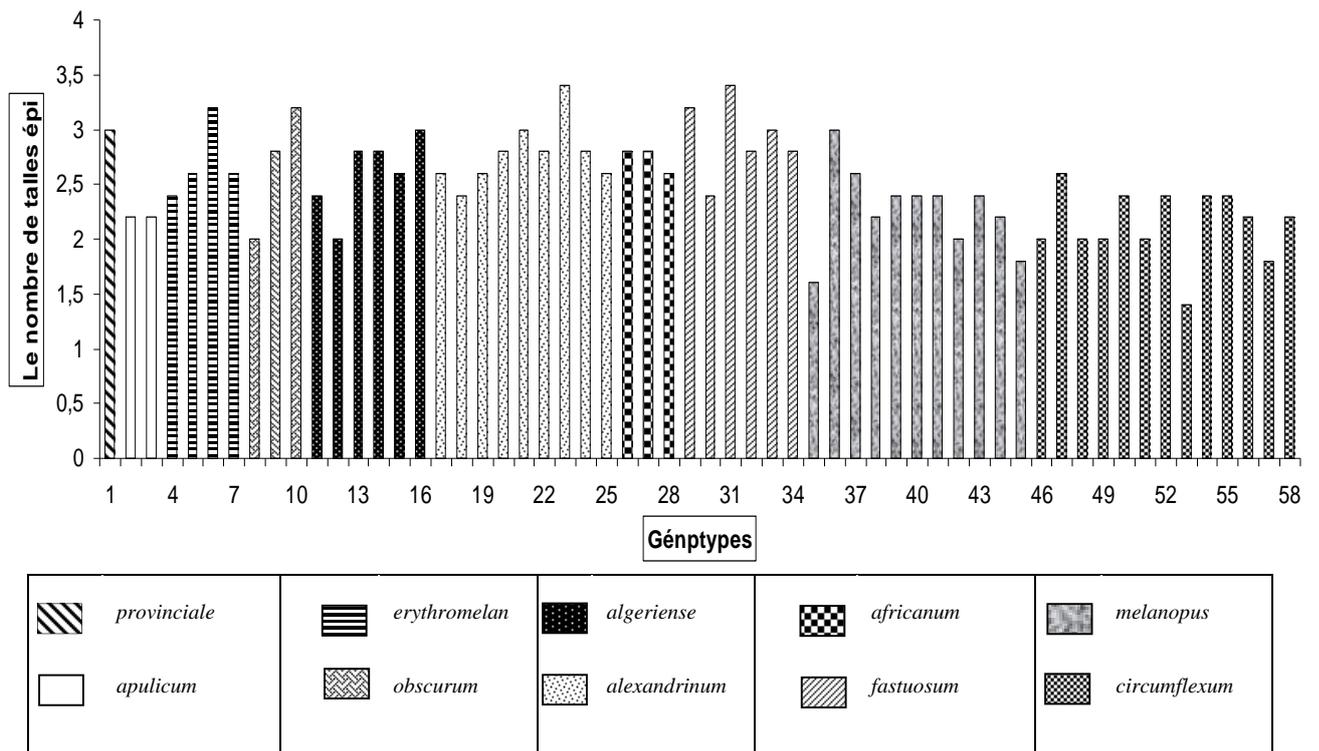


Figure 11 : Le nombre de talles épi des 58 géotypes des 10 variétés.

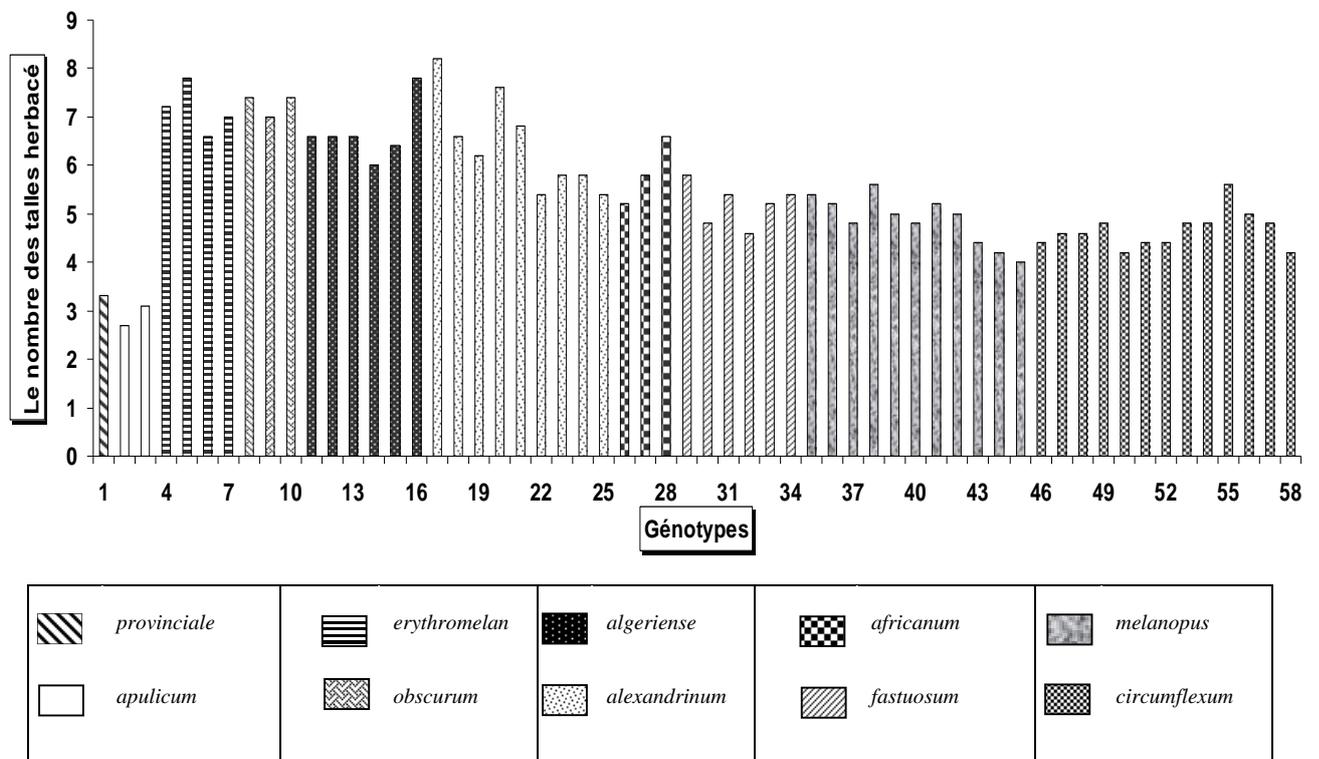


Figure 12 : Le nombre de talles herbacé des 58 géotypes des 10 variétés

- Tallage épi

Les variétés étudiées présentent entre 1.4 et 3.4 de talles épi. Chez les variétés *erythromelan* (G6), *obscurum* (G10), *alexandrinum* (G23) et *fastuosum* (G29 et G31) le nombre de talles épi est plus élevé, les valeurs sont de 3.2, 3.2, 3.4, 3.2 et 3.4 respectivement.

Les variétés *melanopus* (G35 et G45) et *circumflexum* (G53 et G57) possèdent des génotypes ayant un nombre de talles épi faible avec les valeurs allant de 1.4 à 1.8 (**Fig.11** et **Annexe 2-b-**).

L'analyse de la variance met en évidence une différence très hautement significative pour le tallage épi ($F= 4.62^{***}$ à $\alpha=0.001$).

Les comparaisons de moyennes réalisées par le test de Newman et Keuls au seuil de 5% révèlent deux groupes distincts. Dans le premier groupe les variétés *alexandrinum*, *africanum* et *provinciale*, se caractérisent par les moyennes importantes et dans le deuxième les variétés *circumflexum*, *melanopus* et *appulicum* avec des moyennes faibles (**Annexe 5-b-**).

- Tallage herbacé

La meilleure capacité de tallage herbacé s'observe chez les variétés *erythromelan* (G5), *algeriense* (G16) et *alexandrinum* (G17 et G20) avec des valeurs de 7.8, 7.8, 8.2 et 7.6 respectivement. Par contre les variétés *provinciale* (G1) et *apulicum* (G2 et G3) présentent un tallage herbacé plus faible, dont les valeurs sont de 3.33, 2.8 et 3.14 respectivement (**Fig. 12** et **Annexe 2-b-**).

De point de vue statistique, les variétés montrent une différence très hautement significative pour le tallage herbacé ($F= 26.91^{***}$ à $\alpha=0.001$).

D'après le test de Newman et Keuls les variétés *alexandrinum*, *erythromelan*, *obscurum* et *algeriense* se distinguent par un nombre de talles herbacé plus élevé, formant le premier groupe. Par contre les variétés *provinciale* et *appulicum* avec une moyenne faible, constituent le deuxième groupe (**Annexe 5-b-**).

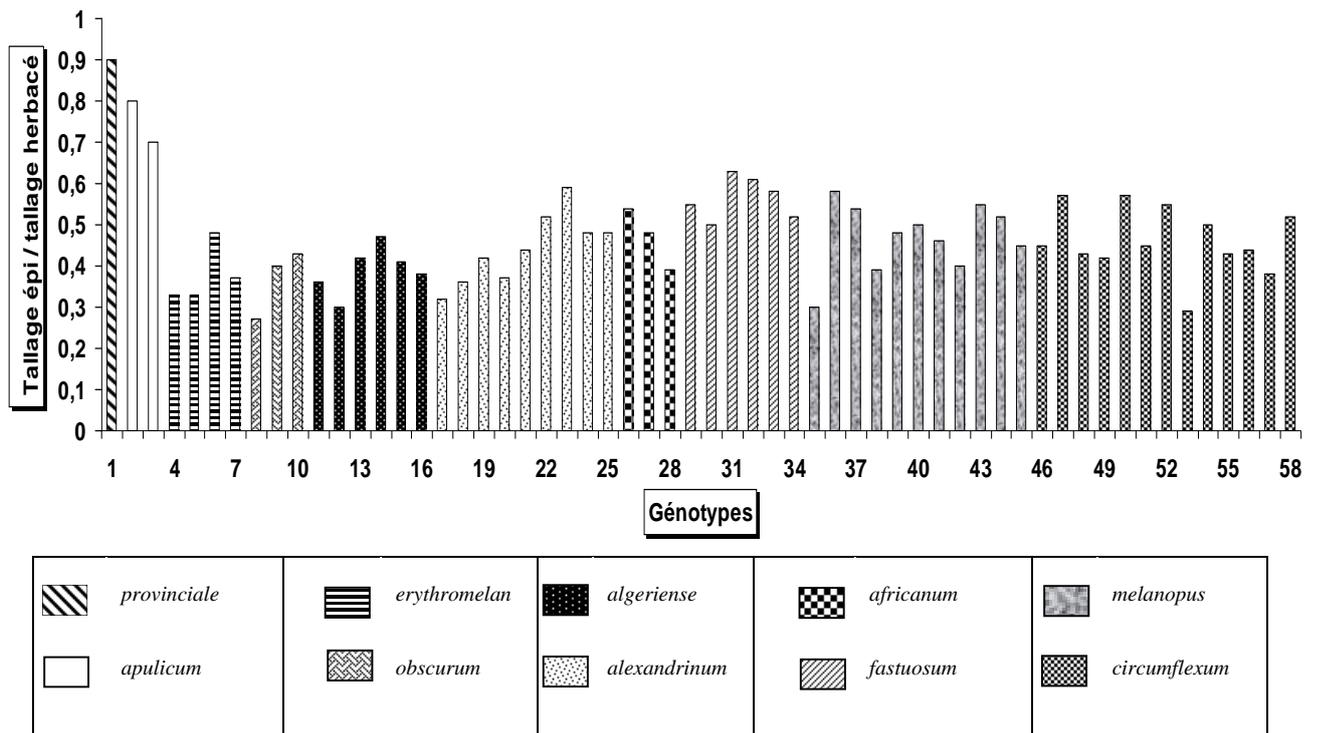


Figure 13 : Le rapport tallage épi / tallage herbacé des 58 génotypes des 10 variétés.

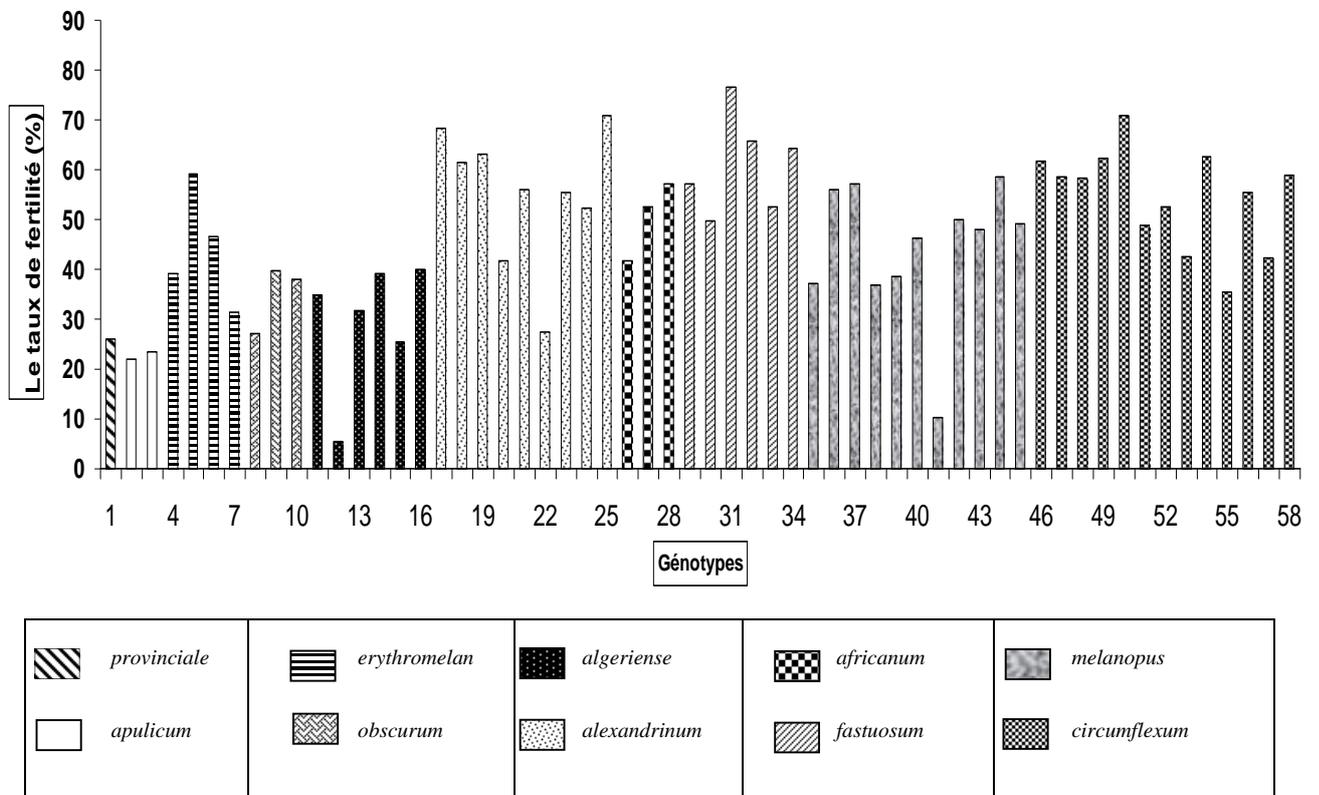


Figure 14 : Le taux de fertilité des 58 génotypes des 10 variétés.

- Le rapport tallage épi / tallage herbacé

Les variétés *provinciale* (G1), *apulicum* (G2 et G3) et *fastuosum* (G31, G32 et G33) apparaissent avec un rapport tallage épi / tallage herbacé largement supérieur (respectivement de 0.9, 0.8, 0.7, 0.63 et 0.6) à celui des variétés *erythromelan* (G4 et G5), *obscurum* (G8), *algériense* (G12), *alexandrinum* (G17) et *melanopus* (G35) qui présentent les valeurs les plus faibles de 0.33, 0.32, 0.28, 0.29, 0.32 et 0.31 respectivement (**Fig. 13**) (**Annexe 2-b-**).

L'analyse de la variance rapporte une différence très hautement significative de $F=33.75^{***}$ à $\alpha=0.001$ entre ces différents génotypes.

D'après le test de New man et Keuls, les variétés *provinciale* et *apulicum* constituent le groupe le plus performant, contrairement aux variétés *erythromelan*, *obscurum* et *algeriense* (**Annexe 5-b-**).

-Taux de fertilité

Le taux de fertilité des variétés étudiées se situe entre 5% et 76.63%. Les variétés *alexandrinum* (G17 et G25), *fastuosum* (G31) et *circumflexum* (G50) se distinguent par un taux de fertilité plus élevé de 68.21%, 70.99%, 76.63% et 70.94% respectivement. Quant aux variétés *provinciale* (G1), *apulicum* (G2 et G3), *algeriense* (G12 et G15) et *melanopus* (G41) les valeurs sont plus faibles de 26.03%, 22.1%, 23.45%, 5.49%, 25.33% et 10.30% respectivement (**Fig.14 et Annexe 2-b-**).

Par ailleurs l'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($F=5.41^{***}$ à $\alpha=0.001$) entre les génotypes étudiés.

Le test de New man et Keuls met en évidence l'existence de deux groupes, le groupe des variétés *alexandrinum*, *circumflexium* et *fastuosum* ayant une bonne capacité de fertilité et le groupe des variétés *algeriense*, *provinciale* et *apulicum* avec un taux de fertilité plus faible (**Annexe 5-b-**).

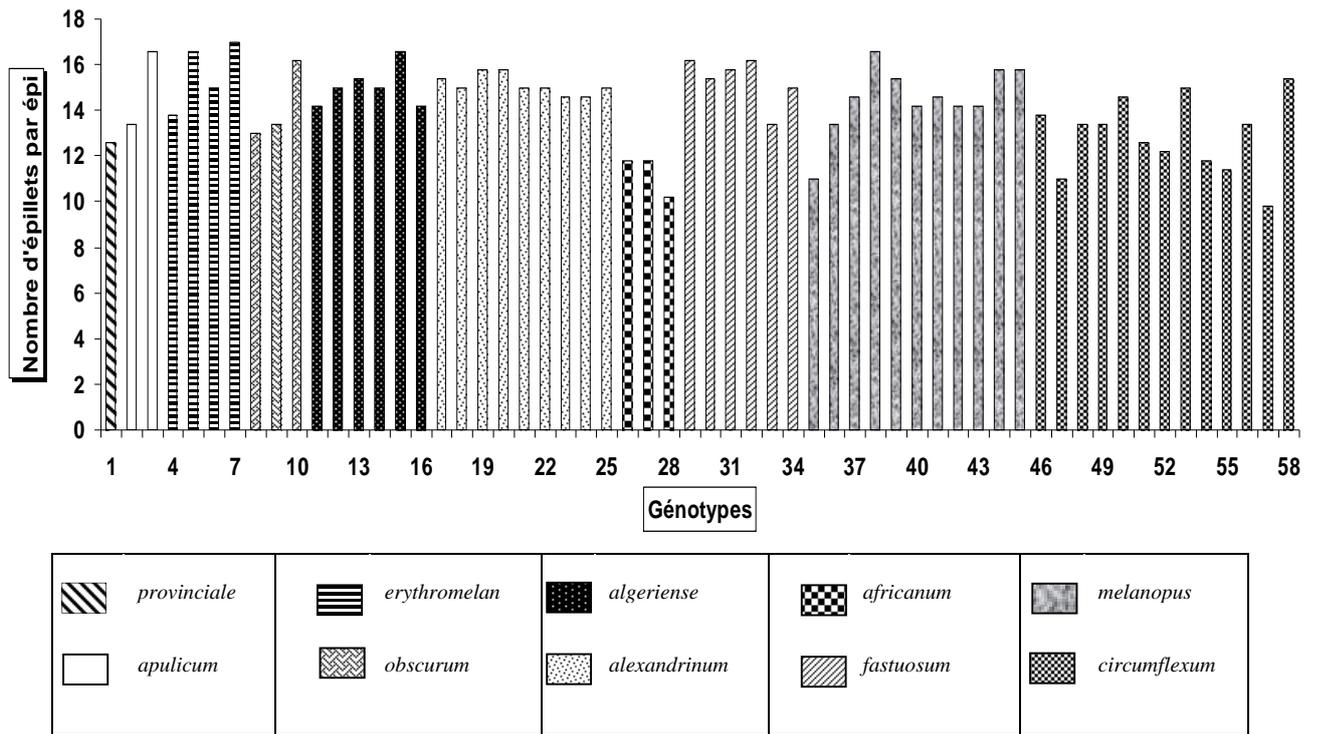


Figure 15 : Nombre d'épillets par épi des 58 génotypes des 10 variétés.

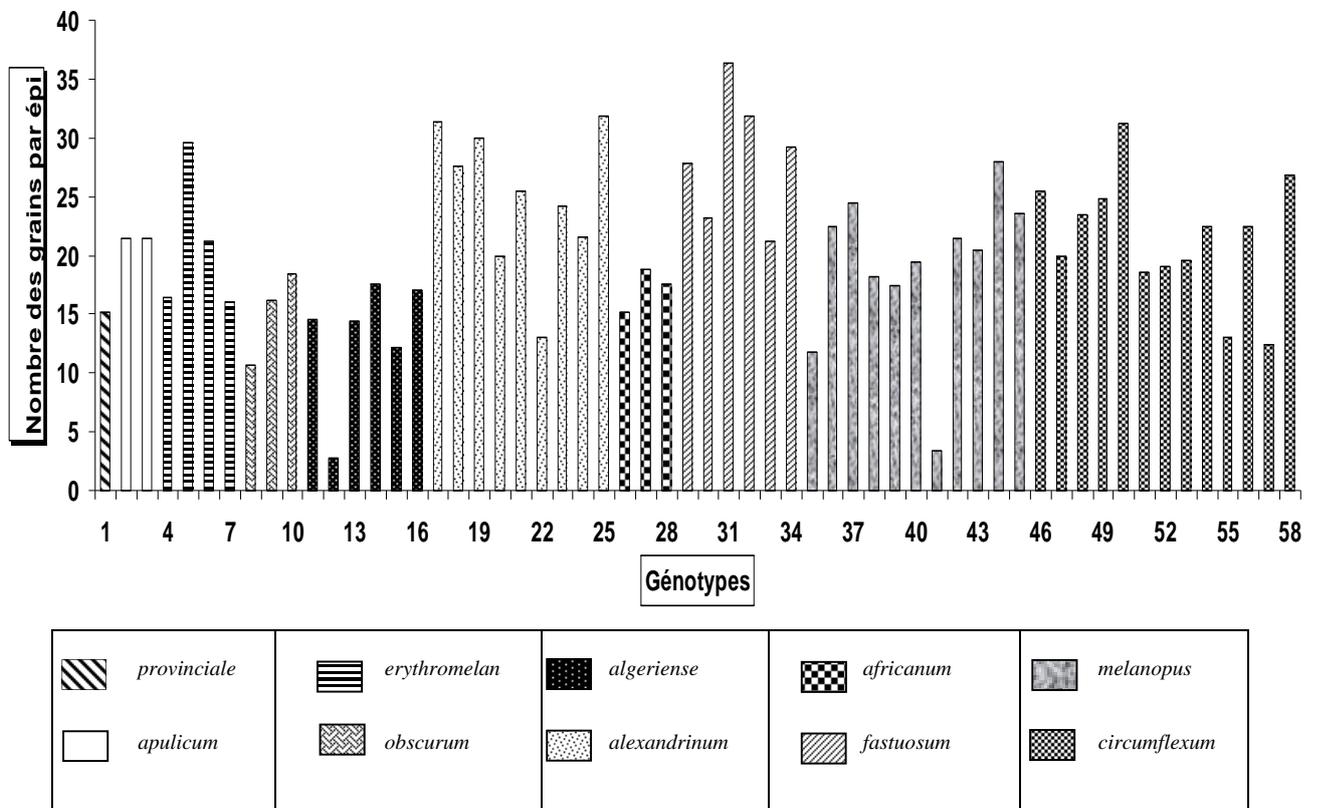


Figure 16 : Nombre des grains par épi des 58 génotypes des 10 variétés.

4- 3- 2- Les composantes du rendement

- Le nombre d'épillets par épi

Le nombre d'épillets par épi des dix variétés étudiées varie de 10 à 17 épillets par épi. Les variétés *apulicum* (G3), *erythromelan* (G5 et G7), *algeriense* (G15) et *melanopus* (G38) enregistrent le nombre le plus élevé de l'ordre de 17 épillets.

Les variétés *africanum* (G26, G27 et G28), *melanopus* (G35) et *circumflexum* (G47, G52, G54, G55 et G57) ont un faible nombre d'épillets par épi dont les valeurs sont proches, et se situent entre 10 et 12 (**Fig.15** et **Annexe 3**).

On remarque que les variétés étudiées présentent une différence très hautement significative pour ce paramètre avec $F= 26.91^{***}$ à $\alpha =0.001$.

Le test de New man et Keuls révèle que les variétés *alexandrinum*, *erythromelan* et *fastuosum* forment le groupe qui se caractérise par un nombre d'épillets par épi élevé, à l'opposé du groupe des variétés *provinciale* et *africanum* (**Annexe 6**).

- Le nombre de grains par épi

La valeur la plus élevée du nombre des grains par épi est de 36.4 observée chez la variété *fastuosum* (G31) et la plus réduite est de 2.8 chez la variété *algeriense* (G12). Les variétés *alexandrinum* (G17 et G25), *fastuosum* (G31 et G32) et la variété *circumflexum* (G50) montrent les valeurs les plus élevées de 31.4, 31.8, 36.4, 31.8 et 31.2 respectivement.

Tandis que, les variétés *obscurum* (G8), *algeriense* (G12 et G15), *alexandrinum* (G22), *melanopus* (G35 et G41) et la variété *circumflexum* (G55 et G57) présentent les plus faibles valeurs de 10.6, 2.8, 12.2, 13, 11.8, 3.4, 13 et 12.4 respectivement (**Fig.16** et **Annexe 3**).

