



République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة



Mémoire

En vue de l'obtention du mémoire de
Magister en Sciences Agronomiques

Option : Sciences et Techniques de Production Végétale

Présentée par :

M^{me} MERDAS Samira

THEME

**Caractérisation cytogénétique et morpho-physiologique de
quelques génotypes de blés sahariens**

Soutenu le : 26 / 02 / 2012

Devant le jury composé de :

Présidente :	M ^{me} KHELIFI	Professeur	ENSA
Directeur de Thèse :	M ^r MEKRICHE R.	Chargé de Cours	ENSA
Co-directeur de Thèse :	M ^{me} MEKRICHE L.	Professeur	ENSA
Examineurs :	M ^r ABDELGUERFIA.	Professeur	ENSA
	M ^r KHELIFI L.	Professeur	ENSA

Année universitaire : 2011/2012

DEDICACES

A mes parents pour leur amour et leur encouragement qu'ils trouvent le témoignage de ma profonde affection et gratitude.

A mon mari et mes deux enfants « AMIR et AYMEN ».

A mes très chers sœurs et frères.

Je dédie ce modeste travail

Samira

REMERCIEMENTS

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

- Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et remerciements à Monsieur et Madame Mekliche, qui ont fait preuve d'une grande patience et ont été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail.

- Mes vifs remerciements vont à la présidente du jury Madame Khelifi N., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie pour avoir bien voulu présider le jury et juger le travail.

- Tous mes sincères remerciements vont également à Monsieur ABDELGURFI A., Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, pour avoir accepté de juger ce travail,

- Avec grand plaisir je remercie Monsieur Khelifi L, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, pour avoir voulu faire partie de jury,

- J'adresse mes sincères remerciements, particulièrement à Monsieur Himrane H.

- A tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail, je dis merci.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des populations étudiées

Tableau 2 : Données climatiques de l'année 1997/98

Tableau 3 : Périodes et doses d'irrigation

Tableau 4 : Nomenclature chromosomique de Levan *et al.*, (1964)

Tableau 5 : Analyse de la variance des caractères phénologiques

Tableau 6 : Analyse de la variance des caractères morphologiques.

Tableau 7 : Fréquences du nombre de nœuds

Tableau 8 : Analyse de la variance des composantes du rendement

Tableau 9 : Fréquences du nombre d'épillets stériles/épi.

Tableau 10 : Analyse de la variance des caractères physiologiques.

Tableau 11 : Variation de la fréquence des classes de la forme de l'épi

Tableau 12 : Variation de la fréquence des classes de la couleur de l'épi

Tableau 13 : Variation de la fréquence des classes de la couleur du grain

Tableau 14 : Variation de la fréquence des classes de compacité de l'épi

Tableau 15 : Variation de la fréquence des classes de la présence de barbes ou arrêtes

Tableau 16 : Variation de la fréquence des classes de la longueur des arrêtes ou des barbes

Tableau 17 : Variation de la fréquence des classes de la distribution des barbes ou arrêtes

Tableau 18 : Variation de la fréquence des classes du port de la feuille étendard

Tableau 19 : Matrice de corrélations des différents caractères morphologiques

Tableau 20 : Contribution à la variation totale des principaux axes

Tableau 21 : Contribution à la variation totale des principaux axes

Tableau 22 : Dénombrement chromosomique des populations étudiées

Tableau 23 : Fréquences absolues et relatives (exprimées en %) des différents nombres chromosomiques

Liste des figures

- Figure 1 :** Centre d'origine de blé dur : Université Pierre Marie Curie
- Figure 2 :** Origine et diffusion de *Triticum turgidum* (Bonjean, 2001)
- Figure 3 :** Phylogénie du *Triticum aestivum* (Feldman, 2001)
- Figure 4 :** Carte de la région d'Adrar Source : Atlas Microsoft Encarta 2001.
- Figure 5 :** Variation de la précocité à l'épiaison des 24 génotypes
- Figure 6 :** Variation de la précocité à la floraison des 24 génotypes
- Figure 7 :** Variation de la hauteur du plant des 24 génotypes
- Figure 8 :** Variation de la longueur du col de l'épi des 24 génotypes
- Figure 9 :** Variation de la longueur du dernier entre-nœud des 24 génotypes
- Figure 10 :** Variation de la longueur de l'épi des 24 génotypes
- Figure 11 :** Variation de la surface foliaire des 24 génotypes
- Figure 12 :** Fréquences du nombre de nœuds des 24 génotypes
- Figure 13 :** Variation du nombre de talles /plant des 24 génotypes
- Figure 14 :** Variation du nombre d'épis/plant des 24 génotypes
- Figure 15 :** Variation du nombre de grains par épis des 24 génotypes
- Figure 16 :** Variation du poids des graines/épi des 24 génotypes
- Figure 17 :** Variation du poids de mille grains des 24 génotypes
- Figure 18 :** Variation du nombre d'épillets/ épi des 24 génotypes
- Figure 19 :** Fréquences du nombre d'épillets stériles/ épi des 24 génotypes
- Figure 20 :** Variation de la teneur relative en eau des 12 génotypes
- Figure 21 :** Variation de l'accumulation de la proline des 12 génotypes
- Figure 22 :** Courbes de fréquences des caractères qualitatifs
- Figure 23 :** Corrélations entre les différentes variables morphologiques
- Figure 24 :** Cercle de corrélations des variables de l'ACP formé par les axes 1 et 2 sur les 24 génotypes
- Figure 25 :** Représentation graphique des polygones de dispersion des 24 génotypes sur les axes 1 et 2
- Figure 26 :** Cercle de corrélations des variables de l'AFC formé par les axes 1 et 2 sur 24 génotypes

Figure 27 : Représentation graphique des polygones de dispersion des 24 génotypes sur les axes 1 et 2 dans une AFC.

Figure 28 : Plaque métaphasique du génotype benmebrouk G7 ($2n = 42$)

Figure 29 (a, b) : Plaques métaphasiques du génotype benmebrouk G11

Figure 30 (a, b) : Plaques métaphasiques de moumna G18 ($2n = 43$) et G19 ($2n = 38$)

Figure 31 (a, b) : Plaques métaphasiques de charar G20 ($2n = 42$) et G21 ($2n = 42$)

Figure 32 (a, b) : Plaques métaphasiques de bentembarek G13 ($2n = 28$) et G14 ($2n = 30$)

Figure 33 (a, b) : Plaques métaphasiques de la population el-farh G24 a ($2n = 25$) ; b ($2n=33$)

Figure 34 : Plaque métaphasique du génotype oumrokba G22 ($2n = 32$)

Résumé

L'étude porte sur la variabilité génétique de 24 génotypes appartenant à 6 populations de blés sahariens. Le but recherché est d'évaluer la variabilité inter et intra-population ainsi que le comportement de ces populations en conditions de déficit hydrique, à partir de caractères morpho-physiologiques. Ces populations ont fait l'objet de deux essais l'un avec une irrigation de complément l'autre laissé en conditions pluviales. Nous avons aussi établi un dénombrement chromosomique de 10 génotypes.

Une grande variabilité a été constatée et concerne essentiellement la précocité, la fertilité de l'épi et le poids des graines. Les caractères physiologiques ont mis en évidence un niveau de tolérance élevé des génotypes étudiés, lié à de fortes teneurs en eau et en proline.

L'étude caryologique a révélé deux niveaux de ploïdie des génotypes étudiés dont, les blés hexaploïdes à $2n = 42$ et des blés tétraploïdes à $2n = 28$.

La préservation et la prise en charge de ce pool génétique à travers les programmes de sélection s'avère très importantes à faire, notamment pour l'obtention de nouvelles variétés résistantes aux conditions difficiles.

Mots clés : Blé saharien, variabilité génétique, morpho-physiologie, adaptation, caryologie.

Summary

The survey carries in this case the genetic variability of variability of 24 genotypes belonging to 6 populations of wheat Sahara.

This study is for evaluate inter and intra-populations variability and the behavior of these populations under conditions of water deficit, from morphophysiological characters. These genotypes were conducted in two types of conditions: one essay with complement irrigation, the other with rainfed conditions. We have also established a chromosome count of 10 genotypes. A large variability was observed and is mainly heading date, fertility of the spike and seed weight. Physiological characters showed a high level of tolerance to water deficit of genotypes related to high levels of water and proline.

The karyological study revealed two ploidy levels of genotypes with the wheat hexaploid with $2n = 42$ and tetraploid wheat to $2n = 28$.

The preservation and their hold in charge of the gene pool through breeding programs is very important to do, notably for obtaining new varieties resistant to unfavourable conditions.

Key words: Wheat Sahara, genetic variability, adaptation, morpho*physiology, karyology.

ملخص

من خلال هذا العمل تمت دراسة التباين الوراثي لدى 24 نوع ينتمي إلى 6 أصناف من القمح الصحراوي. و هذا بغرض إظهار التنوع الموجود بين و داخل هذه الأصناف و كذلك إظهار سلوكها في حالة نقص المياه من خلال عدة خصائص مورفوفيزيولوجية . تمت دراسة هذه الأصناف في حقلين: الأول تلقى ري إضافي في مراحل مهمة من فترة النمو، والثاني نمت في ظروف طبيعية كما قمنا بالعد الكروموزومي لعشرة أصناف.

دلت النتائج على وجود تنوع كبير بين الأصناف من خلال الخروج المبكر للسنابل، وعدد حبات القمح في السنبل ووزنها. أظهرت الصفات الفيزيولوجية مستوى عال من مقاومة نقص الماء وذلك لقدرة تخزينها لكمية معتبرة من الماء ومادة البرولين.

أثبتت دراسة التعداد الصبغي على وجود أصناف من القمح اللين، و من القمح الصلب يتأكد إذا مدى أهمية حفظ هذه الأصناف وإعادة الاعتبار لها من خلال إدماجها في برامج التحسين الوراثي لا سيما من أجل خلق أنواع جديدة خاصة بالمناطق ذات الظروف الصعبة

الكلمات الدالة

القمح الصحراوي - التنوع الوراثي - التأقلم - مورفوفيزيولوجيا - علم الكروموزومات

Table des matières

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	5
1-1-Origine du blé	6
1-1-1- Origine géographique du blé.....	6
1-1-2- Origine génétique du blé	8
1-2- Valeur économique	10
1-2-1- À l'échelle internationale.....	10
1-2-2- À l'échelle nationale.....	11
1-3- Ressources génétiques du blé	11
1-3-1-Importance des ressources phylogénétiques.....	11
1-3-2- Ressources génétiques du blé en Algérie.....	13
1-3-3- Les blés sahariens.....	16
1-3-4- Classification des blés sahariens	18
1-4- Conservation des ressources phylogénétiques	20
1-4-1-Conservation <i>in situ</i> : vers une gestion dynamique	21
1-4-2- Conservation <i>ex situ</i>	22
1-4-3- Les core collections.....	22
1-5-Analyse de la diversité	24
1-5-1-Les paramètres phénologiques de la plante.....	25
1-5-2- Morphologie de la plante et adaptation au milieu.....	25
1-5-2-1-Hauteur de la plante.....	26
1-5-2-2-les barbes.....	26
1-5-2-3- Col de l'épi.....	27
1-5-2-4- La dernière feuille (la feuille étendard).....	27
1-5-2-5- L'épi.....	27
1-5-3- Le rendement et ses composants.....	27
1-5-3-1- Le tallage.....	27
1-5-3-2- Le nombre de grains par épi.....	28
1-5-3-3-Le poids de 1000 grains.....	28
1-5-4-Paramètres physiologiques	28
1-5-4-1-Teneur relative en eau.....	29
1-5-4-2-Pilosité, la glaucescence et les cires.....	29
1-5-4-3-Teneur en chlorophylle.....	30
1-5-4-4-Accumulation de la proline.....	30
1-5-4-5-Rôles des sucres solubles.....	31
1-6-Etude caryologique	31
Chapitre II : Matériel et méthodes	34
2-1-Matériel végétal.....	35
2-2-Prospection et collecte.....	36
2-3-Description de la zone de prospection.....	36
a- Situation géographique.....	36

b- Hydrologie.....	38
c- Climatologie.....	38
d- Nature du sol.....	38
2-4- Description du site expérimental.....	38
2-4-1-Caractéristiques du sol.....	39
2-4-2-Caractéristiques pluviométriques.....	39
2-5-Conduite des essais.....	39
2-5-1-Caractérisation agro- morphologique.....	40
2-5-1-1-Caractères phénologiques et morphologiques.....	41
a- les caractères quantitatifs	41
b- Les caractères qualitatifs	42
2-5-1-2-Composantes du rendement.....	42
2-5-2-Caractérisation physiologique.....	42
2-5-2-1-Teneur relative en eau.....	43
2-5-2-2-Accumulation de la proline.....	43
2-6-Etude caryologique.....	44
2-6-1- Technique de coloration.....	44
2-6-2- Méthode de mesure.....	45
2-7-Analyse statistique des données.....	47
Chapitre III : Résultats et discussion.....	48
3-1-Evaluation de la variabilité génétique.....	49
3-1-1-Caractères phénologiques.....	49
3-1-1-1-Précocité à l'épiaison.....	49
3-1-1-2-Date de floraison.....	50
3-1-2-Caractères morphologiques.....	51
3-1-2-1-Hauteur de la plante.....	52
3-1-2-2-Longueur du col de l'épi.....	54
3-1-2-3-Longueur du dernier entre-nœud.....	55
3-1-2-4-Longueur de l'épi.....	55
3-1-2-5-Surface foliaire.....	56
3-1-2-6-Nombre de nœuds.....	57
3-1-3-Composantes du rendement.....	58
3-1-3-1-Nombre de talles par plant.....	59
3-1-3-2-Nombre d'épis par plant.....	60
3-1-3-3- Nombre de grains par épi.....	60
3-1-3-4-Poids des grains par épi.....	61
3-1-3-5-Poids de mille grains.....	62
3-1-3-6-Nombre d'épillets par épi.....	63
3-1-3-7-Nombre d'épillets stériles par épi.....	63
3-1-4-Caractères physiologiques.....	64
3-1-4-1-Teneur relative en eau.....	64
3-1-4-2-Accumulation de la proline.....	66
3-1-5-Conclusion.....	67
3-1-6-Caractères qualitatifs.....	70
3-1-6-1-Variabilité inter-population.....	70

3-1-6-1-1-Forme de l'épi.....	70
3-1-6-1-2-Couleur de l'épi.....	70
3-1-6-1-3-Couleur du grain.....	71
3-1-6-1-4-Compacité de l'épi.....	71
3-1-6-1-5-Présence d'arêtes ou de barbes	72
3-1-6-1-6-Longueur des arêtes et barbes.....	72
3-1-6-1-7-Distribution des arêtes ou barbes	72
3-1-6-1-8-Port de la feuille étendard.....	73
3-1-6-2-Variabilité intra-population.....	75
3-1-6-3-Conclusion.....	77
3-2-Analyse de la variabilité.....	78
3-2-1-Etude de corrélations des variables.....	78
3-2-2-Analyse en composantes principales ACP.....	83
3-2-2-1-Etude des variables.....	84
3-2-2-2-Etude des individus.....	84
3-2-3-Analyse factorielle des correspondances AFC.....	86
3-2-3-1-Etude des variables.....	86
3-2-3-2- Etude des individus.....	86
3-3-Etude caryologique.....	89
3-3-1-Dénombrement chromosomique.....	89
3-3-2-Forme chromosomique.....	91
3-3-3-Indice d'asymétrie du caryotype.....	92
Conclusion générale.....	97
Références bibliographiques.....	100
Annexes.....	115

Introduction

Introduction

Les céréales constituent la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéines, elles fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles (Slama *et al.*, 2005), les deux espèces de blé cultivées à travers le monde sont le blé tendre qui représente plus de 90% de la production mondiale et le blé dur qui constitue 5% de celle-ci et qui est traditionnellement cultivé dans le bassin méditerranéen (Gooding, 2009).

Le blé dur, symbole de la diète méditerranéenne, constitue la matière première de nombreux produits dérivés (pain, semoule, pâtes alimentaires, pâtisseries, biscuits). Depuis toujours, cette céréale bénéficie d'une attention particulière, en raison de son adaptation à des environnements semi-arides (Nazco *et al.*, 2012), de sa qualité technologique unique, par rapport aux autres céréales, et de sa structure génétique qui varie entre les populations locales et les variétés modernes (Bozzini *et al.*, 1998).

En Algérie la production des céréales, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante (Djermoun, 2009).

La production nationale est faible et ne permet de satisfaire qu'environ 35 % des besoins d'une population de plus en plus croissante (Hervieu *et al.*, 2006). Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du climat, principalement la sécheresse qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie.

Cette céréaliculture est conduite totalement en mode pluvial, elle se trouve localisée dans des zones agro écologiques à pluviométrie insuffisante dont la variabilité interannuelle et saisonnière est importante (Bouzerzour *et al.*, 2000).

L'utilisation de variétés locales bien adaptées aux conditions les plus difficiles, mais possédant un faible potentiel de rendement reste dominante dans la mesure où l'adoption des nouvelles obtentions reste conditionnée par la stabilité de la production d'une année à l'autre (Hazmoune, 2005).

Dans l'espèce *Triticum durum*, les géotypes locaux traditionnels semblent constituer des idéotypes à nos conditions de culture (Benlaribi et Monneveux, 1988 ; Ali Dib et Monneveux, 1992) leur permettant d'être utilisés comme géniteurs dans les travaux d'amélioration.

Depuis l'indépendance, aucune stratégie de sélection et d'amélioration n'a été suivie de façon continue. Les recherches réalisées à ce jour ne font aucune mention de collections étudiées (Boudour, 2006). Il est vrai que les introductions de nouvelles variétés de blé durant les années 1967-68, ont entraîné une régression et une déperdition de certains cultivars locaux bien adaptés (Abdeguerfi et Laouar, 1999).

L'érosion rapide et continue du patrimoine génétique du blé a non seulement diminué les possibilités d'amélioration des rendements, mais en plus, rend les cultures de blé dans le monde de plus en plus vulnérable à de nouvelles maladies et à des modifications climatiques défavorables (Feldman et Sears, 1981 ; Asins et Carbonell, 1989).

Les nouvelles variétés, consistant chacune un seul géotype, ont remplacé petit à petit les populations locales traditionnelles, constituées chacune de plusieurs géotypes différents (Feldman et Sears, 1981). A cet effet, il est impératif de réfléchir à une meilleure stratégie de conservation et de valorisation de ces ressources génétiques.

La nécessité de conserver les ressources génétiques est devenue un enjeu politique et économique, car la production agricole actuelle et future dépend en grande partie de la diversité génétique disponible pour l'amélioration des plantes (Cauderon, 1985).

Il doit exister un matériel ancestral ou très ancien dans certaines régions montagneuses et des régions sahariennes, seules les prospections, les collectes et les caractérisations nous donneront une idée sur le matériel qui subsiste jusqu'à nos jours (Abdelguerfi et Laouar, 1999). Les prospections sur les céréales à la recherche de ressources locales sahariennes, ont concerné beaucoup plus le blé, dont nous citons les travaux de Trabut (1989), Ducellier (1930), Erroux (1958, 1962) ; Benlaghid *et al.*, 1990), Chadjaa (1989). Ces études sur le patrimoine des blés sahariens ont porté principalement, sur la caractérisation morphologique de l'épi et du grain.

Dans la région d'Adrar, le blé est la céréale la plus cultivée dans les jardins. Il joue un rôle prépondérant dans l'alimentation des populations oasiennes et ce, en plus de son rôle pour

nourrir le cheptel oasien. L'urgence d'inventorier, de connaître et de sauvegarder ce patrimoine est à signaler face à la menace de déperdition créée par tout un ensemble de facteurs qui affectent l'oasis phoenicicole de la région d'Adrar dont l'un des plus importants est le déclin des foggaras sur lesquelles repose tout le système oasien du Touat, Gourara et Tidikelt (Rahal, 2005).

Notre travail sur l'identification des populations de blés sahariens, s'inscrit dans le cadre de la valorisation de nos ressources locales cultivées. L'adaptation de telles populations à des conditions agro-climatiques très sévères d'une région de l'extrême sud caractérisée par son climat hyperaride, témoigne de la présence, au sein de ces populations, d'un pool génétique intéressant à exploiter notamment dans le domaine de l'amélioration génétique.

Ce travail a pour objectifs d'une part la description de la variabilité génétique (inter et intra-population) à partir de caractères morpho physiologiques, caractéristiques du cycle de vie des plantes et le comportement de ces populations vis-à-vis d'un déficit hydrique d'autre part. Il s'agit d'évaluer les caractères de production et d'adaptation à travers des fiches descriptives afin de connaître ces ressources.

Une description caryologique de ces populations est aussi prévue dans le but d'identifier leur niveau de ploïdie.

La première partie de ce document est relative à l'historique et à l'étude qui tente de faire le point sur l'état des connaissances actuelles sur le sujet. La deuxième partie présente le matériel et les méthodes d'études utilisées. La troisième partie portera sur la présentation des résultats et leur discussion.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I- Synthèse bibliographique

1-1-Origine du blé

1-1-1– Origine géographique du blé

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7 000 à 10 000 ans le blé occupait le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1982). 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 foyer d'origine et le principal centre de diversification du genre *Triticum* est l'Asie du Sud-ouest, en particulier les zones de chênaies de la partie montagneuse du croissant fertile : de la côte méditerranéenne, à l'ouest, jusqu'à l'est, en passant par le désert de Syrie. Dans cette région sont concentrées de nombreuses espèces de *Triticum* diploïdes et polyploïdes qui présentent, chacune, une large gamme de variations morphologiques et écologiques (Feldman et Sears, 1981). Selon Hamed (1979), le centre d'origine du blé est le Tigre et l'Euphrate, puis l'espèce s'est étendue en Egypte, en Chine, en Europe et en Amérique (Figure 1). Le blé a été diffusé vers l'Afrique à travers l'Égypte vers – 6 000 avant aujourd'hui. D'autres voies d'introduction furent maritimes : à partir du Sud de la péninsule italienne et de la Sicile, parvinrent aux côtes de la Tunisie, du Maroc et de l'Algérie. Il semble que les courants initiaux concernaient principalement l'amidonnier et de petites quantités de blé nu tétraploïde de la ssp. *Parvicoccum* (Bonjean, 2001).

Par ailleurs, Orlov et Vavilov in Gueorguiev et Arifi (1978), considèrent le Maghreb comme origine secondaire du blé. Bonjean et Picard (1990) affirment que le monde Romain a largement contribué à la diffusion des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et l'Europe de l'Ouest.

L'évolution du blé s'est donc produite dans de nombreux écosystèmes, de manière relativement indépendante jusqu'au XIX^e siècle. À ce moment, l'amélioration génétique du blé par choix dans les populations cultivées et par hybridation s'est développée, aboutissant à un brassage important des différentes origines du blé (Doussinault *et al.*, 2001) (figures 1 et 2).