L'analyse de la variance de ces génotypes montre une différence hautement significative ($F=3.65^{**}$ à $\alpha=0.01$).

Par ailleurs le test de New man et Keuls confirme que les variétés *alexandrinum*, *circumflexum* et *fastuosum* constituent le groupe le plus performant. Contrairement aux variétés *provinciale*, *obscurum* et *algeriense* qui forment le groupe le moins performant (**Annexe 6**).

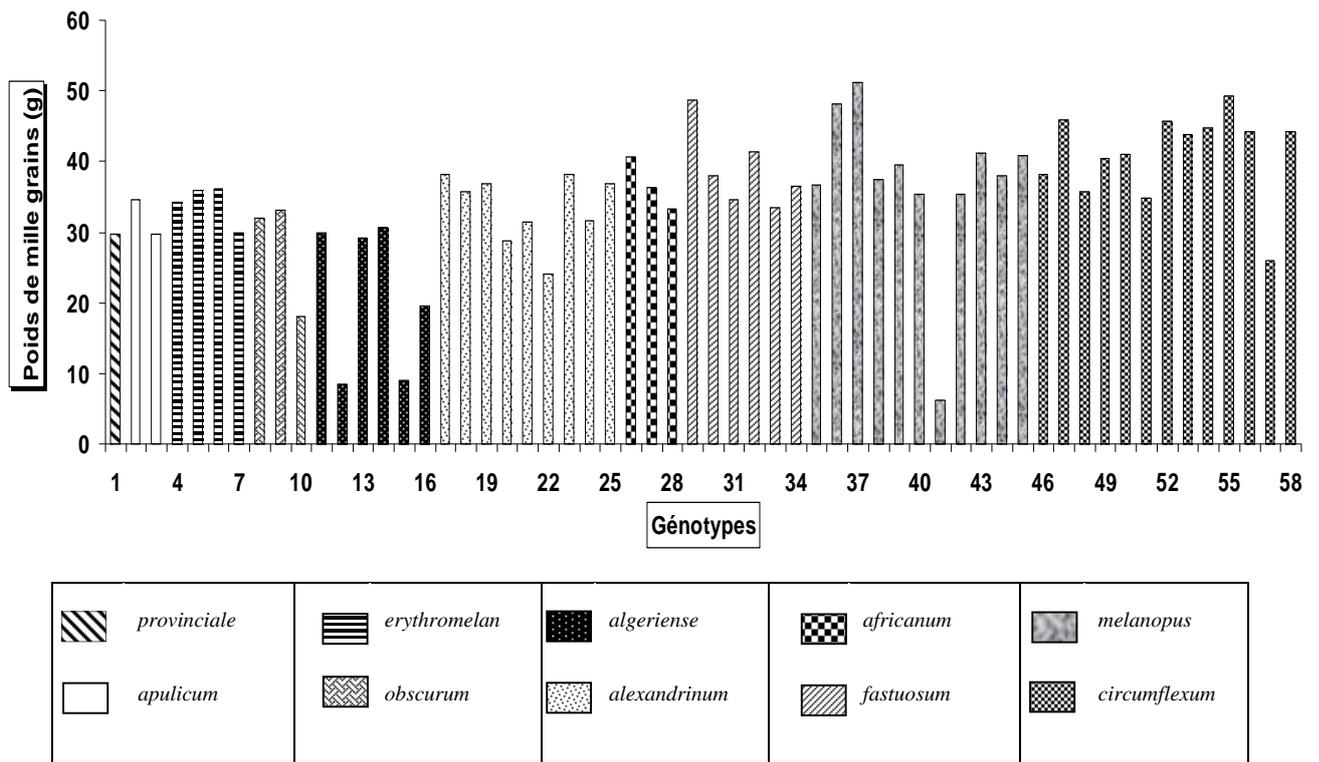


Figure 17 : Poids de mille grains des 58 génotypes des 10 variétés.

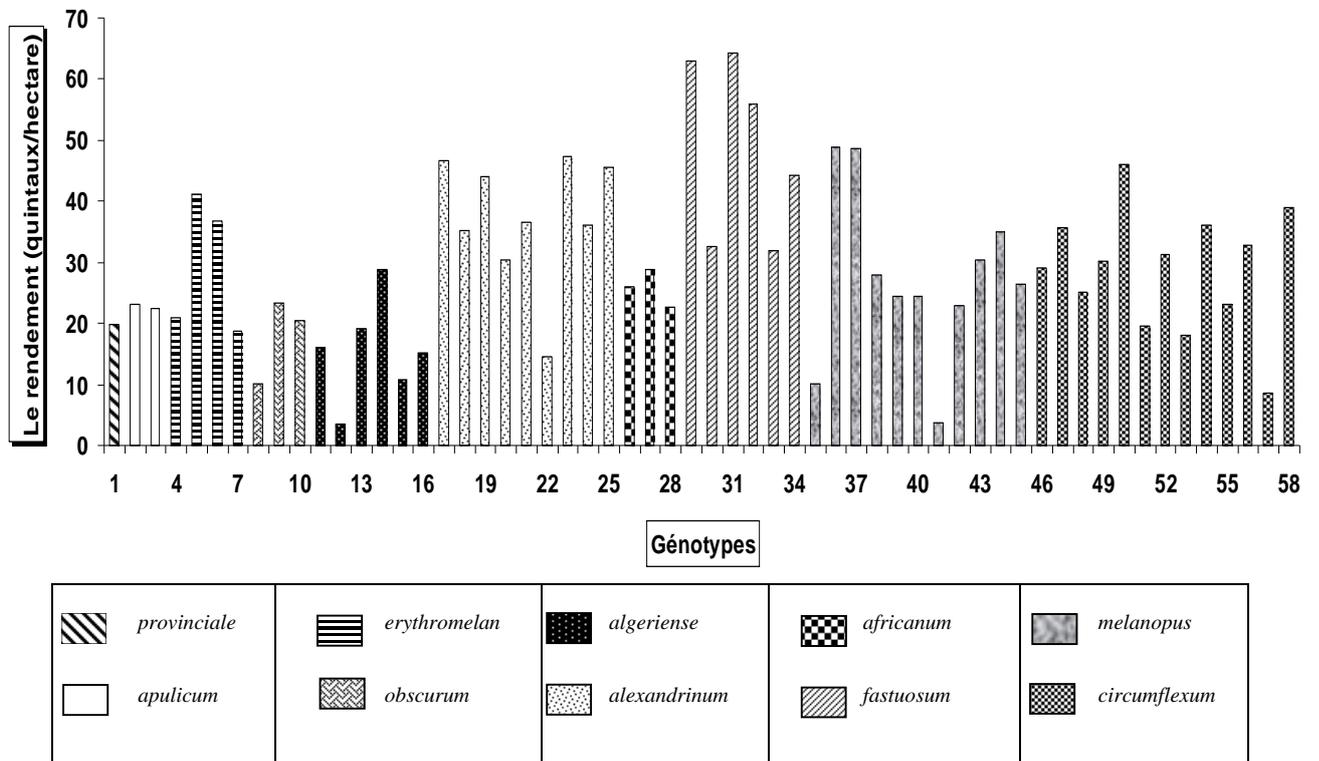


Figure 18: Le rendement des 58 génotypes des 10 variétés.

- Le poids de mille grains

La moyenne du poids de mille grains la plus importante est de l'ordre de 51.09 g mesurée chez la variété *melanopus* (G37) et la plus petite est de 6.23 g chez le génotype (G41) de la variété *melanopus*. Les variétés *fastuosum* (G29), *melanopus* (G36, G37) et *circumflexium* (G55) représentent les génotypes les plus performants avec les valeurs les plus fortes de 48.7 g, 48.2 g, 51.1g et 49.4 g respectivement. Alors que les variétés *algeriense* (G12 et G15) et *melanopus* (G41) constituent les génotypes ayant les poids de mille grains les plus réduits, dont les valeurs sont respectivement de 8.43 g, 9.05 g et 6.24 g (**Fig. 17 et Annexe 6**).

Ces génotypes montrent une différence hautement significative pour le poids de mille grains ($F= 3.75^{**}$ à $\alpha =0.01$). De plus le test de New man et Keuls révèle que les variétés *circumflexium*, *fastuosum* et *melanopus* se distinguent par une moyenne du poids de mille grains élevée. Contrairement aux variétés *provinciale*, *algeriense* et *obscurum* (**Annexe 6**).

- Le rendement en grain

Les génotypes appartenant aux variété *alexandrinum* (G17 et G25), *fastuosum* (G29, G31 et G32), *melanopus* (G36 et G37) et *circumflexum* (G50) enregistrent des valeurs élevées de rendement en grain de 46.57, 45.55, 62.98, 24.26, 55.86, 48.78, 48.75 et 46.01 respectivement.

Les valeurs les moins importantes de rendement en grain sont de 10.2, 3.54, 10.76, 10.18, 3.81 et 8.69 respectivement et sont observées chez les génotypes appartenant aux variétés *obscurum* (G8), *algériense* (G12 et G15), *melanopus* (G35 et G41) et la variété *circumflexum* (G57) (**Fig.18 et Annexe 6**).

La différence est hautement significative pour le poids de mille grains ($F= 0.43^{**}$ à $\alpha=0.01$) entre ces génotypes.

Selon le test de New man et Keuls, comme pour le paramètre précédent, ce sont encore les variétés *circumflexium*, *fastuosum* et *melanopus* qui forment le groupe le plus performant, alors que les variétés *provinciale*, *algeriense* et *obscurum*, le groupe le moins performant (**Annexe 6**).

4- 3- Paramètre physiologique : Teneur relative en eau

La teneur relative en eau des génotypes appartenant aux variétés *apulicum* (G2), *erythromelan* (G4) et *africanum* (G28) sont respectivement de 90%, 87% et 87.5% et représentent les valeurs les plus élevées comparativement à celles des génotypes des variétés *melanopus* (G39 et G43) et *circumflexum* (G50 et G54) qui possèdent les valeurs les plus faibles de 40%, 46.15%, 46.15% et 41.17% respectivement (Fig.19).

L'analyse de la variance révèle que les variétés étudiées présentent une différence très hautement significative ($F= 8,74^{**}$ à $\alpha =0.01$).

La comparaison des moyennes par le test de New man et Keuls montre que les variétés *apulicum*, *erythromelan* et *africanum* se distinguent par une moyenne élevée, formant le groupe le plus performant. Par contre les variétés *circumflexum* et *melanopus* constituent le groupe qui se caractérise par une moyenne faible (Annexe 1).

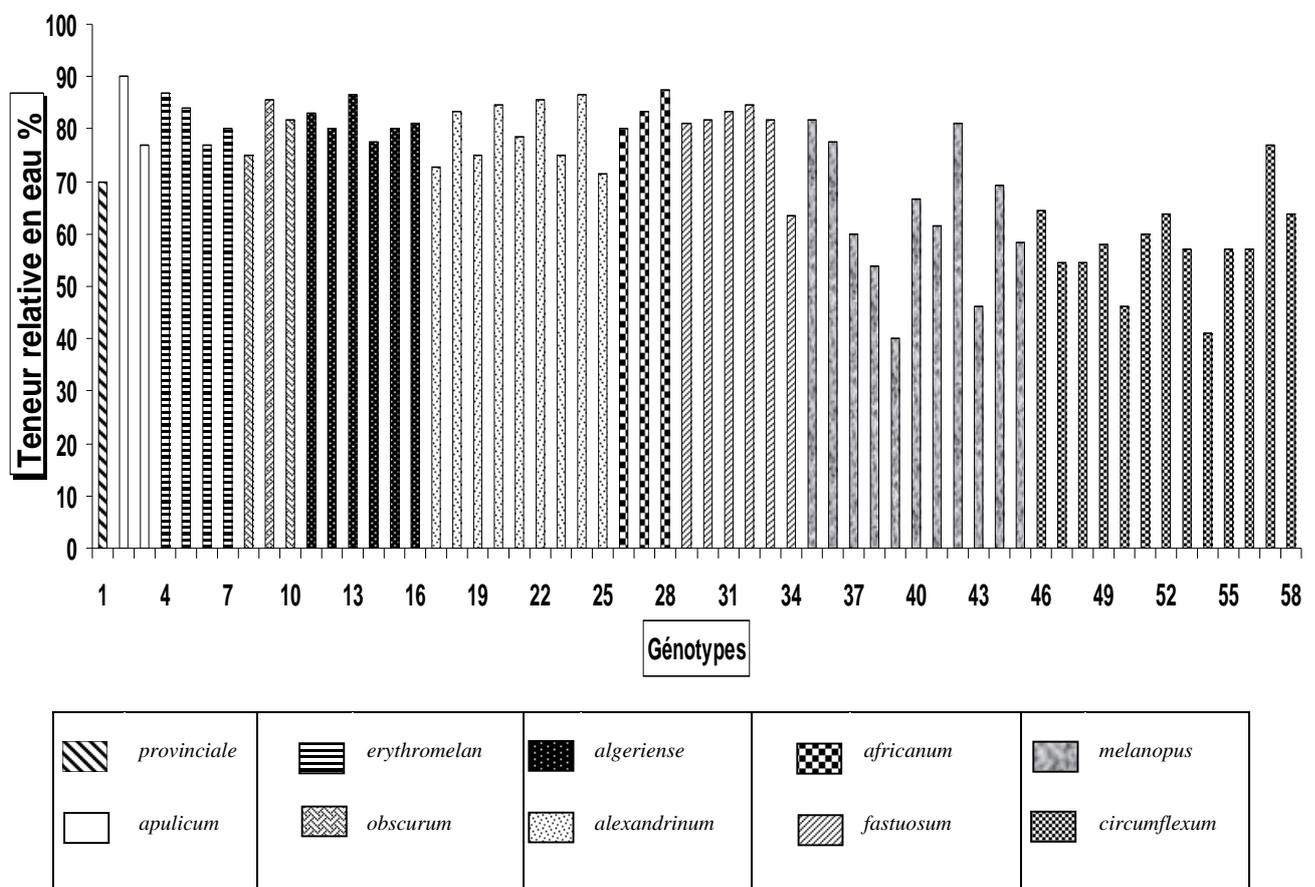


Figure 19: La teneur relative en eau des 58 génotypes des 10 variétés.

Tableau 12: Les F calculé des différents caractères des variétés de blé dur

Caractère	F calculé	P (probabilité)
DE	217,33***	$P \leq 0.001$
HP	64,12***	$P \leq 0.001$
LB	3,41**	$P \leq 0.01$
LE	3,93 *	$P \leq 0.05$
SF	3,46**	$P \leq 0.01$
TE	4,62 ***	$P \leq 0.001$
TH	26,91 ***	$P \leq 0.001$
TE/TH	33,75 ***	$P \leq 0.001$
TF%	5,41***	$P \leq 0.001$
NE/E	5,01***	$P \leq 0.001$
NG/E	3,65**	$P \leq 0.01$
PMG/E	3,75**	$P \leq 0.01$
RDT	0,43**	$P \leq 0.01$
TRE%	8,74***	$P \leq 0.001$

* : Significative, ** : Hautement significative, *** : Très hautement significative

Conclusion

Les résultats obtenus par l'analyse de la variance et le test de New man et Keuls des dix variétés montrent des différences significatives. Ces résultats indiquent une présence de variabilité assez importante pouvant justifier l'analyse génétique pour la sélection.

Les paramètres phéno-morphologiques et agronomiques étudiés chez les dix variétés, soumises aux mêmes conditions environnementales, ont permis de relever une variabilité génotypique importante entre elles à savoir:

- Les génotypes appartenant aux variétés *melanopus*, *fastuosum* et *circumflexium* sont les génotypes les plus tardifs. Elles constituent le groupe qui se caractérise par la hauteur de la plante, la longueur des barbes, le taux de fertilité, le nombre de grains par épi, le poids de mille grains et le rendement les plus intéressants. Contrairement aux génotypes précoces des variétés *africanum*, *algeriense* et *obscurum*, qui distinguent par une longueur de l'épi, un nombre de grains par épi, un poids de mille grains et un rendement moins élevés.

- Les variétés *erythromelan*, *apulicum* et *africanum*, montrant une teneur relative en eau élevée, alors que les génotypes des variétés *circumflexum* et *melanopus*, ont des teneurs relatives en eaux faibles.

Tableau 14: Matrice des coefficients de corrélations des différentes variables analysées.

	RDT	PMG	NGE	NEE	TH	TE	TEH	LE	LB	TF	HP	DE	SF
RDT	1.000												
PMG	0.502	1.000											
NGE	0.879	0.289	1.000										
NEE	0.280	-0.084	0.337	1.000									
TH	-0.048	-0.259	-0.119	0.189	1.000								
TE	0.485	-0.165	0.237	0.225	0.329	1.000							
TEH	0.185	-0.026	0.157	-0.027	-0.732	0.254	1.000						
LE	0.247	0.093	0.195	0.613	0.280	0.190	-0.164	1.000					
LB	0.282	0.348	0.324	0.013	-0.142	-0.088	-0.008	0.257	1.000				
TF	0.821	0.343	0.928	-0.026	-0.203	0.168	0.177	-0.021	0.360	1.000			
HP	0.291	0.526	0.266	-0.028	-0.283	-0.286	-0.181	0.084	0.347	0.299	1.000		
DE	0.278	0.458	0.303	-0.013	-0.542	-0.301	0.187	0.071	0.255	0.319	0.778	1.000	
SF	0.428	0.146	0.339	0.117	0.224	0.263	-0.256	0.037	-0.010	0.299	0.253	-0.042	1.000

4- 4- Analyse de la variabilité

Une analyse en composantes principales est effectuée sur une matrice de données d'une population de 58 génotypes appartenant aux 10 variétés différentes: *provinciale*, *apulicum*, *erythromelan*, *obscurum*, *algeriense*, *alexandrinum*, *africanum*, *fastuosum*, *melanopus* et *circumflexum* en fonction des 13 variables considérées dans l'étude.

L'information fournie par les axes 1, 2 et 3 est de 30,7%, 20,0% et 14,2% respectivement, soit un total de **64.9% (Tab. 13)**.

Tableau 13: Contribution à la variation totale des principaux axes

Axes	1	2	3
Inertie	30,7%	20,0%	14,2%

4- 4-1- Matrice de corrélation des variables

L'analyse des corrélations entre les paramètres mesurés montre qu'il y a des liaisons positives et négatives entre ces paramètres variant d'une faible à une forte corrélation (**Tab.14**). Ainsi il apparaît que :

- Le rendement (RDT) est fortement et positivement corrélé aux variables nombre des grains par épi (NGE) avec $r=0.879$ et taux de fertilité (TF) avec $r=0.821$; et moyennement et positivement aux poids de mille grains (PMG) avec $r=0.502$, tallage épi (TE) avec $r=0.484$, et surface foliaire (SF) avec $r=0.428$.

- Le poids de mille grains (PMG) est moyennement et positivement corrélé aux variables hauteur de la plante (HP) ($r=0,526$) et date d'épiaison (E) ($r=0,458$) ; et faiblement et positivement aux variables longueur des barbes (LB) ($r=0,348$) et taux de fertilité (TF) ($r=0,343$).

- Le nombre de grains par épi (NGE) est fortement et positivement corrélé au taux de fertilité (TF) ($r=0,928$), et faiblement et positivement aux variables nombre d'épillet par épi (NEE) ($r=0,337$), longueur des barbes (LB) ($r=0,324$) et surface foliaire (SF) ($r=0,339$).

- Le nombre d'épillet par épi (NEE) est fortement et positivement corrélé à la longueur de l'épi (LE) avec un coefficient de corrélation égal à 0.613.

- La hauteur de la plante (HP) est fortement et positivement corrélé à la date d'épiaison (E) avec $r=0,778$.

4- 4-2- Etude des variables

D'après la **figure 20**, **l'axe 1** expliquant **30,7%** de l'information, est formé principalement par le rendement (RDT), le poids de mille grains (PMG), le nombre des grains par épi (NGE), le taux de fertilité (TF), la longueur des barbes (LB), la hauteur de la plante (HP) et la date d'épiaison (E) du coté négatif.

Cette analyse montre que toutes ces variables sont impliquées dans l'élaboration du rendement, donc **l'axe 1** pourrait être défini comme un axe de rendement.

Les variables : tallage épi (TE), nombre d'épillets par épi (NEE), tallage herbacé (TH), longueur de l'épi (LE) et surface foliaire (SF) déterminent **l'axe 2** du coté positif qui exprime **20,0%** de l'information totale. Cet axe peut être qualifié d'axe morphologique.

Quant à **l'axe 3**, avec un taux d'information de **14,7%**, est formé seulement par le rapport talle épi /talle herbacé (TEH) du coté positif (**Fig. 21**).

4- 4- 3- Etude des individus

La représentation graphique des génotypes dans le plan **1-2** (**Fig. 22**) permet de distinguer que:

Les variétés *alexandrinum* (G19, G25), *fastuosum* (G29, G30, G31, G32 et G34), *melanopus* (G36, G37, G38 et G44) et *circumflexium* (G49, G50 et G58) se situent du coté négatif de l'axe 1 et se distinguent par un rendement (RDT), un nombre des grains par épi (NGE), un poids de mille grains (PMG), une hauteur de la plante (HP), une longueur des barbes (LB), une date d'épiaison (DE) et un taux de fertilité (TF) importants. A l'opposé, soit du coté positif de l'axe 1, se trouvent les variétés *erythromelan* (G4), *obscurum* (G8, G9, G10), *algeriense* (G11 et G12, G13, G15, G16), *africanum* (G26, G28) et *melanopus* (G41) qui sont moins performants pour les variables précédentes.

Du coté positif de l'axe 2, les variétés *erythromelan* (G5, G6 et G7), *algeriense* (G14) et *alexandrinum* (G17, G18, G20, G21, G23 et G24), se caractérisent par un tallage épi (TE), un nombre d'épillets par épi (NEE), un tallage herbacé (TH), une longueur de l'épi (LE) et une surface foliaire (SF) très élevées. Du coté négatif de cet même axe, les variétés *provinciale* (G1), *apulicum* (G2 et G3), *melanopus* (G35, G39, G40, G42, G43 et G45) et *circumflexum* (G47, G51, G53, G54, G55, G56 et 57), possèdent un tallage épi (TE), un nombre d'épillets par épi (NEE), un tallage herbacé (TH), une longueur de l'épi (LE) et une surface foliaire (SF) moins élevées.

Dans le plan 1- 3 (Fig. 23), la disparssion des individus montre que :

Les génotypes appartenant aux variétés *provinciale* (G1), *apulicum* (G2 et G3), *erythromelan* (G6), *alexandrinum* (G21, G23), *africanum* (G27), *fastuosum* (G33), se situent dans la partie positive de l'axe 3. Celui-ci se caractérise par un fort rapport tallage épi / tallage herbacé (TE/TH). Alors que les variétés *erythromelan* (G7), *alexandrinum* (G20), *melanopus* (G38, G39, G40, G42), *circumflexum* (G 51, G53, G55) se trouvent du coté négatif de cet axe montrent un rapport tallage épi / tallage herbacé (TE/TH) faible.

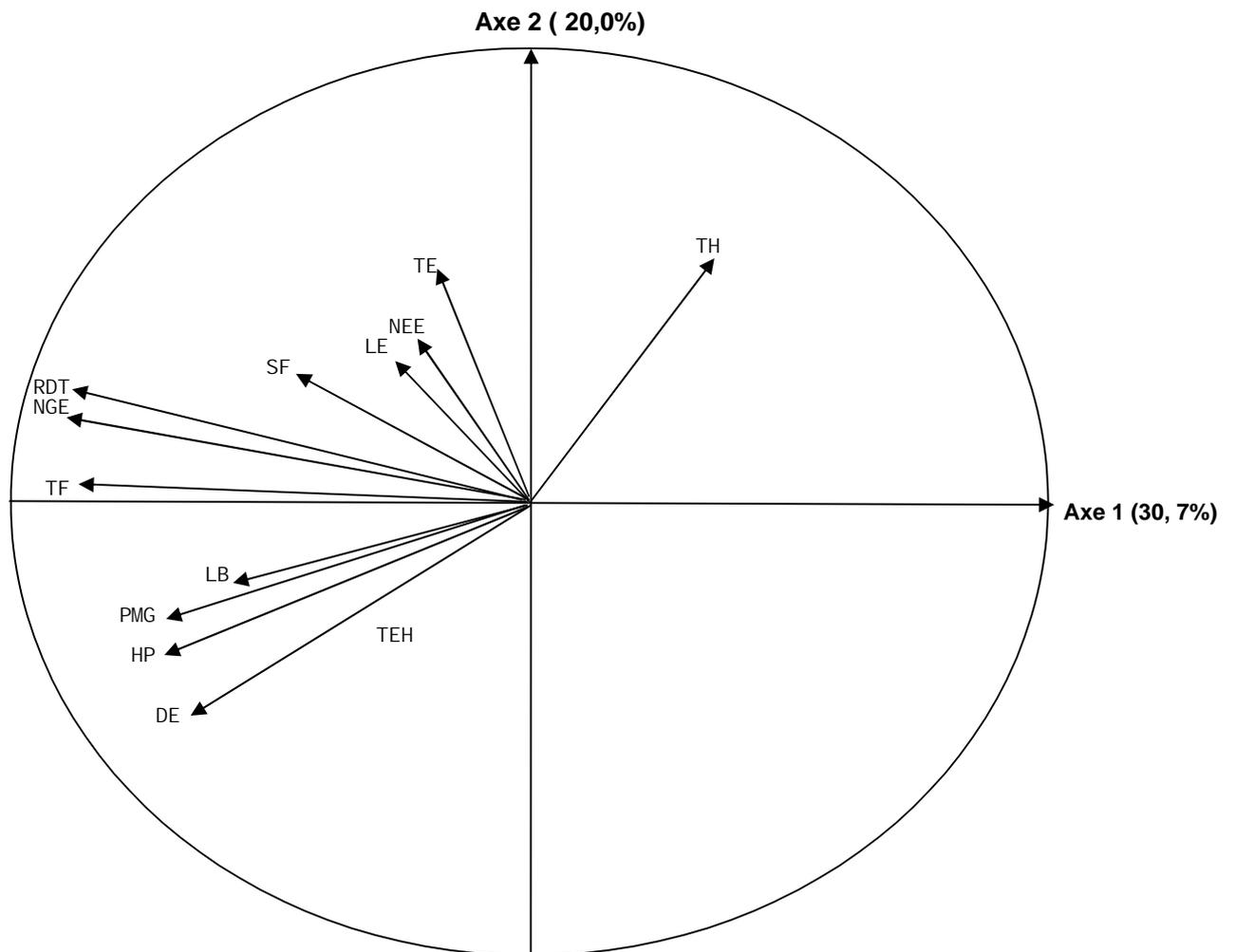


Figure 20: Cercle de corrélation des variables de l'ACP formé par les axes 1 et 2 (Plan 1-2) sur les dix variétés (58 individus).

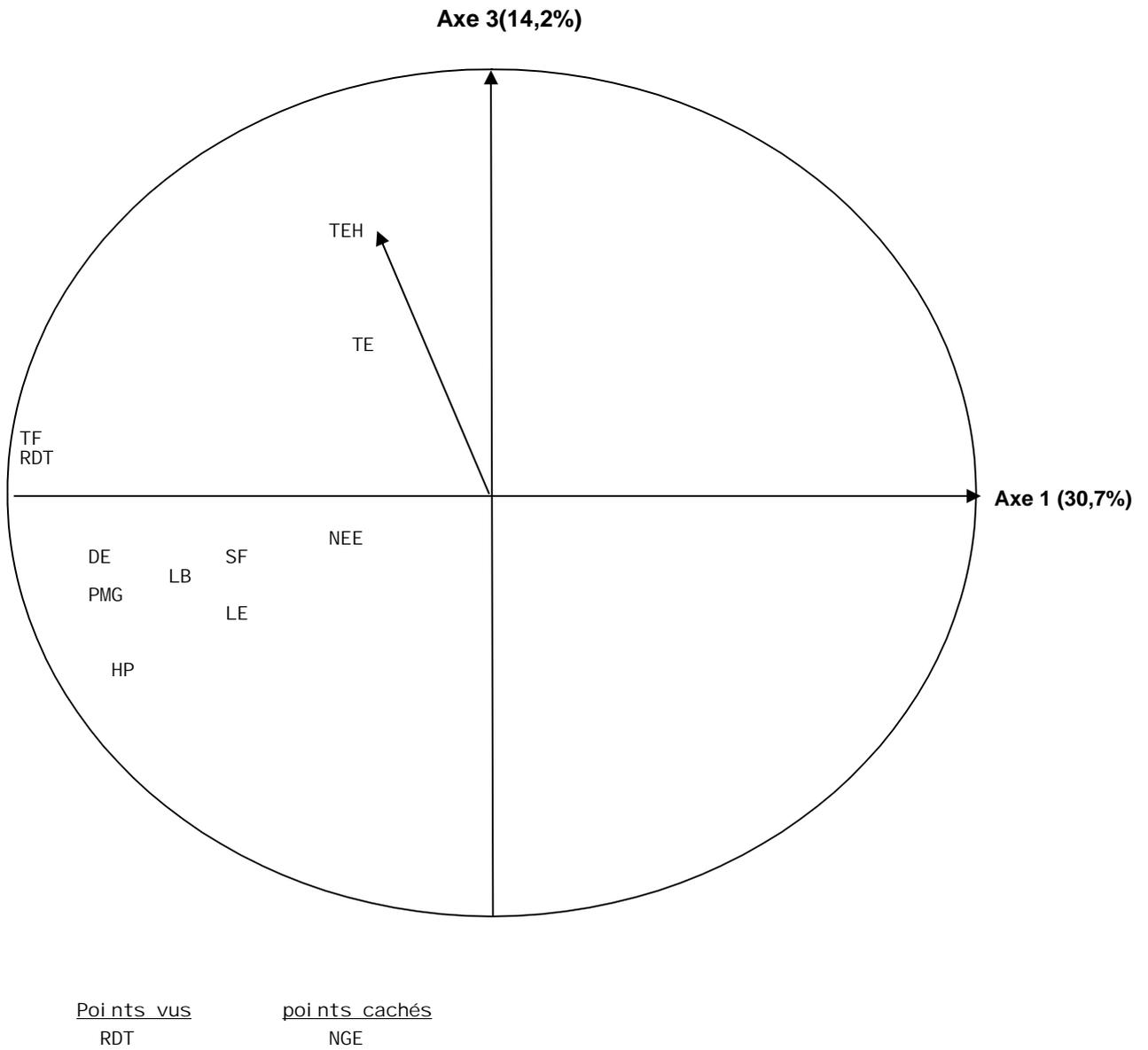
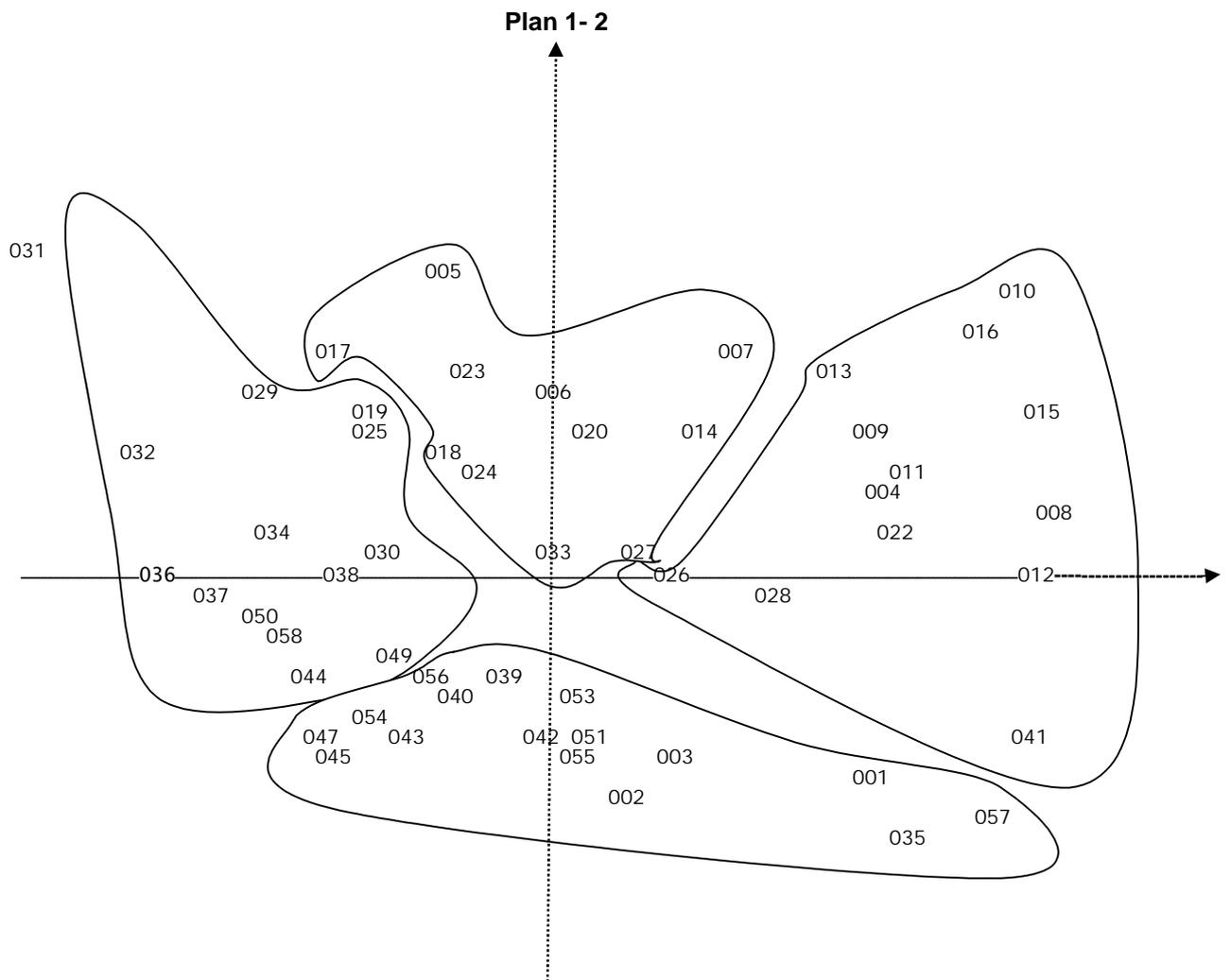
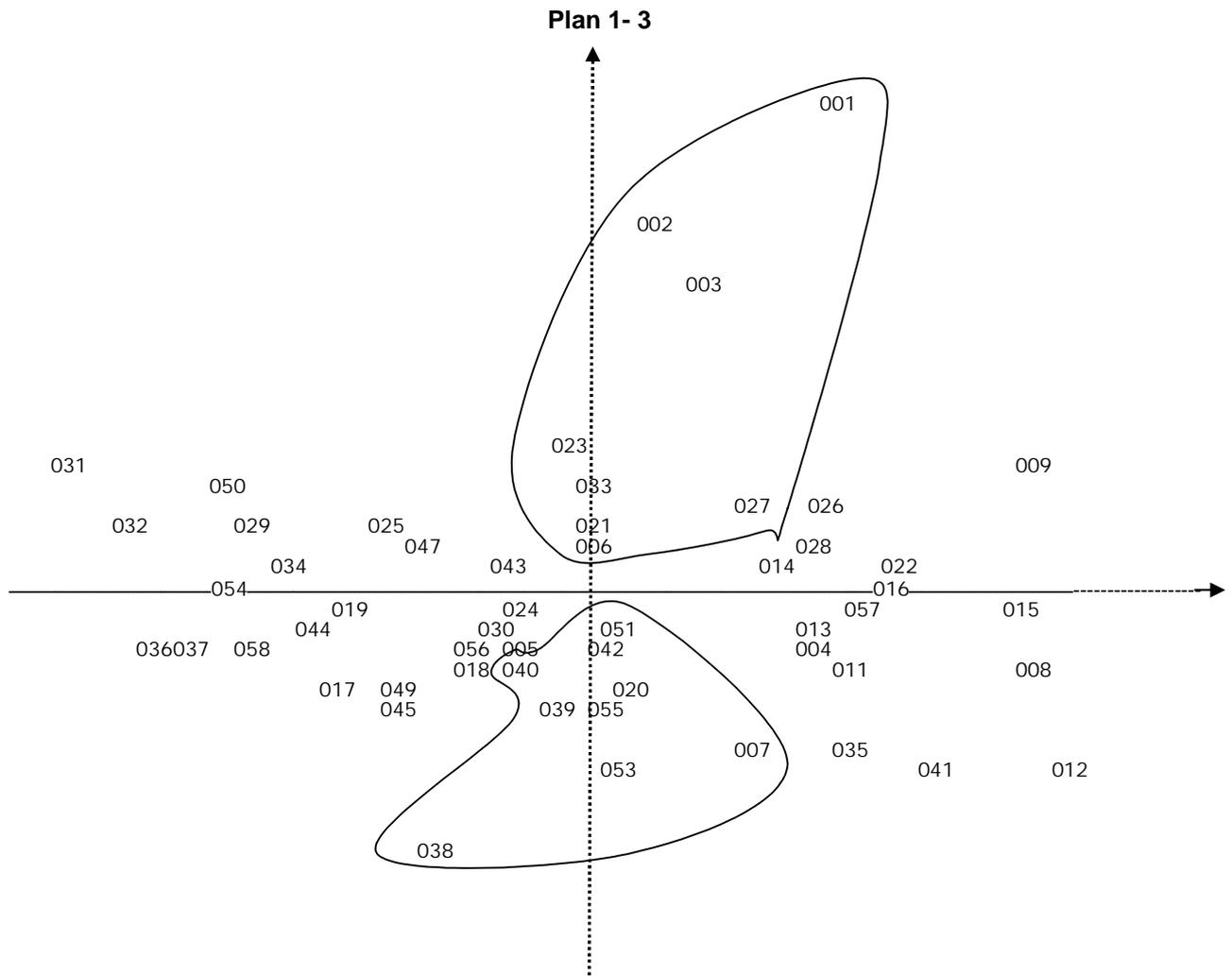


Figure 21 : Cercle de corrélation des variables de l'ACP formé par les axes 1 et 3 (Plan 1-3) sur les dix variétés (58 individus).



<u>Poi nts vus</u>	<u>Poi nts cachés</u>
006	021
040	046
040	048
040	052

Figure 22 : Représentation graphique des polygones de dispersion des groupes (10 variétés) sur le Plan 1-2 dans une ACP.



<u>Points vus</u>	<u>Points cachés</u>
009	010
024	046
040	048
043	052

Figure 23 : Représentation graphique des polygones de dispersion des groupes (10 variétés) sur le Plan 1-3 dans une ACP.

4- 4- 4- Interprétation de la hiérarchie (classification automatique)

La classification automatique révèle dix classes dont les individus se répartissent différemment (**Tab. 15**) en fonction des variables les plus significatives. On distingue quatre classes performantes:

- La classe trois formée par les variétés *erythromelan* (G5) et *alexandrinum* (G17, G18, G19, G21 G23, G25) qui se caractérisent par un taux de fertilité très important et un rendement moyennement élevé.

- La classe six constituée par les géotypes appartenant aux variétés *fastuosum* (G29, G32, G34), *melanopus* (G36, G37) et *circumflexum* (G50), se distingue par un rendement très élevé, mais un taux de fertilité et une hauteur de la plante moyennement élevés.

- La classe sept contient 20 individus des variétés *fastuosum* (G30 et G33), *melanopus* (G38, G39, G40, G42, G43, G44 et G45) et *circumflexum* (G47, G48, G49, G51, G52, G53, G54, G55, G56, G58) qui montrent une hauteur de la plante très importante, tandis qu'un poids de mille grains bas.

- la classe huit comprend une seule variété *fastuosum* (G31) avec un fort rendement et un taux de fertilité moyennement élevé.

Tableau 15 : Classification automatique (interprétation de la hiérarchie).

N ^o de Classe	Nombre des individus	Les individus
1	5	1 2 3 9 10
2	8	4 7 8 11 13 15 16 22
3	7	5 17 18 19 21 23 25
4	7	6 14 20 24 26 27 28
5	1	12
6	6	29 32 34 36 37 50
7	20	30 33 38 39 40 42 43 44 45 46 47 48 49 51 52 53 54 55 56 58
8	1	31
9	2	35 57
10	1	41

Conclusion

Les résultats obtenus à partir des analyses multivariées ont mis en évidence une variabilité importante à l'intérieur de cette accession de 58 génotypes appartenant aux 10 variétés. Parmi ces variétés, certaines semblent plus vigoureuses pour les paramètres phénologiques, morpho-physiologiques et les composantes du rendement. En effet, les 58 génotypes étudiés ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis des conditions climatiques de l'année 2007/ 2008 qui étaient moyennement favorables à l'agriculture (précipitations insuffisantes, gel,...). Ainsi les variétés se répartissent en six groupes comme suit :

- Le premier groupe situé du côté négatif de l'axe 1, comprend les génotypes appartenant aux variétés *alexandrinum* (G19, G25), *fastuosum* (G29, G30, G31, G32 et G34), *melanopus* (G36, G37, G38 et G44) et *circumflexum* (G49, G50 et G58). Pour tous ces cultivars le rendement, le nombre des grains par épi, le poids de mille grains, la hauteur de la plante, la longueur des barbes, la date d'épiaison et le taux de fertilité sont importantes.

- Le deuxième groupe situé du côté positif de l'axe 1, comprend les génotypes appartenant aux variétés *erythromelan* (G4), *obscurum* (G8, G9, G10), *algeriense* (G11 et G12, G13, G15, G16), *africanum* (G26, G28) et *melanopus* (G41). Pour tous ces cultivars le rendement, le nombre des grains par épi, le poids de mille grains, la hauteur de la plante, la longueur des barbes, la date d'épiaison et le taux de fertilité sont faibles.

- Le troisième groupe du côté positif de l'axe 2, formé par des variétés *erythromelan* (G5, G6 et G7), *algeriense* (G14) et *alexandrinum* (G17, G18, G20, G21, G23 et G24), se distinguent par un tallage épi, un nombre d'épillets par épi, un tallage herbacé, une longueur de l'épi et une surface foliaire, sont très élevées.

- Le quatrième groupe du côté négatif de l'axe 2, formé par des variétés *provinciale* (G1), *apulicum* (G2 et G3), *melanopus* (G35, G39, G40, G42, G43 et G45) et *circumflexum* (G47, G51, G53, G54, G55, G56 et 57), montrent un tallage épi, un nombre d'épillets par épi, un tallage herbacé, une longueur de l'épi et une surface foliaire moins élevées.

- Le cinquième représenté par les génotypes appartenant aux variétés *provinciale* (G1), *apulicum* (G2 et G3), *erythromelan* (G6), *alexandrinum* (G21, G23), *africanum* (G27), *fastuosum* (G33), forment un seul groupe situé dans la partie positive de l'axe 3. Celui-ci se caractérise par un fort rapport tallage épi / tallage herbacé.

- Le sixième situé du côté négatif de l'axe 3, constitué principalement par les variétés *erythromelan* (G7), *alexandrinum* (G20), *melanopus* (G38, G39, G40, G42), *circumflexum* (G 51, G53, G55). Ce groupe montre le rapport tallage épi / tallage herbacé le moins important.

4- 5 - Analyse des marqueurs moléculaires

- Pureté de l'ADN extrait

La qualité de l'ADN a été vérifiée par le rapport DO_{260} / DO_{280} , sa valeur oscille entre 1.92 et 1.95 ce qui montre que le degré de pureté est élevé.

Cette partie de notre travail a été réalisée dans le but de mettre en évidence un polymorphisme moléculaire dans un échantillon de 10 génotypes sélectionnés parmi 58 génotypes de blé dur par l'utilisation des marqueurs PCR / RAPD et PCR / ISSR.

4- 5 -1- L'analyse RAPD

Les marqueurs RAPD sont dispersés dans les régions non codantes du génome et sont plus susceptibles de muter en comparaison avec les gènes codants. Aussi sont-ils devenus des indicateurs de variations génétiques dans les études phylogénétiques.

La différence de densité des bandes reflète le nombre de copies pour chaque séquence amplifiée. Le nombre de fragments diffère par rapport aux amorces utilisées.

Les amorces que nous avons utilisées ont répondu positivement en nombres de bandes/amorce et se sont avérées polymorphes. Chaque bande correspond à l'amplification de la même séquence d'ADN amplifiée.

Le pourcentage de polymorphisme des trois amorces est de **64.10%**, alors que le pourcentage polymorphique de l'amorce BO-14 est le plus élevé égal à **90%**, suivi de l'amorce BO-8 avec **64.3%**, puis l'amorce C15 avec **43%** (**Tab.16 et Fig.24**).

Les différentes amorces produisent un nombre d'amplificats allant de 11 à 14, la taille des fragments amplifiés s'échelonne entre 30 à 1130pb. Au total 39 fragments sont obtenus avec 14 fragments pour l'amorce C15, 14 pour l'amorce BO-8 et 11 pour BO-14. Il apparaît donc que sur les **39** fragments, **25** sont polymorphes.

La variété *obscurum* (G9) présente le nombre des bandes le plus élevé de 34 bandes dont 20 sont polymorphes et 1 spécifique (701 pb), la variété *provinciale* (G1) révèle seulement 17 bandes dont 3 sont polymorphes d'un poids moléculaire de 536 pb, 278 pb et 334 pb. Quant aux autres variétés *apulicum* (G2), *circumflexum* (G50), *algeriense* (G14), *africanum* (G27), *melanopus* (G36), *fastuosum* (G31), *erythromelan* (G5) et *alexandrinum* (G23), elles présentent un nombre de bandes intermédiaire.

- Caractérisation des fragments par amorces

Amorce C15

L'amorce C15 contient 60% de Guanine et Cytosine (GC) (**Tab.9**) et réagit avec l'ensemble de nos génotypes. La taille des fragments générés est comprise entre 83 pb et 1130 pb avec un polymorphisme de 43%.

14 bandes distinctes apparaissent, **6** fragments sont polymorphes 1, 2, 3, 4, 10 et 11 avec un poids moléculaire de 1130 pb, 1070 pb, 900 pb, 865 pb, 536 pb et 278 pb respectivement, les **8** bandes communes (5, 6, 7, 8, 9, 12,13 et 14) correspondant à 806 pb, 708pb, 660 pb, 610 pb et 580 pb, 260 pb, 181 pb et 83 pb respectivement sont présentés chez les 10 génotypes (**Tab.16 et Fig.24**).

La variété *apulicum* (G2) révèle les 14 bandes dont 6 sont polymorphes avec les poids moléculaires de 1131 pb, 1070 pb, 900pb, 865 pb, 536 pb et 278 pb.

La variété *erythromelan* (G5) donne 9 bandes seulement dont une est polymorphe (278pb).

Les variétés *provinciale* (G1), *alexandrinum* (G23) et *circumflexum* (G50) sont caractérisées par 10 même bandes dont 2 polymorphes (10 et 11) avec un poids moléculaire de 536 pb et 278 pb respectivement.

Les variétés *africanum* (G27) et *melanopus* (G36) montrent 12 bandes dont 4 sont polymorphes (1, 3, 4 et 10) avec les poids moléculaires de 1130 pb, 900 pb, 865 pb et 536 pb respectivement.

La variété *algeriense* (G14) avec 13 bandes dont 5 polymorphes 1, 2, 3,4 et 10 qui présentent un poids moléculaire de 1130 pb, 1070 pb, 900 pb, 865 pb et 536 pb respectivement.

Amorce BO- 8

Les produits de l'amplification issus de cette amorce, montrent un polymorphisme plus important que l'amorce précédente, où on observe une variabilité de 64,3% pour l'ensemble de nos échantillons. Un total de 14 bandes est également observé avec des poids moléculaires de **30 pb à 820 pb**, **5** bandes sont communes : 4 (614 pb), 6 (530 pb), 7 (502pb), 8 (440 pb) et 9 (353 pb) et le reste soit les **9** bandes sont polymorphes : 1, 2, 3, 5, 10, 11, 12, 13 et 14 avec un poids de 820 pb, 760 pb, 701 pb, 560 pb, 300 pb, 254 pb, 130 pb, 76 pb et 30 pb respectivement (**Tab.16 et Fig.24**).

Les variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) montrent 5 bandes monomorphes, elles se distinguent donc des autres par l'absence de la majorité des bandes polymorphes. Ces variétés pourraient être considérées comme éloignées génétiquement des autres, et très proches entre elles voire similaires.

La variété *obscurum* (G9) révèle 14 bandes dont 9 polymorphes, avec 1 bande spécifique de poids moléculaire de 701 pb.

Les variétés *apulicum* (G2) et *circumflexum* (G50) enregistrent 11 bandes dont 6 polymorphes avec des poids moléculaires de 820 pb, 760 pb, 300 pb, 254 pb, 130 pb et 30 pb respectivement.

Amorce BO-14

L'amorce BO-14 présente 11 fragments avec des poids moléculaires différents variant de **170 pb à 1090 pb**. Cette amorce ne donne qu'une seule bande commune pour l'ensemble des variétés avec une taille de l'ordre de 416 pb. Les 10 autres sont hautement polymorphes (90%) (**Tab.16 et Fig.24**).

Les variétés *provinciale* (G1) et *fastuosum* (G31) montrent le même profil approximativement et semblent être séparés du reste par l'absence de la majorité des bandes. Celles-ci présentent chacune, une bande unique de 334 pb pour la variété *provinciale* (G1), et deux bandes uniques de 1090 pb et 581 pb pour la variété *fastuosum* (G31).

La variété *circumflexum* (G50) enregistre le nombre le plus élevé de bandes soit 9 dont 8 polymorphes avec des poids moléculaires de 1090 pb, 1050 pb, 773 pb, 691 pb, 471 pb, 334 pb, 252 pb et 170 pb.

La variété *obscurum* (G9) donne 8 bandes dont 7 polymorphes avec des poids moléculaires de 1090 pb, 1050 pb, 855 pb, 773 pb, 691 pb, 471 pb et 170pb.

Tableau 16: Analyse RAPD des 10 variétés de blé dur généré par les trois amorces

C15, BO- 8 et BO-14.

RAPD	P%	N=° Bande	PM (pb)	Variétés										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
C15	43%	1	1130	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	
		2	1070	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	
		3	900	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	
		4	865	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	
		5	806	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		6	708	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		7	660	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		8	610	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		9	580	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		10	536	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
		11	278	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	
		12	260	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		13	181	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		14	83	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		T=14		10	14	9	12	13	10	12	12	12	10	
BO- 8	64.3%	1	820	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	
		2	760	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	
		3	701	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
		4	614	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		5	560	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	
		6	530	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		7	502	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		8	440	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		9	353	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		10	300	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	
		11	254	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	
		12	130	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	
		13	76	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	
		14	30	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	
		T=14		5	11	7	14	11	5	12	10	9	11	
BO-14	90%	1	1090	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	
		2	1050	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	
		3	855	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	
		4	773	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	
		5	691	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	
		6	581	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
		7	471	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
		8	416	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		9	334	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	
		10	252	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
		11	170	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	
		T=11		2	7	5	8	5	5	5	3	7	9	
		Total =39		17	32	21	34	29	20	29	24	28	30	

1:provinciale (G1), 2:apulicum (G2), 3:erythromelan (G5), 4:obscurum (G9), 5 : algeriense (G14), 6:alexandrinum (G23), 7:africanum (G27), 8: fastuosum (G31), 9: melanopus (G36), 10: circumflexum (G50). M : marqueur moléculaire.