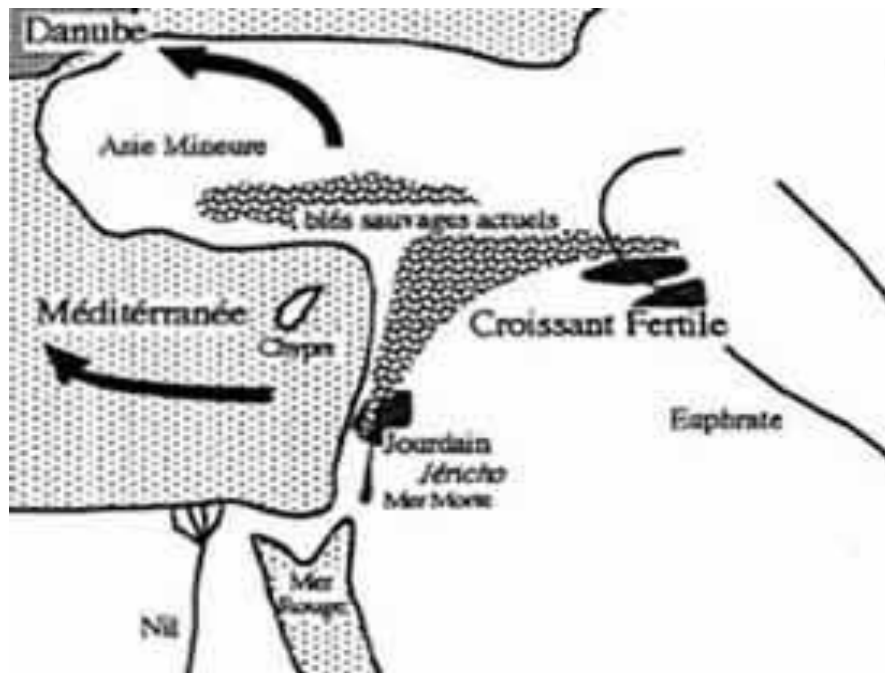


Figure 1 : Centre d'origine de blé dur : Université Pierre Marie Curie



Figure 2 : Origine et diffusion de *Triticum turgidum* (Bonjean, 2001)

1-1-2- Origine génétique du blé

La découverte des progéniteurs sauvages de l'engrain et de l'amidonnier a abouti à la première classification naturelle des blés (Shultz, 1913), bien vite renforcée par les premiers travaux de cytogénétique (Sakamura, 1918) qui ont abouti à la détermination des nombres chromosomiques des différents blés : les blés cultivés, et leur apparentés, ont alors été classés par les botanistes en trois groupes principaux : les blés diploïdes (engrain ou petit épeautre, $2n = 14$), les blés tétraploïdes (amidonnier, blé dur, blé poulard, blé de Pologne, blé de Perse, $2n = 28$) et les blés hexaploïdes (épeautre, blé tendre, blé hérisson, blé compact, $2n = 42$) (Bonjean, 2001).

Kihara *et al.*, (1919) (*in* Cauderon, 1979) ont montré que l'allopolyploïdie a joué un rôle fondamental dans l'évolution du blé. Dans ce contexte, l'importance évolutive de la polyploïdie tient particulièrement à ce qu'elle a facilité la formation d'une superstructure génétique qui rassemble les gènes des espèces diploïdes isolés et leur permet de se recombiner (Feldman, 2001).

Selon Mackey (2005), 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. Les analyses cytologiques et moléculaires laissent croire que les sous-espèces de *T. turgidum* seraient issues de l'hybridation naturelle de *Triticum monococcum* L. subsp. *boeoticum* (Boiss.) (synonyme : *Triticum urartu* : AA) avec une espèce de blé diploïde inconnue contenant le génome B (Feldman, 1976). Selon Kimber et Sears (1987), une ou plusieurs des cinq espèces diploïdes de la section *Sitopsis* du genre *Triticum* pourraient avoir fourni le génome B aux blés polyploïdes.

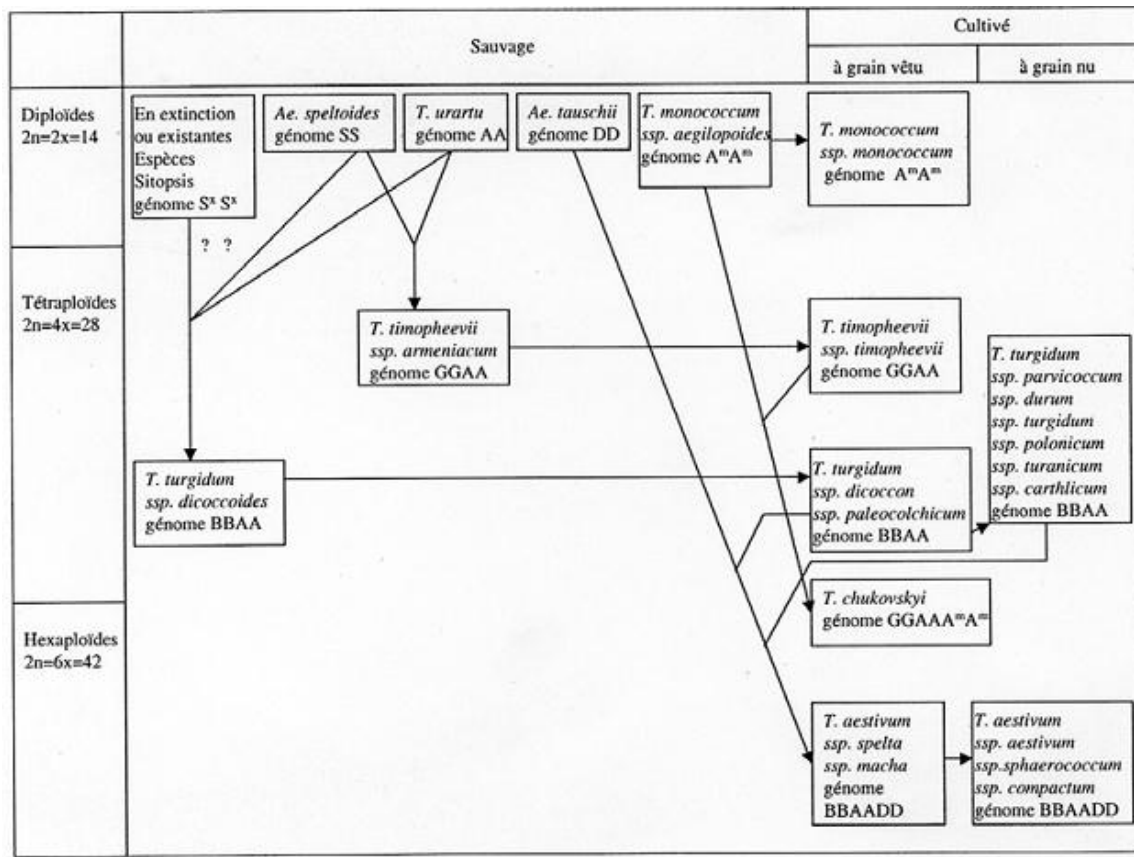
D'après Feillet (2000), le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A) \times *Aegilops speltaoides* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* puis vers *Triticum durum* (blé dur cultivé) (Figure 1).

D'après l'analyse moléculaire, le génome de *T. speltaoides* s'apparente plus au génome B du blé dur et du blé tendre (Talbert *et al.*, 1995 ; Khlestkina et Salina, 2001). En outre, l'analyse de l'ADN des chloroplastes montre que *T. speltaoides* est probablement le donneur maternel du blé

dur (Wang *et al.*, 1997). Le résultat de cette hybridation naturelle est l'amidonnier sauvage (*Triticum turgidum* ssp. *dicocoides* (Korn.) Thell) qui a été domestiqué plus tard sous la forme du blé amidonnier (*Triticum turgidum* ssp. *dicocum* (Schrank) Thell), qui s'est répandu du Proche-Orient jusqu'aux grandes régions productrices de la Méditerranée et du Moyen-Orient, y compris en Égypte et en Éthiopie (Bozzini, 1988). Des milliers d'années de culture et de sélection ont abouti à la formidable variabilité des blés tétraploïdes issus de l'amidonnier sauvage. Un certain nombre de sous-espèces ont donc été caractérisées, principalement d'après les caractères morphologiques (Van Slageren, 1994) : *T. turgidum* ssp. *paleocolchicum*, *T. turgidum* ssp. *polonicum*, *T. turgidum* ssp. *turanicum*, *T. turgidum* ssp. *carthlicum*, *T. turgidum* ssp. *turgidum* et *T. turgidum* ssp. *durum*. Parmi tous les blés tétraploïdes cultivés, *T. turgidum* ssp. *durum* est de loin le plus important.

Les blés hexaploïdes, *T. aestivum* à génome AABBDD ($2n = 42$ chromosomes), sont très vraisemblablement apparus uniquement après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes. Ils résultent de l'hybridation entre des blés tétraploïdes cultivés, en particulier *T. turgidum* (L.) Thell. ssp. *dicocum* (Shrank) Thell et la graminée sauvage *Aegilops squarrosa* (syn. *T. tauschii*) ($2n = 14$, DD).

Du fait de la grande variabilité des formes de *T. aestivum*, qui regroupent plusieurs sous-espèces à grain nu ou vêtu, on considère actuellement que l'espèce aurait une origine polyphylétique, résultant d'un nombre incertain de croisements indépendants entre divers génotypes de blés tétraploïdes et plusieurs formes d'*A. tauschii*. Ainsi, *T. aestivum* pourrait avoir une aire d'origine récurrente, dynamique dans le temps, recoupant les zones d'expansion des cultures de blés tétraploïdes cultivés historiquement superposables à l'aire de distribution d'*A. tauschii* – cette méga-aire d'origine irait de la Turquie de l'ouest à la Chine de l'ouest. (Bonjean, 2001) (figure 3). Selon le même auteur, Les génomes A et B contrôlent de manière générale l'architecture, la résistance et la fertilité de l'espèce, le génome D confère au blé tendre son aptitude à la technologie du pain.

Figure 3 : Phylogénie du *Triticum aestivum* (Feldman, 2001)

1-2- Valeur économique

1-2-1- À l'échelle internationale

Le blé représente près de 30% de la production céréalière mondiale en volume, derrière le maïs (38%) et le riz décortiqué (20%). C'est aussi la céréale la plus échangée, les exportations représentant 20% de la production totale de blé (12% pour le maïs et 7% pour le riz), ce qui lui confère une importance géostratégique majeure (Anonyme, 2012).

Avec une production mondiale de 650 millions de tonnes en 2010, le blé est la 3^{ème} céréale la plus produite dans le monde derrière le maïs (844 millions de tonnes) et le riz (672 millions de tonnes), représentant 26,75% de la production mondiale de céréales ; et constitue la plus grande surface de céréale cultivée dans le monde avec 216 millions d'hectares (source FAOSTAT 2006). D'après Feillet, (2000), les estimations de la demande mondiale de blé dur s'élèveront à 1 milliard de tonnes en 2020.

La culture de blé représente 17% des échanges internationaux de produits agricoles. Seconde en volume après le maïs, la production de blé ne cesse de croître pour faire face à la demande de sa consommation. Les surfaces cultivées en blé (220 million d'ha) ne peuvent croître

indéfiniment d'autant que les conditions agro climatiques et de culture (zone semi-aride, salinité des sols) voire l'extension des zones urbains sont de réelles limites à sa progression (Branlard *et al.*, 2012).

1-2-2- À l'échelle nationale

En Algérie, la céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi arides (Cadi, 2005). Les céréales, représentent la première spéculation en Algérie, cette place de choix est révélée par l'importance des superficies qu'elles couvrent et qui varient entre 3 et 3,5 millions d'hectares. Le blé dur occupe une place centrale dans l'économie algérienne. Il couvre 1,5 million d'ha sur les 3,0 million d'ha consacrés à la céréaliculture (Mazouz, 2006). L'importance des superficies occupées par le blé dur, comparativement à la superficie occupée par le blé tendre et l'orge est influencée par le prix à la production garanti par l'état.

La production moyenne de céréales des cinq dernières années (2007 à 2011) a légèrement dépassé 32 millions de quintaux selon la FAO, et se répartit comme suit : 19 millions de q (60%) pour le blé (dont 13.3 q de blé dur et 5,7q de blé tendre) et 13 millions de q (40%) pour l'orge.

La production algérienne de blé est très instable d'une année à l'autre à cause des conditions climatique très variables (irrégularités des pluies, sécheresse...etc.). La production nationale est assez faible de 8 à 10 q/ha, elle ne couvre que 20 à 25 % des besoins du pays, le reste étant importé.

Malgré la mise en place de politique visant à accroître la production céréalière afin de réduire le recours à l'importation, l'Algérie reste contrainte de recourir à l'importation de quantités de blé assez conséquentes pour palier à ce déficit. Les importations de céréales évoluent selon le niveau de la production nationale. Actuellement l'Algérie se classe au premier rang mondial pour la consommation de blé avec une moyenne dépassant largement les 200kg/ha/an. De 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 4244903 tonnes de blés dont 70,44% de blé dur (soit 2990265 tonnes), représentant une valeur de 858 millions de dollars (soit 578 millions pour le blé dur) (Chehat, 2007).

1-3- Ressources génétiques du blé

1-3-1- Importance des ressources phylogénétiques

Depuis la domestication des plantes, il y a 10 000 ans environ, l'homme est passé de l'état nomade à l'état sédentaire et qu'il a commencé à cultiver les plantes, c'est-à-dire à alterner semis et récolte. Il a d'abord retenu les espèces qui étaient les mieux adaptées à ses besoins, il en est résulté de fortes modifications morphologiques et physiologiques des plantes (pour les céréales sélection de plantes à grains nus, à floraison groupée, rachis non désarticulé). L'action combinée de la sélection naturelle dans le champ de l'agriculteur et des choix de l'homme, a conduit pour les espèces retenues, à des populations mieux adaptées à leurs conditions de culture et d'utilisation. Cela s'est traduit par une perte de diversité par rapport aux espèces sauvages (Gallais, 2010).

La perte moyenne de diversité génétique chez le blé, due à la domestication, est estimée à environ 30 %, mais elle peut être bien supérieure pour certaines espèces. Chez le blé, la comparaison de populations de *Triticum tauschii*, donneur du génome D, aux populations de pays montre une perte très importante de diversité génétique (perte de 2,5 allèles par locus) : 69 % de perte entre les formes tétraploïdes et les formes hexaploïdes (Reif *et al.*, 2005). De même entre des blés tétraploïdes sauvages (*Triticum dicoccoïdes*) et les blés tétraploïdes domestiqués, une perte de 84 % est observée (Maccaferri *et al.*, 2006).

Van de Wouw *et al.*, (2010) citent deux périodes récentes pouvant présenter de nettes pertes de diversité génétique : le remplacement des variétés populations par les cultivars modernes qui intervient à des époques différentes selon les régions du monde ; la «révolution verte» période d'intensification de l'agriculture dans les années 60 (engrais et pesticides de synthèse, mécanisation, irrigation) en association avec l'utilisation de variétés sélectionnées pour de hauts rendements dans ces conditions intensives.

Les cultivars primitifs pourraient être une source importante de variation génétique utile (Ceccarelli *et al.*, 1987). Ils sont caractérisés par leur adaptation locale et par une meilleure variabilité génétique que les cultivars modernes (Person, 1997 *in* Jilal, 2011).

D'après Hakimi (1993), les formes locales ont un rôle très important, notamment parce qu'elles constituent un modèle d'adaptation écologique et qu'elles représentent l'aboutissement de toute une sélection naturelle reposant sur les impératifs du rendement et de la qualité intrinsèque. De son côté, Jilal (2011) indique qu'au fil du temps, les variétés locales reconnues comme de

précieuses sources de résistance aux ravageurs, aux maladies et aux contraintes abiotiques, ont été de plus en plus remplacées par des cultivars commerciaux.

Néanmoins, la substitution de nombreuses populations locales, hétérogènes et localement adaptées, par un faible nombre de variétés modernes a aussi exposé les cultures à plus de vulnérabilité ; aussi bien vis-à-vis d'une maladie, que d'un pathogène ou un accident climatique en raison de sa composition génétique (Hamon, 2007).

Pour pouvoir répondre aux besoins conjoncturels et aux besoins imprévisibles de l'agriculture de demain, il est indispensable de conserver les ressources génétiques les plus diversifiées possibles. A cet effet, la diversité génétique constitue la "matière première" qui permet l'évolution des espèces et donc leur adaptation.

Actuellement, les ressources génétiques en blés sont d'une importance majeure, elles incarnent un éventail de diversité génétique nécessaire pour augmenter et maintenir le potentiel de rendement du blé et fournissent de nouvelles sources de résistance et tolérance face aux différents stress biotiques et abiotiques. Ces ressources génétiques constituent, en effet, la base biologique de la sécurité alimentaire mondiale (FAO, 1996). Cependant, la disparition rapide des populations locales et le développement et la diffusion de nouvelles variétés cultivées de blé dur, accélèrent les risques d'érosion génétique chez cette espèce ce qui limite les recherches dans le domaine de l'amélioration génétique de cette culture (Rawashdeh *et al.*, 2007).

De ce fait et dans le cadre d'une agriculture durable, plus soucieuse de la protection de l'environnement, la recherche agronomique s'attèle à mettre au point des variétés plus productives et de meilleure qualité. Sur cette voie, l'essentiel des progrès futurs résultera d'une utilisation rationnelle de la biodiversité, de sa conservation et de la compréhension de sa dynamique afin de préserver la qualité d'une vie pérenne.

1-3-2- Ressources génétiques du blé en Algérie

L'Algérie est reconnue comme étant un centre de diversité pour plusieurs espèces céréalières dont le blé dur (*Triticum durum* Desf.) l'orge (*Hordeum vulgare* L), l'avoine (*Avena sativa* L., *A. fatua*, *A. ventricosa* et *A. sterilis* L.), le blé tendre (*Triticum aestivum vulgare* L., *Triticum aestivum sphaerococcum* L.) et les Aegilops (*Aegilops ovata* L., *Aegilops triuncialla*, *Aegilops*

triaristata, *Aegilops ventricosa*, ainsi qu'une grande diversité des formes pour les orges et les blés sahariens (Croston et Williams, 1982).

Les céréales ont été largement cultivées en Algérie depuis de nombreux siècles. Au cours de cette longue période, ces cultures ont connu une grande diversification génétique favorisée par la diversité des climats (Grignac, 1965).

Ducellier (1930) comme Laumont et Erroux (1961) mentionnaient l'existence d'une trentaine de variétés populations locales de blé dur qui existaient au début du 19^{ème} siècle dans les parcelles des autochtones. Le blé dur est représenté en Algérie par une multitude de forme, dont le nombre justifie la place donnée à l'Afrique du Nord par Vavilov (1934), comme centre secondaire de diversité de l'espèce. Les variétés algériennes appartiennent toutes au groupe : *T. durum aristatum* Orl., commune Flaksb, et peuvent être rangées, d'après Orlov, dans au moins une quinzaine de variétés botaniques différentes (Miège, 1950).

On admet généralement que le blé dur n'existait pas en Afrique du nord avant la conquête arabe (Hazmoune, 2005). La plupart des auteurs s'accordent pour considérer que la céréaliculture algérienne est depuis cette date et jusqu'à la colonisation, est très largement dominée par le blé dur (Laumont et Erroux, 1961). La multitude des formes rencontrées en Afrique du Nord serait due aux hybridations et aux croisements qui se sont produits spontanément depuis des siècles (Bœuf, 1932). Les variétés utilisées, très nombreuses et d'intérêt inégal, sont presque toujours cultivées sous forme de mélanges de populations locales.

Ducellier (1930) a décrit l'ensemble des espèces de blé cultivées en Algérie : les blés durs (avec et sans barbes), les blés de Pologne, le Poulard, les blés tendres (avec et sans barbes, des oasis) et l'Epeautre.

Le blé tendre n'existait autrefois, en Afrique du Nord, qu'à l'état sporadique, sous des formes diverses en mélange dans les champs de céréales, et sans qu'il soit possible d'en préciser l'origine ni la date d'introduction (Ducellier, 1930 ; Bœuf, 1932 ; Laumont et Erroux, 1961). Il paraît vraisemblable qu'elles y avaient été importées éventuellement, avec les blés durs venus de l'extérieur au moment des disettes. Ce n'est que depuis l'occupation française que la culture du blé tendre a commencée et qu'elle a pris, progressivement, un développement rapide et relativement considérable (Miège, 1950). Les botanistes comme Ducellier (1930) et Bœuf (1932), ont signalé la présence ancienne des blés tendres sous le nom de « Farina » (par opposition au blé dur, « Guemh ») et ont décrits différentes formes de ces blés. Ces blés

d'introduction ancienne sont d'ailleurs appelés blés du pays en raison de leur adaptation aux conditions climatiques locales.

Parmi les blés tendres algériens, il convient de faire une place à part à ceux des oasis sahariennes, dont le nombre élevé des populations cultivées semble prouver l'ancienneté. Elles constituent des mélanges très complexes.

La période coloniale s'est caractérisée par l'utilisation de la variabilité existante dans les populations locales. Ce n'est cependant qu'à partir de 1905 que l'amélioration méthodique et rationnelle des céréales a été entreprise par Ducellier qui, le premier, a tiré des populations locales et par sélection généalogique, les premières lignées pures de blé dur.

Il apparaît donc que les ressources génétiques des blés étaient fortement diversifiées non seulement à travers le nombre de variétés ou populations cultivées mais aussi et surtout à travers la très grande diversité génétique au niveau de chaque population. Ces populations de terroirs, souvent très bien adaptées aux conditions de chaque milieu, permettaient certainement de répondre aux préoccupations et aux besoins locaux (Abdelguerfi et Laouar, 2000).

Ces variétés locales sont souvent remarquablement bien adaptées aux conditions climatiques difficiles du milieu et des sites marginaux comme les régions sèches et peu fertiles. Ainsi les variétés locales de blé sont restées très appréciées par les agriculteurs des zones marginales des hauts plateaux de l'Ouest et de l'Est du pays. Ces variétés locales assurent à ces agriculteurs un rendement, certes relativement faible, mais assez régulier dans le temps. En plus, elles fournissent beaucoup de paille qui est valorisée par le cheptel pour diversifier les productions et réduire des risques liés au climat (Bouzerzour *et al.*, 2003).

Selon l'A.N.N. (1993), l'introduction durant les années 70 des semences de variétés dites « à haut rendement » a entraîné une forte régression de certaines variétés locales. Les variétés algériennes de céréales ont été très affectées, conduisant à la disparition de 64% des variétés locales, plus adaptées aux conditions du milieu donc plus productives (Bouzerzour *et al.*, 2002). Ces nouvelles variétés adoptées en Algérie restent marginales parce qu'elles se caractérisent par une plus grande sensibilité aux variations des conditions climatiques. Ce fait explique en grande partie l'échec rencontré par l'introduction des variétés à paille courte, dans les régions fortement marquées par le déficit hydrique comme la zone méditerranéenne en particulier (Monneveux, 1991).

Selon Abdelguerfi et Laouar, (2000), ces introductions ont entraîné une régression et une déperdition de certains cultivars locaux bien adaptés, mais elles ont constitué un certain apport génétique plus ou moins intéressant selon les cas.

Le matériel génétique qui subsiste encore jusqu'à nos jours est disponible dans des collections de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) au niveau de ses différentes stations. Certaines variétés algériennes sont aussi disponibles dans les banques de gènes internationales (France, USA, ICARDA, Russie, CIMMYT...).

1-3-3- Les blés sahariens

La présence des céréales dans les cultures d'oasis avait été signalée depuis longtemps par de nombreux voyageurs, tels que Follie (1792), Adams (1810 et 1814) et Caille (1828). Ducellier (1920), est le premier à attirer l'attention sur l'originalité des blés sahariens et commence alors un considérable travail de prospection et de description des populations oasiennes de blé dont rendent compte également les travaux d'Erroux (1952, 1954 et 1958) qui ont porté essentiellement sur la botanique, la systématique des blés tendres sahariens, leur diversité génétique (variabilité morphologique des épis et graines) ainsi que sur leur origine.

Selon cet auteur, la culture de blé tendre paraît très ancienne dans les oasis, si l'on en juge par les nombreuses variétés qui existent et par les caractères propres qu'elles présentent d'après lesquels certaines d'entre elles se rapprochent de quelques blés d'Asie à épi compact : le matériel génétique introduit (d'Asie et autre) avait subi des modifications évolutives résultant de la sélection naturelle et l'adaptation aux rudes environnements désertiques qui prévaut dans la région. Malheureusement, malgré les efforts fournis par Ducellier, les blés oasiens sont restés ignorés et délaissés. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette méconnaissance :

- L'éloignement et l'isolement des oasis ;
- Une modeste production de la semence de blé utilisée uniquement pour la consommation familiale et l'échange avec les agriculteurs avoisinants, ne permettant donc pas de commercialiser cette semence à grande échelle ;
- La difficulté de l'étude des céréales oasiennes hors de leur milieu d'origine du fait de leur extrême sensibilité à la rouille jaune (Ducellier, 1920).

Selon Erroux, (1961), le blé tendre des oasis représente, après une longue évolution sur place grâce à l'isolement des oasis, un stade de l'évolution des blés hexaploïdes à partir peut-être des premiers blés cultivés par les Néolithiques sahariens. Les blés tendres cultivés au Sahara, à l'état de mélanges (populations), présentent des caractères spéciaux (type *inflatum*) mais comportent des formes speltoïdes (c'est-à-dire très voisines des Épeautres à grain nu considérés parfois comme étant les premiers blés tendre cultivés par l'homme), des formes compactoïdes (blés compacts rappelant ce que Schiemann appelle *Triticum aestivo-compactum* Schiem.), des formes sur lesquelles l'aspect speltoïde ou compactoïde s'est atténué ou a disparu (bien que les blés sahariens restent en général de compacité assez forte). La persistance de ces formes très diverses, marquant des stades dans l'évolution des blés hexaploïdes, a frappé les jardiniers sahariens qui savent les distinguer, d'où la richesse de la nomenclature utilisée sur place.

Les blés du Hoggar, comme ceux des autres régions sahariennes, sont très intéressants, du point de vue agricole, par la fertilité de leurs épis qui renferment dans certains cas plus de 100 grains, et au point de vue botanique par les caractères spéciaux de quelques variétés permettant de ranger ces dernières dans des groupes particuliers au Sahara et aux régions limitrophes (Ducellier, 1920).

Les travaux consacrés à la classification des blés sahariens par Ducellier (1920), Maire (1940) et Erroux (1962), se heurtent à de nombreuses difficultés :

- L'hétérogénéité des populations, chacune d'elles étant constituée d'un mélange de formes : Les oasiens ont en culture des mélanges de constitution un peu différente qu'ils désignent par des noms en rapport avec les types d'épis prédominant. Ces noms désignent en fait non pas une variété, mais par exemple toutes celles dont la couleur et la forme sont les mêmes.
- L'abondance des formes intermédiaires, constituant des séries continues depuis des types à caractères sahariens marqués jusqu'à des types à caractères sahariens atténués ou nuls
- La présence de nombreux types d'épis portant à la fois des caractères de *T. aestivum* L. et de *T. spelta* L. (blés speltoïdes), ou de *T. aestivum* L. et de *T. compactum* L. (blés compactoïdes).
- L'imprécision de la nomenclature : un même terme peut concerner des populations différentes ayant en commun une caractéristique morphologique marquante : le terme

Fertass (chauve, teigneux) peut recouvrir des formes mutiques ou bréviaristées diverses : les termes Dzil el Bra, Babous el Bra (queue de mulet) se rapportent à plusieurs populations à épi long et barbu. Une même appellation peut même parfois renvoyer à des types totalement différents : dans le Fezzan, les blés Chegira et Hadrache sont des blés tendres (Erroux, 1958) alors que dans le Tafilalet, il s'agit de blés tétraploïdes (*durum* et *polonicum* respectivement).

Dans les oasis du Sahara, Les appellations sont beaucoup plus nombreuses et s'appliquent à des formes très diversifiées : les formes typiquement sahariennes sont caractérisées par leurs glumes courtes, larges, renflées, terminées souvent par des becs coudés, par leurs glumelles portant, chez les formes mutiques, des becs curieusement courbés en crochet et souvent renflés en lobe à leur base.

1-3-4- Classification des blés sahariens

L'existence d'affinités entre les blés oasiens et certains blés tendres d'Asie, mises en évidence par Flaksberger (1939), ont conduit Erroux (1962) à proposer une classification des blés du Sahara appuyée sur des diagnoses établies par Vavilov (1934) et Flaksberger (1939) pour les blés d'Asie.

- Erroux (1962) propose donc une clé d'identification des blés sahariens reposant sur les caractères morphologiques suivants :
- Absence ou présence de barbes (formes *muticum* et *aristatum*) ;
- Forme des barbules (ou arêtes) ; les barbules des blés oasiens sont presque toujours en forme de crochets, mais on peut observer dans certains cas une dilatation plus ou moins grande de la base de l'arête, pouvant aller jusqu'à former deux lobes arrondis ;
- Caractères de la glume (courte, large, renflée, à troncation plus ou moins marquée, à carène marquée ou non jusqu'à la base...) ;
- Compacité de l'épi, rapport du nombre d'étages d'épillets sur l'épi à la longueur de l'épi en décimètres : les blés du Sahara, et en particulier ceux du groupe *oasicolum*, ont une compacité supérieure à celle des populations des zones voisines (Atlas marocain, Tell algérien) ;
- Couleur de l'épi et du grain.
- Villosité de l'épi : il s'agit d'un caractère très répandu chez les blés sahariens.

En se basant sur les caractères morphologiques cités ci-dessus, Erroux (1962) avait proposé la classification suivante :

-les blés speltoïdes du sahara : c'est un groupe de blés intermédiaires entre le blé tendre et le blé épeautre-type d'Europe, mais il est néanmoins plus proche des épeautres que les espèces de blé présentant des formes de transition vers le blé tendre (Ducellier, 1920).

-les blés compacts : parmi les blés sahariens normalement caractérisés par une compacité ($D = 10 N/L$, avec N : nombre d'épillets, L : longueur du rachis) pouvant atteindre 39-41, il existe des formes particulièrement compactes c'est-à-dire des compacités supérieures à 40. Les blés du Sahara, et en particulier ceux du groupe oasicolum, ont une compacité supérieure à celle des populations des zones voisines (Atlas marocain, Tell algérien) ;

-les blés sahariens à « caractères atténués ou nuls » : à côté des blés sahariens à caractères typiques, on peut rencontrer des blés assez différents se caractérisant par des affinités sahariennes plus ou moins atténuées ou nulles et suggérant des apports extérieurs en provenance soit des territoires du Nord, soit du Niger et du Mali. La présence de ces blés dans les oasis s'explique comme si des croisements avaient eu lieu entre les blés des oasis et les blés des autres régions (Ducellier, 1930).

-formes peu fréquentes ou récoltées à l'état dispersé : parmi les blés des oasis, on trouve des formes rares rencontrées à l'état sporadique, parmi lesquelles on retrouve : *Triticum vulgare* Host. Var. *caesium* Korn. et *Triticum diccicum* Schrank. Var. *Rufum*. Korn.

On peut conclure en disant qu'à peu près dans toute l'Algérie, les emblavures sont possibles, même au Sahara, les ksouriens sèment du blé autour des oasis dans les bas-fonds humides, des dépressions et des dayas, quelques espèces et variétés, adaptées depuis des temps immémoriaux au sol et au climat du désert, peut-être même originaires de ces contrées présentant des qualités remarquables de précocité et de résistance à la sécheresse.

Les céréales cultivées en zones sahariennes ont à faire face à un ensemble de contraintes environnementales parmi lesquelles on notera principalement : Une alimentation en eau insuffisante et irrégulière, des excès de température importants, une forte salinité, avec des teneurs en sels des sols avoisinant 5 %. Il faut donc s'attendre à ce que les populations des blés, s'étant maintenues en culture dans ces zones, manifestent des caractères très nets d'adaptation à ces contraintes. Dans ce contexte, il devient urgent de préserver cette diversité génétique qui existe au niveau de ces populations de blé. Ce patrimoine pourrait ainsi être utilisé dans des programmes d'amélioration et de croisement comme géniteurs en vue d'associer chez certains

génotypes une aptitude au rendement élevé et une bonne adaptation à certaines contraintes du milieu.

1-4- Conservation des ressources phytogénétiques

Le développement agricole a conduit à des variétés très performantes mais s'est accompagné d'une réduction sensible de la diversité génétique. S'agissant des ressources génétiques du blé, la disparition rapide des populations locales et le développement et la diffusion de nouvelles variétés cultivées, ont contribué à une nette recrudescence de la base génétique ce qui limite les recherches dans le domaine de l'amélioration génétique de cette culture (Rawashdeh *et al.*, 2007).

Il est donc nécessaire de constituer une "réserve génétique", comprenant des ressources très diversifiées susceptibles de répondre aux besoins futurs de l'homme. Ces ressources sont matérialisées sous forme de variétés, anciennes et modernes, de populations ou écotypes locaux et espèces sauvages proches des plantes cultivées.

Ainsi, la préservation et la gestion raisonnées des ressources phytogénétiques revêtent un caractère important pour assurer une agriculture et un développement durables. La sauvegarde du germoplasme local constitue actuellement une des principales préoccupations des instances internationales spécialisées.

A ce propos, l'Institut International des Ressources Phytogénétiques (IPGRI) à Rome, 1994, avait encouragé la mise en place de réseaux de bases de données informatisées et avait proposé une nouvelle appellation : Les Ressources Phytogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture (RPGA). Elles constituent la base biologique de la sécurité alimentaire mondiale et fournissent des moyens de subsistance à tous les habitants de la planète. Ces ressources locales sont la matière première la plus importante pour le sélectionneur et l'intrant le plus essentiel à l'agriculteur. C'est pour cette raison que, la conservation, l'utilisation durable et le partage juste et équitable des avantages tirés de l'utilisation des ressources phytogénétiques sont à la fois une préoccupation et un impératif sur le plan international. Les cas d'utilisation des RPGA sont nombreux aussi bien dans l'amélioration variétale que dans les approches de solutions aux problèmes agronomiques et socio-économiques.

La sauvegarde de la diversité biologique des plantes cultivées est nécessaire pour :

- conserver ce patrimoine génétique
- rendre disponible les ressources génétiques

- disposer d'un réservoir permettant d'affronter des problèmes qui pourraient surgir dans le futur.

- assurer la continuité des améliorations génétiques des cultures alimentaires.

Les ressources génétiques peuvent être conservées dans leur milieu naturel (conservation *in situ*) ou en dehors de leur habitat d'origine, de manière statique (conservation *ex situ*) ou dynamique.

1-4-1-Conservation *in situ* : vers une gestion dynamique

La conservation *in situ* consiste en le maintien de la diversité présente intra et inter population des espèces cultivées dans leur habitat naturel. Elle présente l'avantage d'être dynamique et vise à maintenir le processus évolutif des ressources qui permet de les conserver tout en bénéficiant de leur évolution et de leur adaptation à l'environnement pour répondre aux exigences des paysans.

Ce mode de gestion, selon Gallais, (2010) permet de maintenir les plantes dans leur agrosystème traditionnel, avec lequel elles continueront de co-évoluer, aux exigences des paysans.

La conservation *in situ* s'applique à la conservation des variétés locales anciennes adaptées à des agroenvironnements particuliers, et maintenus par les pratiques agricoles traditionnelles, parfois au contact des espèces sauvages apparentées (Glachant et Lévêque 1993 ; Berthaud *et al.*, 1999), celles-ci concernent surtout l'agriculture paysanne des pays en développement (Berthaud *et al.*, 1999). La paysannerie traditionnelle entretient donc *in-situ* une forte diversité génétique constituée de variétés de pays qui accumulent des gènes d'adaptation aux conditions culturelles.

Pendant des millénaires, les agriculteurs ont utilisé leurs propres semences, ou celles de leurs voisins. Leurs variétés évoluaient ainsi en permanence. Cette conservation à la ferme perdure dans certaines régions du monde. Pour certaines espèces sélectionnées, on peut recréer des situations analogues en soumettant des populations composites à des pressions de sélection proches de celles de leurs milieux naturels. On parle de gestion dynamique, l'objectif étant de conserver la capacité de l'espèce à évoluer dans le temps et à s'adapter aux variations du milieu.

Berthaud *et al.*, (1999), signalent que la gestion dynamique est fondée sur un concept de génétique des populations qui explique le maintien de la diversité des espèces sauvages par leur évolution en population structurée.

La gestion dynamique vise donc à l'établissement de populations à base génétique large, éventuellement améliorée pour une valorisation à moyen ou à long terme (Lefort *et al.*, 1998). Elle consiste également à faire des essais multilocaux pour rechercher le polymorphisme existant dans ces populations et voir la distribution de la diversité vis à vis de la nature du milieu, afin de mieux comprendre l'évolution historique des espèces ou d'une série de populations (Hodgkin *et al.*, 2000).

1-4-2- Conservation *ex situ*

Une autre manière de préserver les ressources phylogénétiques consiste en une conservation *ex situ*, couramment appelées « banques de gènes » (Charrier, 1999). Elle assure le maintien, en l'état, de l'intégralité des ressources depuis leur collecte et pour une durée, la plus longue possible Berthaud *et al.*, (1999). Cette méthode de conservation a permis le stockage d'un nombre considérable de semences de blé dans les différents centres internationaux de conservation (Gallais, 2004).

Les banques, par le potentiel important qu'elles constituent, doivent être valorisées. Ce potentiel limité, et la conservation en frigo ne résout pas le problème de l'érosion de la diversité en pleins champs. De plus la diversité génétique, conservée *ex situ*, est figée, et ne répond plus aux pressions de sélection qui s'y exercent. Une interruption, pendant plusieurs années de stockage, des processus de co-évolution entre les plantes et les pathogènes, peut rendre les semences inutilisables. Ces banques doivent en outre être renouvelées régulièrement, l'ADN subissant des dommages physiques. On essaie aujourd'hui d'optimiser la gestion des ressources génétiques de la banque, par la constitution d'une « core-collection », une sorte de sous-échantillon d'accessions les plus différents possibles les unes des autres, et qui permettrait une identification plus rapide de la diversité allélique à un locus donné.

1-4-3- Les core collections

Vavilov (1926) était le premier généticien ayant réalisé le besoin essentiel d'une base génétique plus large pour l'amélioration des cultures ; lui et ses collègues, ont recueilli le matériel génétique des cultures et de leurs parents sauvages à l'échelle mondiale (Upadhyaya *et al.*, 2007). A partir de 1950, le rôle stratégique de la diversité biologique dans la sélection végétale s'étend avec le développement des échanges internationaux (Trommetter, 2001). Suite à la perte des cultivars traditionnels et des variétés locales, causée par le développement agricole à partir des années 70, des efforts massifs de collecte de matériel génétique ont été faits. Cet énorme

volume des ressources de matériel génétique ne peut être utilisé efficacement pour mener des recherches et nécessite également des fonds pour la gestion de la banque de gènes (Upadhyaya *et al.*, 2007).

Frankel (1984) a proposé l'échantillonnage gérable de la collection ou « collection nucléaire » ou « core collection ». Une collection nucléaire contient un sous-ensemble des accessions de l'ensemble de la collection qui capture le plus de diversité des espèces (Brown, 1989). Le noyau du sous-ensemble ainsi formé peut être largement évalué et l'information dérivée peut être utilisée pour guider plus efficacement l'utilisation de l'ensemble de la collection (Brown, 1989). La taille de la collection réduite aidera également à réduire les dépenses nécessaires pour gérer la banque de gènes (Upadhyaya *et al.*, 2007).

Selon Nissilâ *et al.*, (1999) et Malosetti *et al.*, (2000), il est important de stratifier les accessions selon des critères adéquats pour constituer une core collection, de manière à conserver les allèles présents dans la collection de base et qui confèrent à la plante les meilleurs caractères. Donc il s'agit d'avoir moins d'accessions à conserver, mais qui reflètent la diversité génétique de la collection de base.

Un réseau de centres internationaux a été exécuté à partir du début des années 1980 visant à améliorer la collecte, la conservation, l'évaluation et la documentation des ressources génétiques des cultures (Plucknett *et al.*, 1987).

Le blé a un pool génétique qui a le potentiel de contenir suffisamment de diversité génétique à exploiter pour l'adaptation à différentes conditions environnementales. En outre, les vastes ressources en matériel génétique du blé, disponibles dans le monde, contiennent probablement une variation allélique bénéfique que les nouvelles technologies génomiques et de sélection peuvent exploiter (Muñoz-Amatriaín *et al.*, 2011)

Plusieurs travaux ont été également effectués sur des collections de ressources génétiques pour différents critères tel que l'évaluation du rendement (Pecetti *et al.*, 1996 ; Abdalla *et al.*, 1996 ; Aguiriano, 2006) et la tolérance des populations de blé au stress hydrique (Pecetti *et al.* 1993 ; Pecetti et Annicchiarico 1995), en se basant sur l'étude des caractères morpho-physiologiques et agronomique des populations de blé dur. Les résultats ont montré que les variétés locales présentent un pool de gènes très diversifié et sont spécifiquement adaptées aux différentes conditions climatiques.

Actuellement, environ 79 000 tétraploïdes et 253 000 accessions de *Triticum* non spécifiées sont disponibles dans les collections des banques de gènes dans le monde entier (Skovmand *et al.*, 2005).

Parmi les centres qui gèrent les collections du matériel génétique au nom de la communauté mondiale on peut citer :

CIMMYT : Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé à Mexico est une organisation sans but lucratif dont la mission est de contribuer à l'amélioration des moyens de subsistance des populations des pays émergents par l'amélioration des semences de blé et de maïs, principales cultures vivrières du monde. Cette organisation est issue d'un programme pilote menée au Mexique en 1943 sous le parrainage conjoint du gouvernement mexicain et de la Fondation Rockefeller.

ICARDA : Centre International de Recherche Agricole sur les Régions Arides créé en 1977, possède beaucoup de projets en collaboration avec les pays arabes pour la collecte, l'évaluation et la valorisation des ressources génétiques des blés et d'autres espèces.

1-5- Analyse de la diversité

L'évaluation de la diversité génotypique et phénotypique peut être effectuée à partir de l'étude des généalogies des variétés considérées, à partir de caractères agro-morphologiques, ou encore à partir de données moléculaires (Picard *et al.*, 1992 ; Nachit *et al.*, 1992).

Les caractères morphologiques et les marqueurs biochimiques « neutres » fournissent des informations différentes, et complémentaires : les premiers renseignent sur les caractéristiques d'adaptation, par contre les marqueurs permettent de décrire la structuration de la diversité (Boudour, 2006).

L'identification des caractères morpho-physiologiques nous conduit à définir un idéotype adéquat sur un milieu donné et pour des conditions bien déterminées (Gherbali, 2003). D'autre part, la connaissance du matériel végétal, donc sa caractérisation et son identification sont utiles et nécessaires pour les travaux d'amélioration.

Selon Bouzerzour *et al.*, (1997), l'amélioration du rendement passe par la caractérisation du germoplasme disponible. Cette caractérisation permet de comprendre les liaisons entre différents caractères composant l'architecture de la plante, les phases de développement et leur influence sur le rendement. Selon les mêmes auteurs, l'identification des caractères contribuant

positivement au rendement conduit à la sélection d'un type de plante bien défini qui valorise le milieu.

1-5-1-Les paramètres phénologiques de la plante

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).

La précocité à l'épiaison et à la maturité est un mécanisme important d'esquive de la sécheresse tardive (Hadjichristodoulou, 1987), chaque jour gagnée en précocité génère un gain de rendement variant entre 30 et 85 Kg / ha (Fisher et Maurer, 1978). La précocité a joué un rôle très important dans la stabilité des rendements des blés.

La précocité à l'épiaison et à la maturité peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer les productions dans les zones sèches (Yang *et al.*, 2001)

De nombreux auteurs ont rapporté que les réductions de rendement les plus larges se produisent quand la sécheresse survient durant la période coïncidant avec l'initiation florale (Fisher, 1973). 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 ; Brisson, 1996).

1-5-2- Morphologie de la plante et adaptation au milieu

Les marqueurs morphologiques sont déjà connus comme des outils efficaces pour l'estimation de la diversité génétique du blé (Al Khanjari *et al.*, 2008) ainsi que la caractérisation des ressources génétiques est une étape clé pour la sélection.

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.

Une étude faite par Ruiz et Aguiriano (2004) sur 30 géotypes de blé dur basée sur 14 paramètres agro-morphologiques recommandés par IBPGI (1985) a permis d'identifier différents groupes éco-géographiques. Ainsi, Pecetti et Annichiarico, (1992) ; Teresa *et al.*, (2009) ont trouvé des différences significatives d'une région à une autre.

Ainsi, les paramètres morpho-physiologiques correspondent à une stratégie d'adaptation de la culture qui implique des mécanismes propres à la plante. En milieu variable, les caractères morphologiques peuvent jouer des rôles assez importants qui réduisent la variabilité des rendements en grain (Harrath, 2003 *in* Oudjani, 2009).

1-5-2-1-Hauteur de la plante

Selon Hadjichristodoulou (1993), la hauteur de la plante fait partie des caractères d'adaptation les plus importants dans les conditions arides méditerranéennes. La contribution de la tige à l'élaboration du rendement s'accroît lorsqu'un déficit hydrique s'installe pendant la phase de remplissage, les réserves stockées dans les tiges migrent en quantités différentes selon les variétés. La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important. Mekliche–Hanifi (1983) trouve une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Fisher et Maurer, (1978) mentionnent que les blés hauts ont un indice de sensibilité à la contrainte hydrique plus faible comparativement aux blés nains.

1-5-2-2- Les barbes

Grignac (1965), mentionne que la présence des barbes chez les céréales augmente la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation.

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal (Hadjichristodoulou, 1993). Lors de la phase de remplissage du grain, la photosynthèse est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures chez les géotypes barbus comparativement aux géotypes glabres (Monneveux, 1991).

Limiter les pertes en eau en présence de barbes chez les céréales, d'après GRIGNAC (1965), expliquerait en partie la supériorité des blés durs sur les blés tendres mutiques quant à la résistance à la sécheresse, par la présence de stomates nombreux et de petite taille, à fermeture rapide (Monneveux et Nemmar, 1986)

1-5-2-3- Col de l'épi

La longueur du col de l'épi a souvent été proposée comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (Fisher et Maurer, 1978). Le rôle de ce caractère s'explique par les quantités d'assimilat stockées dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportées vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (Gate *et al.*, 1990).

1-5-2-4- La dernière feuille (la feuille étendard)

De par son âge et sa position, la feuille étendard joue un rôle primordial dans le remplissage du grain (Auriau *et al.*, 1992). La durée de vie de la feuille étendard estimée par l'évolution de sa surface verte apparaît comme un révélateur du niveau du fonctionnement de l'appareil photosynthétique en présence de déficit hydrique (Gate *et al.*, 1993). D'après Johnson *et al.*, (1983), les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation et maintenir un potentiel hydrique élevé.

L'autre type d'adaptation foliaire développé par les plantes face à un manque d'eau est l'enroulement des feuilles. Ainsi chez certaines variétés résistantes, l'enroulement foliaire peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation (Amokrane, 2001). De même, lorsque la plante est exposée à des températures extrêmes, elle réduit la perte d'eau par transpiration ce qui permet aux réserves stockées de contribuer dans le remplissage du grain et donc au rendement en grain (Brinis, 1995).

1-5-2-5- L'épi

D'après Spagnoletti et Qualset, (1987), l'épi du blé est en même temps une source et un réservoir d'assimilat qui détermine ultimement le rendement en grain. En effet, la morphologie de l'épi est en majorité connue comme critère de sélection.

L'épi joue un rôle dans la photosynthèse et la production d'assimilat 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 (Blum, 1985).