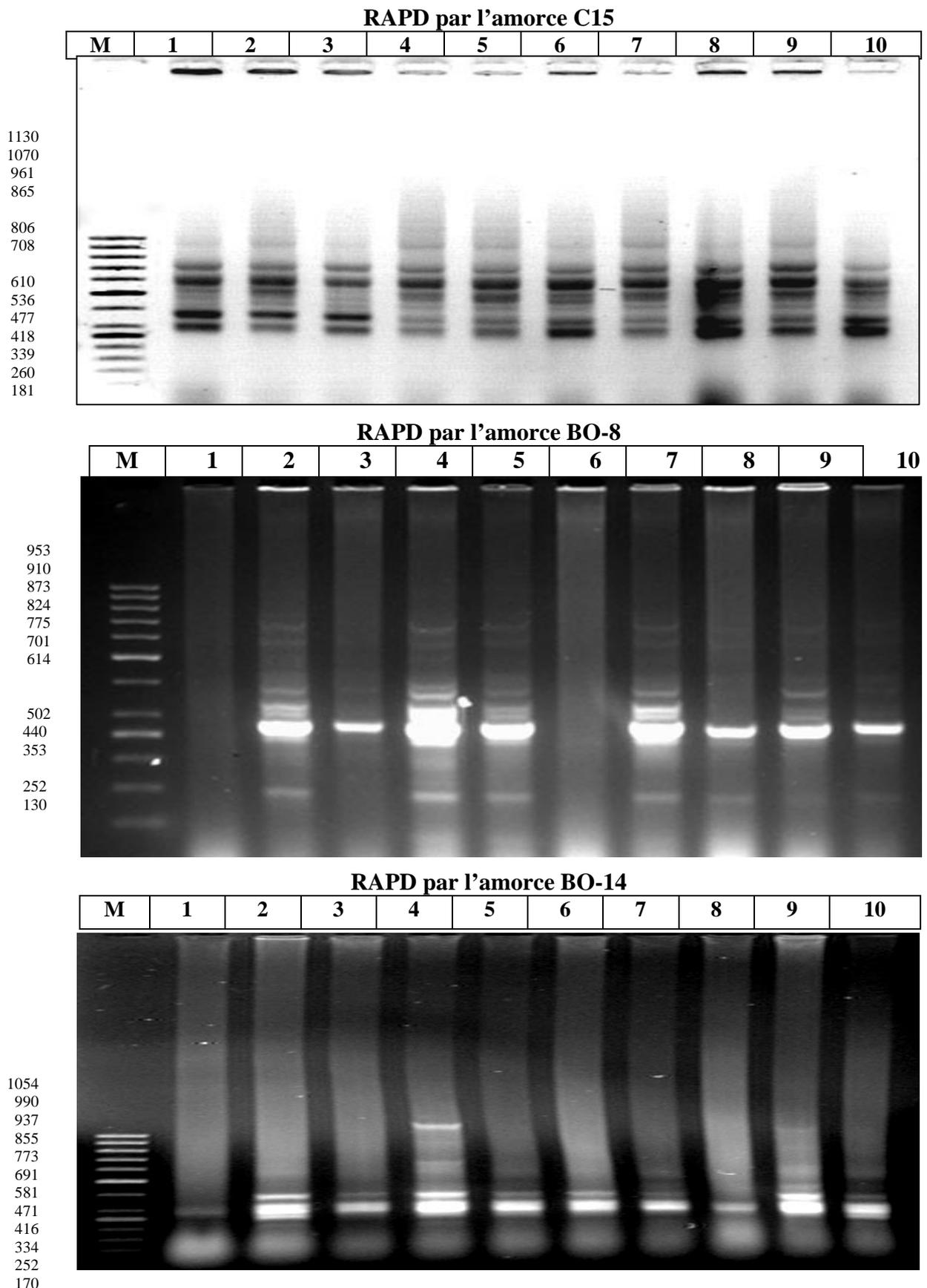


Figure 24 : Diagramme électrophorétique RAPD des 10 variétés de blé dur générés par les trois amorces C15, BO-8 et BO-14. **1:** *provinciale* (G1), **2:** *apulicum* (G2), **3:** *erythromelan* (G5), **4:** *obscurum* (G9), **5:** *algeriense* (G14), **6:** *alexandrinum* (G23), **7 :** *africanum* (G27), **8:** *fastuosum* (G31), **9:** *melanopus* (G36), **10:** *circumflexum* (G50). **M :** marqueur moléculaire.

La classification hiérarchique des marqueurs moléculaires **RAPD** répartit les différents variétés en deux grands groupes distincts de similarité légèrement supérieure à 51.02%. Le premier grand cluster est divisé en deux groupes. Le premier groupe se subdivise en deux sous groupes : l'un regroupe les trois variétés *provinciale* (G1), *alexandrinum* (G23) et erytromelan (G5), les deux premiers (G1) et (G23) sont très proches avec une similarité de 90%, alors que la troisième (G5) présente un taux plus bas voisin de 85%. L'autre englobe les variétés *apulicum* (G2) et *circumflexum* (G50) très proches ayant une similarité de 77%.

Le deuxième sous groupe est constitué par les trois variétés *africanum* (G27), *fastuosum* (G31) et *melampus* (G36) de similarité égale à peu près à 78%.

Le second grand cluster comprend les deux variétés *obscurum* (G9) et *algeriense* (G14) qui sont très proches avec une similarité voisine de 75% (**Fig. 25**).

Similarité%

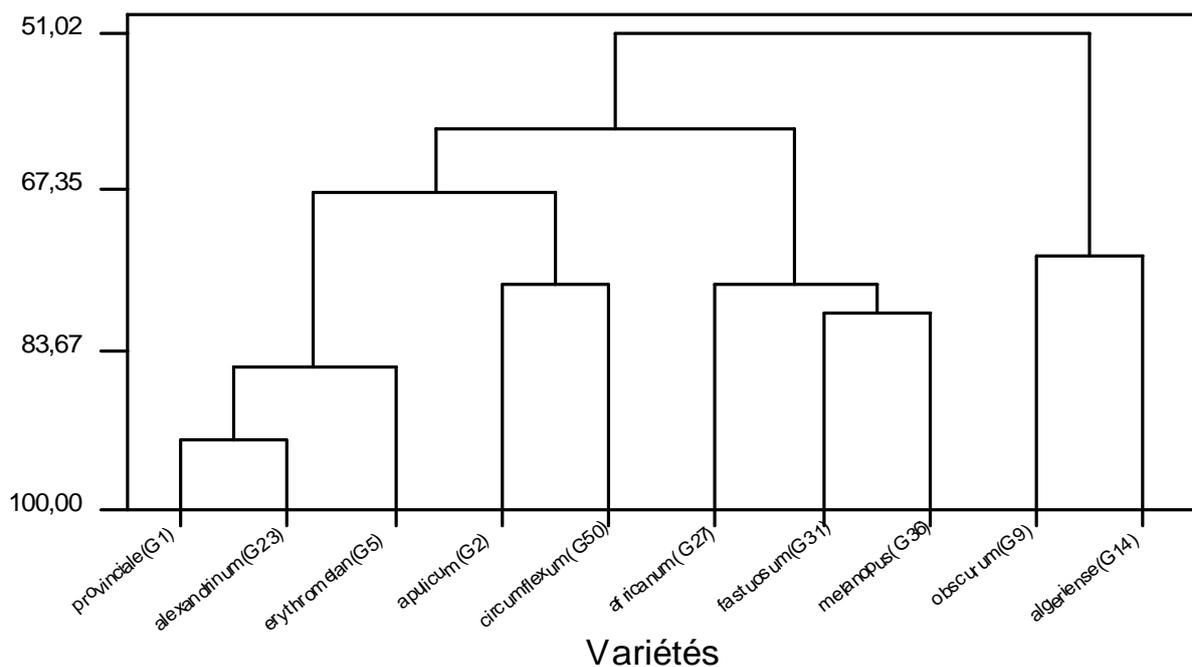


Figure 25 : Dendrogramme des marqueurs RAPD basé sur la distance Euclidienne des 10 variétés.

4- 5-2- L'analyse ISSR

Le test réalisé par l'utilisation du programme du cycle thermique et trois amorces ISSR (884b, HB-12 et HB-9), a été concluant du fait d'une bonne résolution des bandes et d'une réponse positive de toutes les amorces testées (**Tab. 17 et Fig.26**).

L'utilisation des amorces ISSR, a conduit à l'amplification de l'ADN des 10 géotypes de blé. En effet, chaque amorce a montré des profils génomiques lisibles et reproductibles comme en témoignent la clarté des marqueurs et la diversité révélée par les amorces sur les figures (**Fig.26**).

Toutes les amorces utilisées ont généré des profils polymorphes avec un indice de diversité génétique variable et significatif, à l'exception de l'amorce HB-9 qui montre seulement (n-1) de marqueurs polymorphes. La différence dans la diversité révèle un degré significatif du polymorphisme, plus sa valeur est grande et plus l'amorce est polymorphe.

Le pourcentage de polymorphisme des trois amorces ISSR est de **45%**. Celui de l'amorce HB-12 est plus élevé (**55.5%**), suivi par l'amorce 844b (**50%**) et en dernier après l'amorce HB-9 avec un faible taux égal à **20%**.

La technique ISSR a généré des fragments d'ADN amplifiés dont la taille varie de 65 pb à environ 509 pb.

Au total, 20 fragments d'ADN amplifiés ont été produits, chez les dix géotypes, par les 3 amorces ISSR utilisées (844b, HB-12 et HB-9). Parmi lesquelles 9 bandes sont polymorphes (45%) dont 3 bandes appartiennent à l'amorce 844b, 5 bandes à l'amorce HB-12 et 1 bande à l'amorce HB-9 avec des poids moléculaires de 162 pb, 140 pb, 103 pb, 262 pb, 235 pb, 206 pb, 188 pb, 159 pb et 289 pb respectivement et 11 bandes communes de 55% (**Tab.17**).

La variété *melanopus* (G36) révèle le nombre le plus élevé de bandes soit 19, dont 8 sont polymorphes. Contrairement à la précédente chez la variété *fastuosum* (G31), le nombre de bandes le plus faible est (12) dont 2 sont polymorphes (262pb et 289pb).

Les variétés *apulicum* (G2) et *africanum* (G27) se caractérisent par le même nombre de bandes égal à 18 avec 7 polymorphes.

Quant aux variétés *obscurum* (G2) et *provinciale* (G1) qui semblent également très proches, le nombre de bandes est de 16 avec 5 polymorphes (262 pb, 235 pb, 188 pb, 159 pb et 289 pb) chez la première, et 15 avec 4 polymorphes (103 pb, 206 pb, 188 pb, 159 pb) chez la deuxième.

Amorce 844b

L'amorce 844b révèle **6** bandes avec des poids moléculaires variant de 95 pb à 162 pb, trois bandes polymorphes (1, 2 et 5 avec des poids moléculaire de 162 pb, 140pb et 103 pb respectivement), et les trois autres bandes communes (**Tab. 17 et Fig. 26**).

Les variétés *apulicum* (G2), *africanum* (G27) montrent 6 bandes dont 3 polymorphes (162 pb, 140 pb et 103pb).

Les variétés *erythromelan* (G5), *obscurum* (G9), *alexandrinum* (G23) et *fastuosum* (G31) s'avèrent très voisines et enregistrent 3 bandes communes (123pb, 113 pb, et 95 pb).

Les variétés *algeriense* (G14), *melanopus* (G36) et *circumflexum* (G50) ont amplifiés un nombre intermédiaire de bandes (5) dont 2 polymorphes (162 pb et 103 pb).

Pour la variété *provinciale* (G1) 4 bandes sont observées dont une est polymorphe (103 pb).

Amorce HB-12

L'amorce HB-12 révèle **9** fragments avec des poids moléculaires de **65 pb à 262 pb** dont **5** bandes sont polymorphes de poids moléculaire de 262 pb, 234 pb, 206 pb, 188 pb et 159 pb (**Tab.17 et Fig. 26**).

Les variétés *melanopus* (G36) et *circumflexum* (G50) amplifient 9 bandes dont 5 sont polymorphes avec des poids moléculaires de 262 pb, 235 pb, 206 pb, 188 pb et 159 pb.

La variété *fastuosum* (G31) amplifie seulement 5 bandes dont 1 bande polymorphe (262pb).

Les variétés *apulicum* (G2) et *africanum* (G27) se caractérisent par 8 bandes dont 4 polymorphes.

La variété *erythromelan* (G5) donne 6 fragments dont 2 polymorphes (188 pb et 159 pb).

Amorce HB-9

L'amorce HB-9 montre **5** bandes avec des poids moléculaires de **210 pb à 289 pb**. Cette dernière à (289 pb) est polymorphe, alors que les quatre autres sont communes (**Tab. 17 et Fig. 26**).

Le nombre total des bandes est de 5 chez les variétés *erythromelan* (G5), *obscurum* (G9), *algeriense* (G14), *fastuosum* (G31) et *melanopus* (G36) dont 1 est polymorphe (289 pb), alors que chez les variétés *provinciale* (G1), *apulicum* (G2), *alexandrinum* (G23), *africanum* (G27) et *circumflexum* (G50) il est de 4 bandes communes (267 pb, 260 pb, 243 pb et 210 pb).

Tableau 17: Analyse ISSR des 10 génotypes de blé dur générés par les trois amorces **884b**, **HB-12** et **HB-9**.

ISSR	P%	N=° Bande	PM (pb)	Variétés										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
844b	50 %	1	162	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	
		2	140	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	
		3	123	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		4	113	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		5	103	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+
		6	95	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		T=6		4	6	3	3	5	3	6	3	5	5	
HB-12	55.5 %	1	262	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
		2	235	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	
		3	206	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	
		4	188	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	
		5	159	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	
		6	121	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		7	105	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		8	85	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	9	65	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
T=9		7	8	6	8	8	7	8	4	9	9			
HB-9	20%	1	289	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	
		2	267	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		3	260	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		4	243	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		5	210	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	T=5		4	4	5	5	5	4	4	5	5	4		
		Total=20		15	18	14	16	18	14	18	12	19	18	

1:provinciale(G1), **2:**apulicum (G2), **3:**erythromelan (G5), **4:**obscurum (G9), **5 :** algeriense (G14), **6:**alexandrinum (G23), **7:**africanum (G27), **8:** fastuosum (G31), **9:** melanopus (G36), **10:** circumflexum (G50). **M :** marqueur moléculaire.

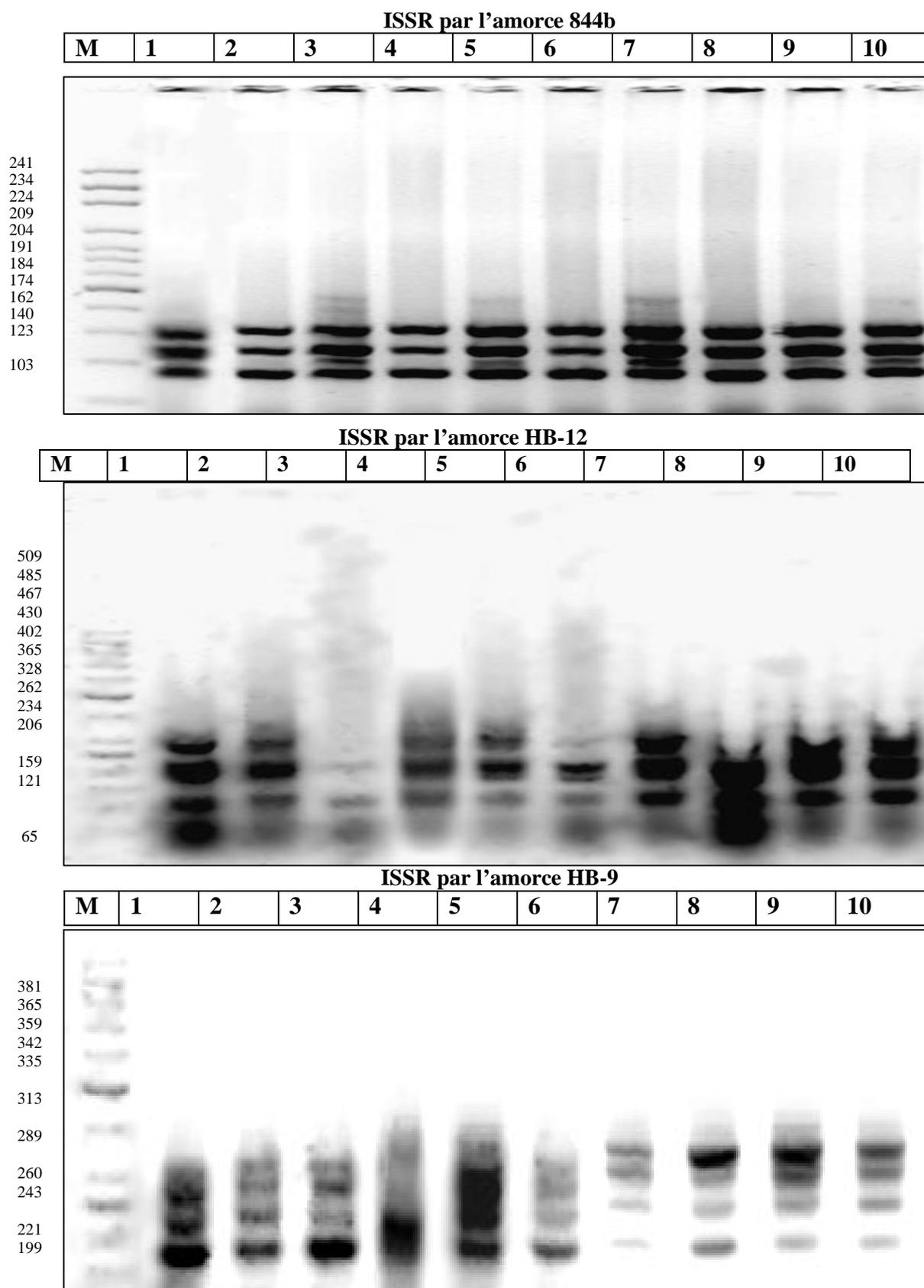


Figure 26 : Diagramme électrophorétique ISSR des 10 variétés de blé dur générés par les trois amorces 844b, HB-12 et HB-9. **1:***provinciale*(G1), **2:***apulicum* (G2), **3:***erythromelan* (G5), **4:***obscurum* (G9), **5:** *algeriense* (G14), **6:***alexandrinum* (G23), **7:***africanum* (G27), **8:** *fastuosum* (G31), **9:** *melanopus* (G36), **10:** *circumflexum* (G50). **M:** marqueur moléculaire.

Le dendrogramme des marqueurs moléculaires **ISSR** a révélé deux principaux groupes hétérogènes. Le premier cluster est composé des deux variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) qui montrent une forte similarité supérieure à 80.56%. Le second cluster se divise à son tour en deux sous groupes : l'un réunit les variétés *erythromelan* (G5), *obscurum* (G9) et *fastuosum* (G31) qui présentent un taux se situant entre 83% et 90%. L'autre sous groupe est constitué de trois variétés *algeriense* (G14), *melanopus* (G36) et *circumflexum* (G50), dont les deux derniers semblent très proches avec un taux de similarité d'environ 85%.

Il est à signaler que les variétés *apulicum* (G2) et *africanum* (G27) se trouvent à l'intérieur du premier grand cluster mais avec une similarité non déterminée, ou non définie (**Fig. 27**).

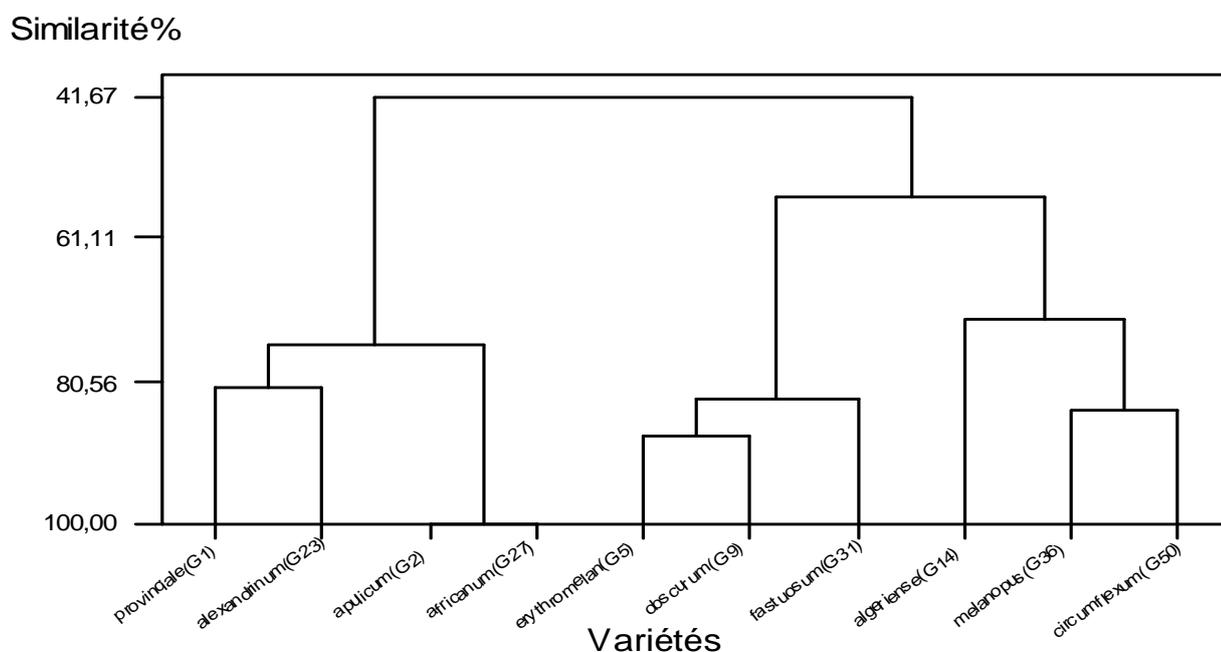


Figure 27 : Dendrogramme des marqueurs ISSR basé sur la distance Euclidienne des 10 variétés.

- La classification hiérarchique des deux marqueurs

La classification des deux marqueurs RAPD et ISSR des 10 variétés étudiées a permis de distinguer deux principaux groupes. Le premier grand cluster se divise en deux sous groupes : le premier regroupe d'une part les deux variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) qui sont très proches avec la plus forte similarité de l'ordre 89%, et d'autre part les variétés *erythromelan* (G5) et *circumflexum* (G50) de similarité plus faible respectivement de 83% et 70%. Le deuxième sous groupe englobe des variétés *apulicum* (G2) et *africanum* (G27) a une similarité de 79%.

Le deuxième grand cluster se distingue par la variété *obscurum* (G9) dont la similarité est la plus basse de 55%, les deux variétés *algeriense* (G14) et *melanopus* (G36) qui sont très proches avec un taux de similarité voisin de 78% et enfin la variété *fastuosum* (G31) avec un taux intermédiaire de 70% (**Fig. 28**).

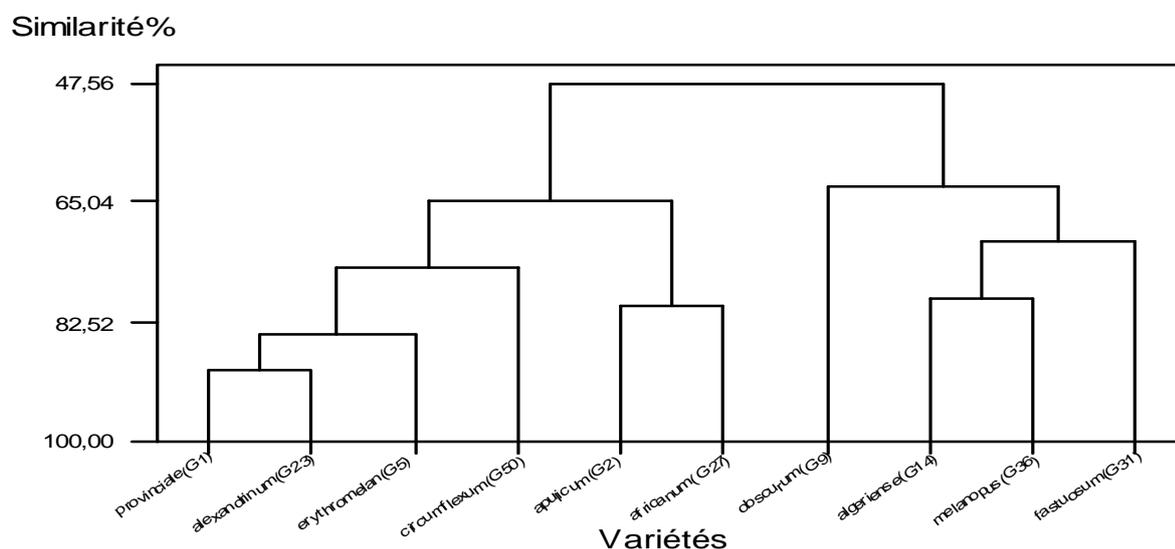


Figure 28 : Dendrogramme des marqueurs RAPD et ISSR basé sur la distance Euclidienne des 10 variétés.

Conclusion

L'amplification de l'ADN génomique de nos échantillons selon les techniques PCR/ISSR, PCR/RAPD a nécessité une mise au point la qualité de l'ADN avec un bon rendement en qualité et en quantité d'ADN obtenu, les amorces testées lors de cette étude, se sont avérées très polymorphes. Ainsi, l'usage des marqueurs RAPD pour déterminer le polymorphisme génétique du blé dur semble être un bon choix.

A travers la classification hiérarchique, les variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) appartiennent au même sous groupe du premier grand cluster avec une similarité élevée.

5- Discussion des résultats

5-1- Les paramètres phénologiques et morpho- physiologiques

- Relation entre le rendement et les paramètres phéno-morphologiques

Les résultats obtenus par les analyses statistiques multivariées ont permis de dégager que:

- La date d'épiaison et le rendement sont positivement corrélés. Les variétés *circumflexum*, *fastuosum* et *melanopus* présentent la durée d'épiaison la plus élevée et le rendement en grains le plus important. Contrairement aux variétés *provinciale*, *apulicum* et *obscurum* qui enregistrent la durée la plus courte et le rendement en grains le plus faible.

L'épiaison détermine la durée des phases de développement, lesquelles jouent un rôle important dans l'élaboration des composantes du rendement et dans l'évitement des effets climatiques défavorables. Selon **Hadjchristodoulou, (1989)** l'épiaison est souvent utilisée comme indicateur de précocité et également considérée comme un important caractère qui influence les rendements des céréales, particulièrement dans les zones où la distribution de la pluviométrie et de la variabilité des températures affectent la longueur du cycle de développement.

- Le rendement en grains est positivement lié à la hauteur de la plante. Les variétés *circumflexum*, *fasuosum* et *melanopus* à paille haute sont celles qui présentent les rendements en grains les plus élevés, alors que les variétés *provinciale*, *apulicum* et *obscurum* caractérisées par une paille courte, enregistrent un rendement en grains plus faible.

Dans certains travaux, il apparaît que la hauteur de la plante et le rendement sont corrélés de façon positive. Cependant, d'autres études réalisés par **Bouzerzour et Hafsi, (1993)** ; **Meziani et al., (1993)** ; **Hamada (2002)** ont montré que les variétés à paille courte produisent mieux que celles à paille haute en zones semi-arides. **Bahlouli et al., (2006)** en étudiant cinq variétés de blé dur sous climat méditerranéen et ont mis en évidence l'importance de la paille dans le remplissage des grains. Ils ont ainsi déduit que la participation des assimilats des tiges au remplissage des grains est relativement plus importante à mesure que le milieu devient contraignant.

- La corrélation entre les caractéristiques de l'épi (longueur de l'épi et la longueur des barbes) et le rendement est hautement positif. En effet, la variété *alexandrinum* présentant la longueur de l'épi et la longueur de la barbe les plus élevées enregistre un important rendement en grains. Par contre les variétés *provinciale* et *obscurum* montrent des longueurs des épis et des barbes très petites avec un faible rendement en grains.

D'après **Monneveux et This, (1997)**, l'épi et les barbes sont des facteurs déterminants dans la tolérance au stress hydrique chez le blé par le rôle de l'épi dans la photosynthèse et de la transpiration. Quant à l'étude réalisée par **Kahali, (1995)**, il s'avère que le rendement est lié positivement à la longueur de l'épi.

En conditions de déficit hydrique, le rôle de l'épi et des barbes devient plus important que celui des dernières feuilles (**Johnson et Moss, 1976**) du fait de la sénescence de ces dernières ; cela est particulièrement vrai chez le blé dur comme signalé par **Gate et al., (1993)**.

Concernant le rendement, **Triboi et Ollier, (1990)** ont montré un faible rendement en grains chez les populations à épis longs, qu'ils expliquent par la stérilité de leurs épillets. Alors que pour les populations à épis courts, les rendements sont élevés liés à la fertilité de leurs épillets.

- La corrélation est positive entre le rendement et la surface foliaire de la feuille étendard. Ainsi, les variétés *circumflexum* et *fastuosum* se distinguent par les surfaces les plus élevées et par un rendement en grains très important. Par contre la variété *apulicum*, présente une surface foliaire réduite et un rendement en grains faible. Selon **Boudour, (2006)** les variétés *provinciale* et *obscurum* sont distinguées par la surface de la feuille étendard.

D'après **Blum, (1988)**, la surface foliaire est un caractère morphologique d'adaptation au déficit hydrique. Ainsi que pour **Boyer, (1970)** et **Hsiao, (1973)** qui ont montré que, lors d'un déficit hydrique, la plante réagit par une diminution de sa biomasse aérienne en particulier la surface de la dernière feuille. La réponse de la plante à la sécheresse prend beaucoup de forme, parmi lesquelles, la plus visible est la réduction de la surface foliaire, en conséquence à une diminution en nombre et en taille des feuilles (**Rawson et al., 1977**). **Wolfe et al., (1992)** ont remarqué aussi que la réduction de la surface foliaire suite à la réduction de l'élongation cellulaire est l'une des conséquences du déficit hydrique. Cependant **Johnson et al., (1983)** suggèrent que les plantes à surface foliaire plus grande sont tolérantes à la déshydratation en maintenant un potentiel hydrique élevé.

- Relation entre le rendement et ses composantes

La composante la plus déterminante dans le schéma de l'élaboration du rendement est le nombre de grains par épi. Ainsi, les variétés *circumflexum*, *alexandrinum* et *fastuosum* produisent un nombre de grains par épi le plus élevé et un rendement important. Tandis que, les variétés *provinciale*, *obscurum* et *algeriense* donnent un nombre de grains par épi très faible et un rendement moins élevé.

Le nombre de grain par épi est fortement affecté par le manque d'eau (**Elfalah et al., 1991**). D'après **Bouzerzour et Oudine, (1989)**, sous conditions limitantes (sécheresse et hautes températures), le nombre de grains par épi aura des difficultés à exprimer son potentiel. Le nombre de grains potentiels est déterminé au cours de la phase de floraison. Il est à noter que la densité de semis affecte significativement ce paramètre.

La relation entre le rendement et le poids de mille grains est marquée par une corrélation positive. En effet, les variétés *circumflexum* et *fastuosum* avec un poids de mille grains élevé, aboutissant un bon rendement. Par contre, les variétés *provinciale* et *obscurum* montrent un poids de mille grains faible, aboutissant un rendement moins élevé.

Selon **Benbelkacem et Kellou, (2000)**, le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage des grains. Le manque d'eau en fin de cycle (cas fréquent dans nos conditions expérimentales) combiné aux températures élevées entraînent une diminution du poids de mille grains par altération de la vitesse et / ou de la durée de remplissage (**Triboi, 1990 ; Triboi et al., 1995**). Selon **Boudour, (2006)** les variétés *apulicum*, *melanopus* et *africanum*, ont un poids de mille grains élevé.

- La teneur relative en eau

Un effet variétal significatif est observé pour la teneur relative en eau avec une augmentation chez les variétés *africanum*, *apulicum*, et *erythromelan*, par contre une diminution chez les variétés *melanopus* et *circumflexum*.

De nombreux travaux ont été réalisés sur les conséquences du manque d'eau sur la turgescence relative des feuilles de différentes espèces cultivées. Pour **Rasio et al., (1987)** travaillant sur le blé, ont montré que les effets du stress hydrique sur la turgescence relative ne sont apparents que si la restriction est sévère, de même que pour **Ait Kaki et Brinis, (1997)**.

Selon **Sanchz Diaz et Kramer, (1971)**, toujours sur le blé, les plantes résistantes au stress hydrique présentent une faible perte d'eau par unité de surface foliaire et une augmentation de leur potentiel hydrique foliaire, en comparaison avec les cultivars sensibles. **Nemmar, (1983) et Brinis, (1995)** sont parvenus à la même conclusion, les variétés de blé qui ont la teneur relative en eau importante sont plus tolérantes à la sécheresse. Selon **Hamada, (2002)** les espèces primitives et quelques populations hybrides testées arrivent à maintenir un niveau de TRE relativement élevé par rapport aux variétés parentales cultivées qui sont sévèrement affectées par le déficit hydrique.

5- 2- Les marqueurs moléculaires

Les analyses du polymorphisme des marqueurs RAPD et des marqueurs ISSR montrent une large diversité entre les génotypes. Les marqueurs utilisés constituent un outil précieux pour l'identification des variétés comme le confirment les travaux de **Sharma *et al.*, (2000) et Figuliulo, (2000)** qui ont mis en évidence l'efficacité des marqueurs RAPD pour l'identification et l'évaluation de la diversité génétique. De plus, ils ont montré l'existence d'une corrélation entre le polymorphisme des RAPD et les conditions éco-géographiques.

Par rapport à nos résultats, l'étude moléculaire des 10 génotypes par RAPD pour les trois amorces prise ensemble a montré un pourcentage de polymorphisme de 64.10%. Le polymorphisme obtenu par l'amorce BO-14 est de 90% le plus important, celui par l'amorce BO-8 est de 64.3% et celui par l'amorce C15 est de 43%. De plus le dendrogramme des marqueurs RAPD a mis en évidence deux grands groupes distincts de variétés de similarité légèrement supérieure à 51.02%.

Sivolap *et al.*, (1997) ont trouvé un pourcentage de polymorphisme de 78% après une analyse par RAPD de 23 variétés de blé dur d'hiver sur un total de 91 produits d'amplification. Le dendrogramme issu de cette analyse révèle des niveaux de similarité distincts entre les différentes variétés.

Dans notre étude, nous avons remarqué que les marqueurs RAPD des trois amorces (C15, BO-8 et BO-14) semblent spécifiques à certaines variétés. Sur un nombre total de 39 fragments, 25 sont polymorphes. La variété *obscurum* (G9) présente le nombre des bandes le plus élevé (34 bandes dont 20 polymorphes) avec un polymorphisme de 58%, Contrairement à la variété provinciale (G1) qui montre un nombre de bandes plus faible (17 fragments dont 3 polymorphes) avec un polymorphisme de 17% seulement.

Il est à signaler que la variété *obscurum* (G9) est la seule à présenter une bande qui lui est spécifique (701 pb).

La variation génétique entre les 11 cultivars de blé et leurs hybrides est déterminée par l'utilisation de la technique RAPD. Parmi les 12 amorces RAPD utilisées, 4 seulement (OPA09, OPC 09, OPE 09 et OPF 09) ont montré un polymorphisme entre les cultivars testés. Pour chacune seulement 2-3 bandes ont été observées, avec un poids moléculaire allant de 400 à 1800 pb. La similitude génétique moyenne des hybrides par rapport aux parents est de 70% (**Broda, 2002**).

Une autre étude de **Pujar *et al.*, (1999)** portant sur l'analyse de la diversité génétique par PCR avec des amorces RAPD a été réalisée sur un ensemble de 63 génotypes de blé tétraploïde.

Un total de 206 produits d'amplification sont obtenues par 21 amorces informatives, 162 bandes étaient polymorphes. Le plus haut degré de polymorphisme a été observé chez les variétés sauvages (50,6%) et moins dans les espèces cultivées ou locales (44.8%), tandis que les cultivars *dicoccum* ont montré un niveau très faible de polymorphisme (23,6%).

Au Japon, une étude sur les cultivars de blé et d'orge par la méthode RAPD révèle un polymorphisme dans les cultivars de blé, alors qu'aucun polymorphisme n'a été observé chez les cultivars d'orge (**Kobayashi et Yoshida, 2006**).

Les amorces utilisées dans notre travail sont C15, BO-14 et BO-8. Pour l'amorce C15, 14 bandes sont obtenues dont 6 polymorphes et 8 sont communes. L'amorce BO-14 présente 11 fragments dont une bande commune et 10 hautement polymorphes (90%). L'amorce BO-8 montre un total de 14 bandes, 5 sont communes et 9 sont polymorphes.

Rajbir et al., (2005) a évalué la variabilité génétique de 26 cultivars locaux de blé dur par analyse de marqueurs RAPD, sur 4 amorces, seules OPA3 et OPP6 ont donné un polymorphisme. **Kumar et al., (2006)**, travaillant avec 92 amorces RAPD pour identifier un ensemble de 104 lignées de blé ont obtenu seulement 65 amorces fonctionnelles. De ce nombre, 21 soit 32% des amorces ont montré un polymorphisme entre les différents génotypes.

L'étude de **Bahraei, (1996)** sur la diversité génétique de 44 génotypes de *Triticum boeoticum* et 40 génotypes de *Triticum urartu* a été évaluée en utilisant des marqueurs RAPD. Sur les 20 amorces aléatoires utilisées, 2 (OPA-02 et OPA-15) ont détecté des variations inter et intra - populations entre les deux espèces. Cette étude a également révélé un nombre plus élevé de polymorphes dans les populations de *Triticum boeoticum* et le phénogramme construit à partir de ces données montre une similarité plus élevée chez les populations de *Triticum urartu* que celles de *Triticum boeoticum*.

Dans notre travail, le pourcentage de polymorphisme des trois amorces 844b, HB-12 et HB-9 des marqueurs ISSR est de 45%. Celui de l'amorce HB-12 est plus élevé (55.5%), suivi par l'amorce 844b (50%) et après HB-9 (20%). **Pradeep et al., (2005)**, ont conclu qu'il serait intéressant d'augmenter le nombre d'amorces ISSR pour avoir un grand polymorphisme. Par ailleurs, la valeur moyenne de la diversité génétique de l'amorce 844b est la même que celle obtenue par **Nagaraju et al., (2002)** qui est de 50%.

Comparativement a nos variétés, les marqueurs ISSR issus de l'amplification par les trois amorces utilisées (844b, HB-12, HB-9) montrent 20 bandes, 9 polymorphes et les 11 communes dans les dix variétés. La variété *melanopus* (G36) est caractérisée par le nombre le plus élevé des bandes (19 bandes au total dont 8 polymorphes) avec un polymorphisme de 42%, la variété *fastuosum* (G31) enregistre le nombre de bandes le moins élevé (12 fragments au total dont 2 polymorphes) avec un polymorphisme de 16%.

On a également noté chez nos variétés *apulicum* (G2) et *africanum* (G27) le même nombre et les mêmes bandes, 18 bandes au total dont 7 polymorphes avec un polymorphisme de 39 %.

Les marqueurs ISSR utilisés par **Pujar et al., (2002)** pour étudier le polymorphisme de 63 génotypes de blé tétraploïdes ont révélé que parmi les 100 amorces ISSR, 15 sont informatives et produisent 134 bandes, dont 129 sont polymorphes avec une moyenne de 8,3 bandes par amorce. Le polymorphisme par ISSR a permis de distinguer la distribution structurale des trois groupes de blé tétraploïdes : les génotypes sauvages enregistrent le polymorphisme le plus élevé (94.7%), suivi de *Triticum durum* avec 77.3% et puis *Triticum dicoccum* (50%).

Barcaccia et al., (2002) en utilisant deux types de marqueurs moléculaires : SSR et ISSR sur 10 populations de maïs (*Zea mays* var. *indurata*), ont trouvé qu'il y a une corrélation hautement significative entre SSR et ISSR ($r = 0,91^{**}$). Les indices de Dice estimés pour les deux marqueurs inter et intra- populations sont respectivement de 0,269 et 0,217 pour les marqueurs SSR, et pour les marqueurs ISSR de 0,591 et 0,564. Cette étude confirme que les marqueurs SSR et ISSR sont capables de détecter les polymorphismes moléculaires inter et intra- populations.

Par rapport à nos résultats, l'étude moléculaire réalisée par les deux méthodes RAPD et ISSR montre des différences entre les dix variétés par rapport au nombre total des bandes et les bandes polymorphes. Les marqueurs RAPD donnent le pourcentage de polymorphisme le plus élevé égal à 64.1% par rapport aux marqueurs ISSR qui présentent 45% de polymorphisme.

D'après **Naghavi et al., (2004)** en utilisant deux types de marqueurs moléculaires RAPD et SSR pour estimer la diversité génétique entre les variétés de blé tendre ont obtenu un total de 188 bandes par 17 amorces RAPD, et 101 fragments à partir de 35 amorces SSR. Le niveau de polymorphisme a été de 88% avec les RAPD, contre 100% avec SSR. La similitude génétique moyenne a été estimée à 0,88 par les RAPD et 0.85 par les SSR.

Nos variétés *obscurum* (G9) et *apulicum* (G2) montrent le nombre de bandes le plus élevé ; 34 et 32 bandes avec 20 et 18 polymorphes respectivement par RAPD, 16 et 18 bandes avec 3 et 5 polymorphes respectivement par ISSR. Tandis que les variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) enregistrent le nombre des bandes le moins élevé 17 et 20 avec 3 et 4 polymorphes respectivement par RAPD, et 15 et 14 bandes avec 3 et 2 polymorphes respectivement par ISSR.

L'étude de **Serova *et al.* (2002)** sur les genres *Triticum* et *Aegilops* basée sur les marqueurs ISSR et RAPD, a donné 43 bandes polymorphes de poids moléculaire variant entre 390 pb et 1600 pb par ISSR et 148 bandes polymorphes de poids moléculaire variant entre 350 pb et 1400 pb par RAPD. La moyenne de polymorphisme de cette analyse était de 39%.

Quant à la corrélation entre les différentes classes de marqueurs, les résultats obtenus par plusieurs travaux sont variables. L'absence de corrélation entre les marqueurs moléculaires (RAPD et AFLP) et les marqueurs morphologiques (distances biométriques) a été rapportée par **Helms *et al.*, (1997)** et **Schut *et al.*, (1997)** sur le soja et l'orge. Par contre, chez le blé, le grand nombre d'amorces utilisées a permis de trouver une corrélation significative entre le coefficient de diversité parentale et les marqueurs RFLP et AFLP (**Corbellini *et al.*, 2002**).

Dans notre étude, la classification hiérarchique des deux marqueurs moléculaires ISSR et RAPD révèle deux groupes hétérogènes des variétés étudiées dont la similarité est légèrement supérieure à 47.56%. Le premier regroupe d'une part les deux variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) qui sont très proches avec la plus forte similarité de l'ordre 89%, et d'autre part les variétés *erythromelan* (G5) et *circumflexum* (G50) de similarité faible respectivement de 83% et 70%. Le deuxième sous groupe englobe des variétés *apulicum* (G2) et *africanum* (G27) a une similarité de 79%.

Le deuxième grand cluster se distingue par la variété *obscurum* (G9) dont la similarité est la plus basse de 55%, les deux variétés *algeriense* (G14) et *melanopus* (G36) qui sont très proches avec un taux de similarité voisin de 78% et enfin la variété *fastuosum* (G31) avec un taux intermédiaire de 70%.

D'après **Ramla et Amirouche, (2004)**, les résultats obtenus par le dendrogramme UPGM basé sur les indices de similitude de Dice des marqueurs RAPD confirme la ségrégation en deux groupes hétérogènes des variétés algériennes et étrangères. Le premier groupe concerne les variétés Saida, Tiéhedrett et Badia ; le deuxième concerne les variétés Barberousse et Tamentit. Quant à la variété Rihane, elle occupe une position intermédiaire.

Conclusion Générale
&
perspectives

6- Conclusion générale et perspectives

En Algérie, le blé occupe une place importante dans l'alimentation, malheureusement son rendement est faible, et une grande part du budget de l'état est consacrée à son importation. Quoique ces deux dernières années la production s'est nettement améliorée avec un rendement de 30 qtx / ha.

Les paramètres mesurés nous ont permis de mettre en évidence l'existence d'une diversité plus ou moins marquée entre ces variétés. Les résultats obtenus à partir des analyses multivariées ont mis en évidence une variabilité importante à l'intérieur de cette accession de 58 génotypes appartenant aux 10 variétés. Parmi ces variétés, certaines semblent plus vigoureuses pour les paramètres phénologiques, morpho-physiologiques et les composantes du rendement.

Le comportement des 58 génotypes étudiés aux conditions climatiques de la zone d'étude pour l'année 2007/2008 diffère d'un génotype à un autre. Du point de vue pluviométrique, cette année là est moyennement favorable à l'agriculture.

Les variétés *africanum*, *obscurum* et *algériense* montrent les génotypes les plus précoces, contrairement à ceux de la variété *melanopus* qui sont les plus tardifs. Quant aux autres variétés, la durée de leur épiaison s'avère moyenne.

Il est à noter que la variété *fastuosum* suivie de la variété *alexandrinum*, se distinguent par les rendements les plus importants avec une hauteur de la plante, une longueur des barbes et de l'épi moyennement élevé. Bien que chez la plupart des variétés citées dans la littérature dont la hauteur de la plante, la longueur des barbes et de l'épi sont élevés ou moyennement élevés, présentent de faibles rendements.

Parmi les paramètres considérés dans cette étude, il s'avère que le rendement est fortement et positivement corrélé avec le nombre de grains par épi et le taux de fertilité. Aussi le rendement apparaît moyennement et positivement lié au poids de mille grains et à la surface foliaire.

Les résultats obtenus par les marqueurs moléculaires montrent que les variétés *obscurum* (G9) et *apulicum* (G2) ont le nombre de bandes le plus élevé : 34 et 32 bandes avec 20 et 18 polymorphes respectivement par RAPD, 16 et 18 bandes avec 3 et 5 polymorphes respectivement par ISSR. Tandis que les variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) enregistrent le nombre de bandes le moins élevé : 17 et 20 bandes avec 3 et 4 polymorphes respectivement par RAPD, et 15 et 14 bandes avec 3 et 2 polymorphes respectivement par ISSR.

La classification hiérarchique des deux marqueurs RAPD et ISSR sépare les variétés *provinciale* (G1) et *alexandrinum* (G23) qui sont proches (distances de 90%) du reste des variétés qui se retrouvent éloignées (distance de 47%).

En dépit du faible nombre de variétés et d'amorces utilisées, nos résultats ont permis de mettre en évidence d'une part les différences entre les variétés de blé dur étudiées et d'autre part l'intérêt de l'utilisation de ces types de marqueurs moléculaires pour l'évaluation de la diversité génétique et de l'identification variétale.

Ce travail préliminaire nous a permis de distinguer une variabilité intra et inter-variétale d'identifier et de regrouper les variétés en différentes classes génotypiques.

Perspectives

Tout en continuant d'étudier les caractères phénologiques et morpho-physiologiques qui restent importants dans la caractérisation des variétés de blé. Il importe également d'utiliser l'analyse moléculaire pour une meilleure connaissance génétique des espèces afin de mieux les discriminer.

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- D'établir une stratégie de sélection des variétés reproductives et résistantes aux multiples conditions climatiques.
- De porter plus d'intérêt à ce travail en considérant plus des populations pour évaluer la variabilité inter et intra –variétés.
- D'étudier la résistance aux stress biotiques et abiotiques.
- D'utiliser des marqueurs moléculaires spécifiques qui pourraient être liés à l'adaptation, au rendement et à la qualité.

Références Bibliographiques

7- Références Bibliographiques

Acevedo E., Craufaud P.Q., Austin R.B. et Perez Marco P. (1991). Traits associated with high grain yield in barley in low rainfall environments. *J. Agri. Sci. Aamb.*, **116**: 23-26.

Adam-Blondon A.F. et Dron M. (1993). Les outils moléculaires et leurs applications à l'amélioration des plantes. John Libbey Eurotext, Paris. pp: 23-46.

Ait Kaki Y. et Brinis S. (1997). Tolérance au déficit hydrique chez le blé dur. Stratégie adaptative, amélioration et stabilité du potentiel génétique. *Rev. Sci et Tech.*, **178**: 25-31.

Ali Dib T. (1992). Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur, étude de la diversité des caractères phénologiques d'adaptation. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques ENSA. Montpellier (France), 253p.

Amokrane A. (2001). Evaluation et utilisations de trois sources de germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister, Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 80p.

Anderson W.H., Gellerman J.L. et Schlenk H. (1984). Effects of drought on phytol wax esters in Phaseolus leaves. *Photochemistry*, **23**: 2695-2696.

Annichiarico P. et Pecetti L. (1993). Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in dry Mediterranean region of northern Syria. *Agro.*, **13**: 25-124.

Annichiarico P., Abdellaoui Z., Kelkouli M. et Zerargui H. (2005). Grain yield, straw yield and economic value of tall and semi-dwarf durum wheat cultivars in Algeria. *J.Afr. Sci.* **143**: 57-64.

Araus J.L., Alegre L., Ali Dib T., Benlaribi M. et Monneveux P. (1991). Epidermal and stomatal conductance in seedlings of durum wheat landraces and varieties. In *physiology Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments*. INRA Montpellier ed., les colloques, **55**: 225-231.

Austin R.B. et Jones H.G. (1975). The physiology of wheat—Annual Report-Plant breeds inst. Cambridge inst. England, pp: 327-355.

Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Hassous K.L. (2006). Etude des liaisons entre le rendement, la durée de vie de la feuille étendard, la vitesse de remplissage et la remobilisation des assimilats de la tige de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. Ed. Annales de L'INRA, El-Harrach, **27**: 15-33.

Bahraei S. (1996). The use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers in genetic diversity studies of *Triticum boeot.* and *T. urartu*. *Seed and Plant*, **12(1)**: 31-43.

Bammoune A. (1997). Contribution à l'étude de quelques caractères morpho physiologiques, biochimiques et moléculaires chez 13 variétés de blé dur, *Triticum turgidum* ESP *durum*, pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'ouest algérien. Thèse de Magistère Institut des sciences de la nature, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, 96p.

Références Bibliographiques

- Barcaccia G., Molinari L., Porfiri O. et Veronesi F. (2002).** Molecular characterization of emmer (*Triticum dicoccum* Schrank) Italian landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **49(4)**: 415-426.
- Barrs H. (1968).** Determination of water deficit in plant tissues. In: water deficit and plant growth. Koslowski T. (Ed). Academy Press, New York, pp: 235-238.
- Belaid D. (1987).** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Edition OPU. Alger, 207 p.
- Benbelkacem A. et Kellou K. (2000).** Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie. In Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N. et Araus J.L. (eds.). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New Challenges Zaragoza: CIHEAM –IAMZ, pp: 105-110.
- Bengeston G., Larson S. et Lilienberg G. (1978).** Effect of water stress on cuticular transpiration rate and amount and composition of epicuticular wax in seedling of six out varieties. *Physiol. Plant*, **44**: 319-324.
- Blum A. (1985).** Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. *J. exp. Bot.*, **36**: 432-440.
- Blum A. (1988).** Plant breeding for stress environments. CRC Press Inc Florida, USA; 223p.
- Boudour L., Djekoun A., Ghribi D. et Olmi A. (2004).** Morphology diversity of Algerian durum wheat population. *Arab. Univ. J. sci*, **12(2)**: 597-608.
- Boudour L. (2006).** Étude des ressources phyto-génétiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) algérien : analyse de la diversité génétique et des critères d'adaptation au milieu. Thèse Doctorat d'Etat. Université Mentouri Constantine, 142p.
- Boulelouah N. (2002).** Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.
- Bouzerzour H. et Oudine M. (1989).** Association de certains caracteres morphologiques au rendement grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) en conditions semi-arides. *INRA*, **3**: 157-167.
- Bouzerzour H. et Hafsi M. (1993).** Diagnostic du comportement variétal du blé dur dans les hautes plaines sétifiennes. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier, France. Ed. INRA, Paris, **64**: 205-215.
- Bouzerzour H., Djekoune A., Benmahammed A., Benbelkacem A., Hazmoune T. et Mekhlouf S. (2000).** Stabilité des performances et caractéristiques phenol-morphologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) issues d'une sélection multi locale. Proc. Du Premier Symposium International sur la Filière Blé- Enjeux et Stratégie- Alger, pp: 178-184.
- Boyer J.S. (1970).** Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiology*, **46**: 233-235.