1-5-3- Le rendement et ses composants

Engledow et wadham, (1993) définissent le rendement comme étant le produit des composantes nombre de plante par unité de surface, nombre d'épis par plante, nombre de grains par épi et

poids de mille grains. Chez le blé, l'amélioration du rendement dépend de l'amélioration d'une ou de plusieurs composantes du rendement.

1-5-3-1- Le tallage

Ce caractère est influencé par les caractéristiques variétales ainsi que les techniques culturales (Arian *et al.*, 1992). Le pourcentage de tallage est associé aux composantes du rendement tels que le nombre d'épis, qui dépend énormément des talles herbacées, le poids du grain dépend lui aussi du nombre de talles du fait de la compétition des différents épis pour l'accumulation des assimilats et également pour la nutrition minérale et l'eau (Massle, 1981). D'autre part, Benbelkacem, (1986) souligne que l'amélioration du pouvoir du tallage et du nombre d'épis au mètre carré donne un potentiel pour l'accroissement du rendement.

1-5-3-2- Le nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi contribue directement au rendement en grain chez le blé. En conditions de sécheresse, l'aptitude d'une céréale à conserver un rendement en grain convenable dépend de ses potentialités à produire un nombre d'épis et un nombre de grains par épi élevés (Ben Salem *et al.*, 1990). Selon Ketata (1987), le nombre de grains par mètre carré est le produit du nombre d'épis fertiles par mètre carré par le nombre de grains par épi.

1-5-3-3-Le poids de 1000 grains

Une carence hydrique en fin de cycle réduit le poids du grain (Kobata *et al.*, 1992 *in* El-Hafid, 1997). En effet, en conditions de déficit hydrique ce sont le nombre de grains par épi et le poids du grain qui déterminent le plus le rendement en grain (Assuncao, 1979 *in* El-Hafid, 1997). Dokuyucu *et al.*, (1999) ont trouvé des corrélations significatives et positives entre le rendement en grain et le poids des grains par épi.

1-5-4-Paramètres physiologiques

Les outils de physiologie appliqués à la sélection trouvent des difficultés dus à la complexité des mécanismes 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).

1-5-4-1-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. 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 autres, la photosynthèse. Cette capacité est liée aux possibilités 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).

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).

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).

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).

1-5-4-2-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). 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).

1-5-4-3-Teneur en chlorophylle

La diminution de la photosynthèse, qui fait suite à la réduction de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est causée par la réduction de la pénétration du CO₂ (El-jaafari et Paul, 1993).

Bousba *et al.*, (2009), indiquent qu'une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur sous stress hydrique. Tahri *et al.*, (1997) montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b). Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs en pigments chlorophylliens et vice versa (Tahri *et al.*, 1997)

1-5-4-4-Accumulation de la proline

L'accumulation de la proline constitue aussi un véritable mécanisme de tolérance au stress hydrique (Slama *et al.* 2004). L'existence chez les céréales d'une variation intraspécifique pour l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique suggère la possibilité d'une sélection, sur la base de ce caractère, des génotypes qui auront une bonne capacité à survivre et un rendement en grains stable en conditions hydriques limitantes (Monneveux et Nemmar., 1986). Pour cette raison, certains auteurs, Bellinger *et al.*, (1991) ont proposé l'accumulation de la proline comme technique de sélection. Tahri *et al.*, (1997) montrent que plusieurs sélectionneurs et physiologistes ont utilisé la capacité de son accumulation dans le criblage de génotypes résistants au déficit hydrique (Monneveux, (1991) sur le blé dur ; au froid Dorfling et Askman (1989) sur le blé tendre.

Singh *et al.*, (1973) ont noté, chez les céréales soumises à l'action de la sécheresse, des accumulations de proline d'autant plus importantes que les génotypes sont plus résistants ; Singh *et al.*, (1973) notent, chez l'orge, que cette accumulation a lieu principalement au niveau

des limbes foliaires et, à un degré moindre, au niveau des racines et des apex. Chez le blé, l'augmentation des teneurs en proline et en arginine des feuilles serait, selon Protsenko *et al.*, (1968), un des symptômes de l'adaptation à la sécheresse, les variétés résistantes accumulant ces deux acides aminés en quantités plus importantes.

La proline pourrait intervenir dans ce cas en régulant, par l'augmentation de sa concentration, la pression osmotique interne (Stewart et Lee, 1974) mais aussi en inhibant les mécanismes d'auxésis ou en constituant un « stock d'azote » utilisable par la plante postérieurement à la période de souffrance hydrique (Monneveux et Nemmar, 1989).

1-5-4-5-Rôles des sucres solubles

Le potentiel osmotique peut être maintenu pour un stress hydrique de faible ou moyenne intensité, par ajustement osmotique. Les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour cet ajustement osmotique, comme de nombreuses autres molécules (proline, glycine-béataïne ou pinitol). D'après Bensari *et al.*, (1990) lorsque la contrainte hydrique cesse, la feuille reconstitue les réserves d'amidon et si une nouvelle contrainte hydrique intervient, le temps d'adaptation est plus court. En effet, Hare et Cress, (1997) remarquent que les sucres glucose, fructose et le saccharose représentent des osmotocums beaucoup moins puissants que la proline, ils participent eux aussi au maintien de la balance de la force osmotique. Par ailleurs, il a été observé que sous stress hydrique, les réserves amyliques sont progressivement utilisées suite à leur conversion rapide en saccharose qui pourra être associé à une inhibition de la synthèse de l'amidon (Bammoune, 1997).

L'implication des sucres dans la tolérance au stress hydrique a été mise en évidence par les corrélations observées entre le contenu en certains sucres et l'acquisition de la tolérance (Déjardin *et al.*, 1999). De nombreuses études ont mis en évidence l'accumulation de sucres solubles lors de la dessiccation. Une idée principale en ressort différents sucres solubles peuvent être présents dans des tissus bien hydratés, mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation (Déjardin *et al.*, 1999).

1-6-Etude caryologique

La caryologie qui est l'étude du génome pendant la phase diploïde de l'individu, permet de distinguer les différents taxons par la taille, la forme et le nombre de leurs chromosomes, incluant le nombre et la taille de satellite (Davis et Heywood, 1973 ; Stace, 1989).

La cytogénétique a joué un rôle important dans l'identification et la classification des différentes espèces de blé. Des études récentes, essentiellement génétiques et cytogénétiques, ont permis d'établir une classification des blés actuels et de leurs ancêtres et une nomenclature claire des différentes espèces botaniques (Ehab, 2006)

Le nombre de chromosomes est normalement constant au sein d'une espèce et la morphologie de chaque paire chromosomique lui est caractéristique. Toutefois, des conditions éco-géographiques peuvent induire des variations au niveau de la taille du génome dans une même espèce. En effet, la variabilité intraspécifique liée au phénomène de polyploidie et corrélée aux conditions éco-géographiques (Lysák *et al.*, 2000).

Cette étude permet d'établir un « caryotype » qui constitue une « carte d'identité chromosomique » ou caryogramme, représentation schématique du génome haploïde. Elle peut être basée sur la technique classique d'observation de caryotype des cellules de pointes racinaires ; mais aussi sur les techniques plus récentes de banding (C ou D ; coloration chromosomique) ou d'hybridation *in situ* (utilisation de sonde spécifique d'ADN) (Birkam et Kimber, 1974 ; Teoh *et al.*, 1983 ; Shang *et al.*, 1988).

Actuellement, une nouvelle approche rapide permettant la détermination du niveau de ploïdie d'une espèce, a été élaborée. Il s'agit de la cytométrie en flux (CMF), basée sur la mesure de fluorescence, qui permet l'estimation du contenu en ADN (Arumuganathan et Earle, 1991), sa répartition dans les différentes phases du cycle cellulaire (Jayat et Ratinaud, 1993) ou simplement la recherche du degré de ploïdie (Brown *et al.*, 1991 In Belkadi, 2003)

La cytogénétique a pour objectif l'étude du stock chromosomique : comptage et description des chromosomes, étude de leur appariement à la méiose (c'est à dire lors des divisions successives du noyau de la cellule), analyses des raisons de la stérilité chez des hybrides entre espèces. Tout cela permet d'évaluer le degré de parenté des espèces, de retracer leur évolution, de créer des formes nouvelles. Les chromosomes sont un élément essentiel de la carte d'identité génétique, et les travaux de cytogénétique occupent une place importante parmi les techniques nouvelles du « génie génétique ». Des résultats spectaculaires ont été obtenus, notamment pour les blés et les genres voisins (le triticale, par exemple, est issu du croisement entre blé et seigle).

Les travaux réalisés sur le caryotype, principalement basés sur l'idée que les caryotypes symétriques sont plus primitifs que ceux asymétrique, ont permis de comparer entre les blés parents connus, tel que déterminés par la taxonomie classique, et les blés cultivés actuellement (Sharma, 1990).

La plupart des populations de blé saharien sont des hexaploïdes. Selon Ducellier, (1930), les populations de Hoggar, à l'exception du blé *Amekkaoui* et du blé *El- Khamra* appartiennent au groupe des Blés tendres (*Triticum vulgare* Vill.), mais les deux premières, ainsi que certaines variétés des autres oasis sahariennes : Touat, Saoura, Gourara, Ouargla, El-Goléa, constituent un groupe distinct des blés tendres ordinaires, qu'il désigne sous le nom : *Triticum vulgare* populations tétraploïdes et hexaploïdes.

Matériel & méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

2-1- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de 24 génotypes de blé répartis sur 6 populations. Ce matériel a été collecté dans les régions du Touat et du Gourara dans la wilaya d'Adrar (figure 5). Certaines populations ont été collectées sur plusieurs sites (allant de 1 à 11 sites) (tableau) ce qui nous a permis de recenser 24 génotypes.

Cette collection est issue de prospections et collecte élaborées par l'équipe « ressources phytogénétiques » de l'INRA et qui rentre dans le cadre d'un projet de recherche (PNR 1) financé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Tableau 1 : Liste des populations étudiées

Populations	Nombre de génotypes par population	Code	Sites de récolte	Région
Benmabrouk	11	G1	Titaf	Touat
		G2	Aghil	Touat
		G3	Tmentit	Touat
		G4	Oueled hadj	Gourara
		G5	Brinkin	Gourara
		G6	Tamssekt	Touat
		G7	Lahmeur	Gourara
		G8	Bouandji	Touat
		G9	Zaylou	Touat
		G10	Bahou	Touat
		G11	Zaouiet Hadj Maghili	Touat
Bentembarek	4	G12	Laada	Touat
		G13	Adjdir el Ghorbi	Gourara
		G14	Zaylou	Touat
		G15	Taourirte	Gourara
Moumna	4	G16	Ouled Rached	Gourara
		G17	Ouled Hadj Mamoun	Gourara
		G18	Zaylou	Touat
		G19	Ghabet Moulay Ali	Touat
Chatar	2	G20	Tidmaine	Touat
		G21	El Mansour	Touat
Oumrokba	2	G22	Tiloulène	Touat
		G23	Ouled Rached	Gourara
El-farh	1	G24	Titaouine Chorfa	Touat
Total Populations : 6	Total Génotypes :24			

2-2- Prospections et collecte

Nous avons réalisé plusieurs prospections dans la région du Touat et du Gourara afin de balayer d'une manière efficace l'ensemble de la région et d'avoir le maximum de diversité possible. Lors de la réalisation de notre prospection, nous avons utilisé une approche participative grâce à laquelle nous avons pu collecter le maximum d'informations par le biais des agriculteurs quant à leur savoir-faire ancestral.

La collecte du matériel végétal s'est faite directement en plein champ sous forme d'épis à maturité afin d'éviter d'éventuels mélanges. Après la récolte, les agriculteurs, prélèvent de chaque parcelle quelques épis pour les multiplier l'année d'après, le reste des génotypes sont mélangés pour les besoins de la consommation familiale.

2-3-Description de la zone de prospection

a- Situation géographique

Issue du découpage administratif de 1974, la wilaya d'Adrar s'étend sur la partie Nord du Sud-Ouest Algérien et couvre une superficie globale de 427 968 km², soit 17.97 % du territoire national. La wilaya est composée de 28 communes regroupées en 10 daïras qui sont distribués en trois régions : le **Touat** (région d'Adrar), le **Gourara** (région de Timimoun), et le **Tidikelt** (région d'Aoulef).

La région du Touat est située au centre de la wilaya d'Adrar et s'étend sur une superficie de 205.623 km². Elle est composée de 12 Communes. Elle ne comprend pas moins de 135 Ksours étalés le long de l'Oued Messaoud sur une distance de 220 km. Cette belle vallée verdoyante, a depuis la haute histoire constituée un fragment vital de l'axe de communications qui liait le Maghreb au Soudan. La région est connue aussi pour son système d'irrigation les foggaras (Latrech, 1988).

Le Gourara, Région voisine du Touat ayant une superficie de 65.203 km², est un ensemble d'oasis qui s'étend entre le Grand erg Occidentale et le plateau du Tadmait, elle partage plusieurs caractéristiques avec le Touat : système des foggaras, architecture aux influences marocaines et soudanaises, palmeraies. Toutefois elle se distingue par la qualité exceptionnelle de ses paysages avec ses ksours et ses palmeraies dominant l'immense étendue saline de la Sebka. La couleur rouge est aussi l'un des traits distinctifs du Gourara, d'ailleurs Timimoune la capitale du Gourara est connue sous le pseudonyme d'oasis rouge.

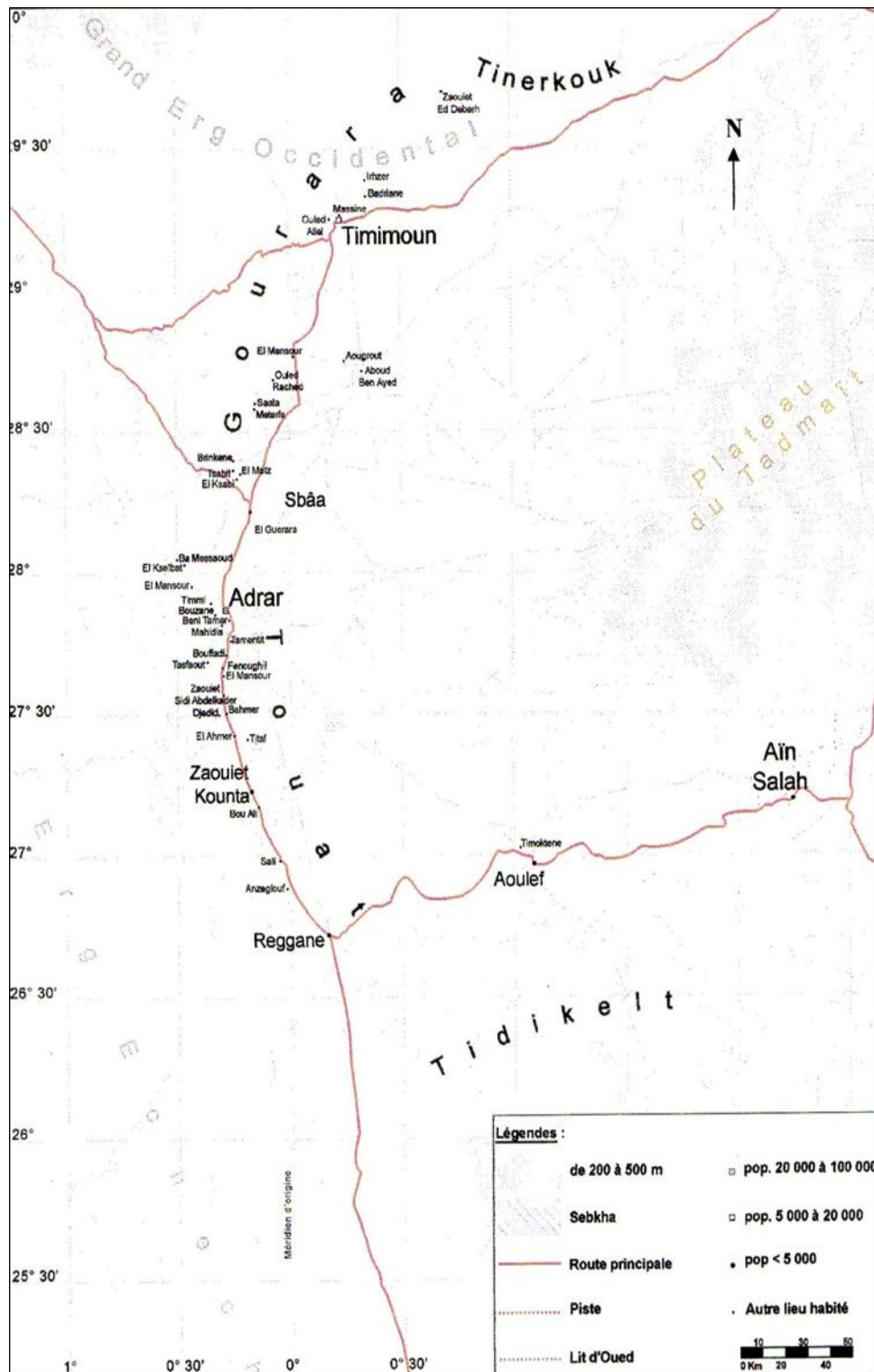


Figure 4 : carte de la région d'Adrar
Source : Atlas Microsoft Encarta 2001.

b- Hydrologie

La quasi-totalité des besoins en eau de la région est assurée par les nappes souterraines (continental intercalaire et le mi- pliocène). L'eau est puisée dans les nappes à l'aide du système traditionnel des foggaras (DPAT de la wilaya d'Adrar, 1993). Selon Bisson (1991), les oasis du Touat, Gourara et Tidikelt doivent leur survie grâce à ce système d'irrigation. C'est une technique savante qui assure le captage et l'adduction d'eau de la nappe aquifère au moyen d'un système de galeries drainantes en pente très douce, mais ayant de distance en distance des puits d'aération et d'évacuation des remblais. Elles débitent un certain volume d'eau à un niveau légèrement supérieur à celui des jardins, de manière à permettre l'écoulement de l'eau par gravité.

c- Climatologie

Le climat de la wilaya d'Adrar est composé de deux zones climatiques distinguées :

- Une zone semi-désertique qui part de Timimoun vers Bechar
- Une zone désertique partant de Timimoun vers Timiaouine

Le climat de la région d'Adrar obéit aux caractéristiques générales du climat saharien à hiver froid glacial avec des températures atteignant parfois 0° C (décembre-janvier) et un été chaud et sec dépassant les 45°C (juillet-août).

La pluviométrie de la région du Touat est extrêmement faible sinon insignifiante ce qui rend impossible toute agriculture sans irrigation, mais dans le Gourara on peut enregistrer parfois de fortes chutes de pluies.

La fréquence du vent est très grande durant toute l'année, généralement c'est au printemps (mars-avril) que se manifestent les vents de sable.

d- Nature du sol

Le Touat est caractérisé par un sol sablo-limoneux et la région du Gourara par des sols limoneux et de couleur brun-rougeâtre. Dans la plupart des cas on a affaire à des alluvions sablo-limoneuses dont la structure est très fragile ou même totalement absente, amoindrie encore par l'abondance des ions Na⁺ dans l'eau d'irrigation ou dans le sol.

2-4- Description du site expérimental

L'expérimentation a été réalisée à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A. ex - I.N.A.), située en zone littorale à 20 km d'Alger et à une altitude de 48 m.

2-4-1- Caractéristiques du sol

Il s'agit d'un sol à texture limoneuse, profond et à Ph alcalin. La teneur en matière organique est très moyenne allant de 0,41 à 1,24% (Boukecha, 2001). Les caractéristiques hydriques de ce sol sont d'une capacité au champ égale à 3.21 mm/cm d'où une réserve facilement utilisable de 1.13 mm/cm ceci pour une profondeur de 80 cm (Mokhtar et *al.*, 1996)

2-4-2- Caractéristiques pluviométriques

Les relevés météorologiques nous ont été fournis par le département du génie rural. Le total des pluies enregistré de septembre 1997 à juin 1998 est de 756, 1 mm (tableau 1). La pluviométrie a été importante durant les mois de novembre, avril et mai. La figure 4 représente la variabilité mensuelle moyenne de la pluviométrie et des températures durant la campagne 1997/98.

2-5- Conduite des essais

Le présent travail vise à étudier la diversité génétique à travers une caractérisation agromorphologique et agronomique d'une collection de ressources génétiques considérées comme source de diversité génétique de blé.

Le double objectif à atteindre est de mieux comprendre les mécanismes d'adaptation établis par les plantes avec les conditions de l'environnement et, d'autre part, de montrer la discrimination des différents pools génétiques et les particularités de chaque type de génotype.

Tableau 2 : Données climatiques de l'année 1997/98

Mois	Précipitations (mm)	Températures (°C)
Aout	-	-
Septembre	52, 3	24, 57
Octobre	41, 3	20, 33
Novembre	133, 7	14, 54
Décembre	144, 2	12, 85
Janvier	33, 8	12, 23
Février	40, 9	12, 51
Mars	67	12, 35
Avril	70	15, 16
Mai	171, 5	17, 24
Juin	1, 4	21, 15
Total	756, 1	-

2-5-1-Caractérisation agro-morphologique

L'expérimentation est réalisée au champ sur deux parcelles séparées sous serre grillagée, l'une conduite en pluvial et l'autre en irrigué. Le dispositif expérimental est en randomisation totale en parcelles divisées (irrigué et pluvial).

L'étude a été effectuée sur 24 génotypes (tableau 2). Les génotypes issus des différentes localités appartenant à la même population sont semés séparément dans le but d'étudier la variabilité intra-population. Chaque génotype a été semé à raison de quatre (04) épis et chaque épi a été semé en ligne soit un total de 96 épis lignes. Vingt (20) graines de blé ont été semées par chaque ligne avec une distance de 10 cm entre graines et 20 cm entre ligne. Le semis a été fait le 8 janvier 1998.

L'essai irrigué a reçu une irrigation de complément durant les phases critiques de la plante : aux stades épiaison et floraison. L'irrigation a été réalisée par des asperseurs (le système d'irrigation par microdiffuseur était en panne). L'humidité du sol est calculée grâce aux tensiomètres placés à l'intérieur de la parcelle. L'irrigation est effectuée lorsque l'humidité du sol arrive au-dessous de 1/3 de la réserve utile.

Tableau 3 : Périodes et doses d'irrigation

Stade végétatif	Doses d'irrigation (mm)
Epiaison	60
Floraison	60

Les essais ont été installés sur une parcelle dont le précédent cultural est une céréale et ayant subi un labour profond, suivi de passages de rotavator. La parcelle a reçue également une fumure de fond sous forme de 15N 15P 15K à raison de 100 kg/ha. L'engrais azoté est apporté en deux fois sous forme de sulfate d'ammonium à raison de 90 U/ha.

Le désherbage chimique antidicotylédonaire est réalisé avec Granstar, ainsi que des traitements contre les pucerons (Ultracide) et surtout la rouille jaune (Tilt) à raison de 150 ml/1000 l.

Le présent travail vise à étudier la diversité génétique à travers une caractérisation agro morphologique d'une collection de blé saharien. Les caractères morphologiques constituent des outils de description et d'adaptation en même temps. Ils peuvent comprendre :

- des mesures quantitatives portant sur la plante (largeur et longueur des feuilles, hauteur de la plante...) et l'épi (longueur de l'épi, nombre de grains et d'épillets, longueur des barbes...);
- des données qualitatives (couleur et forme de l'épi, du grain, pilosité de la glume...).

Des analyses multivariées de ces données permettent d'identifier et de caractériser des groupes de diversité et de préciser leur constitution.

Les mesures ont été effectuées selon des descripteurs internationaux établis par (IPGRI, 1985 ; UPOV, 1990). et ont porté sur l'ensemble de caractères morphologique (qualitatifs et quantitatifs) Pour l'ensemble de ces caractères, les mesures ont porté sur tous les individus des 24 génotypes.

2-5-1-1-Caractères phénologiques et morphologiques

a- les caractères quantitatifs

Les caractères mesurés sont les suivants :

- Date de réalisation du stade épiaison (**s-ep**) qui correspond au nombre de jours comptés à partir du semis à la date de réalisation de 50% de l'épiaison.
- Date de réalisation de la floraison (**s-flo**) qui correspond au nombre de jours comptés à partir du semis à la date de réalisation de 50% de de la floraison.
- Hauteur de la plante en cm (**hp**) : elle est mesurée à maturité, de la base de la tige jusqu'à son extrémité supérieure,
- Longueur de l'épi en cm (**le**) : elle est mesurée à partir la base de l'épi (1er article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal,
- Longueur du col de l'épi en cm (**lc**) : elle est comprise entre la base du limbe et la base de l'épi
- Longueur du dernier entre-nœud en cm (**lden**) : elle est comprise entre le dernier entre-nœud et la base de l'épi,
- Nombre de nœuds par plante (**nn**) : il est obtenu par comptage direct de nombre de nœuds,
- Nombre d'épillets par épi (**nep-e**) : à maturité, le nombre d'épillets par épi est compté pour indiquer le taux de fertilité de la plante.
- Nombre d'épillets stériles par épi (**neps-e**) : il est obtenu par comptage du nombre d'épillets stériles par épi,
- Surface de la feuille étendard en cm² (**sf**) : La surface foliaire estimée en cm² est définie comme le produit de la longueur totale (L) par la largeur moyenne (l) de la feuille étendard par 0.607 (coefficient de régression de la surface, d'après Spagnoletti-Zeuli et Qualset, (1990).

$$SF (cm^2) = (L \times l) 0.607$$

b- Les caractères qualitatifs

Les caractères qualitatifs mesurés sont relatifs à la morphologie de l'épi et du grain. Ils sont évalués sur la base d'échelles, allant de 1 à 2, 1 à 5 et de 1 à 9, (Laumont et Erroux, 1961 ; UPOV, 1990). Ces caractères sont :

- Forme de l'épi (**fe**),
- Couleur de l'épi (**ce**),
- Port de la dernière feuille (**pdf**),
- Compacité de l'épi (**ce**),
- Présence de barbes ou d'arêtes (**a-b**),
- Longueur des barbes ou des arêtes (**lon a-b**),
- Distribution des barbes ou des arêtes (**dist**),
- Couleur du grain (**cg**).

2-5-1-2-Composantes du rendement

Les caractères suivants ont été mesurés :

- Nombre d'épis par plante (**ne**),
- Nombre de talles par plante (**nt**),
- Nombre de grains par épi (**ng-e**),
- Poids des grains par épi (**pg**),
- Poids de mille grains déterminés à partir du poids des grains de l'épi et le nombre de grains par épi (**pmg**).

L'ensemble des caractères (quantitatifs et qualitatifs) ont été mesurés sur tous les plants récoltés des deux essais sec et irrigué.

2-5-2-Characterisation physiologique

Cette étude a pour objectif de préciser les caractéristiques physiologiques et mécanismes d'adaptation aux contraintes abiotiques du milieu de quelques géotypes de blé saharien. Ces blés étant maintenus en culture dans des environnements extrêmement difficiles (une alimentation en eau insuffisante et irrégulière, une évapotranspiration intense et des températures très élevées au moment du remplissage du grain) manifestent des caractères très nets d'adaptation à ces contraintes : et peuvent constituer d'intéressants modèles, pour ce type de recherche (Benlaghid *et al.*, 1990).

Ces populations pourraient constituer une voie intéressante pour l'élargissement de la base génétique des blés cultivés et l'amélioration de leur tolérance aux stress abiotiques.

L'expérimentation s'est réalisée au niveau du Centre de Recherche en Phytotechnie (Mahdi Boualem) de l'INRAA.

A cause de la sensibilité des blés sahariens aux maladies cryptogamiques et en particulier la rouille jaune, les mesures ont été réalisées au stade juvénile de la plante qui correspond au stade quatre feuilles

Les plantules des différents génotypes, obtenues après germination sur boîtes de Pétri, sont repiquées dans des pots d'environ 7 litres remplis d'un mélange de terre, sable et terreau dans les proportions de 1/3 : 1/3 : 1/3 en deux lots séparés (avec et sans déficit hydrique). Chaque lot comporte quatre répétitions par génotype. Les pots sont arrosés trois fois par semaine et maintenus à hydratation maximum jusqu'au stade quatre feuilles bien développées. A partir du stade quatre feuilles, les régimes d'irrigation sont ensuite modifiés : dans le cas du traitement témoin, le sol est maintenu constamment humide, alors que dans le cas des plantes soumises au déficit hydrique, l'arrosage est interrompu.

L'état hydrique des plantes est évalué par des mesures de teneur relative en eau (**TRE**) et de l'accumulation de la proline.

2-5-2-1-Teneur relative en eau

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).

L'état hydrique des plantes a été évalué par la mesure de la teneur relative en eau (**TRE**). C'est une méthode qui consiste à couper la feuille au niveau de la base du limbe et celle-ci est immédiatement pesée (poids frais, PF) ; elle est ensuite placée dans l'eau distillée à 4°C et à l'obscurité pendant 24h. La feuille est à nouveau pesée (poids à la turgescence, PT) ; l'échantillon est mis à sécher à l'étuve à 80°C pendant 48 h afin de déterminer le poids sec (PS). Les valeurs de la teneur relative en eau sont déterminées à partir de la formule suivante :

$$\mathbf{TRE = [(PF - PS) / (PT - PS)] * 100}$$

2-5-2-2-Accumulation de la proline

La proline est dosée selon la méthode de Troll et Lindsley, (1955) simplifiée et mise au point par Dreir et Gorring, (1974) citée par Monneveux et Nemmar, (1986).

Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à mettre 100 mg de matière végétale fraîche prélevées dans un tube à essai. Un volume de 2 ml de méthanol à 40 % sont ajoutés à l'échantillon et l'ensemble est porté à 85°C dans un bain- marie pendant 1 heure. Après refroidissement, 1 ml de la solution d'extraction est prélevé auquel est ajouté 1 ml d'acide acétique (CH₃COOH), 25 ml de ninhydrine (H₉H₆O₄) et 1 ml d'un mélange composé de 120 ml d'eau distillée + 300 ml d'acide acétique + 80 ml d'acide orthophosphorique de densité 1,7. L'ensemble est mis à bouillir durant 30 mn au bain- marie, après refroidissement 5 ml de toluène lui sont ajoutés pour séparer les deux phases. Après agitation, la phase supérieure est récupérée et séchée grâce à l'adjonction de Na₂ SO₄ anhydre. La mesure de la coloration est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à 528 nm. Le dosage de la proline est obtenu selon la formule suivante :

$$\text{Concentration en proline } (\mu\text{g/g MF}) = X * 2 * 1000 / (\text{MF} * 115.13)$$

MF : Masse de matière fraîche (g)

Masse molaire de la proline pure = 115,13

X : Quantité de proline de chaque échantillon (μg).

2-6-Etude caryologique

En plus des caractéristiques morphologiques externes, la cytogénétique peut elle aussi contribuer à mettre en évidence l'amplitude de la variation en recherchant dans quelles mesures les différents taxons se distinguent les uns des autres par le nombre, la taille, et forme de leurs chromosomes.

Cette partie a été réalisée par la collaboration de deux étudiantes de L'U.S.T.H.B. dans le cadre de leur mémoire de fin d'étude. L'étude a porté sur 10 populations uniquement.

2-6-1- Technique de coloration

A partir des racines mesurant de 1 à 4 cm, nous avons procédé à des observations de chromosomes en mitose somatique. La méthode adoptée est la technique classique de FEULGUEN, qui se base sur le principe de la coloration de l'ADN en rouge violacé par le réactif de SHIFF. La technique comporte plusieurs étapes :

a- Germination

Les graines sont mises à germer à température ambiante dans des boîtes de Pétri tapissées de papier filtre imbibé d'eau distillée. La durée de la germination varie de 3 à 5 jours.

b- Prétraitement

Cette étape consiste à bloquer les divisions en métaphase par solution aqueuse saturée d' α -bromonaphtalène à 1% pendant 16 h à 5°C.

c- La fixation

Nous avons procédé de deux manières, en mettant les racines soit dans de l'acide acétique à 90% pendant 30 mn à température ambiante, soit dans un mélange éthanol acide acétique (3-1) dans le réfrigérateur durant 24 h.

d- La conservation

Après avoir effectué deux rinçages successifs de 5 mn chacun dans l'éthanol 100 % puis dans l'éthanol 95 %, les racines sont conservées dans de l'éthanol à 70 %.

e- L'hydrolyse

Après rinçage à l'eau, les racines sont mises dans de l'HCl chauffé au bain-marie, ce dernier permet le ramollissement des tissus, ainsi que la coupure des liaisons hydrogènes au niveau des sucres, et par conséquent, provoque la libération de groupements aldéhydes.

f- Coloration

Les extrémités racinaires sont colorées au réactif de Schiff durant 30min à 3h à l'obscurité et à la température ambiante. Les groupements aldéhydes, libérés par l'hydrolyse, mis en présence du réactif de Schiff, donnent une couleur rouge aux chromosomes.

g- Ecrasement

L'écrasement est effectué selon la méthode d'Östergren et Haneen (1962). Les apex colorés sont sectionnés et déposés sur une lame dans une goutte de carmin acétique à 1% ou bien dans de l'acide acétique à 45%. La préparation est recouverte d'une lamelle et écrasée doucement en tapotant à l'aide d'une tige en bois. L'étalement peut être accentué par un léger chauffage en passant rapidement la lame au-dessus d'une flamme.

Les premières observations sont effectuées au microscope photonique à faible grossissement. Ensuite, les meilleures plaques sont conservées soit par un montage temporaire ou un montage permanent. Les plaques métaphasiques présentant des chromosomes bien individualisés sont photographiées à partir d'un microscope équipé d'un appareil photographique.

2-6-2- Méthode de mesure

Les préparations chromosomiques obtenues à partir de la technique de coloration nous permet :

- de dénombrer les chromosomes au stade métaphasique, stade où les chromosomes sont bien individualisés

- d'établir le caryotype à partir de plaques métaphasiques où tous les chromosomes sont au même plan.

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer ces données, toutes visent à exprimer la longueur des deux bras de chaque chromosome sous forme de rapports relatifs, parmi lesquels sont utilisés :

$$BL / BC \quad BC / BL \quad BL / BC + BL \quad BC + BL / LT$$

Ces rapports traduisent le degré de symétrie des chromosomes (Dosba et Gauderon, 1973).

Les mesures (en mm) des longueurs des bras longs et des bras courts des chromosomes sont faites sur des photographies de cinq plaques métaphasiques rigoureusement sélectionnées et appartenant à différents individus de la même population. Par la suite, la longueur réelle des chromosomes est calculée en micromètre. La position et l'épaisseur des bandes hétérochromatiques sont définies par les distances entre le centromère et les bords inférieurs et supérieurs de chaque bande. Les chromosomes sont classés par ordre décroissant. L'asymétrie liée à la morphologie des chromosomes est évaluée par l'indice centromérique basé sur la longueur relative des bras.

En ce qui concerne notre étude, nous avons utilisé les rapports suivants :

$$Ic = LI/Le$$

Ic : Indice Centromérique

LI : Bras long

Le : Bras court

Il est en outre conseillé pour déterminer le type chromosomique d'indiquer la différence entre la longueur des bras longs et des bras courts $d = BL - BC$ (Levan *et al.*, 1964). Six types morphologiques de chromosome sont alors déterminés (Tableau 4) :

Tableau 4 : Nomenclature chromosomique de Levan *et al.*, (1964)

Position du centromère	d	r	Ic	Types chromosomiques	
Point médian	0,0	1,0	50,0	M	Métacentrique ss
Région médiane	0,0 – 2,5	1,0 – 1,7	50,0 – 37,5	m	Métacentrique
Région submédiane	2,5 – 5,0	1,7 – 3,0	37,5 – 25,0	sm	Submétacentrique
Région subterminale	5,0 - 7,5	3,0 – 7,0	25,0 – 12,5	st	Subtélolocentrique
Région terminale	7,5 – 10,0	7,0 - ∞	12,5 – 0,0	t	Acrocentrique
Point terminal	10,0	∞	0,0	T	Télolocentrique

Bras court (BC); bras long (BL); $d = BL - BC$; $r = BL/BC$; Indice centromérique (I_c) = $BC/LT \times 100$; longueur totale (LT); ss: sensu stricto.

2-7-Analyse statistique des données

Les données enregistrées ont été dans une première phase, soumise à une analyse descriptive. Les moyennes, les écarts types, les coefficients de variation et les analyses de la variance ont été déterminés pour l'ensemble des traits quantitatifs en utilisant le logiciel STATISTICA au seuil de 5 % selon un plan aléatoire complet à randomisation totale.

Les données collectées ont été soumises à une analyse de la variance par le logiciel STATISTICA au seuil de 5 % selon un plan aléatoire complet à randomisation totale.

Dans une deuxième partie, nous avons étudié les caractères qualitatifs de l'épi en élaborant la fréquence et le pourcentage de chaque caractère pour toutes les populations.

Ce même logiciel a été utilisé pour l'étude des corrélations aux seuils de signification : 5% - 1% - 0.1%. Ces corrélations donnent une idée sur les caractères susceptibles d'être utilisés comme critères de sélection.

L'évaluation de la structuration de la diversité morphologique a été faite par une analyse en composantes principales (ACP) et l'analyse factorielle, elles permettent de bien visualiser les liaisons complexes qui existent entre les variables mesurées et les différents génotypes étudiés.

- Concernant l'analyse en composantes principales (ACP), nous avons pris en considération les caractères quantitatifs.
- Concernant l'analyse factorielle (AFC), nous avons pris en considération les paramètres qualitatifs.

Résultats & Discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

3-1-Evaluation de la variabilité génétique

L'hétérogénéité des populations étudiées, chacune d'entre elles étant constituées d'un mélange de formes nous a conduit à étudier la variabilité inter et intra-population de la diversité génétique afin d'optimiser les stratégies de rassemblement et d'utilisation de cette variabilité.

3-1-1-Caractères phénologiques

L'analyse de la variance (tableau, 5) effectuée sur l'ensemble des génotypes montre qu'il existe un effet inter et intra-population très hautement significatif. Cette analyse de variance met également en évidence une interaction génotype x traitement très hautement significative

L'effet de l'irrigation diffère d'un caractère à un autre.

Tableau 5 : Analyse de la variance des caractères phénologiques

		ddl	SCE	CM	F	P
s-ep	Génot	23	10613	461	117***	0,000
	Irr	1	7	7	2ns	0,179
	Génot*Irr	23	4971	216	55***	0,000
	Erreur	2038	8042	4		
	Total	2085	23135			
s-flo	Génot	23	10337	449	112***	0,000
	Irr	1	38	38	10**	0,002
	Génot*Irr	23	3370	147	37***	0,000
	Erreur	2038	8142	4		
	Total	2085	21957			

Irr = irrigation, génot = génotype.

*, ** et *** significatif à $p \leq 0,05$, $0,01$ et $0,001$ respectivement.

3-1-1-1-Précocité à l'épiaison

Cette phase est observée sur une période allant de 83 à 95 (annexe 1a, 1b) jours chez l'ensemble des populations. Les génotypes les plus précoces sont enregistrés chez la population charar (G20) et benmebrouk (G7) avec des moyennes de 83 et 87 jours respectivement. Par contre, les plus tardives sont observées chez les génotypes benmebrouk (G4 et G2) avec une moyenne de 95 jours dans les deux traitements.

La variabilité intra-population est très remarquable, en particulier chez la population benmebrouk où nous avons noté des génotypes précoces (G7) et d'autres tardifs (G4, G2, G12).

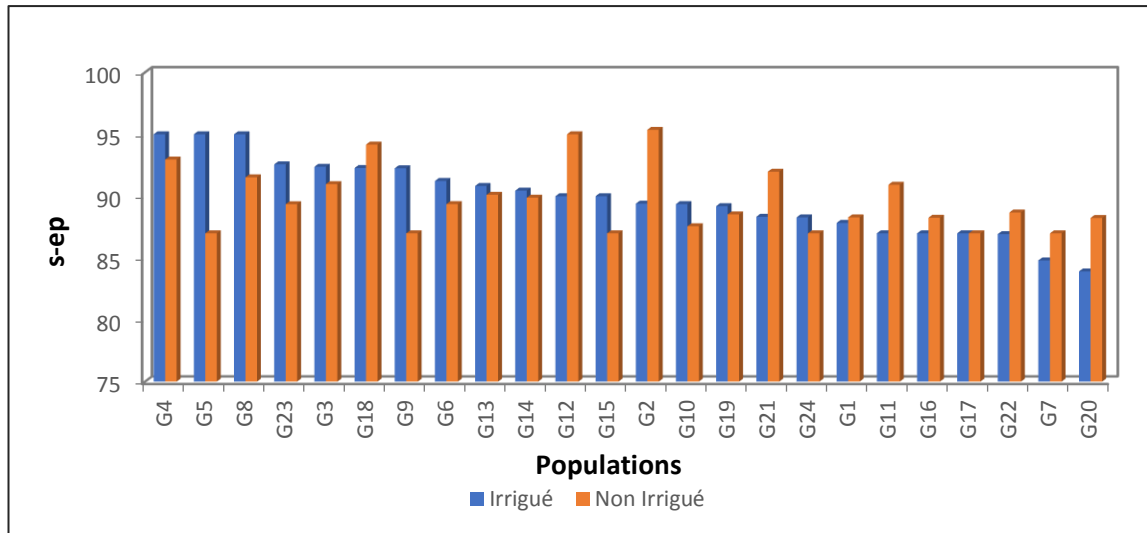


Figure 5 : Variation de la précocité à l'épiaison des 24 génotypes

La date d'épiaison, souvent utilisée comme un indicateur de précocité. Cette date est considérée comme un caractère important, qui a un effet intéressant sur les rendements des céréales, surtout en zone où la distribution de la pluviométrie et la variabilité des températures affectent la longueur du cycle de développement (Mekliche, 1983 ; Hadjchristodoulou, 1987).

Ali Dib, (1992) et Ben Salem *et al.*, (1997) indiquent que le sens de sélection est dirigé vers une plus grande précocité d'épiaison pour améliorer les productions des zones sèches. Ce mécanisme biologique pourrait être quantifié d'esquive puisque les génotypes précoces peuvent accomplir leur cycle en évitant ainsi la sécheresse terminale (Megherbi *et al.*, 2012). Oosterom *et al.*, (1993) ; Abbassenne *et al.*, (1997) affirment qu'une précocité excessive au stade épiaison fait courir les risques de destruction des organes floraux par le gel tardif en zones d'altitude. L'utilité de la sélection sur la base de la précocité au stade épiaison est justifiée aussi par le souci de donner à la plante un cycle de développement qui lui permet d'éviter les contraintes climatiques tels que le froid tardif (Bouzerzour et Benmahammed, 1994), la sécheresse et les hautes températures de fin de cycle (Oosterom *et al.*, 1993).

3-1-1-2-Date de floraison

L'analyse de la variance révèle un effet traitement très hautement significatif (tableau 4).

Le nombre de jours allant du semis jusqu'à la floraison passe de 91 chez chatar (G20) à 102 jours chez benmebrouk (G5, G8, G4) dans le traitement irrigué (annexe 1a). Dans le traitement sec, la date de floraison varie entre 95 chez bentembarek (G15), benmebrouk (G9, G10) et 102 jours chez benmebrouk (G2 et G8) (annexe 1b). Une différence de 7 jours est notée chez les

génotypes (G20 et G21) appartenant à la population chatar pour la date de floraison, et une différence de 11 jours est observée chez les génotypes (G5, G8, G4 et G2) appartenant à la population benmebrouk ce qui marque la variabilité à l'intérieur des populations.

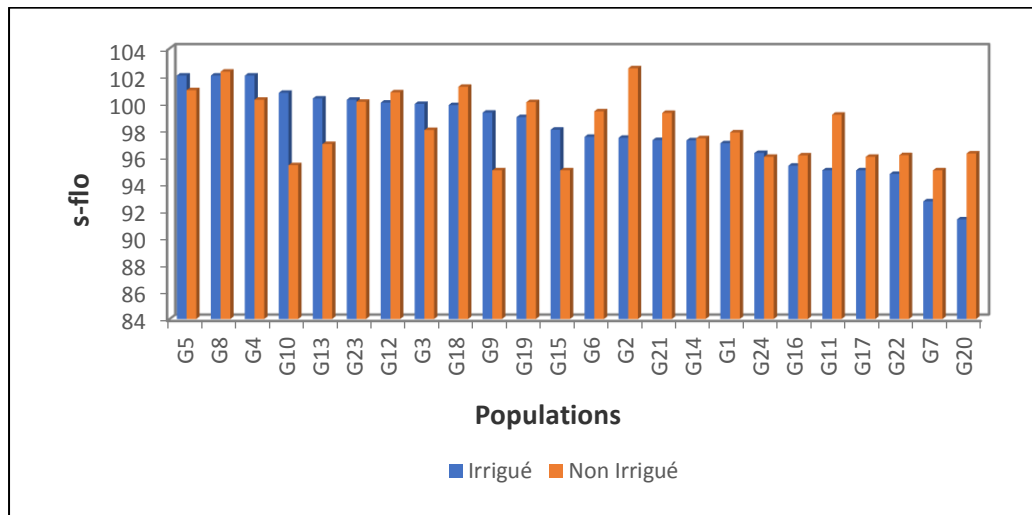


Figure 6 : Variation de la précocité à la floraison des 24 génotypes

Cette caractéristique de la floraison précoce est avantageuse pour esquiver les contraintes de sécheresse et hautes températures de fin de cycle de la culture et donc éviter l'avortement des fleurs.

Le choix du cycle de végétation est donc important pour que la plante puisse faire une bonne utilisation des disponibilités du milieu tout en s'harmonisant aux conditions climatiques de l'environnement de production (Bouzerzour *et al.*, 2002). La précocité apparaît comme un caractère dont il faut tenir compte dans la recherche d'une plus grande stabilité de la production dans la mesure où il conditionne la stabilité d'une des composantes du rendement (Bouzerzour *et al.*, 1998).

3-1-2- Caractères morphologiques

L'analyse de la variance met en évidence un effet génotypique et interaction génotype x irrigation très hautement significatifs. L'effet traitement est hautement significatif (tableau 6).

Tableau 6 : Analyse de la variance des caractères morphologiques.

		ddl	SCE	CM	F	P
hp	Génot	23	98927	4301	76,2***	0,00
	Irr	1	4963	4963	87,9***	0,00
	Génot*Irr	23	9195	400	7,1***	0,00
	Erreur	2038	115100	56		
	Total	2085	229829			
le	Génot	23	1571,1	68,3	109,8***	0,000
	Irr	1	0,7	0,7	1,1ns	0,291
	Génot*Irr	23	43,5	1,9	3,0***	0,000
	Erreur	2038	1267,9	0,6		
	Total	2085	2904,6			
lc	Génot	23	23768,0	1033,4	49,12***	0,000
	Irr	1	399,1	399,1	18,97***	0,000
	Génot*Irr	23	1615,2	70,2	3,34***	0,000
	Erreur	2038	42874,6	21,0		
	Total	2085	68694,6			
lden	Génot	23	28102	1222	44,49***	0,000
	Irr	1	59	59	2,14ns	0,143
	Génot*Irr	23	1631	71	2,58***	0,000
	Erreur	2038	55966	27		
	Total	2085	85831			
sf	Génot	20	242631	12132	61,76***	0,0000
	Irr	1	1652	1652	8,41***	0,0038
	Génot*Irr	20	8185	409	2,08***	0,0034
	Err	1118	219622	196		
	Total	1159	472097			

*, ** et *** significatif à $p \leq 0,05$, $0,01$ et $0,001$ respectivement.