Références Bibliographiques

- Bozzini A. 1988.** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. in Fabriani G. et C. Lintas (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota), Etats-Unis, pp: 1-16.
- Branlard et al., 1989).** Measured and simulated soil- water redistribution and extraction patterns of drip irrigated tomatoes above a shallow water table. ASAE paper. pp: 2589-2588.
- Breck T.G., Baenziger S. et Morris R. (1992).** Chromosomal location of quantitative trait loci affecting stability of six traits, using reciprocal chromosome substitutions. *Crop. Sci.* **32**: 628-633.
- Brinis L. (1995).** Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morpho physiologiques et biochimiques de traits d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Doctorat d'état en sciences. Physiologie végétale et amélioration génétiques des plantes. Université d'Annaba (Algérie).156 p.
- Brisson N. (1996).** Bien remplir le grain. Sécheresse : la tolérance variétale. Colloque perspectives blé dur. Toulouse Labège, 152p.
- Broda Z. (2002).** Polymorphism of RAPD markers of *Triticum aestivum* ssp. vulgare with varied bake value. *Prace-z-Zakresu-Nauk-Rolniczych*, **93**: 123-128.
- Bruford M.W. et Wayne R.K. (1993).** Microsatellites and their application to population genetic studies. *Current Opinion in Genetics and Development.* **3 (6)**: 939-943.
- Cardle L.B., Ramsay L., Milbourne D. et Marshal D. (2000).** Computational and experimental characterization of physically clustered simple sequence repeats in plants. United Kingdom, **156**: 847- 854.
- Cattiveli L., Baldi P., Crosatti N. et Di Fonzo N. (2002).** Chromosome regions and stress related sequences involved in resistance to abiotic stress in Triticeae. *Plant Molecular Biology*, **48**: 649-665.
- Chorfi A. (1992).** Réactions physiologiques de *Hordeum vulgare* L. cv keys au chlorure de sodium en relation avec l'excès ionique. Thèse de doctorat, Gembloux, Faculté des sciences agronomiques, 116p.
- Clarke J.M. et Mc Craig T.N. (1982).** Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *Crop Sci.*, **22**: 503-506.
- Clarke J.M., et Richards R.A. (1988).** The effect of glaucousness, epicuticular wax, leaf age, plant height, and growth environment on water loss rates of excised wheat leaves. *Can. J. Pant Sci.*, **68**: 975-982.
- Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R. et Buckley T.W. (2002).** Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie*, **82**: 27-33.
- Clement Grancourt et Prats. (1971).** Les céréales. Ed.J.B. Bailliers et Fils, 360p.
- Conseil International des Céréales. (2002).** World Grains Statistics. pp: 13-17.

Références Bibliographiques

- Corbellini M., Perenzin M., Accerbi M. et Vaccino P. (2002).** Genetic diversity in wheat as revealed by coefficient of parentage and molecular marker a dits relationship to hybrid performance. *Euphytica*, **123**: 273-285.
- Croston R. P. et Williams J.T. (1981).** A world survey of wheat genetic resources. *IBRGR. Bulletin / 80/59*, 37 p.
- Day W. (1981).** Growth of spring barley under drought: crop development photosynthesis, dray-matter accumulation and nutrient content. *Journal of experimental Botany*, **96**: 167-186.
- Dekkers J.C.M. et Hospital F. (2002).** The use of molecular genetics in the improvement of agricultural populations [Review]. *Natl. Rev. Genet.*, **3 (1)**: 22-32.
- Dellaporta S.L., Woods J. et Hicks J.B. (1983).** A plant DNA minipreparation. *Plant Mol. Boil. Rep*, **1**: 19-21.
- Donmez, E., R.G. Sears, J.P. Shroyer et G.M. Paulsen. (2000).** Evaluation of Winter Durum Wheat for Kansas. Kansas State University Agricultural Experiment Station, and Cooperative Extension Service. Publication, **1**:172-180.
- Eagles H.A., Bariana H.S., Ogonnaya F.C., Rebetzke G.J., Hollamby G.J., Henry R.J., Henschke P.H. et Carter M. (2001).** Implementation of markers in Australian wheat breeding. *Aust. J. Agric. Res.* **52 (12)**: 1349–1356.
- Echelle de Feekes, (1954).** Classement Rev2. *Agr1.* (1984).
- Elfalah M., Chalbi N. et El Ghazzah M. (1991).** Analyse de l'adaptation à l'aridité de quelques ressources génétiques locales d'orge (*Hordeum vulgare* L.) comparativement à des variétés améliorées. *Eurotext. Paris*, pp: 197-209.
- El Hakimi A., Monneveux P. et Galiba G. (1995).** Soluble sugars, proline, and relative water content as traits for improving drought tolerance in *Triticum durum*. *J. Gen. Breed.*, **49**: 234-244.
- Eliard J.L. (1979).** Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Bailière, Paris, 344 p.
- Engledow F.L. et wadham S.M. (1993).** Investigation on yield in the cereals. Part 1. *J Agric. Sci.* **13**: 390-439.
- Evans L.T. et Rawson H.M. (1975).** Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of ear during grain development in wheat. *Aust.J. Biol.* pp: 223-245.
- Farooq S., Shah T.M., Askari E., Zaidi A.A., Arif M. et Iqbal N. (1994).** Identification of different wheat genotypes through polymorphism based on random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Pakistan Journal of Botany.* **26(2)**: 373-382.
- Feillet P. (2000).** Le grain du blé. Composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, pp : 17-18.
- Fereres F. (1987).** Variability in adaptative mechanisms to water deficits in annual and perennial crop plants. *Bull soc bot.*, **132**: 17-32.

Références Bibliographiques

- Figuliulo G. (2000).** A nested analysis to detect relationships between genetic markers and germoplasm classes of durum wheat. *Plant Genetic Ressources Neweletter*, **124**: 44-50.
- Fisher R.A. et Maurer R. (1978).** Drought resistance in spring wheat cultivars 1 Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* **29**: 897-912.
- Galoud J.P., Dumas F., Carrasco A., Carriere M., Canut H. et Pont-Lazica R. (1995).** Biochemical and molecular events in Arabidopsis cells under osmotic treatment: INRA. Inter drought, 132p.
- Gate P., Bouthier A., Woznica K. et Manzo M.E. (1990).** La tolérance des variétés de blé tendre d'hiver à la sécheresse : premiers résultats I.T.C.F. *Perspectives agricoles*, **145**: 17-23.
- Gate P., Bouthier A., Casablanca H. et Deleens E. (1993).** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : *Tolérance à la sécheresse des céréales en zone Méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale*. Ed. INRA, Montpellier (France), **64**: 61-73.
- Gate P. (1995).** *Ecophysiologie du blé*. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.
- Gnanasiri S., Premachandra A., Hurohimi S., Kounosuke F. et Shoitsu O. (1992).** Osmotique adjustment and stomatal response to water deficits in Maize. *Journal of experimental Botany*, **43 (256)**: 1451-1456.
- Godwin M. A., Laymon C. M., Prior R. M., Tilley D. R., et Weller H. R. (1997).** Haplotype and Phenotype Analysis of Nine Recurrent *BRCA2* Mutations in 111 Families: Results of an International Study. <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevC.56:1605-1623>.
- Grunig R. Thomas N., Scott O. Rogers S. (2001).** Genetic variability among strains of *Phialocephala fortinii* and phylogenetic analysis of the genus *Phialocephala* based on rDNA ITS sequence comparisons. *Can. J. Bot.* **80(12)**: 1239–1249.
- Hadjichristodoulou A. (1989).** Environmental correlations among grain yield and other important traits of wheat in dry lands. *Euphytica*, **44**: 143-150.
- Hamada Y. (2002).** Evaluation de la variabilité génétique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse Magister. Université Mentouri Constantine, 167p.
- Hannachi L., Deléens E. et Gate P. (1996).** Nitrogen and carbon isotopique composition of wheat grain: alteration due to sink- source modifications at flowering. *Mass spectrometry*, **19**: 979-986.
- Harlan J.R. (1975).** Our vanishing genetics resources. *Science*, **188**: 618-621.

Références Bibliographiques

- Helms T., Orf J. et Vallaet G. (1997).** Genetic variance, coefficient of parentage and genetic distance of six Soy bean populations. *Theo. Appl. Genet.*, **94**: 20-26.
- Hokanson S.C., Szewc-McFadden A.K., Lamboy W.F. et McFerson J.R. (1998).** Microsatellite (SSR) markers reveal genetic identities, genetic diversity and relationships in a *Malus x domestica* Borkh. Core subset collection. *Theor Appl Genet.* **97**: 671–683.
- Hsiao T.C. (1973).** Plant reponses to water stress. *Ann. Rev. Plant physiol.* **24**: 519-520.
- Jarne P. et Lagoda J.L. (1996).** Microsatellites, from molecules to populations and back. *Trends in Evolution and Ecology*, **11 (10)**: 424-429.
- Johnson D.A., Richards R.A. et Turner N.C. (1983).** Yield water relations, gas exchange and surface reflectance or near-isogenic wheat lines differing in glaucousness. *Crop Sci.*, **23**: 318-325.
- Johnson R.R. et Moss D.V. (1976).** Effect of water stress on photosynthesis and transpiration of flag leaves and spikes of barley and wheat. *Crop. Sci.*, **14(5)**: 728-731.
- Johnson S.S. et Geadelmann J.L. (1989).** Influence of water stress on grain yield response to recurrent selection in maize. *Crop Sci.*, **29**: 558-564.
- Jonard P. et Koller J. (1950).** Les facteurs de la productivité chez le blé. Résultats obtenus en 1948 et 1949. *Ann. Am. Plant.*, **2**: 256-276.
- Kahali A. (1995).** Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *Plant. Physiol.*, **145**: 363-366.
- Kahl E. (2001).** C-terminal Splice Variants of the Mouse μ -Opioid Receptor Differ in Morphine-induced Internalization and Receptor Resensitization. Published, *JBC Papers in Press*, May 18, 2001, DOI. **10**:1074.
- Ketata H. (1987).** Actual and potential yields of cereal crops in moisture-limited environments. in: *Drought Tolerance in Winter Cereals*, Srivastava, J.P., Porceddu, E., Acevedo, E. and Varma, S. (éds). John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK. pp:105-116.
- Kobayashi S. et Yoshida T. (2006).** Identification of main wheat and barley cultivars in the Kanto Region by RAPD analysis. *Japanese-Journal of Crop Science.* **75(2)**: 165-174.
- Kramer P.J. (1981).** Carbon dioxide concentration, phothosynthesis, and dry matter production. *Biosciences*, **31**: 29-33.
- Kumar M., Luthra O.P., Chawla V., Chaudhary L., Saini N., Poonia A., Kumar R. et Singh A.P. (2006).** Identification of RAPD markers linked to the karnal bunt resistance genes in wheat. *Biologia Plantarum*, **50(4)**: 755-758.
- Ladigues P.V. (1975).** Some aspects of issue water relations in three populations of *Eucalyptus viminalis* Labill. *New phytol.* **75**: 53-62.
- Langridge P., Lagudah E.S., Holton T.A., Appels R., Sharp P.J. et Chalmers K.J. (2001).** Trends in genetic and genome analyses in wheat: a review. *Aust. J. Agric. Rest.*, **52**: 1043-1077.

- Levitt J. (1980).** Water stress in "responses of plant environmental stress, water, radiation, salt and other stresses. New York, Academic Press, pp: 225-282.
- Ludlow M.M. et Muchow R.C. (1990).** A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environments. *Advances in Agronomy*, **43**: 107-153.
- Mackey J. (1968).** Species relations in *Triticum*. Proc. 2nd International Wheat Genetic Symposium, *Hereditas*, **2**: 237-276.
- Mandoulakani B.A., Gomarian M. et Shahnejat-Bushehri A.A. (2006).** Identification of the parents for bread-making quality improvement in bread wheat based on RAPD and seed storage protein (HMW-GS) markers. *Pakistan-Journal of Biological Sciences*, **9(3)**: 497-502.
- Masle-Meynard J. (1980).** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur- Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- Mekliche A., Bouthier A. et Gate P. (1993).** Analyse comparative des comportements à la sécheresse du blé dur et du blé tendre. INRA, Paris, **64**: 299-309.
- Metakostvsky E.V. et Baboer k. (1992).** Polymorphism of gliadin and unusual gliadin alleles in *Triticum boeoticum*. *Genome*. **35**: 1007-1012.
- Meziani L., Bammoun A., Hamou M., Brinis L. et Monneveux P. (1993).** Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agro climatiques de l'Algérie. In Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) 15-17 Décembre 1992. Ed. INRA, Paris, **64**: 191-203.
- Mhameed S., Sharon D., Kaufman D., Lahav E., Hillel J., Degani C. et Lavi U. (1997).** Genetic relationships within avocado (*Persea americana* Mill.) cultivars and between *Persea* species. *Theor Appl Genet*, **94**: 279–286.
- Monneveux P. (1991).** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance à aux déficit hydrique des céréales d'hiver ? In amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. N. Chalabi and Y. Demarly (eds). Tunis (Tinisie), AUPELF- UREF, pp: 165-186.
- Monneveux P. et This D. (1997).** La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, **8(1)**: 29-35.
- Moule C. (1971).** Céréales 2. phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236p.
- Nachit M.M. et Jarrah M. (1986).** Association of some morphological characters to grain yield in durum wheat under Mediterranean dry land conditions. *Rachis*, **5**: 33-35.
- Nachit M., Nachit G., Keteta H., Gauch H.G. et Zobel R.W. (1992).** Use of AMMI and linear regression models to analyse genotype environment interaction in durum wheat. *Theor. Appl. Gent.*, **83**: 597-601.

- Nagaraju J., Kathirvel M., Kumar R.R., Siddiq E.A., Hasnain S.E. (2002).** Genetic analysis of traditional and evolved Basmati and non-Basmati rice varieties by using fluorescence-based ISSR-PCR and SSR markers. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. **99**: 5836-5841.
- Naghavi M.R., Mohsen M., Ramshini H.A. et Bahman F. (2004).** Comparative analyses of the genetic diversity among bread wheat genotypes based on RAPD and SSR markers. *Iranian Journal of Biotechnology*, **2(3)**: 195-202.
- Nemmar M. (1983).** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement. Thèse Doct. Ing. Montpellier, 108 p.
- Nouri L. (2002).** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), en conditions de déficit hydrique. Thèse de magister en Biologie Végétale, pp: 4-16.
- O'Farell P.H. (1975).** High resolution two-dimensional electrophoresis of proteins. *J Biol Chem*. **250**: 4007-4021.
- Oh M.H., Moon Y.H. et Lee C.H. (2000).** Increased Stability of LHCII by Aggregate Formation during Dark-Induced Leaf Senescence in the Arabidopsis Mutant. *Plant Cell Physiol*. December 15, **44(12)**: 1368 - 1377.
- Park J., Helfrich-Förster C., Lee G., Liu L., Rosbash M., Hall J.C. (1991).** Differential regulation of circadian pacemaker output by separate clock genes in *Drosophila*. *Proceedings of the National Academy of Science USA*. **97**: 3608-3613.
- Peakall R., Gilmore S., Keys W., Morgante M. et Rafalski A. (1998).** Cross-species amplification of Soybean (*Glycine max*) simple sequence repeats (SSRs) within the genus and other legume genera: implications for the transferability of SSRs in plants. *Molecular Biology and Evolution*, **15**: 1275-1287.
- Pheloung P.C. (1991).** Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. *Australian J. Plant Physiol.*, **18**: 53-64.
- Pradeep D.J., Keat A. et Gaffney K. (2005).** Lack of NMDA Receptor Subtype Selectivity for Hippocampal Long-Term Potentiation. Univ. Hospital. Norwich. UK.
- Prevost A. et Wilkinson M.J. (1999).** A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. *Theor Appl Genet.*, **98**: 107-12.
- Pujar S., Tamhankar S.A., Rao V.S., Gupta V.S., Naik S. et Ranjekar P.K. (1999).** Arbitrarily primed-PCR based diversity assessment reflects hierarchical groupings of Indian tetraploid wheat genotypes. *Theoretical and Applied Genetics*, **5**: 868-876.

Références Bibliographiques

- Pujar S., Tamhankar S.A., Gupta V.S., Rao V.S. et Ranjekar P.K. (2002).** Diversity analysis of Indian tetraploid wheat using intersimple sequence repeat markers reveals their superiority over random amplified polymorphic DNA markers. *Biochemical-Genetics*, **40(1/2)**: 63-69.
- Qian Y., Christopher S. et Michael A. (2001).** Selecting a Maximally Informative Set of Single-Nucleotide Polymorphisms for Association Analyses Using Linkage Disequilibrium.
- Rajbir Y., Bhatt K.Y. et Yadav S.K. (2005).** Evaluation of genetic diversity in Indian durum wheat with RAPD markers. *New Botanist*, **32(1/4)**: 205-214.
- Ramla D. et Amirouche R. (2004).** Utilisation de marqueurs biochimiques (Horéines) et moléculaires (RAPD) pour l'identification de six variétés d'orge *Hordeum vulgare L.* Institut national de la recherche agronomique d'Algérie, **15**: 92-102.
- Ramsay L., Macaulay M. et Maclean K. (2000).** A Simple Sequence Repeat based linkage map of barley. Plants Genetics Laboratory. University of Latvia, Salaspils. **156**: 1997-2005.
- Rasio A., Sorrentino G., Cedola M.C. et Wittner G. (1987).** Osmotic and elastic adjustment of durum wheat leaves under stress conditions. *Genetic. Agr.* **41**: 427-436.
- Rawson H.M., Bagga A.K. et Bremner P.M. (1977).** Aspects of adaptation by wheat barley to soil moisture deficits. *Australian J. Plant Physiol.* **4**: 189-401.
- Richards R.A. (1986).** Glaucousness in wheat: its development and effect on water use efficiency, as exchange and photosynthetic tissue. *Aust. J. plant. Physiol.* **13**: 465-473.
- Richter G. (1993).** Métabolisme des végétaux. Physiologie et biochimie. Presse polytechniques et universitaires romandes. 5^{ème} édition, 526p.
- Röder M.S., Plaschke J., König S.U., Börner A., Sorrells M.E., Tanksley S.D. et Ganai M.W. (1995).** Abundance, variability and chromosomal location of microsatellites in wheat. *Mol Gen Genet.* **246**: 327-333.
- Saiki R.K., Gelfand D.H. et Stoffel S. (1988).** Primer-directed enzymatic amplification of DNA with thermostable DNA polymerase. *Science*, **239**: 487-91.
- Sanchez Diaz M.F. et Kramer P.J. (1971).** Behaviour of corn and sorghum under stress and during recovery. *Plant physiol.*, **48**: 613-616.
- Santoni S., Faivre- Rampant P., Prado E. et Prat D. (2000).** Marqueurs moléculaires pour l'analyse des ressources génétiques et l'amélioration des plantes. *Cah. Agri.* **9(4)**: 3311-3327.
- Schilling A.S., Abaye A.O., Griffey C.A., Branna D.E., Alleya M.M. et Pridgena T.H. (2003).** Adaptation and Performance of Winter Durum Wheat in Virginia. *Agron J.*, **95**: 642-651.
- Schut J.W. et Qi X. (1997).** Association between relationship measures based on AFLP markers, pedigree data and morphological traits in barley. *Theor. Appl. Genet.*, **95**: 1161-1168.

- Scofield T., Evans J., Cook M.G. et Wardlaw I.F. (1988).** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust.J.Plant physiol*, **4**: 785-797.
- Semiani M. (1997).** Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de 2 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). *Rech. Agr.*, pp: 23-32, INRA.
- Serova A.S., Ignatov A.N. et Dorokhov D.B. (2002).** Complex molecular marker system applied for estimation of genetic polymorphism within genera *Aegilops* and *Triticum*. Yalta, Ukraine: Ukrainian Academy of Agrarian Sciences, State Nikitsky Botanical Gardens, **85**: 14-16, 63-64.
- Sharma K.D., Singh B.M. et Guleria S. (2000).** Molecular analysis of variability in *Podophyllum*- hexan- durum Royle-an endangered medicinal herb of northwestern Himalaya. *Plant Genetic -Resources Newsletter*, **124**: 57-61.
- Sivolap M., Kutsevich L.I., Palamarchuk A.I. et Totsky V.N. (1997).** Molecular-genetic polymorphism of winter durum wheat determined by polymerase chain reaction with arbitrary primers. *Russian-Agricultural-Sciences*, **1**: 9-13.
- Soltner D. (2005).** Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. 472p.
- Spagnoletti-Zeuli P.L. et Qualset C.O. (1990).** Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. *Plant Breed*, **105**:189-202
- Takezaki N. et Nei M. (1996).** The root of the phylogenetic tree of human populations. *Mol. Biol. Evol.* **13**: 170-177.
- Tautz D. (1989).** Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic markers. *Nucleic Acids Res.* **17**: 6463–6471.
- Tautz D. et Renz M. (1984).** Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. *Nucleic Acids Res.* **12**:4127–4138.
- Triboi E. (1990).** Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum*). *Agronomie*, **10**: 191-200.
- Triboi E. et Ollier J.L. (1990).** Évolution et rôle des réserves glucidiques azotées des tiges chez 21 génotypes de blé. *Agron.J.*, **11**: 239-246.
- Triboi E., Rousset M. et Lemerrier E. (1995).** Elaboration du poids de grain. *Ecophysiologie du blé*. INRA, pp: 67-100.
- Turner N.C. (1978).** Osmotic adjustment of sorghum and sunflower crops in response to deficits a dits influence on the water potential at with stomatal close. *Aust. J. plant Physiologic Wheat*, **5**: 597-608.
- Vilain M. (1987).** La production végétale. Tom1. Les composantes de la production. Ed. J.B.Baillière, Paris, **48**: 370.
- Welsh J. et McClelland M. (1990).** Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Res.* **18**: 7213-7218.

Références Bibliographiques

Westman A.L. et Kresovich S. (1997). USDA-ARS, Plant Genetic Resources Conservation Unit, University of Georgia, Griffin GA 30223-1797, USA. **770:** 229-3323.

Wiesner L. et Wiesnerová D. (2003). Effect of resolving medium and staining procedure on inter-simple-sequence-repeat (ISSR) marker patterns in flax. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **50:** 849-853.

Williams J.G.K., Kubelik A.R., Livak K.J., Rafalski J.A. et Tingey S.V. (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.* **18** (22): 6531-6533.

Wolfe D.W., Sardes V.O., Villalobos J. et Ferreres E. (1992). Photosynthesis recovery from drought in relation to stress effects on leaf osmotic potential and nitrogen content. In: *Proceeding of the 13th International Sunflowers*. Pica, Italy, **1:** 658-663.

Worland A. J., Apendina M.L. et Sayers E.J. (1994). The distribution in European winter wheat of genes that influence ecoclimatic adaptability while determining photoperiod insensitivity and plant height. *Euphytica*, **80:** 219-228.

Yang W., De-Oliveira A.C., Godwin I., Schertz K. et Bennetzen J.L. (1996). Comparison of DNA marker technologies in characterizing plant genome diversity: variability in Chinese sorghums. *Crop Sci* **36** : 1669-1676.

Ykhlef N. (2001). Photosynthèse, activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat d'Etat, Université Mentouri Constantine, 146 p.

Yves H. et De Buyser J. (2000). L'origine des blés. *Pour la science*, **26:** 60-62.

Zadoks J.C., Chang P.T. et Konzak E.F. (1974). A decimal code for growth stages of cereals. *Ecarpia Bul.*, **7:** 42-52.

Zietkiewicz E., Rafalski A. et Labuda D. (1994). Genome fingerprinting by Simple Sequence Repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics.*, **20:** 176-183.

Annexes

Annexe 1 : Valeurs moyennes prises par les caractères phéno-physiologiques des 58 génotypes des 10 variétés.