3-1-2-1-Hauteur de la plante

L'analyse de la variance montre des différences très hautement significative entre génotypes, les deux régimes et l'interaction génotypes x milieu (tableaux 5).

Les valeurs moyennes de la hauteur de la plante les plus élevée sont notées chez moumna (G19) qui sont de l'ordre de 108,99 et 97,65 cm respectivement pour les essais irrigué et sec. Alors que la population moumna G16 a eu les plus faibles valeurs et qui sont 74,98 et 71,72 cm pour l'irriguer et le sec respectivement.

Suite à ces valeurs, on peut donc remarquer que la hauteur de la plante présente une variabilité phénotypique intra population très élevée, les valeurs oscillent entre la valeur maximale et minimale pour la même population appartenant à des génotypes différents (annexe 2a, 2b).

La variabilité la plus marquée est observée chez la population charar dont la hauteur de la plante passe de 71,72 à 108,99cm.

D'une manière générale, on peut distinguer 4 types de populations (figure 6) :

- Populations courtes : la hauteur du plant est inférieure à 80 cm, ce groupe comprend les génotypes moumna (G16), Benmebrouk (G17, G2, G8, G11, G9), charar (G21), oumrokba (G22, G16).
- Populations moyennes : hauteurs comprises entre 80 cm et 94 cm, les génotypes formants ce groupe sont moumna (G18, G17), charar (G20), bentembarek (G12, G13), Benmebrouk (G4).
- Populations hautes : hauteurs comprises entre 95 et 104 cm , on retrouve El-farh, (G24)
- Populations très hautes : hauteur supérieure à 105cm, de groupe est représenté par moumna (G19).

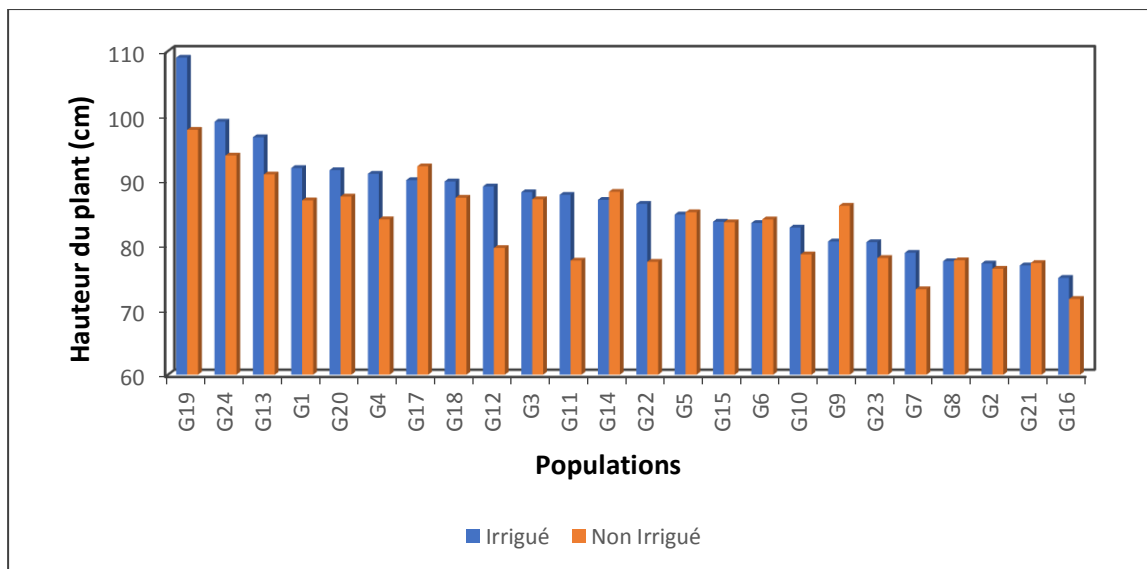


Figure 7 : Variation de la hauteur du plant des 24 génotypes

D'après des études menées par Ludlow et Muchow (1990) ; Annichiarico *et al.*, (2005), la longueur de la tige est considérée comme un caractère clé de l'adaptation au stress lié à la sécheresse terminal. La hauteur de la plante peut contribuer positivement à la biomasse aérienne qui, en zone semi-aride, peut permettre l'obtention d'un rendement minimum garanti est stable (Benbelkacem et Kellou, 2000). De plus, dans ces zones, la paille assure l'alimentation du cheptel.

3-1-2-2-Longueur du col de l'épi

La population El-farh G24 présente la longueur du col de l'épi la plus élevée (23,62 cm), et la plus faible moyenne est obtenue par chatar (G21) (8,78 cm) dans le traitement irrigué. Dans l'essai conduit en pluvial, la longueur du col de l'épi la plus élevée est notée chez le génotype moumna (G17) avec une moyenne de 21,49 cm, alors que la plus faible valeur est observée chez le génotype chatar (G21) avec une moyenne de 9,74 cm.

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significatives (tableau 6) pour le facteur génotype qui se traduit par une grande diversité inter et intra-population. La comparaison des moyennes intra-population permet de noter une distinction entre les différents types d'une même population (annexe 2a, 2b). La différence de longueur du col est de 12,22 cm est notée à l'intérieur de la population chatar.

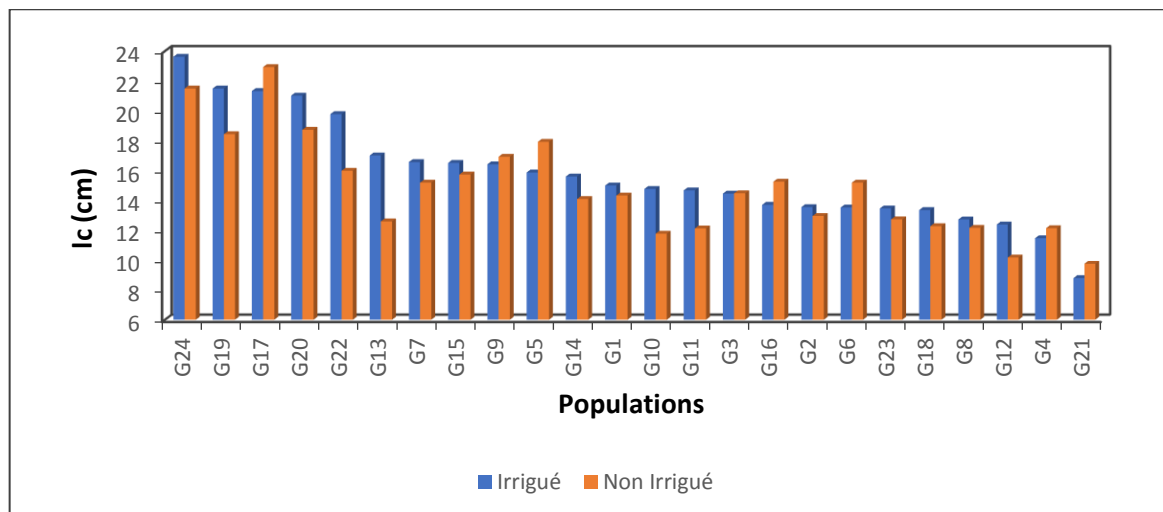


Figure 8 : Variation de la longueur du col de l'épi des 24 génotypes

Selon les résultats de certains auteurs tels que Nemmar (1980), Al- Hakimi (1992), et Mekliche *et al* (2003), une hauteur du col élevée est souvent associée à un caractère de résistance à la sécheresse. La longueur du col de l'épi a été souvent proposée comme critère de sélection des génotypes tolérants au déficit hydrique notamment par Fischer et Maurer (1978). L'importance de ce caractère s'expliquerait par les quantités d'assimilats stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (Gate *et al.*, 1992).

A travers les résultats obtenus, nous avons noté un coefficient de variation très élevé pour ce caractère, cela est dû à l'hétérogénéité des valeurs obtenues du col de l'épi. Parfois, on peut noter une valeur de zéro. Ceci est en accord avec les résultats de Erroux (1961) qui a pu

remarquer des anomalies morphologiques où le col de l'épi est absent, le limbe est inséré à la base de l'épi ou entre les deux étages d'épillets.

3-1-2-3-Longueur du dernier entre-nœud

La longueur du dernier entre-nœud passe de 27,17 cm (el-farh G24) à 42,58 cm (chatar G21) dans le traitement irrigué, et de 28,51 cm (chatar G21) à 43cm (moumna G17) dans le traitement non irrigué (annexe,2a, 2b).

Les moyennes relevées mettent en évidence l'importance de la longueur moyenne du dernier entre nœud des génotypes (el farh G24) et (moumna G17) pour les deux traitements irrigués et sec respectivement par rapport aux autres génotypes. (chatar G21) présente les moyennes les plus faibles dans les deux traitements.

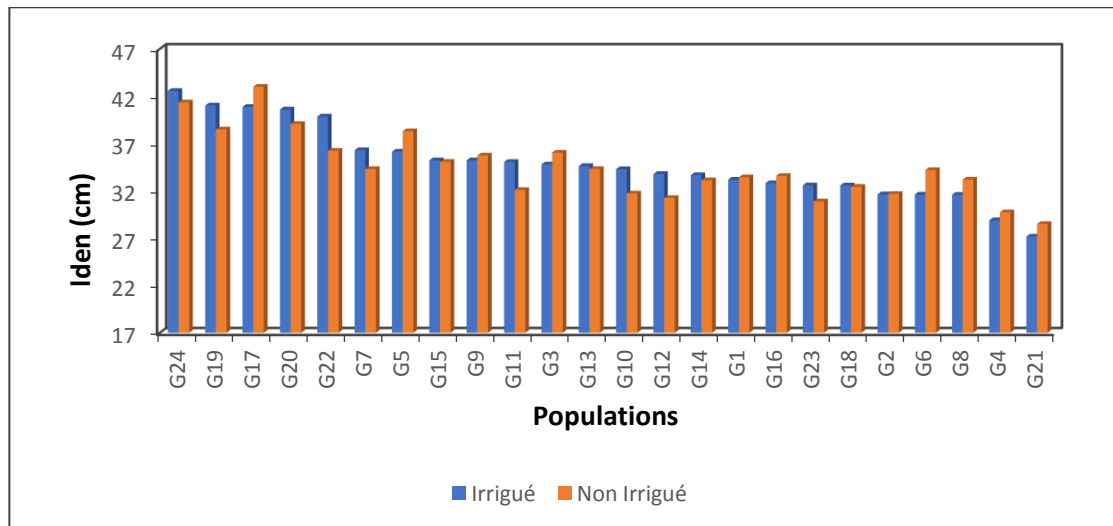


Figure 9 : Variation de la longueur du dernier entre-nœud des 24 génotypes

Les assimilât stockés au niveau du dernier entre nœud et du col de l'épi minimisent la baisse du rendement en grain sous stress (Blum, 1988).

3-1-2-4-Longueur de l'épi

L'effet de l'irrigation pour ce caractère est significatif. Selon le tableau 5, on peut noter que les valeurs de la longueur de l'épi oscillent entre 6,89 et 10,26 cm, la moyenne la plus élevée est obtenue chez bentembarek (G15), par contre la moyenne la plus faible est notée chez benmebrouk (G6). Le reste des populations présentent des moyennes intermédiaires.

La comparaison des moyennes intra- population fait ressortir des différences très hautement significatives. Par exemple, dans la population bentembarek la longueur moyenne de l'épi se situe entre 7,53 cm et 10,26 cm pour les deux génotypes (G13) (G12) respectivement.

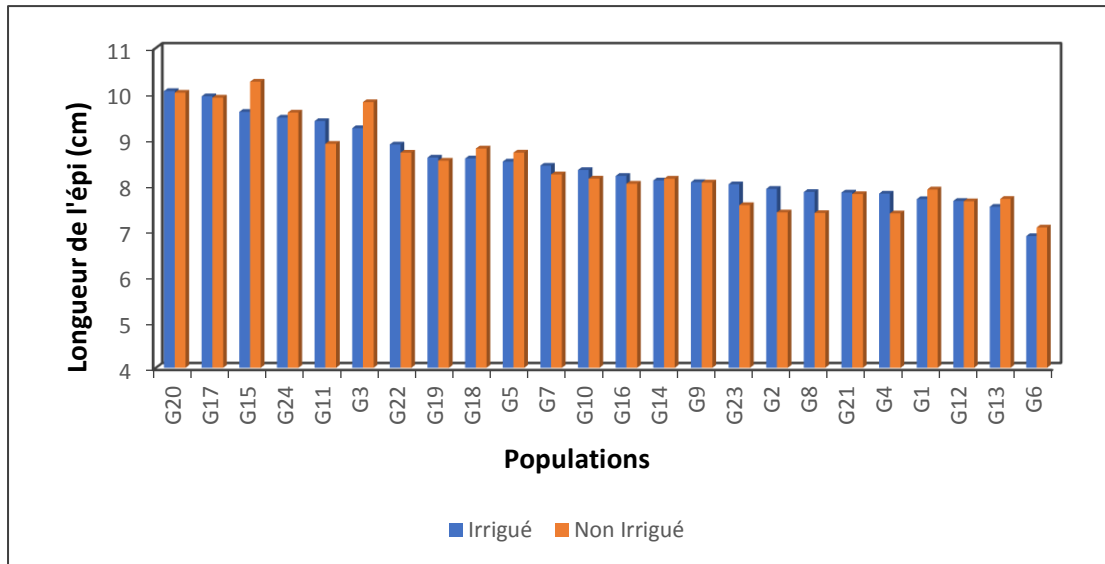


Figure 10 : Variation de la longueur de l'épi des 24 génotypes

La longueur de l'épi est un indice de rendement, parce qu'il participe par les assimilats photosynthétiques au remplissage du grain, quand la dernière feuille devient sénescente. (Febrerro *et al.*, 1990).

En cas de déficit hydrique, la photosynthèse de l'épi participe relativement plus au remplissage que la feuille étendard (Bammoun, 1997). De ce fait, une augmentation de la longueur de l'épi contribue à une augmentation de la capacité photosynthétique.

3-1-2-5-Surface foliaire

L'analyse de la variance faisant référence à la surface foliaire, révèle des différences très hautement significatives pour les 24 génotypes de blé saharien.

Les valeurs de la surface des feuilles étendards s'étalent entre 21.09 et 72.2 cm² en essai irrigué chez les génotypes benmebrouk (G6) et benmebrouk (G11), et entre 20.67 et 74.23 cm² en essai sec chez benmebrouk (G6) et moumna (G16) respectivement.

Des écarts importants sont observés entre les minima (20,67 cm²) et les maxima (72,42 cm²) pour ce caractère au sein de la population benmebrouk, comme le montre la (figure 11), ce qui explique la variabilité génétique à l'intérieur des populations.

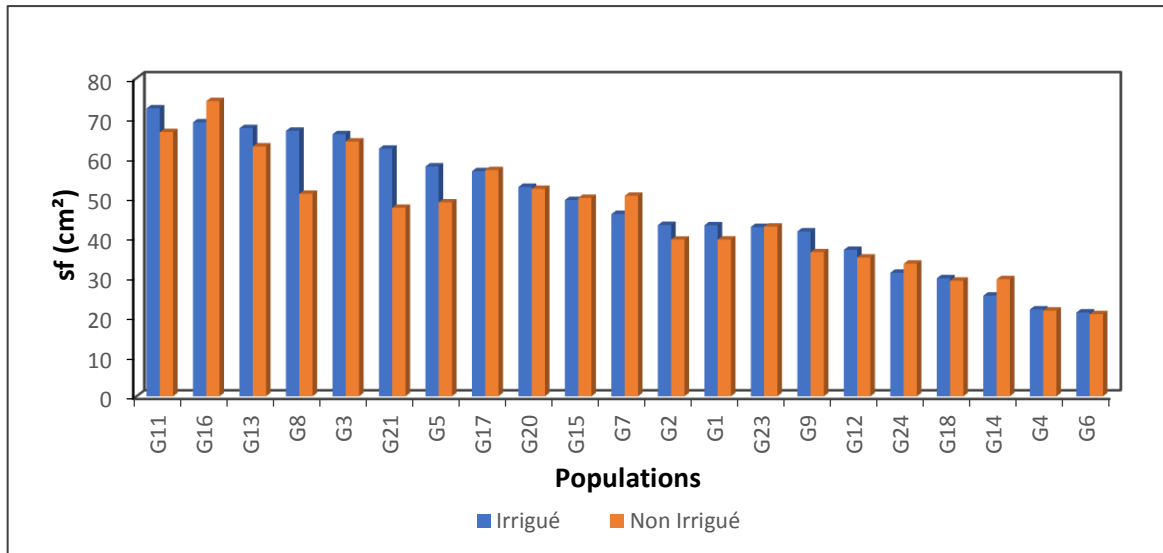


Figure 11 : Variation de la surface foliaire des 24 génotypes

En se référant à Blum (1988) ; Belhassen *et al.*, (1995), les feuilles réduites permettent une diminution des pertes en eau et elles constituent un mécanisme majeur en présence d'un stress hydrique important.

La surface foliaire conditionne la résistance à la sécheresse, vu qu'une surface foliaire élevée perdra plus d'eau qu'une faible surface foliaire (Belkharchouche *et al.*, 2009). De ce fait, une surface foliaire réduite comme celle de la population benmebrouk (G6, G4) perdra moins d'eau, donc cette dernière adopte une stratégie d'évitement, qui permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante. Par contre, Jonhson *et al.*, (1983) suggèrent que les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation et maintiennent un potentiel hydrique élevé.

3-1-2-6-Nombre de nœuds

Les données concernant ce caractère ont été analysées sous forme de fréquences (tableau 5). Les résultats obtenus montrent que 79 % des individus possèdent 4 nœuds, 17,56% ont 3 nœuds et 30,56% ont 5 nœuds. La présence de deux nœuds est un caractère très rare mais caractéristique aux populations oasiennes.

Tableau 7 : Fréquences du nombre de nœuds

nn	Classe	2	3	4	5
	Fréquence (%)	0,05	17,56	78,84	3,56

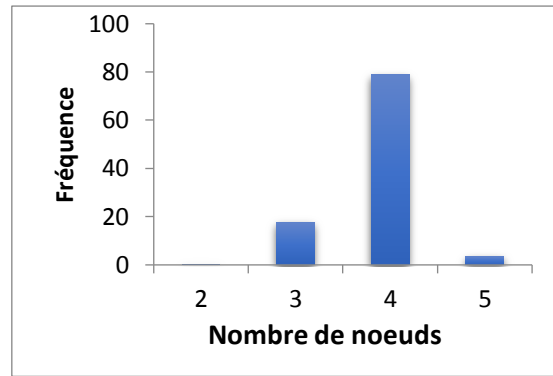


Figure 12 : Fréquences du nombre de nœuds des 24 génotypes

3-1-3- Composantes du rendement

Tableau 8 : Analyse de la variance des composantes du rendement

		Ddl	SCE	CM	F	P
ne	Génot	23	12877,28	559,88	64,252***	0,000
	Irr	1	0,01	0,01	0,001 ns	0,973
	Génot*Irr	23	564,23	24,53	2,815***	0,000
	Erreur	2038	17758,83	8,71		
	Total	2085	31446,84			
nt	Génot	23	10105,23	439,36	65,087***	0,000
	Irr	1	1,27	1,27	0,188 ns	0,665
	Génot*Irr	23	682,59	29,68	4,396***	0,000
	Erreur	2038	13757,22	6,75		
	Total	2085	24551,81			
pg	Génot	23	329,531	14,327	30,92***	0,000
	Irr	1	0,196	0,196	0,42 ns	0,516
	Génot*Irr	23	47,574	2,068	4,46***	0,000
	Erreur	2038	944,339	0,463		
	Total	2085	1311,752			
pmg	Génot	23	17173	747	14,33***	0,000
	Irr	1	130	130	2,49 ns	0,115
	Génot*Irr	23	7445	324	6,21***	0,000
	Erreur	2038	106177	52		
	Total	2085	131625			
nep-e	Génot	23	2317,4	100,8	56,1***	0,000
	Irr	1	15,6	15,6	8,7**	0,003
	Génot*Irr	23	124,0	5,4	3,0***	0,000
	Erreur	2038	3662,6	1,8		
	Total	2085	6129,6			
ng-e	Génot	23	286589	12460	50,93***	0,000
	Irr	1	2476	2476	10,12***	0,001
	Génot*Irr	23	42910	1866	7,63***	0,000
	Erreur	2038	498634	245		
	Total	2085	835022			

Irr = irrigation ; génot = génotype ; *, ** et *** significatif à $p \leq 0,05, 0,01$ et $0,001$ respectivement.

L'analyse de la variance effectuée sur l'ensemble des populations (tableau 8) montre qu'il existe un effet génotype et interaction génotype x traitement très hautement significatif pour l'ensemble des composantes du rendement.

3-1-3-1-Nombre de talles par plant

L'analyse de la variance fait ressortir un effet traitement non significatif (tableau 8) et un effet génotype très hautement significatif. La comparaison des moyennes (annexe 3a, 3b) fait ressortir que la population bentembarek (G13) est celle qui talle le plus (10,03 talles), formant ainsi avec la population benmebrouk (G6) un premier groupe. Le plus faible nombre de talles (2,05 ; 2,36 ; 2,41 talles) est noté chez les populations moumna (G16), benmebrouk (G2, G11) respectivement qui forment le dernier groupe.

Les plantes en condition d'alimentation hydrique normale présentent un nombre de talles similaire à celui des plantes soumises à une contrainte hydrique.

Pour ce qui est de la variabilité intra-population, le nombre de talles varie de 2 à 9 talles chez les génotypes (G16) et (G19) de la population moumna (figure). Contrairement à la population oumrokba ou on peut remarquer l'inexistence d'une variabilité intra population, et qui présente un nombre de 4 – 5 talles par plante pour tous ses génotypes (G22, G23).

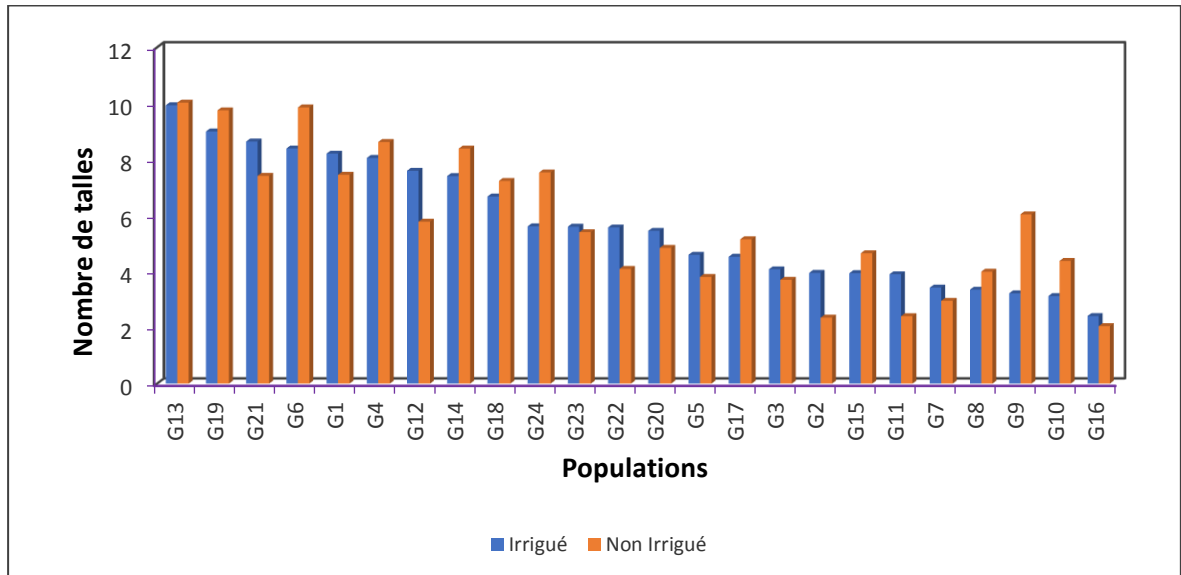


Tableau 13 : Variation du nombre de talles /plant des 24 génotypes

Ait kaki (1993), considère qu'un tallage excessif est cependant peu intéressant car il augmente les besoins en eau de la plante et la plupart des talles restent stériles. Dans notre expérience, en l'absence de l'irrigation (au stade montaison), les plantes présentent une croissance des talles en irrigué, analogues à celles des plantes soumises à une contrainte hydrique. Selon Massle

(1980), dans l'évolution de la croissance des talles et du développement des talles du blé, depuis leur apparition jusqu'à la formation, il existe un moment où les facteurs du milieu deviennent insuffisants. Un déficit hydrique est donc déterminant dans la structure architecturale de la plante, celle-ci doit adopter une stratégie lui permettant de survivre à ce stress (Ait kaki, 1993).