Variétés	N°	DE (jour)				TRE %			
		Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
<i>provinciale</i>	G1	138	142	140	2	65	73	70	2,23
<i>apulicum</i>	G2	137	145	141	2,92	85	95	90	3,80
<i>apulicum</i>	G3	137	142	140	1,87	75	80	77	2,54
<i>erythromelan</i>	G4	140	145	142	2,12	85	88	87	0,70
<i>erythromelan</i>	G5	141	144	142	1,22	81	86	84	1,58
<i>erythromelan</i>	G6	139	145	142	2,3	74	78.9	76.9	1,58
<i>erythromelan</i>	G7	140	144	142	2	78	82	80	1,58
<i>obscurum</i>	G8	136	140	138	1,58	73	80	75	3.8
<i>obscurum</i>	G9	136	142	138	2,45	81	88.7	85,7	3
<i>obscurum</i>	G10	135	145	138	4,06	76	85.8	81,8	4.05
<i>algériense</i>	G11	133	144	137	4,27	80	88	83	3.08
<i>algériense</i>	G12	135	137	136	0,71	77	83	80	3
<i>algériense</i>	G13	136	140	138	1,58	84	88.6	86.6	2
<i>algériense</i>	G14	135	146	139	4,53	73	80.7	77.7	2.54
<i>algériense</i>	G15	134	143	138	4,64	77	82	80	1.58
<i>algériense</i>	G16	134	144	138	4,69	78	82.25	81.25	0.70
<i>alexandrinum</i>	G17	141	148	145	3,08	70	73.7	72.7	1.22
<i>alexandrinum</i>	G18	140	149	145	3,54	81	84.3	83.3	1.22
<i>alexandrinum</i>	G19	141	149	145	3,81	72	76	75	1.22
<i>alexandrinum</i>	G20	139	149	145	3,94	81	85.6	84.6	0.70
<i>alexandrinum</i>	G21	141	149	145	3,39	75	79.5	78.5	1.22
<i>alexandrinum</i>	G22	143	150	145	2,95	80	86.7	85.7	1
<i>alexandrinum</i>	G23	140	150	145	4,38	70	77	75	1.87
<i>alexandrinum</i>	G24	144	147	145	1,3	80	87.6	86.6	1
<i>alexandrinum</i>	G25	143	148	145	2,28	70	77	71.4	3
<i>africanum</i>	G26	138	141	140	1,22	77	87.6	80	5
<i>africanum</i>	G27	135	145	139	3,94	80	84.4	83.3	2
<i>africanum</i>	G28	135	144	138	3,56	85	89	87.5	2
<i>fastuosum</i>	G29	142	149	145	2,74	78.2	85.3	81.2	3
<i>fastuosum</i>	G30	142	147	145	1,87	77.5	89.5	81.8	2
<i>fastuosum</i>	G31	140	150	145	4,12	80	84.2	83.3	1.41
<i>fastuosum</i>	G32	141	148	145	3,08	81.5	87.8	84.6	2.82
<i>fastuosum</i>	G33	144	148	145	1,73	79.2	85.3	81.8	2.12
<i>fastuosum</i>	G34	147	147	147	0	60	88.6	63.6	0.70
<i>melanopus</i>	G35	146	154	150	3,39	79.1	85.8	81.8	1.41
<i>melanopus</i>	G36	145	155	151	4,24	75	79.6	77.7	1.41
<i>melanopus</i>	G37	149	151	150	1	55	82.8	60	0.7
<i>melanopus</i>	G38	143	156	150	6,28	50	79.7	53.8	0.7
<i>melanopus</i>	G39	147	151	150	1,73	39.9	44	40	2.82
<i>melanopus</i>	G40	150	155	151	2,24	63	67.8	66.6	3
<i>melanopus</i>	G41	141	156	150	7,78	59.1	66	61.5	1
<i>melanopus</i>	G42	145	154	150	4,58	79	87	81.25	1.22
<i>melanopus</i>	G43	145	159	151	7,31	43	49.5	46.15	2.44
<i>melanopus</i>	G44	146	156	151	4,3	66	73.25	69.23	0.707
<i>melanopus</i>	G45	150	154	151	1,73	57	60.15	58.33	0.233
<i>circumflescum</i>	G46	145	149	147	1,41	60	70.23	64.28	1.87
<i>circumflescum</i>	G47	139	153	147	7,35	52	58.66	54.54	2.82
<i>circumflescum</i>	G48	143	151	147	3,54	54	57.28	54.54	1.22
<i>circumflescum</i>	G49	147	147	147	0	53	58.54	57.89	1.224
<i>circumflescum</i>	G50	140	149	145	3,39	43	49.54	46.15	0.707
<i>circumflescum</i>	G51	140	152	145	5,66	59	65.9	60	2.12
<i>circumflescum</i>	G52	140	150	145	4,12	61	65.15	63.63	1
<i>circumflescum</i>	G53	143	148	145	1,87	56	61	57.14	0.707
<i>circumflescum</i>	G54	146	148	147	1	39	45.63	41.17	2.44
<i>circumflescum</i>	G55	146	149	147	1,14	54	58.16	57.14	2.449
<i>circumflescum</i>	G56	145	149	147	1,41	55	59.2	57.14	1.58
<i>circumflescum</i>	G57	146	148	147	0,71	74	78.72	76.92	1.5
<i>circumflescum</i>	G58	145	149	147	1,58	63	64.63	63.63	1

Annexe 2-a- : Valeurs moyennes prises par les caractères morphologiques des 58 géotypes des 10 variétés.

Variétés	N=°	HP (cm)				LB (cm)				LE (cm)				SF (cm ²)			
		Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
<i>provinciale</i>	G1	51	53	52	1	4	13	8,4	3,36	3	5	4,4	0,894	9,75	21,25	14,99	4,544
<i>apulicum</i>	G2	48	56	52	2,92	8	11	9,6	1,14	4,5	7	5,7	0,975	9,75	12	10,5	1,043
<i>apulicum</i>	G3	55	65	60	3,61	7	12	8,8	1,92	4	6,5	5,4	1,084	6,6	9,1	8,2	1,046
<i>erythromelan</i>	G4	66	78	72	4,47	6	10	7	1,73	5	6	5,2	0,447	12,75	15,75	14,05	2,637
<i>erythromelan</i>	G5	60	70	65	3,96	8	11	9,4	1,34	5	7	6	0,707	11,4	22,95	15,06	9,356
<i>erythromelan</i>	G6	71	79	75	3,54	8	11	9,4	1,14	5	6	5,6	0,548	12,6	15	13,56	2,129
<i>erythromelan</i>	G7	70	78	74	3,54	9	11	10,2	0,84	6	8	7	0,707	14	16,8	15,13	2,238
<i>obscurum</i>	G8	51	59	55	3,54	6	10	7,4	1,67	4	6	5	1	9	14,95	11,39	4,757
<i>obscurum</i>	G9	42	54	50	4,74	5	8	6,8	1,1	4	5	4,4	0,548	10,8	16,5	12,74	4,58
<i>obscurum</i>	G10	50	55	52	2,12	6	11	8	2,12	4	6	5	0,707	9	15	11,4	4,794
<i>algériense</i>	G11	64	74	68	3,74	9	12	10,6	1,14	5	7	5,8	0,837	11,05	13,8	12,36	2,632
<i>algériense</i>	G12	64	66	65	0,71	7	9	8,2	0,84	5	7	6	1	6	7,8	7,05	1,517
<i>algériense</i>	G13	56	61	59	1,87	8	12	9,8	1,79	5	7	6,2	0,837	12	16,8	14,17	4,031
<i>algériense</i>	G14	57	63	60	2,3	8	11	9,4	1,14	5	6	5,8	0,447	9,1	13,3	11,6	3,066
<i>algériense</i>	G15	64	66	65	0,71	6	11	8,2	1,92	6	7	6,2	0,447	6,6	9,1	7,9	2,016
<i>algériense</i>	G16	60	71	67	4,3	8	10	9	1	5	6	5,8	0,447	9,6	18	12,78	6,258
<i>alexandrinum</i>	G17	72	77	75	1,87	10	12	11	1	6	7	6,6	0,548	5,6	13,3	9,69	5,48
<i>alexandrinum</i>	G18	71	77	74	2,12	9	12	10,6	1,14	5	7	6	0,707	9,6	17,25	12,79	5,859
<i>alexandrinum</i>	G19	65	75	70	3,54	9	13	10,8	1,48	6	7	6,6	0,548	8,4	13,3	11,07	3,924
<i>alexandrinum</i>	G20	75	77	76	0,71	8	12	10,2	2,05	6	7	6,2	0,447	6	7,8	7,04	1,553
<i>alexandrinum</i>	G21	58	72	66	4,9	7	12	8,8	2,05	5	7	6	0,707	8,45	11,2	10,02	2,048
<i>alexandrinum</i>	G22	66	71	69	1,87	7	10	8,6	1,14	5	7	6	0,707	9,6	12,6	11,31	2,239
<i>alexandrinum</i>	G23	66	70	68	1,41	9	12	10,6	1,14	6	7	6,4	0,548	8,4	12,6	10,59	3,074
<i>alexandrinum</i>	G24	69	71	70	0,71	8	13	10,8	1,92	5	7	6,2	1,095	9,6	15	13,1	4,118
<i>alexandrinum</i>	G25	67	75	71	2,83	7	12	9	2,35	6	7	6,6	0,548	9,75	12	10,5	2,087
<i>africanum</i>	G26	64	66	65	0,71	8	11	9,8	1,1	4	6	5,2	0,837	8,45	17,85	13,17	6,749
<i>africanum</i>	G27	58	74	66	7,07	10	12	11	1	4	6	4,8	0,837	9	14,95	12,05	4,361
<i>africanum</i>	G28	64	73	69	3,24	10	12	11	0,71	4	5	4,8	0,447	6,6	8,45	7,43	1,381
<i>fastuosum</i>	G29	72	88	80	5,66	7	11	8,8	1,64	5	6	5,4	0,548	11,05	26	15,83	11,73
<i>fastuosum</i>	G30	78	90	84	4,24	6	12	9,6	2,3	5	6	5,8	0,447	12,6	16,5	14,75	2,902
<i>fastuosum</i>	G31	83	95	89	4,27	7	10	9	1,41	5	7	6	0,707	20,8	31	25,74	7,586
<i>fastuosum</i>	G32	81	90	85	3,39	10	11	10,4	0,55	5	6	5,6	0,548	11,7	21,6	17,24	7,223
<i>fastuosum</i>	G33	84	96	88	4,9	7	8	7,4	0,55	4	5	4,8	0,447	11,05	19,2	14,04	6,111
<i>fastuosum</i>	G34	86	98	92	5,1	9	12	10,2	1,3	5	6	5,6	0,548	7,2	12	10,56	3,946
<i>melanopus</i>	G35	84	96	90	6	8	11	9,5	1,29	5	5	5	0	8,4	12	9,93	2,801
<i>melanopus</i>	G36	95	101	98	3	8	13	10	2,12	6	7	6,8	0,447	11,4	15	13,07	2,849
<i>melanopus</i>	G37	85	89	87	2	9	12	10	1,41	5	7	6,6	0,894	10,2	12	11,26	1,689
<i>melanopus</i>	G38	85	100	95	6,12	8	12	10	1,58	6	9	7,2	1,304	11,25	20	14,43	6,963
<i>melanopus</i>	G39	94	98	96	1,41	8	11	9,6	1,14	6	6	6	0	6,6	9,1	8,04	2,072
<i>melanopus</i>	G40	91	99	94	3,08	9	12	10,6	1,14	4	7	5,8	1,095	9	13,6	10,68	3,761
<i>melanopus</i>	G41	84	96	90	6	5	13	9,6	3,13	5	7	6	0,707	7,8	10,2	8,75	1,871
<i>melanopus</i>	G42	84	90	88	2,45	7	11	8,8	1,79	4	6	4,6	0,894	7,8	10,4	9,19	2,122
<i>melanopus</i>	G43	84	90	87	2,3	9	10	9,4	0,55	4	5	4,4	0,548	9,1	15	11,43	4,332
<i>melanopus</i>	G44	90	96	92	2,45	8	13	10,6	1,95	5	6	5,4	0,548	7,8	15	11,09	5,158
<i>melanopus</i>	G45	92	96	94	1,41	10	11	10,4	0,55	5	6	5,4	0,548	9,1	14	11,67	3,831
<i>circumflescum</i>	G46	80	90	85	5	6	11	8,8	1,92	5	6	5,6	0,548	6,05	10,4	8,49	3,435
<i>circumflescum</i>	G47	81	88	85	2,55	8	14	11,2	2,39	4	5	4,4	0,548	11,05	15	13,52	3,326
<i>circumflescum</i>	G48	82	86	84	2	10	13	11,2	1,3	5	8	5,8	1,304	7,8	13,6	10,88	5,237
<i>circumflescum</i>	G49	84	90	87	3	9	11	10,2	0,84	4	7	6	1,225	12,35	15	13,48	2,103
<i>circumflescum</i>	G50	80	90	86	3,94	8	12	10,2	1,48	4	7	5,8	1,095	11,05	14,25	12,86	2,837
<i>circumflescum</i>	G51	86	95	89	3,7	7	11	9,4	1,82	3	5	4,6	0,894	11,7	16,5	14,23	3,439
<i>circumflescum</i>	G52	75	85	80	5	8	12	10,2	1,79	5	6	5,2	0,447	11,05	13,5	12,3	1,785
<i>circumflescum</i>	G53	76	90	81	5,74	7	9	8,4	0,89	4	6	5,2	0,837	13	18,75	15,67	4,503
<i>circumflescum</i>	G54	88	96	92	2,83	6	12	9	2,24	4	5	4,8	0,447	10,2	15	12,22	3,758
<i>circumflescum</i>	G55	81	90	86	3,24	9	12	10,4	1,14	4	6	5,2	0,837	7,2	11,9	9,54	3,366
<i>circumflescum</i>	G56	69	88	79	6,76	9	12	10,8	1,64	5	6	5,4	0,548	7,2	10,8	9,6	2,983
<i>circumflescum</i>	G57	71	80	76	3,24	5	12	8,6	3,36	4	5	4,4	0,548	11,7	15	13,38	2,692
<i>circumflescum</i>	G58	86	90	88	2	9	14	11,6	2,07	5	7	6,2	0,837	9,1	11,2	10,35	1,841

Annexe 2-b- : Valeurs moyennes prises par les caractères morphologiques des 58 géotypes des 10 variétés.

Variétés	N=°	TE				TH				TEH				TF%			
		Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
provinciale	G1	2	4	3	0,71	2	5	3,33	0,55	0,2	0,96	0,9	0,25	18,18	56,41	39,72	15,14
apulicum	G2	2	3	2,2	0,84	1	5	2,8	0,71	0,5	0,9	0,8	0,63	31,37	74,36	55,17	16,07
apulicum	G3	2	3	2,2	0,45	1	6	3,14	0,84	0,4	0,88	0,7	0,99	23,53	53,33	43,19	11,52
erythromelan	G4	2	3	2,4	0,55	6	8	7,2	0,84	0,25	0,43	0,33	0,07	5,128	71,79	39,25	28,01
erythromelan	G5	1	4	2,6	1,14	6	9	7,8	1,1	0,17	0,5	0,33	0,13	51,11	66,67	59,24	5,902
erythromelan	G6	2	4	3,2	0,84	5	8	6,6	1,14	0,4	0,57	0,48	0,07	37,78	62,75	46,5	9,523
erythromelan	G7	2	3	2,6	0,55	6	8	7	0,71	0,29	0,5	0,38	0,09	17,65	37,25	31,37	7,965
obscurum	G8	1	3	2	0,71	5	10	7,4	1,82	0,14	0,4	0,28	0,11	7,692	56,41	27,18	18,89
obscurum	G9	2	4	2,8	0,84	5	9	7	1,58	0,22	0,6	0,42	0,15	15,38	57,78	39,76	16,14
obscurum	G10	2	4	3,2	0,84	6	9	7,4	1,14	0,29	0,5	0,43	0,09	0	62,75	38,01	23,17
algériense	G11	2	3	2,4	0,55	5	8	6,6	1,14	0,25	0,5	0,37	0,1	13,33	61,54	34,85	17,84
algériense	G12	1	3	2	0,71	5	8	6,6	1,14	0,2	0,43	0,3	0,09	0	27,45	5,49	12,28
algériense	G13	2	4	2,8	0,84	5	8	6,6	1,14	0,25	0,8	0,45	0,21	11,76	53,85	31,61	17,76
algériense	G14	2	3	2,8	0,45	4	8	6	1,58	0,38	0,75	0,49	0,15	0	54,9	39,01	22,33
algériense	G15	2	3	2,6	0,55	5	8	6,4	1,14	0,25	0,6	0,43	0,15	0	66,67	25,33	34,77
algériense	G16	1	4	3	1,22	5	10	7,8	1,92	0,2	0,57	0,38	0,15	28,89	51,11	40,04	9,698
alexandrinum	G17	1	4	2,6	1,14	7	10	8,2	1,3	0,14	0,5	0,32	0,15	62,22	74,36	68,21	4,659
alexandrinum	G18	1	3	2,4	0,89	5	8	6,6	1,14	0,14	0,6	0,38	0,17	55,56	66,67	61,44	5,603
alexandrinum	G19	2	3	2,6	0,55	5	7	6,2	0,84	0,33	0,5	0,42	0,06	55,56	68,63	63,15	5,161
alexandrinum	G20	2	3	2,8	0,45	5	10	7,6	2,07	0,25	0,6	0,4	0,15	0	58,82	41,67	23,81
alexandrinum	G21	2	4	3	0,71	6	8	6,8	0,84	0,33	0,67	0,45	0,13	24,44	76,47	56,05	19,89
alexandrinum	G22	1	4	2,8	1,3	4	7	5,4	1,14	0,2	1	0,54	0,31	0	58,82	27,53	25,57
alexandrinum	G23	2	4	3,4	0,89	4	7	5,8	1,3	0,29	1	0,64	0,29	42,22	61,54	55,35	7,578
alexandrinum	G24	1	4	2,8	1,3	4	7	5,8	1,3	0,17	1	0,54	0,35	0	81,82	52,36	32,29
alexandrinum	G25	2	3	2,6	0,55	4	7	5,4	1,14	0,4	0,6	0,49	0,08	54,9	80	70,99	11,06
africanum	G26	2	3	2,8	0,45	4	7	5,2	1,3	0,33	0,75	0,57	0,19	29,63	51,11	41,67	7,798
africanum	G27	2	4	2,8	0,84	5	7	5,8	0,84	0,29	0,8	0,5	0,21	42,42	58,97	52,7	6,34
africanum	G28	2	3	2,6	0,55	5	8	6,6	1,14	0,29	0,6	0,41	0,14	48,15	72,73	57,24	10,04
fastuosum	G29	2	4	3,2	0,84	5	6	5,8	0,45	0,4	0,67	0,55	0,12	43,14	66,67	57,23	9,871
fastuosum	G30	1	3	2,4	0,89	4	6	4,8	0,84	0,25	0,75	0,5	0,19	33,33	60	49,62	10,32
fastuosum	G31	2	4	3,4	0,89	4	7	5,4	1,14	0,33	1	0,66	0,25	60,78	92,16	76,63	11,51
fastuosum	G32	2	3	2,8	0,45	4	6	4,6	0,89	0,33	0,75	0,64	0,18	41,18	76,47	65,65	14,49
fastuosum	G33	1	4	3	1,22	4	6	5,2	0,84	0,17	0,8	0,6	0,27	30,77	66,67	52,65	13,95
fastuosum	G34	2	3	2,8	0,45	4	7	5,4	1,14	0,29	0,75	0,55	0,17	48,72	75,56	64,31	10,41
melanopus	G35	1	2	1,6	0,55	4	7	5,4	1,14	0,14	0,5	0,32	0,15	5,128	54,55	37,05	18,81
melanopus	G36	2	4	3	0,71	4	6	5,2	0,84	0,5	0,8	0,58	0,13	46,67	64,1	56	7,831
melanopus	G37	2	3	2,6	0,55	4	6	4,8	0,84	0,4	0,75	0,55	0,13	45,1	69,7	57,25	9,585
melanopus	G38	1	3	2,2	0,84	4	8	5,6	1,52	0,13	0,75	0,44	0,24	0	56,86	36,78	21,94
melanopus	G39	2	3	2,4	0,55	4	6	5	0,71	0,4	0,6	0,48	0,08	27,45	56,41	38,65	11,93
melanopus	G40	2	3	2,4	0,55	4	6	4,8	0,84	0,33	0,75	0,52	0,16	37,25	71,79	46,15	14,47
melanopus	G41	2	3	2,4	0,55	4	6	5,2	0,84	0,4	0,5	0,46	0,05	0	51,52	10,3	23,04
melanopus	G42	1	3	2	0,71	3	7	5	1,58	0,25	0,67	0,42	0,17	33,33	58,82	49,88	10,82
melanopus	G43	2	3	2,4	0,55	3	6	4,4	1,14	0,33	1	0,6	0,28	41,03	53,85	47,86	4,639
melanopus	G44	1	3	2,2	0,84	3	5	4,2	0,84	0,25	1	0,56	0,31	49,02	72,55	58,57	10,4
melanopus	G45	1	3	1,8	0,84	3	5	4	0,71	0,25	0,75	0,45	0,19	31,11	64,71	49,25	12,32
circumflescum	G46	1	3	2	0,71	3	5	4,4	0,89	0,33	0,6	0,45	0,1	48,89	76,92	61,64	10,38
circumflescum	G47	2	3	2,6	0,55	3	6	4,6	1,14	0,5	0,67	0,57	0,07	43,59	86,67	58,64	16,41
circumflescum	G48	1	4	2	1,22	4	6	4,6	0,89	0,25	0,8	0,43	0,23	44,44	70,59	58,16	9,81
circumflescum	G49	1	3	2	0,71	4	6	4,8	0,84	0,2	0,5	0,42	0,13	50,98	71,79	62,25	8,379
circumflescum	G50	1	3	2,4	0,89	3	5	4,2	0,84	0,25	0,75	0,57	0,19	60	80,39	70,94	7,335
circumflescum	G51	1	3	2	0,71	4	5	4,4	0,55	0,2	0,6	0,46	0,15	33,33	64,1	48,9	14,28
circumflescum	G52	2	3	2,4	0,55	3	5	4,4	0,89	0,4	0,67	0,55	0,1	28,21	78,79	52,46	18,05
circumflescum	G53	1	2	1,4	0,55	4	6	4,8	0,84	0,17	0,5	0,3	0,14	23,08	56,86	42,68	12,28
circumflescum	G54	2	3	2,4	0,55	4	6	4,8	0,84	0,33	0,75	0,52	0,16	44,44	78,79	62,6	14,78
circumflescum	G55	2	3	2,4	0,55	4	7	5,6	1,14	0,33	0,5	0,43	0,07	18,52	60	35,38	15,48
circumflescum	G56	1	3	2,2	0,84	4	6	5	1	0,25	0,6	0,44	0,14	45,45	61,54	55,42	6,112
circumflescum	G57	1	2	1,8	0,45	4	6	4,8	0,84	0,25	0,5	0,38	0,09	24,24	61,9	42,36	17,15
circumflescum	G58	1	3	2,2	0,84	3	5	4,2	0,84	0,33	0,75	0,52	0,16	39,22	88,89	58,74	18,64

Annexe 3 : Valeurs moyennes prises par les composantes du rendement des 58 génotypes des 10 variétés.

Variétés	N=°	NE/E				NG/E				PMG (g)				RDT			
		Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
<i>provinciale</i>	G1	11	15	12,6	1,67	6	22	15,2	6,3	20,5	34	29,5	5,49	7,65	31,5	20,22	10,6
<i>apulicum</i>	G2	11	17	13,4	2,61	16	29	21,4	4,77	15,2	46,9	34,7	12,5	9	36,9	23,91	12,35
<i>apulicum</i>	G3	15	19	16,6	1,67	12	26	21,4	5,73	8,33	45,8	29,6	19,2	3	61,35	26,13	23,68
<i>erythromelan</i>	G4	13	15	13,8	1,1	2	29	16,4	11,7	30	37,9	34,2	2,84	1,8	43,65	20,81	17,78
<i>erythromelan</i>	G5	15	17	16,6	0,89	23	34	29,6	4,16	30	40,3	35,8	3,75	21,3	64,8	41,26	16,04
<i>erythromelan</i>	G6	11	17	15	2,45	14	32	21,2	6,91	30,7	43	36,1	5,17	22,5	49,5	36,67	11,15
<i>erythromelan</i>	G7	17	17	17	0	9	19	16	4,06	23,2	36,1	29,8	4,91	7,8	29,25	18,64	8,912
<i>obscurum</i>	G8	13	13	13	0	3	22	10,6	7,37	28,3	36,7	31,9	3,79	2,55	23,1	10,2	8,345
<i>obscurum</i>	G9	13	15	13,4	0,89	6	26	16,2	7,36	27,7	38,3	33,1	4,5	5,4	43,2	23,35	17,23
<i>obscurum</i>	G10	15	17	16,2	1,1	0	32	18,4	11,7	0	30	18,1	12,1	0	28,2	20,45	10,23
<i>algériense</i>	G11	13	17	14,2	1,79	6	24	14,6	6,99	26	33,3	29,9	2,82	3,3	34,65	16,06	12,41
<i>algériense</i>	G12	13	17	15	1,41	0	14	2,8	6,26	0	42,1	8,43	18,8	5,4	28,8	3,54	11,32
<i>algériense</i>	G13	13	17	15,4	2,19	6	23	14,4	7,8	15	37,6	29,1	8,47	0	28,8	19,15	12,14
<i>algériense</i>	G14	13	17	15	1,41	0	28	17,6	10,5	0	45,4	30,6	18,7	7,65	32,85	28,9	11,34
<i>algériense</i>	G15	15	17	16,6	0,89	0	34	12,2	16,9	0	22,6	9,05	12,4	0	17,7	10,76	7,916
<i>algériense</i>	G16	11	15	14,2	1,79	13	23	17	4,64	6,96	39,5	19,6	13	1,35	35,55	15,21	14,52
<i>alexandrinum</i>	G17	13	17	15,4	1,67	28	34	31,4	2,79	32,4	45,9	38,3	5,35	19,95	61,8	46,57	18,25
<i>alexandrinum</i>	G18	13	17	15	1,41	25	32	27,6	3,21	28,4	50	35,7	8,5	14,4	58,5	35,21	18,05
<i>alexandrinum</i>	G19	13	17	15,8	1,79	25	35	30	4,8	27,6	44,1	36,9	6,59	31,05	67,5	43,99	14,18
<i>alexandrinum</i>	G20	15	17	15,8	1,1	0	30	20	11,6	0	39,2	28,8	16,3	0	50,85	30,41	19,4
<i>alexandrinum</i>	G21	13	17	15	1,41	11	39	25,4	10,3	25	41,5	31,5	6,63	22,8	72,9	36,63	20,03
<i>alexandrinum</i>	G22	13	17	15	1,41	0	30	13	12,7	0	43,3	24,1	15,5	0	34,2	14,53	13,82
<i>alexandrinum</i>	G23	13	17	14,6	1,67	19	30	24,2	4,15	34,2	43,5	38,2	3,68	24,6	70,8	47,43	21,08
<i>alexandrinum</i>	G24	11	17	14,6	2,19	0	32	21,6	12,9	0	41,6	31,6	17,7	0	79,8	36,04	34,54
<i>alexandrinum</i>	G25	13	17	15	2	25	39	31,8	5,72	26,8	45,4	36,8	7,43	26,7	57,15	45,55	11,76
<i>africanum</i>	G26	9	15	11,8	3,03	8	23	15,2	6,22	39,5	41,8	40,6	0,97	13,8	41,85	25,87	12,5
<i>africanum</i>	G27	9	13	11,8	1,79	14	23	18,8	4,44	35,7	37,4	36,3	0,79	15	38,7	28,73	9,133
<i>africanum</i>	G28	9	11	10,2	1,1	13	24	17,6	4,16	32,1	33,8	33,2	0,8	0	24,3	22,7	10,57
<i>fastuosum</i>	G29	15	17	16,2	1,1	22	34	27,8	5,17	36,5	82,7	48,7	19,1	25,2	109,2	62,98	32,45
<i>fastuosum</i>	G30	13	17	15,4	1,67	13	29	23,2	6,26	30,8	41,7	38	4,33	14,1	48,15	32,47	14,65
<i>fastuosum</i>	G31	13	17	15,8	1,79	28	47	36,4	7,5	29,4	39,3	34,6	3,88	18,6	94,2	64,26	33,33
<i>fastuosum</i>	G32	15	17	16,2	1,1	21	39	31,8	7,05	38,6	44,4	41,5	2,53	47,1	81,45	55,86	14,96
<i>fastuosum</i>	G33	13	15	13,4	0,89	12	26	21,2	5,81	32,1	34,2	33,4	0,87	6,15	50,4	31,86	18,3
<i>fastuosum</i>	G34	13	17	15	1,41	19	36	29,2	6,69	31,3	41,1	36,5	3,74	31,2	56,7	44,18	11,69
<i>melanopus</i>	G35	9	13	11	1,41	2	18	11,8	6,06	32	42,3	36,8	4,24	1,2	16,5	10,18	5,907
<i>melanopus</i>	G36	13	15	13,4	0,89	19	25	22,4	2,41	43,2	52	48,2	3,93	12,3	78	48,78	25,29
<i>melanopus</i>	G37	11	17	14,6	3,29	21	28	24,4	2,97	40,5	61,7	51,1	7,69	25,5	64,35	48,75	18,23
<i>melanopus</i>	G38	15	17	16,6	0,89	0	29	18,2	10,9	0	48,9	37,4	21	0	61,2	28,05	23,2
<i>melanopus</i>	G39	13	17	15,4	1,67	14	22	17,4	3,44	32,3	45,7	39,6	5,12	19,2	36	24,41	6,853
<i>melanopus</i>	G40	13	17	14,2	1,79	15	28	19,4	5,13	30,4	42,1	35,3	4,99	15,9	38,25	24,48	8,32
<i>melanopus</i>	G41	11	17	14,6	2,19	0	17	3,4	7,6	0	31,2	6,24	13,9	0	23,85	3,816	10,67
<i>melanopus</i>	G42	13	17	14,2	1,79	13	30	21,4	6,07	31,5	41,4	35,3	3,88	6,15	40,95	22,86	12,91
<i>melanopus</i>	G43	13	15	14,2	1,1	16	22	20,4	2,51	37,7	45,2	41,3	2,7	24,9	29,25	30,31	1,824
<i>melanopus</i>	G44	13	17	15,8	1,79	20	37	28	7,18	27,1	44,3	37,9	6,62	22,2	45	34,91	11,11
<i>melanopus</i>	G45	15	17	15,8	1,1	14	33	23,6	7,23	36,4	43,9	40,8	3,92	14,25	36,9	26,51	10,65
<i>circumflescum</i>	G46	13	15	13,8	1,1	22	30	25,4	3,85	37,5	39	38,1	0,66	12,45	37,35	29,1	10,07
<i>circumflescum</i>	G47	9	15	11	2,83	14	39	20	10,7	45,3	46,4	45,9	0,43	20,7	53,4	35,72	12,09
<i>circumflescum</i>	G48	9	17	13,4	2,97	17	36	23,4	7,37	34,7	36,7	35,8	0,72	12,45	42,6	25,02	12,38
<i>circumflescum</i>	G49	9	17	13,4	2,97	16	28	24,8	4,97	39,4	40,8	40,4	0,6	16,95	66	30,12	24,18
<i>circumflescum</i>	G50	9	17	14,6	3,29	19	41	31,2	8,5	40,3	41,9	41,1	0,64	25,05	59,85	46,01	13,46
<i>circumflescum</i>	G51	9	15	12,6	2,19	11	25	18,6	6,54	33,1	36,4	34,9	1,54	5,55	40,95	19,68	13,63
<i>circumflescum</i>	G52	9	15	12,2	2,28	11	26	19	6,67	45,4	46,2	45,6	0,32	16,05	54	31,25	15,66
<i>circumflescum</i>	G53	13	17	15	2	9	29	19,6	7,33	43	44,4	43,8	0,61	3,15	24,3	18,06	9,68
<i>circumflescum</i>	G54	9	13	11,8	1,79	12	30	22,4	6,69	44,2	45,3	44,7	0,52	19,2	49,95	36,14	12,92
<i>circumflescum</i>	G55	9	15	11,4	2,61	5	27	13	8,63	48	51	49,4	1,19	7,2	58,95	23,04	20,31
<i>circumflescum</i>	G56	11	15	13,4	1,67	15	25	22,4	4,22	42,7	45	44,2	0,92	20,4	44,55	32,8	9,49
<i>circumflescum</i>	G57	7	13	9,8	2,28	8	23	12,4	6,27	25	26,3	25,9	0,53	5,85	38,4	8,694	11,92
<i>circumflescum</i>	G58	13	17	15,4	1,67	20	40	26,8	7,79	43	44,6	44,2	0,66	7,5	54	38,94	16,6