3-1-3-2-Nombre d'épis par plant

L'analyse de la variance montre un effet traitement non significatif (tableau 5). Au niveau du traitement irrigué, la valeur la plus élevée est donnée par la population benmebrouk (G6) de l'ordre de 11,88 épis/plante, alors que la population moumna (G16) possède un faible nombre d'épis par plante qui est de (2,41) (annexe 3a, 3b).

On note aussi une variabilité intra-population remarquable chez les populations moumna et benmebrouk, où le nombre d'épis/plante varie de 2 à 9 et de 2 à 11 respectivement.

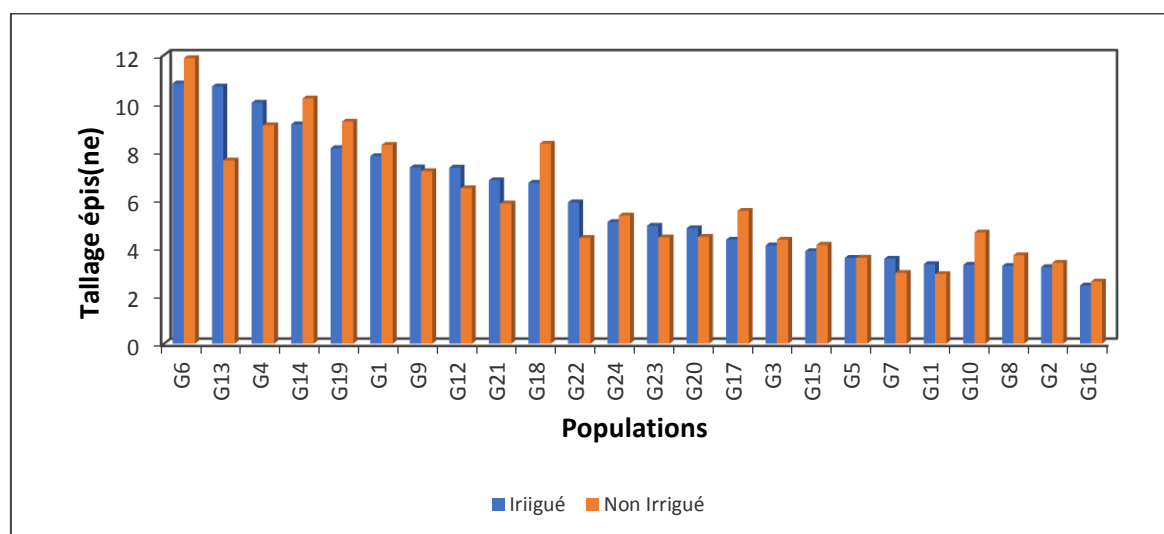


Tableau 14 : Variation du nombre d'épis/plant des 24 génotypes

Comme l'indiquent Shanahan *et al.*, (1985), le nombre d'épis provient du nombre de talles émises par la plante et du nombre de talles disparues durant le stade épiaison. La réduction des talles, lors d'un stress hydrique, est peut-être une stratégie développée par les plantes en vue de produire moins d'épis mais en revanche plus grands et plus fertiles.

3-1-3-3- Nombre de grains par épi

L'effet du traitement pour ce caractère est très hautement significatif (Tableau 6). Sous régime irrigué, le nombre de grains varie de 51 à 92 graines par épi pour moumna (G17) et moumna (G16) respectivement ; et entre 44 à 92 et graines par épi sous les conditions pluviales pour les deux génotypes benmebrouk (G8) et (G11) respectivement (annexe 3a, 3b). Ces résultats

montrent, que la variabilité intra-population est très remarquable donc une diversité génétique importante.

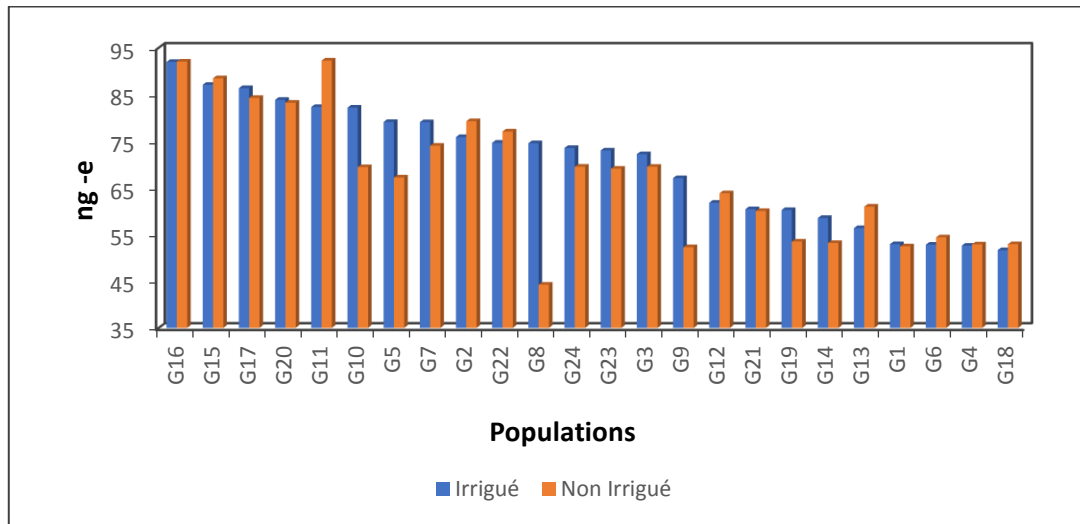


Figure 15 : Variation du nombre de grains par épis des 24 génotypes

Les irrigations effectuées aux deux stades critiques de la plante (montaison et floraison) étaient bénéfiques pour le remplissage des grains, ceci est en accord avec les travaux d'El-Hafid *et al.*, (1996) qui montrent que dans les conditions du milieu non limitantes, surtout au stade de pré-anthèse, les génotypes convertissent la matière sèche accumulée à l'anthèse en nombre de grains remplis. L'amélioration du rendement passe nécessairement par le raisonnement du nombre de grains par épis qui explique 75% des variations du rendement (Nachit, 1986).

3-1-3-4-Poids des grains par épis

L'analyse de la variance révèle un effet traitement non significatif (tableau 6). Le poids des grains par épis varie de 1,32 g moumna (G18) à 2,88 g moumna (G16) dans le traitement irrigué, et varie de 1,19g (moumna G18) à 3,24 g (benmebrouk G11) en conditions pluviales (annexe 3a,3b).

Le rendement en grains du blé est plus lié à la fertilité de l'épi qu'au poids moyen du grain, ceci ne veut nullement dire que le nombre d'épis et le poids de 1000 grains ne jouent aucun rôle sous climat variable (Erchidi *et al.*, 2000).

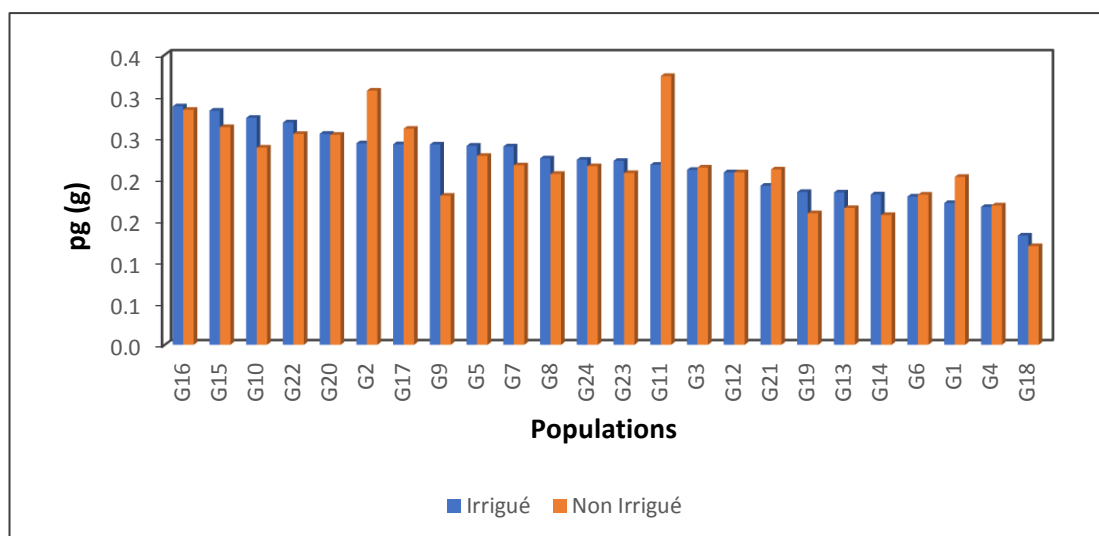


Figure 16 : Variation du poids des graines/épi des 24 génotypes

3-1-3-5-Poids de mille grains

L'effet de l'irrigation est juste significatif (tableau 5). Le poids de mille grains est compris entre 25,71g (moumna G18) et 35,98 g (benmebrouk G9) dans le traitement irrigué, et entre 22,98 g (moumna G18) et 46.19 g (benmebrouk G8) en conditions non irriguées (annexe 3a, 3b).

La variation des poids de mille grains est surtout remarquée chez la population benmebrouk, d'un intervalle variant de 28,78 g à 46,19 g pour les génotypes (G7) et (G8) respectivement.

On peut remarquer aussi que le génotype moumna (G18) présente les valeurs du poids de mille grains les plus faibles dans les deux traitements sec et irrigué.

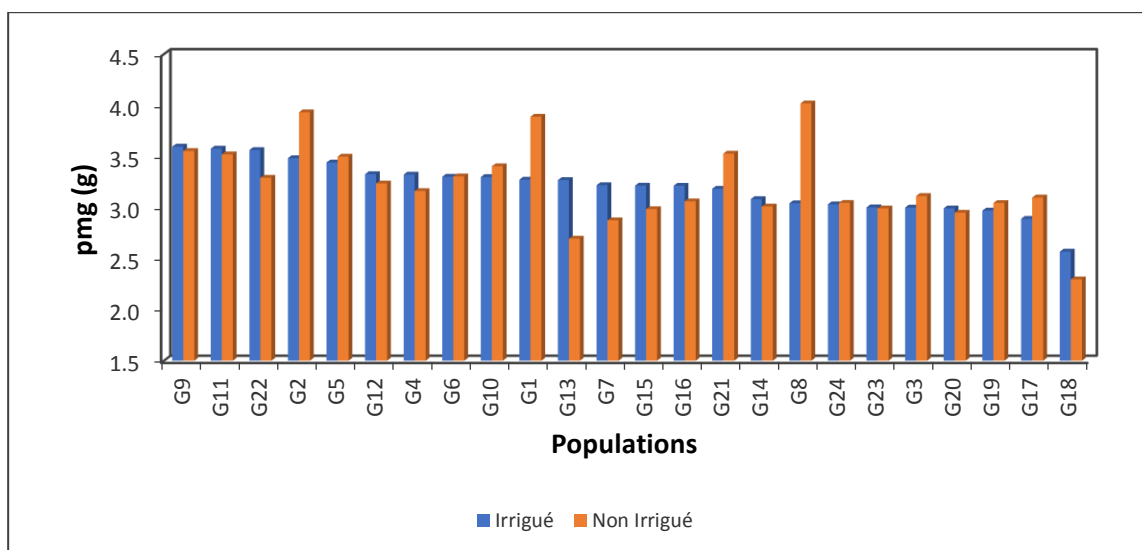


Figure 17 : Variation du poids de mille grains des 24 génotypes

Le poids de mille grains est un paramètre très important. Il est utilisé dans la sélection des variétés pour caractériser la grosseur et la densité des grains. Grignac (1981) précise que le poids de mille grains diminue lorsque la fertilité de l'épi augmente. Ce poids dépend fortement des conditions climatiques et de la nutrition azotée durant la maturité.

3-1-3-6-Nombre d'épillets par épi

L'analyse de la variance faisant référence au nombre d'épillets/ épi montre un effet traitement très hautement significative (tableau 5). Le nombre d'épillets varie entre 19 et 23 épillets/épi dans les deux traitements (annexe 3a, 3b).

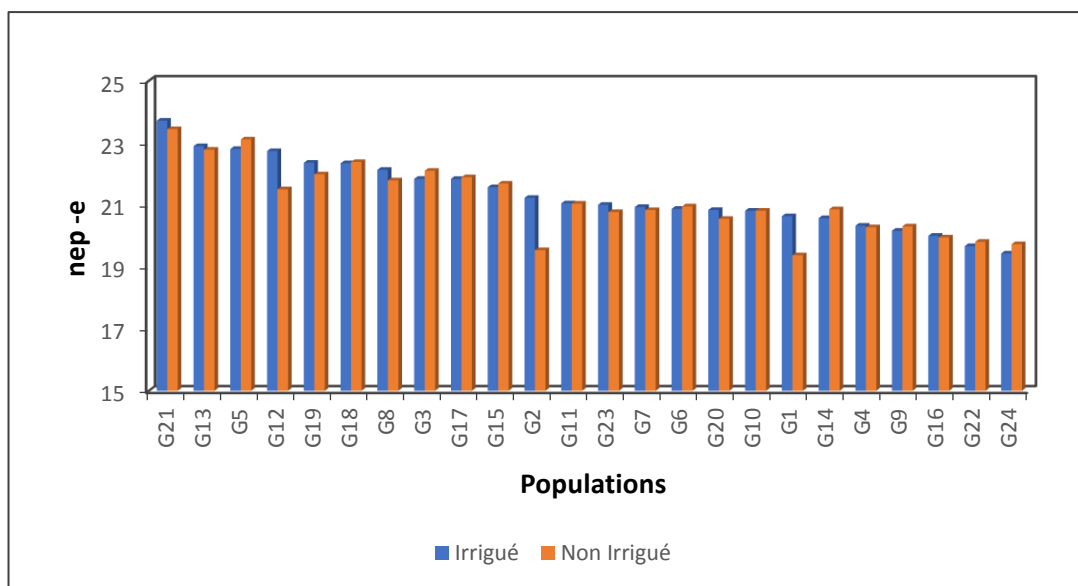


Figure 18 : Variation du nombre d'épillets/épi des 24 génotypes

Un déficit hydrique intervenant après la montaison, accentue la mortalité des fleurs et des épillets. Celui-ci pénalise beaucoup le remplissage du grain chez le blé dur (Mekliche *et al*, 1993). Gate *et al.*, (1990) montrent qu'il existe, chez les génotypes résistants, une certaine compensation entre le nombre d'épillets fertiles et le nombre de grains par épillet. Une variété peut être résistante par une augmentation du nombre de fleurs fécondées par épillet.

3-1-3-7-Nombre d'épillets stériles par épi

Les données concernant ce caractère ont été traitées sous forme de fréquences (tableau). Le nombre d'épillets stériles varie de 1 jusqu'à 3 avec les fréquences de 11,3%, 3,76% et 1,8%. Les épillets stériles ont atteint le nombre 5 chez les génotypes moumna (G17) et (G18).

Tableau 9 : Fréquences du nombre d'épillets stériles/épi.

neps-e	Classe	0	1	2	3	4	5
	Fréquences (%)		83,05	11,30	3,76	1,80	0,00

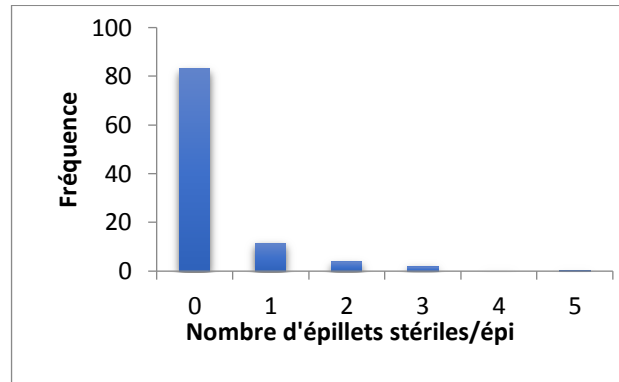


Figure 19 : Fréquences du nombre d'épillets stériles/ épi des 24 génotypes

Au cours du dénombrement des épillets, il a été remarqué des stérilités à la base et surtout à l'extrémité supérieure de l'épi. Ceci est confirmé par les résultats du Erroux (1974), qui montrent que dans le cas de pénurie d'eau et d'éléments nutritifs, on assiste à l'avortement des épillets de la base et du sommet de l'épi. Selon Fonesco et Patterson (1968), la stérilité des épillets terminaux dépend du peuplement pieds et du coefficient de tallage, elle est fortement influencée par la densité du semis, le pourcentage de levée et les caractéristiques variétales.

3-1-4-Caractères physiologiques

3-1-4-1-Teneur relative en eau

Tableau 10 : Analyse de la variance des caractères physiologiques.

		ddl	SCE	CM	F	p
TRE	Génot	11	1538,4	139,9	8,16***	0,000
	Irr	1	59356,0	59356,0	3461,71***	0,000
	Eot*Irr	11	1597,4	145,2	8,47***	0,000
	Erreur	168	2880,6	17,1		
	Total	191	65372,4			
Proline	Génot	11	3203,43	291,22	28,84***	0,000
	Irr	1	19888,26	19888,26	1969,578***	0,000
	Génot*Irr	11	2231,40	202,85	20,089***	0,000
	Erreur	168	1696,42	10,10		
	Total	191	27019,51			

*, ** et *** significatif à $p \leq 0,05$, $0,01$ et $0,001$ respectivement.

L'analyse de la variance (tableau8) de la teneur relative en eau relèvent des différences très hautement significatives pour les deux facteurs régime hydrique et géotypes ainsi que leur interaction. Une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des différentes populations oasiennes a montré que la TRE diminue d'une manière accentuée en présence d'un déficit hydrique.

Les teneurs en eau notées chez les témoins irrigués varient entre 86,84 % et 91,23 % enregistrée chez les géotypes bentembarek (G12) et bentembarek (G13) respectivement.

Sous les conditions hydriques non limitantes, les géotypes affichent pratiquement les mêmes valeurs. Avec déficit hydrique, les géotypes benmebrouk (G7) et moumna (G18) présentent les teneurs relatives en eau les plus élevées (65.43% et 64.18%,87.25% respectivement). Chez les géotypes bentembarek (G13, G12), les teneurs relatives en eau diminuent au contraire rapidement pour atteindre les valeurs de 48,47 % et 48,94%. Les autres variétés enregistrent des valeurs intermédiaires.

Les géotypes appartenant à la même population se sont comportés différemment en présence de stress hydrique. La teneur relative en eau est comprise entre 49,3% à 65,43% pour les géotypes benmebrouk (G11, G7) respectivement ce qui explique la variabilité intra-population (figure 20).

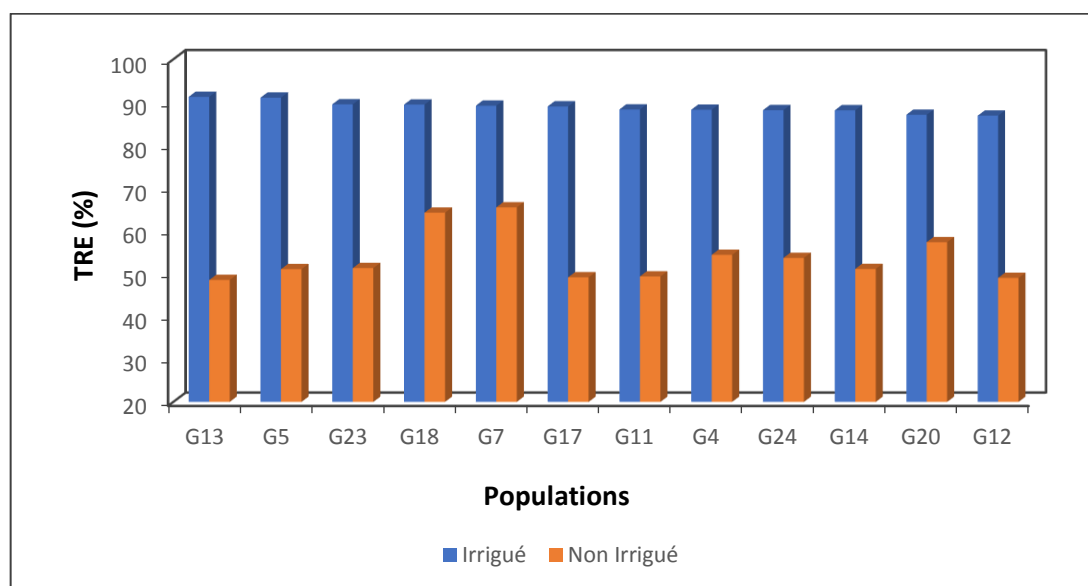


Figure 20 : Variation de la teneur relative en eau des 12 géotypes

La différence du pourcentage de la teneur en eau entre les deux traitements irrigués et sec est de 35,17 %. Le manque d'eau, induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif

en eau. Monneveux (1991) attire l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress.

Bajji *et al.*, (2001) notent que la diminution de la TRE est plus rapide chez les génotypes sensibles que chez les génotypes résistants. D'autre part, Matin *et al.*, (1981) montrent que les génotypes qui maintiennent une TRE élevée en présence de stress hydrique sont des génotypes tolérants.

3-1-4-2-Accumulation de la proline

L'analyse statistique des résultats obtenus révèle l'existence de différences très hautement significatives entre les génotypes, les traitements et l'interaction génotype x traitement (tableau 10).

En conditions de bonne alimentation hydrique, on constate que les teneurs en proline restent faibles et relativement proches d'un génotype à un autre, avec un maximum de 4,12 μ g/100mg MF enregistré chez moumna (G16) et un minimum de 1,02 μ g/100mg MF noté chez moumna (G17) (annexe 4).

En conditions de stress, on observe une évolution très importante de l'accumulation de la proline qui se situe entre 7,26 μ g/100mg MF chez moumna (G17) et 34,98 μ g/100mg MF chez bentembarek (G14), qui marque par conséquent un pourcentage d'augmentation de 20,35 % (annexe, 4). Les quantités de proline accumulées semblent être reliées au niveau de tolérance des génotypes.

En conditions de stress, la variabilité intra-population n'est pas très importante sauf chez la population moumna où les valeurs passent de 7,25 μ g/100mg à 32,18 μ g/100mg pour les génotypes (G17) et (G16) respectivement.