Annexe 4 : ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères phéno-physiologiques des dix variétés.

Analyse de variance pour DE

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	1017,529	113,059	217,33	0,000
Erreur	48	24,971	0,520		
Total	57	1042,500			

IC individuel à 95% pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType	IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé		
<i>africanu</i>	3	139,000	1,000	-----+-----+-----		
<i>alexandr</i>	9	145,000	0,000	(--*-)		(-*)
<i>algérien</i>	6	137,667	1,033	(*-)		
<i>apulicum</i>	2	140,500	0,707		(-***)	
<i>circumfl</i>	13	146,385	0,961			(*)
<i>erythrom</i>	4	142,000	0,000		(-**-)	
<i>fastuosu</i>	6	145,333	0,816			(*-)
<i>melanopu</i>	11	150,455	0,522			(*)
<i>obscurum</i>	3	138,000	0,000	(-**-)		
<i>provinci</i>	1	140,000	0,000		(---*---)	
				-----+-----+-----		
Ecart-type groupé =		0,721		140,0	144,0	148,0

Analyse de variance pour TRE%

Source	DL	SC	CM	F	P
variétés	9	6003,8	667,1	8,74	0,000
Erreur	48	3664,7	76,3		
Total	57	9668,6			

IC individuel à 95% pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType	IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé		
<i>africanu</i>	3	83,600	3,759	-----+-----+-----		
<i>alexandr</i>	9	79,200	5,935		(-----*-----)	
<i>algérien</i>	6	81,425	3,073		(-----*-----)	
<i>apulicum</i>	2	83,500	9,192		(-----*-----)	
<i>circumfl</i>	13	58,013	8,730	(---*---)		
<i>erythrom</i>	4	81,975	4,435		(-----*-----)	
<i>fastuosu</i>	6	79,383	7,831		(-----*-----)	
<i>melanopu</i>	11	63,305	13,726	(---*---)		
<i>obscurum</i>	3	80,833	5,415		(-----*-----)	
<i>provinci</i>	1	70,000	0,000		(-----*-----)	
				-----+-----+-----		
Ecart-type groupé =		8,738		60	72	84

DL : degré de liberté. **SC** : somme des carrées des écarts. **CM** : carré moyenne.
F : F calculé. **P** : probabilité. **N** : nombre des individus

Annexe 5-a : ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères morphologiques des dix variétés.

Analyse de variance pour HP

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	8847,8	983,1	64,12	0,000
Erreur	48	735,9	15,3		
Total	57	9583,8			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	66,667	2,082	(--*--)
<i>alexandr</i>	9	71,000	3,354	(*--)
<i>algérien</i>	6	64,000	3,688	(*--)
<i>apulicum</i>	2	55,750	5,303	(---*---)
<i>circumfl</i>	13	84,462	4,427	(*--)
<i>erythrom</i>	4	71,500	4,509	(--*--)
<i>fastuosu</i>	6	86,333	4,227	(--*--)
<i>melanopu</i>	11	91,909	3,780	(*--)
<i>obscurum</i>	3	52,333	2,517	(--*--)
<i>provinci</i>	1	51,500	0,000	(---*---)

Ecart-type groupé = 3,916 45 60 75 90

Analyse de variance pour LB

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	27,105	3,012	3,41	0,003
Erreur	48	42,341	0,882		
Total	57	69,446			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	10,600	0,693	(-----*-----)
<i>alexandr</i>	9	10,044	0,963	(---*---)
<i>algérien</i>	6	9,200	0,938	(---*---)
<i>apulicum</i>	2	9,200	0,566	(-----*-----)
<i>circumfl</i>	13	10,000	1,068	(---*---)
<i>erythrom</i>	4	9,000	1,386	(---*---)
<i>fastuosu</i>	6	9,233	1,098	(---*---)
<i>melanopu</i>	11	9,864	0,552	(---*---)
<i>obscurum</i>	3	7,400	0,600	(-----*-----)
<i>provinci</i>	1	8,400	0,000	(-----*-----)

Ecart-type groupé = 0,939 7,5 9,0 10,5

Analyse de variance pour LE

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	11,862	1,318	3,93	0,001
Erreur	48	16,088	0,335		
Total	57	27,949			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	4,9333	0,2309	(---*---)
<i>alexandr</i>	9	6,2889	0,2667	(---*---)
<i>algérien</i>	6	5,9667	0,1966	(---*---)
<i>apulicum</i>	2	5,5500	0,2121	(-----*-----)
<i>circumfl</i>	13	5,2769	0,5974	(--*--)
<i>erythrom</i>	4	5,9500	0,7724	(---*---)
<i>fastuosu</i>	6	5,5333	0,4131	(---*---)
<i>melanopu</i>	11	5,7455	0,8948	(--*--)
<i>obscurum</i>	3	4,8000	0,3464	(---*---)
<i>provinci</i>	1	4,4000	0,0000	(-----*-----)

Ecart-type groupé = 0,5789 4,0 5,0 6,0

Analyse de variance pour SF

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	200,99	22,33	3,46	0,002
Erreur	48	309,73	6,45		
Total	57	510,73			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	10,883	3,043	(-----*-----)
<i>alexandr</i>	9	10,679	1,788	(---*---)
<i>algérien</i>	6	10,977	2,851	(---*---)
<i>apulicum</i>	2	9,350	1,626	(-----*-----)
<i>circumfl</i>	13	12,040	2,118	(--*--)
<i>erythrom</i>	4	14,450	0,772	(---*---)
<i>fastuosu</i>	6	16,360	5,112	(---*---)
<i>melanopu</i>	11	10,867	1,869	(---*---)
<i>obscurum</i>	3	11,843	0,777	(-----*-----)
<i>provinci</i>	1	14,990	0,000	(-----*-----)

Ecart-type groupé = 2,540 8,0 12,0 16,0 20,0

Annexe 5-b : ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères morphologiques de dix variétés.

Analyse de variance pour TE

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	4,982	0,554	4,62	0,000
Erreur	48	5,755	0,120		
Total	57	10,737			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	2,7333	0,1155	(-----*-----)
<i>alexandr</i>	9	2,7778	0,2906	(---*---)
<i>algérien</i>	6	2,6000	0,3578	(---*---)
<i>apulicum</i>	2	2,2000	0,0000	(-----*-----)
<i>circumfl</i>	13	2,1385	0,3203	(---*---)
<i>erythrom</i>	4	2,7000	0,3464	(-----*-----)
<i>fastuosu</i>	6	2,9333	0,3502	(---*---)
<i>melanopu</i>	11	2,2727	0,3823	(---*---)
<i>obscurum</i>	3	2,6667	0,6110	(-----*-----)
<i>provinci</i>	1	3,0000	0,0000	(-----*-----)

Ecart-type groupé = 0,3463 1,80 2,40 3,00 3,60

Analyse de variance pour TH

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	83,190	9,243	26,91	0,000
Erreur	48	16,485	0,343		
Total	57	99,675			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	5,8667	0,7024	(--*---)
<i>alexandr</i>	9	6,4222	0,9770	(-*-)
<i>algérien</i>	6	6,6667	0,6022	(-***)
<i>apulicum</i>	2	2,1000	0,1414	(-----*---)
<i>circumfl</i>	13	4,6615	0,3776	(*--)
<i>erythrom</i>	4	7,1500	0,5000	(--*---)
<i>fastuosu</i>	6	5,2000	0,4382	(-*-)
<i>melanopu</i>	11	4,8727	0,5002	(*--)
<i>obscurum</i>	3	7,2667	0,2309	(--*---)
<i>provinci</i>	1	2,4000	0,0000	(-----*---)

Ecart-type groupé = 0,5860 2,0 4,0 6,0 8,0

Analyse de variance pour TE/TH

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	1,93651	0,21517	33,75	0,000
Erreur	48	0,30604	0,00638		
Total	57	2,24255			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	0,4952	0,0819	(--*---)
<i>alexandr</i>	9	0,4619	0,0977	(*--)
<i>algérien</i>	6	0,4032	0,0670	(-*)
<i>apulicum</i>	2	1,2480	0,0226	(---*---)
<i>circumfl</i>	13	0,4643	0,0797	(*--)
<i>erythrom</i>	4	0,3786	0,0710	(-*-)
<i>fastuosu</i>	6	0,5825	0,0614	(-*-)
<i>melanopu</i>	11	0,4879	0,0832	(*)
<i>obscurum</i>	3	0,3764	0,0832	(--*---)
<i>provinci</i>	1	1,2660	0,0000	(---*---)

Ecart-type groupé = 0,0798 0,35 0,70 1,05 1,40

Analyse de variance pour TF%

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	6591	732	5,41	0,000
Erreur	48	6501	135		
Total	57	13091			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	
<i>africanu</i>	3	50,54	8,01	(-----*-----)
<i>alexandr</i>	9	55,19	13,59	(---*---)
<i>algérien</i>	6	29,39	12,87	(----*---)
<i>apulicum</i>	2	22,78	0,95	(-----*-----)
<i>circumfl</i>	13	54,63	9,93	(--*---)
<i>erythrom</i>	4	44,09	11,84	(-----*-----)
<i>fastuosu</i>	6	61,01	9,90	(----*---)
<i>melanopu</i>	11	44,34	13,70	(--*---)
<i>obscurum</i>	3	34,98	6,82	(-----*-----)
<i>provinci</i>	1	26,03	0,00	(-----*-----)

Ecart-type groupé = 11,64 20 40 60

Annexe 6 : ANOVA à un facteur contrôlé pour les composantes du rendement des 10 variétés

Analyse de variance pour NE/E

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	80,16	8,91	5,01	0,000
Erreur	48	85,32	1,78		
Total	57	165,48			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
<i>africanu</i>	3	11,267	0,924
<i>alexandr</i>	9	15,133	0,447
<i>algérien</i>	6	15,067	0,891
<i>apulicum</i>	2	15,000	2,263
<i>circumfl</i>	13	12,908	1,642
<i>erythrom</i>	4	15,600	1,479
<i>fastuosu</i>	6	15,333	1,056
<i>melanopu</i>	11	14,527	1,495
<i>obscurum</i>	3	14,200	1,744
<i>provinci</i>	1	12,600	0,000

Ecart-type groupé = 1,333

Analyse de variance pour NG/E

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	1054,5	117,2	3,65	0,002
Erreur	48	1539,1	32,1		
Total	57	2593,5			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
<i>africanu</i>	3	17,200	1,833
<i>alexandr</i>	9	25,000	6,127
<i>algérien</i>	6	13,100	5,409
<i>apulicum</i>	2	21,400	0,000
<i>circumfl</i>	13	21,462	5,237
<i>erythrom</i>	4	20,800	6,325
<i>fastuosu</i>	6	28,267	5,574
<i>melanopu</i>	11	19,127	6,701
<i>obscurum</i>	3	15,067	4,022
<i>provinci</i>	1	15,200	0,000

Ecart-type groupé = 5,663

Analyse de variance pour PMG

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	2012,9	223,7	3,75	0,001
Erreur	48	2866,6	59,7		
Total	57	4879,5			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
<i>africanu</i>	3	36,706	3,731
<i>alexandr</i>	9	33,530	4,871
<i>algérien</i>	6	21,124	10,391
<i>apulicum</i>	2	32,172	3,576
<i>circumfl</i>	13	41,078	6,179
<i>erythrom</i>	4	33,991	2,917
<i>fastuosu</i>	6	38,779	5,627
<i>melanopu</i>	11	37,265	11,469
<i>obscurum</i>	3	27,733	8,332
<i>provinci</i>	1	29,646	0,000

Ecart-type groupé = 7,728

Analyse de variance pour RDT

Source	DL	SC	CM	F	P
Variétés	9	851,79	94,64	0,43	0,001
Erreur	48	10379,6	216,24		
Total	57	11231,39			

IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcartType
<i>africanu</i>	3	25,767	2,044
<i>alexandr</i>	9	37,373	7,565
<i>algérien</i>	6	15,603	5,766
<i>apulicum</i>	2	25,020	1,110
<i>circumfl</i>	13	28,810	7,626
<i>erythrom</i>	4	29,345	9,620
<i>fastuosu</i>	6	48,602	9,645
<i>melanopu</i>	11	27,551	9,645
<i>obscurum</i>	3	18,000	5,200
<i>provinci</i>	1	20,220	0,000

Ecart-type groupé = 7,728

Annexe 7 : Protocole d'extraction d'ADN

Extraction d'ADN

- Germer 5 grains
- Broyer 0.1 g des feuilles à l'aide d'azote liquide
- ↓
- Additionner 500µl de tampon d'extraction
- Mettre dans le congélateur
- Additionner 33 µl SDS (10%)
- ↓
- Mélanger par le vortex
- Mettre en bain marie à 65°C pendant 10 min
- ↓
- Centrifuger à 10000 tr/min (4°C pendant 2 min)
- Récupérer le surnageant (450µl) à un nouveau tube
- ↓
- Additionner 225 µl d'éthanol froid
- Mélanger au vortex
- Mettre le mélange à -20°C pendant une heure
- Centrifuger à 10000 (4°C pendant 10 min)
- ↓
- Eliminer le surnageant
- Laver le culot 2 fois avec 500 µl d'éthanol (70%)
- Centrifuger à 10000 tr/min (4°C pendant 5 min)
- ↓
- Eliminer le surnageant
- Laisser le culot sécher pendant une heure
- Remis le culot dans 100 µl de tampon TE
- Conserver à 4 °C.

Purification d'ADN

- Additionner RNase et protéinase
- mettre en bain marie à 37°C pendant 60 min
- ↓
- Additionner 1V phénol et mélanger par le vortex pendant 2 min
- ↓
- Centrifuger à 10000 tr/min (4°C pendant 10 min)
- Eliminer le surnageant
- Additionner 1V chloroforme / alcool isoamilique
- Mélanger par le vortex pendant 2 min
- ↓
- Centrifuger à 10000 tr/min (4°C pendant 5 min)
- Eliminer le surnageant
- Additionner 100 µl NaCl et 2 V (500µl) éthanol froid (95%)
- Mélanger par le vortex
- Mettre dans le congélateur pendant 10 min
- Centrifuger à 10000 tr/min (4°C pendant 5 min)
- ↓
- Eliminer le surnageant (450µl) à un nouveau tube
- Additionner 500 µl d'éthanol (70 %)
- Laisser le culot sécher
- Additionner 100 µl de tampon
- Conserver l'ADN dans le congélateur à 4°C

Résumé

L'étude a pour objet la mise en évidence de quelques paramètres phénologiques, morpho- physiologiques et des marqueurs moléculaires dans la variabilité d'une collection de dix variétés de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Le but recherché est d'évaluer la variabilité inter et intra-variétés et de sélectionner les variétés résistantes aux conditions climatiques de la région de Constantine.

Les résultats obtenus sur les paramètres phénologiques, morpho-physiologiques ont montré que : les variétés *alexandrinum*, *fastuosum*, *melanopus* et *circumflexum* expriment un rendement en grains, un nombre d'épillets par épi, un nombre des grains par épi et un poids de mille grains élevés. Ces variétés sont donc les plus performantes. Tandis que les autres variétés *provinciale* , *algeriense*, *obscurum*, *apulicum*, *erythromelan* et *africanum* sont moins intéressantes.

L'étude moléculaire portant sur les deux types de marqueurs ISSR et RAPD a révélé un polymorphisme remarquable entre nos variétés.

D'une part les marqueurs ISSR ont permis de mettre en évidence une ségrégation entre les dix variétés, avec un pourcentage de polymorphisme détecté à l'aide des trois amorces égal à 45%.

D'autre part les marqueurs RAPD ont produit plus de fragments polymorphes que les marqueurs ISSR, avec un taux de 64.10%.

Ces deux marqueurs ISSR et RAPD ont mis en évidence une variabilité inter-variétale, dans notre étude les amorces utilisées s'avèrent être de bons outils pour l'évaluation du polymorphisme et de la caractérisation variétale.

Mots clés : blé dur (*Triticum durum*), adaptation, stresse hydrique, phénologiques, morphologiques, physiologiques, marqueurs moléculaires, polymor

Abstract

This study had been realised to show the role of some phenological, morpho-physiological, and molecular markers characteristics of a collection formed by ten Algerian varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). This study is for evaluate inter and intra-varieties variability and to select the most resistance varieties in climatic conditions of Constantine region.

The obtained results phenological and morpho-physiological characteristics are:

The varieties, *melanopus*, *alexandrinum*, *fastuosum* and *circumflexium* are the most performance varieties. They give a high yield and its components: Ears number, Number of grains in ear and Weight of mille grains.

The others varieties *provinciale*, *algeriense*, *obscurum*, *apulicum*, *erythromelan* and *africanum* form the less performance groups.

Molecular markers study is revealed a remarkable polymorphism by two types of molecular markers.

On one hand, the RAPD markers revealed that three primers produced a high level of polymorphic bands more than ISSR markers with a percentage of 64.10 %.

On the other hand, results from ISSR markers polymorphism high-lighted a strong differentiation between the ten genotypes studied in a total number of polymorphic bands, whereas the percentage of polymorphism by the three primers is 45 %.

So, the two markers ISSR and RAPD are underlined the high level of diversity in the Algerian varieties and revealed to be good tools for varieties characterisation.

Key words: durum wheat (*Triticum durum*), adaptation, stress hydrique, phenological, morphological, physiological, molecular markers, polymorphism.

ملخص

تهدف الدراسة إلى تمييز الدور الذي تلعبه بعض الخصائص الفينولوجية ، المورفوفيزيولوجية و الجزيئية في تأقلم مجموعة من القمح الصلب الجزائري (*Triticum durum* Desf.) وهذا بغرض إظهار التنوع الموجود بين و داخل هذه الأصناف ، و أيضا لانتخاب الأصناف التي تتأقلم مع ظروف المناخ الشبه الجاف في منطقة قسنطينة.

أظهرت النتائج المتحصل عليها من خلال القياسات الفينومورفولوجية :

✚ أعطت الاصناف *circumflexum* , *fastuosum* , *melanopus* و

alexandrinum مردودا عاليا بالنسبة لـ :عدد السنييلات في السنبلّة ، عدد الحبات في السنبلّة ووزن ألف حبة.

✚ بينما بقية الأصناف *provinciale* ، *apulicum* ، *erythromelan* ، *africanum* ،

algeriense و *obscurum* أعطت مردودا ضعيفا مقارنة بالأصناف السابقة.

أظهرت الدراسة الجزيئية اختلافا ملحوظا من خلال نوعين من الدراسة RAPD ، ISSR.

✚ بينت الدراسة الجزيئية RAPD اختلافا ملحوظا بين السلالات المدروسة في العدد الإجمالي

للقطع الوراثية و أعطت نسبة معتبرة قدرت بـ 64.1 %.

✚ أما الدراسة الجزيئية بواسطة ISSR فقد أعطت نسبة أقل قدرت بـ 45 %.

✚ تعتبر الدراسة الجزيئية بواسطة RAPD و ISSR مهمة جدا في إظهار التنوع بين الأصناف

، وتعتبران وسيلتان مهمتان في تمييز خصائص كل صنف.

الكلمات المفتاحية :

القمح الصلب، التأقلم، النقص المائي، الفينولوجية، المرفولوجية، الفيزيولوجية، الخصائص الجزيئية، التنوع.

Nom : CHERFIA

Date de soutenance:

Prénom : RADIA

Titre : Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.).

Diplôme : Magistère en Biotechnologies végétales (Ecole Doctoral)

Résumé

L'étude a pour objet la mise en évidence de quelques paramètres morpho-physiologiques et des marqueurs moléculaires dans la variabilité d'une collection de dix variétés de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Le but recherché est d'évaluer la variabilité inter et intra-variétés et de sélectionner les variétés résistantes aux conditions climatiques de la région de Constantine.

Les résultats obtenus sur les paramètres morpho-physiologiques ont montré que : les variétés *alexandrinum*, *fastuosum*, *melanopus* et *circumflexum* expriment un rendement en grains, un nombre d'épillets par épi, un nombre des grains par épi et un poids de mille grains élevés. Ces variétés sont donc les plus performantes. Tandis que les autres variétés *provinciale*, *algeriense*, *obscurum*, *apulicum*, *erythromelan* et *africanum* sont moins intéressantes.

L'étude moléculaire portant sur les deux types de marqueurs ISSR et RAPD a révélé un polymorphisme remarquable entre nos variétés.

D'une part les marqueurs ISSR ont permis de mettre en évidence une ségrégation entre les dix variétés, avec un pourcentage de polymorphisme détecté à l'aide des trois amorces égal à 45%.

D'autre part les marqueurs RAPD ont produit plus de fragments polymorphes que les marqueurs ISSR, avec un taux de 64.10%.

Ces deux marqueurs ISSR et RAPD ont mis en évidence une variabilité inter-variétale, dans notre étude les amorces utilisées s'avèrent être de bons outils pour l'évaluation du polymorphisme et de la caractérisation variétale.

Mots clés : blé dur (*Triticum durum*), adaptation, stress hydrique, morphologiques, physiologiques, marqueurs moléculaires, polymorphisme.

Département de Biologie Végétale et Ecologie.

Directeur de recherche : Boudour L. M.C. Université Mentouri Constantine.

Membre du jury :

Président : Khalfallah N. Prof. Université Mentouri Constantine.

Examineurs : Ykhlef N. Prof. Université Mentouri Constantine.

Baka M. Prof. Université Mentouri Constantine.