Blum, (1996) indique que l'augmentation de la teneur en proline est liée directement à l'application du stress hydrique. Il apparaît aussi que la proline peut conférer la résistance des plantes aux stress par le développement d'un système antioxydant qui peut jouer un rôle d'indicateur d'ajustement osmotique (Eliane *et al.*, 2007).

Monneveux et Nemmar (1986), confirment qu'il existe une variabilité très importante pour ce caractère, tant chez le blé tendre (teneurs comprises entre 150 et 280 μ g.g-1MF) que chez le blé dur (teneurs comprises entre 210 et 380 μ g.g-1MF).

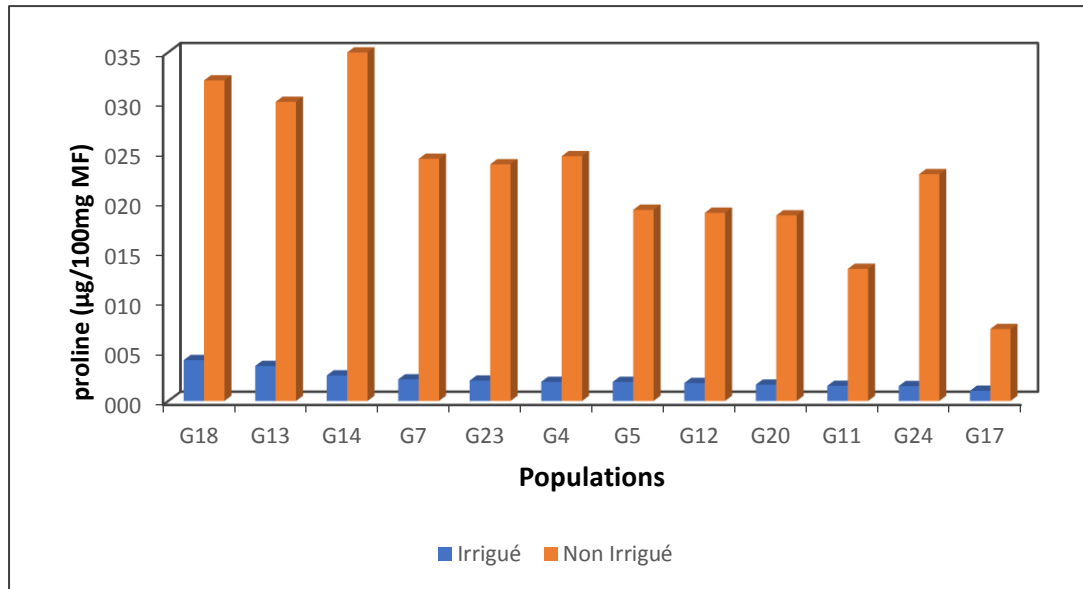


Figure 21 : Variation de l'accumulation de la proline des 12 génotypes

3-1-5-Conclusion

La campagne 1997-98 a été favorable à l'expression de l'ensemble des caractères. Les populations se sont comportées d'une manière positive en conditions pluviales. Les paramètres agro-morphologiques et physiologiques étudiés chez les 24 génotypes, ont permis de révéler une variabilité génotypique importante. L'analyse de la variance a révélé des différences très hautement significatives pour tous les caractères agronomiques, morphologiques et physiologiques étudiés.

Les populations sahariennes étudiées sont très précoces étant donné que le nombre de jours du semis à l'épiaison est inférieur à 95 jours pour l'ensemble des génotypes et dans les deux traitements sec et irrigué. Des résultats similaires ont été notés dans les travaux de Ducellier, 1920 ; et Erroux, 1958 ; Erroux, 1962. Le génotype chatar (G20) semble être le plus précoce à l'épiaison (83 jours) et à la floraison (91 jours) comme l'indique son nom.

Ces populations présentent donc un critère très important qui nous permet de choisir parmi elles, des génotypes possédant des paramètres de précocité dans le but d'éviter la coïncidence des phases critiques du cycle avec les dates d'occurrence maximale de certains accidents climatiques (hautes températures, déficit hydrique).

En effet, au niveau des zones sèches du Sud de la méditerranée, la précocité permet l'esquive aux conditions défavorables du milieu (sécheresse, stress hydrique, hautes températures...) (Monneveux, 1997 ; BenSalem *et al.*, 1997 ; Bouzerzour *et al.*, 1998 ; Megherbi *et al.*, 2012).

Fisher et Maurer (1978) ont rapporté qu'un gain d'un jour dans la précocité induit un gain en rendement de 30 kg/ha.

Les résultats obtenus pour l'ensemble des caractères d'adaptation marquent la présence d'une grande variabilité inter et intra-population. La hauteur de la plante, y compris la longueur du col de l'épi et la longueur du dernier entre-nœud, ont souvent été proposées comme des critères de sélection des génotypes tolérant au déficit hydrique (Fisher et Turner, 1978).

Les génotypes El-farh (G24) et moumna (G17, G19) se caractérisent, sous l'effet de la contrainte hydrique, par une hauteur de la plante très élevée. Cette taille élevée est associée à un col de l'épi et dernier entre-nœud très longs.

Dans notre étude, nous avons remarqué que les populations à pailles courtes présentent les meilleures valeurs du poids des grains et du nombre de grains. En effet, Siddique *et al.*, (1989) notent une corrélation négative, entre l'efficacité d'utilisation de l'eau et la hauteur de la plante, due au fait que les variétés naines valorisent mieux l'humidité du sol et contribuent également à une limitation des pertes en eau. Bouzerzour *et al.*, (2003) considèrent que les variétés à paille courtes s'adaptent mieux aux conditions défavorables.

Cependant, une hauteur de paille importante est une caractéristique désirable en zone semi-aride, suite à ses effets bénéfiques lors des années sèches. Ces effets sont attribués à la capacité de stockage et de transfert des substrats glucidiques pour la finition du grain (Bahlouli *et al.*, 2005, Annichiarico *et al.*, 2005).

Le rendement est déterminé par trois composantes principales : le nombre d'épis, de grains par épi et le poids de 1000 grains. Simane *et al.*, (1993) notent que l'une des raisons principales de la lenteur de l'amélioration des rendements dans les environnements stressants est le peu de connaissances sur les relations entre le rendement en grains et ses composantes et sur les effets de compensation qui s'instaurent entre ces dernières en fonction des effets des stress. L'effet de compensation entre les composantes du rendement est un mécanisme de développement important qui est à même de maintenir le rendement en grains lors de la reprise après l'effet du stress (Blum, 1996).

Les résultats recueillis montrent que la majorité des génotypes ont un fort tallage herbacé. Le tallage est un caractère variétal, qui en conditions favorables, pourrait renseigner sur le potentiel des variétés (Benaceur *et al.*, 1997). Grandcourt et Prats (1971) ont constaté que ce paramètre peut être considéré comme une composante qui affecte le rendement. Les génotypes bentembarek (G13) et benmebrouk (G6) présentent de forts tallage herbacés et tallage épis.

Les résultats de notre étude montrent qu'il existe une grande diversité pour ce caractère. Le nombre d'épis/plante passe en moyenne de 2 à 12.

Le nombre de grains par épi joue un rôle important dans la variabilité du rendement et dépend de la fertilité des épillets (Nachit, 1986). Le poids de mille grains, lui aussi est utilisé dans la sélection des variétés pour caractériser la grosseur et la densité des grains. Les génotypes moumna (G16) et benmebrouk (G11) ont donné les valeurs les plus élevées du nombre de grains/épi et de poids des grains/épi. Ces deux caractères participent à l'élaboration du rendement. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par plusieurs auteurs (Cox *et al.*, 1988 ; Masood *et al.*, 2005 ; Koksall, 2009) qui montrent que le gain génétique du rendement en grain est associé à l'augmentation du nombre de grains par m² et celui du poids de 1000 grains. L'amélioration de la fertilité seule ou combinée avec le nombre d'épis par m² sont aussi rapportés comme étant une cause de l'augmentation du rendement grain des nouvelles variétés (Slafer et Andrade, 1989 ; Austin et Ford, 1989).

Du point de vue physiologique, les blés sahariens maintiennent un pourcentage assez élevé d'eau lors d'un stress hydrique associé à une forte accumulation de la proline. Monneveux et Nemmar (1991) montrent qu'il existe une variabilité importante pour l'accumulation de la proline, tant chez le blé tendre (teneurs comprises entre 150 et 280 µg.g⁻¹ MF) que chez le blé dur (teneurs comprises entre 210 et 380 280 µg.g⁻¹ MF). Nos résultats concordent avec ceux cités ci-dessus concernant l'accumulation de la proline et qui varient entre 7,26 et 34,98 µg.100 mg MF. Bentembarek (G14) et moumna (G16) ont donné les valeurs les plus élevées de la teneur en proline en condition de stress hydrique.

Moumna (G16) se distingue par des valeurs de la proline et de teneur relative en eau élevée par rapport aux restes des génotypes. Ce résultat pourrait être associé à sa productivité élevée. Il faut bien noter que nos résultats vont dans le même sens que ceux de Blum (1989) ; Rekika *et al.*, (1997) conduisant à accorder un rôle primordial à l'accumulation de la proline et aux caractères qui s'y rattachent dans l'analyse physiologique et le criblage de génotypes pour la tolérance à la sécheresse.

L'existence chez les céréales d'une variation intraspécifique pour l'accumulation de la proline sous l'effet du déficit hydrique suggère la possibilité d'une sélection, sur la base de ce caractère, des génotypes qui auront une bonne capacité à survivre et un rendement en grains stable en conditions hydriques limitantes (Bergareche *et al.*, 1993).

La population moumna (G16) semble être, très intéressante, cela peut être expliqué par :

- Une précocité de 88 jours à l'épiaison et 96 jours à la floraison,
- Un faible tallage herbacé et tallage épi,
- Une fertilité de l'épi très importante dues à un nombre de grains / épi et un poids des graines très élevés,
- La capacité de maintien d'une teneur relative en eau élevée associée à une accumulation en proline importante.

3-1-6- Caractères qualitatifs

L'étude morphologique de l'épi à maturité montre une variabilité des formes et des couleurs de l'épi, des barbes ou arêtes et du grain (Boudour, 2006).

3-1-6-1- Variabilité inter-population

3-1-6-1-1- Forme de l'épi

D'après les résultats des fréquences, 57,8% des génotypes possèdent la forme pyramidale. La forme en massue n'est représentée qu'avec 0,64%.

Les formes : à bords parallèles, en demi-massue et en massue sont représentées par 11.06%, 16% et 14.45% respectivement (annexe,7).

On constate donc que la forme pyramidale est la plus répandue pour les blés oasiens.

Tableau 11 : Variation de la fréquence des classes de la forme de l'épi

Classes	Fréquence (%)
Pyramidale	57.80
Bords parallèles	11.06
Demi-massue	16.05
Massues	0.64
Fusifformes	14.45

3-1-6-1-2- Couleur de l'épi

La couleur blanche de l'épi est la plus dominante (86%), alors que les épis rouges sont représentés par seulement 14% des génotypes (annexe, 8).

Parmi les 24 génotypes, quatre génotypes présentent des épis de couleur rouge et qui sont : bentembarek (G12 et G13), moumna (G17) et oumrokba (G23) les autres génotypes présentent des épis de couleur blanche.

Tableau 12 : Variation de la fréquence des classes de la couleur de l'épi

Classes	Fréquence (%)
Couleur blanche	85.61
Couleur rouge	14.39

3-1-6-1-3- Couleur du grain

Les couleurs blanche et rouge des grains sont représentées par les proportions 65,15% et 34,85% respectivement (annexe, 9).

Tableau 13 : Variation de la fréquence des classes de la couleur du grain

Classes	Fréquence (%)
Blanc	65.15
Rouge	34.85

Nous pouvons distinguer parmi les blés oasiens :

- Des types à épis blancs et à grains rouges ;
- Des types à épis blancs et à grains blancs ;
- Des types à épis rouges et à grains rouges ;
- Des types à épis rouges et à grains blancs.

Ces résultats coïncident parfaitement avec ceux de Ducellier (1920) ; Erroux (1962) ; Benlaghli *et al.*, (1990).

3-1-6-1-4- Compacité de l'épi

A travers les fréquences, nous constatons que les épis moyennement lâches à moyennement compacts représentent 52,35%. Les formes lâches et compactes sont représentées par 15.16% et 29.51% respectivement. La fréquence des épis très compacts est de 2,98% seulement (annexe,10).

Tableau 14 : Variation de la fréquence des classes de compacité de l'épi

Classes	Fréquence (%)
Lâche	15.16
Compacité moyenne	52.35
Compact	29.51
Très compact	2.98

Selon (Erroux, 1962), les blés sahariens, et en particulier ceux du groupe *oasiculum*, ont une compacité supérieure à celles des zones voisines ; les glumes peuvent se déformer et le nombre d'épillets augmenter on peut même noter dans certains cas la présence d'épillets supplémentaires pédicellés. Il est généralement admis qu'un bon rendement repose sur une bonne compacité de l'épi (Boudour, 2006). Au contraire, la densité lâche favorise le transfert du gel vers les organes floraux selon Single et Marcellos (1974).

3-1-6-1-5- Présence d'arêtes ou de barbes

Les blés sahariens sont caractérisés par des épis aristés ou mutiques et peu de populations sont barbues. Dans notre cas, 66 % des individus portent des arêtes et 34 % ont des barbes (annexe,11).

Tableau 15 : Variation de la fréquence des classes de la présence de barbes ou arrêtes

Classes	Fréquence (%)
Arrête	66.34
Barbe	33.66

La classification des blés sahariens proposé par Erroux (1962) basée sur l'absence ou la présence de barbes a fait ressortir deux formes *muticum* et *aristatum* respectivement.

3-1-6-1-6-Longueur des arêtes et barbes

Sur l'ensemble des épis aristés, 77,28 % ont des arêtes longues et les autres sont courtes. Les barbes sont courtes sur 48 % des individus. Les populations sahariennes étudiées sont constituées d'épis présentant soit des arêtes longues ou bien des barbes courtes, elles ne sont ni mutiques et ni avec de longues barbes (annexe, 12).

Tableau 16 : Variation de la fréquence des classes de la longueur des arrêtes ou des barbes

Classes	Fréquence (%)
Arêtes courtes	15.09
Arêtes longues	51.33
Barbes courtes	16.11
Barbes longues	10.63
Barbes très longues	6.84

3-1-6-1-7-Distribution des arêtes ou barbes

La distribution des barbes ou arrêtes se situe au 3/4 supérieurs de l'épi pour la majorité des génotypes (49.07%), 27.07% les portent au 1/2 supérieur de l'épi, 12,69% présentent des arrêtes

ou barbes à l'extrémité de l'épi, 6,13% ont une distribution au 1/4 supérieur de l'épi et seulement 5.04 % des individus ont leur arêtes ou barbes sur toute la longueur de l'épi (Tableau 17).

Tableau 17 : Variation de la fréquence des classes de la distribution des barbes ou arrêtes

Classes	Fréquence (%)
Extrémité de l'épi	12.69
1/4 supérieur de l'épi	6.13
1/2 supérieur de l'épi	27.07
3/4 supérieurs de l'épi	49.07
Sur toute la longueur de l'épi	5.04

3-1-6-1-8- Port de la feuille étendard

La majorité des individus ont des feuilles à port dressé (65,15 %) et 34,85 % présentent des feuilles à port retombant (annexe,14).

Porcedu et Angelo (1999) indiquent que l'inclinaison de la feuille étendard favorise l'absorption de l'énergie solaire et aussi la photosynthèse.

Tableau 18 : Variation de la fréquence des classes du port de la feuille étendard

Classes	Fréquence (%)
Dressé	65.15
Retombant	34.85

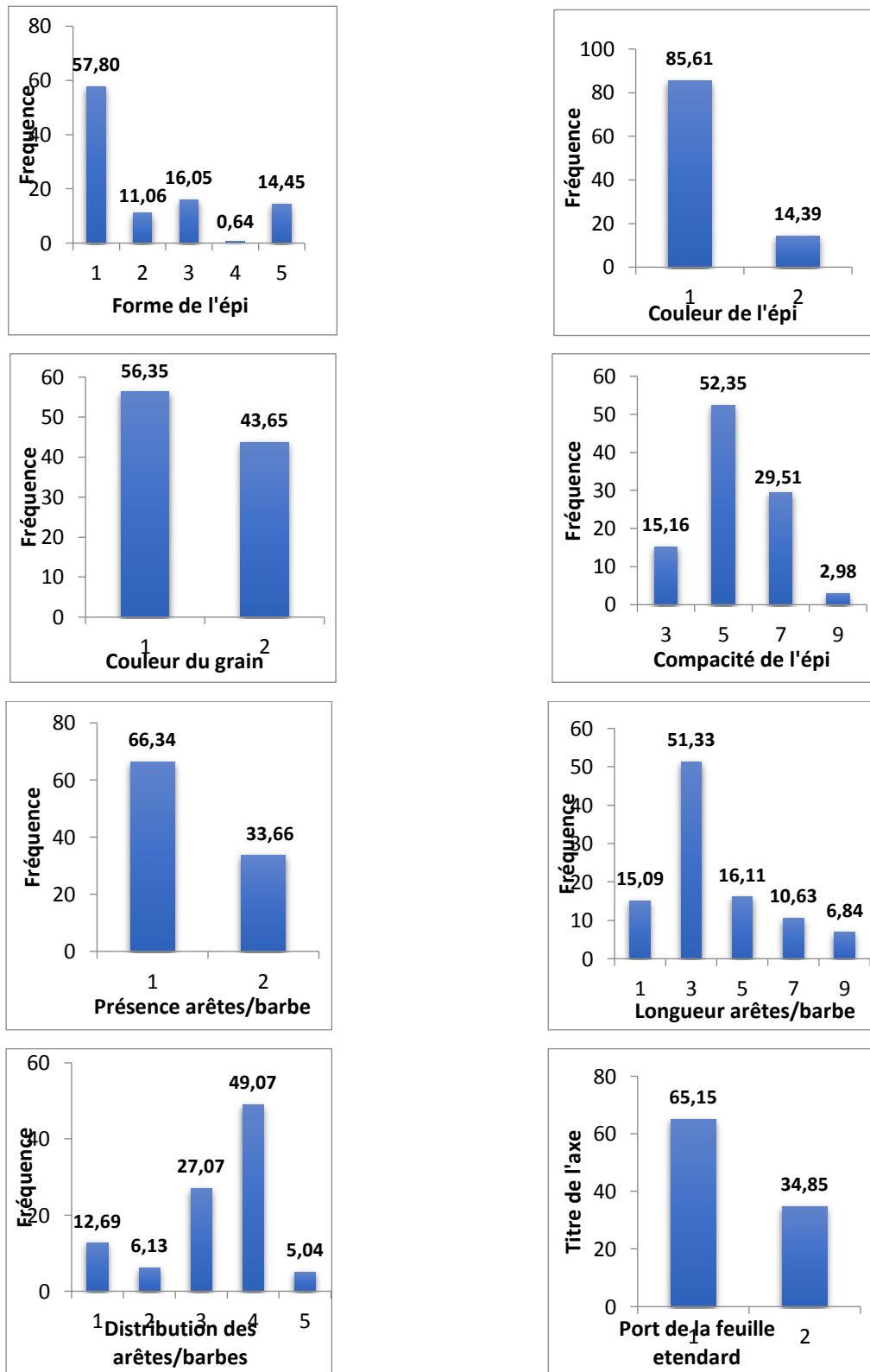


Figure 22 : Courbes de fréquences des caractères qualitatifs.

3-1-6-2-Variabilité intra-population

Les résultats de la caractérisation obtenus nous ont permis d'effectuer une description générale des populations :

- **Benmebrouk** comporte 11 génotypes. C'est la population la plus répandue, elle se trouve pratiquement dans tous les jardins du Touat, Gourara et Aoulef.

- Epi blanc ;
- 9 génotypes sur 11 présentent des grains blancs et 3 génotypes (belmebrouk (G1, G5, G7) ont une couleur rouge de leurs grains ;
- Les épis sont de forme pyramidale à 70 % et les autres formes sont représentées par 11,63% (demi-massue) et 10% (fusiforme) ;
- Les épis aristés sont représentés par 6 génotypes, et les autres génotypes ont des épis avec des barbes ;
- Les arêtes sont longues à 69 % de l'ensemble des individus et les barbes sont courtes.
- Les arêtes et les barbes sont distribuées entre les 3/4 et la moitié supérieure de l'épi ;
Les épis sont moyennement compacts (54 %) à compacts (37,41%) ;

Selon Erroux (1958), ce nom très fréquent, s'applique à des blés possédant un épi à barbes courtes, blanc, velu, de compacité relativement peu élevée, effilé, légèrement aplati, très fructifère, fournissant un beau grain jaune clair. Ce sont des blés typiquement sahariens par leurs barbes courtes (*breviaristatum*), leurs épis velus et surtout leurs glumes larges à bec coudé associées à des glumelles portant des arêtes tordues à la base (caractères *inflatum*). Cette population est très appréciée des Oasiens.

- **Bentembarek** représentée par 4 génotypes.

- Epi blanc (bentembarek (G14) et (G15) et épi rouge (bentembarek (G12, G13)) ;
- Trois génotypes possèdent des grains rouges et les grains de bentembarek (G12) sont de couleur blanche.
- Les épis sont de formes pyramidale (38 %), à bord-parallèle (32 %) et fusiforme (29%).
- La présence d'arêtes est représentée par 58 % et les barbes par 42 % ;
- Les arêtes et les barbes sont généralement longues ;

- Les arêtes et les barbes sont distribués au niveau de la moitié supérieure de l'épi (41%) et des 3/4 de l'épi (31%)
- D'après les résultats, nous avons noté une variabilité intra-population importante pour la compacité de l'épi.
 - Bentembarek (G15) : épis lâches
 - Bentembarek (G14) : moyennement lâches à moyennement compactes
 - Bentembarek (G12, G13) : compactes

Ce nom, employé dans la région du Touat, d'In Salah et du Tidikelt, couvre une grande diversité de formes botaniques différentes, mais possédant en commun un épi blanc, velu, compact à section carrée, spatulée au sommet (Erroux, 1958).

- **Moumna** comporte 4 génotypes.

- Epi blanc ;
- La couleur blanche des grains est dominante, sauf moumna (G17) qui présente des grains rouges ;
- 57 % des individus ont la forme pyramidale et 23 % possèdent la forme demi-massue ;
- Les épis possédant des arêtes sont représentés par 70 %, les autres possèdent des barbes ;
- Les arêtes sont longues et les barbes sont courtes à moyennes ;
- Les arêtes et les barbes sont distribués au 3/4 supérieur de l'épi ;
- Les épis sont moyennement compacts ;
-

- **Chatar** contient 2 génotypes.

- Epi blanc ;
- Grain rouge ;
- 65 % des individus présentent la forme demi-massue ;
- Chatar (G20) possède des épis lâches et chatar (G21) possède des épis compactes (62,5%) à très compactes (35,71%) ;
- Sur l'ensemble des individus, 70 % ont des arêtes et 30 % ont des barbes ;
- Les arêtes sont longues et les barbes sont longues à très longues ;
- La distribution des arêtes et des barbes se situe entre la moitié et 3/4 supérieur de l'épi.
- Port de la dernière feuille dressée.

- **Oumrokba** est représentée par 2 géotypes :

- Les épis sont de couleur blanche (75 %) ou rouge (25 %) ;
- Grain rouge ;
- La forme pyramidale de l'épi ;
- Epi lâche (34 %) et demi lâches (55%) ;
- 88 % des individus présentent des épis avec arêtes et le reste (12%) sont barbus.
- Les arêtes sont longues et les barbes sont courtes ;
- La majorité des arêtes et des barbes sont distribués au 3/4 supérieur de l'épi.

- **El-farh** représentée par un seul géotype.

- Epi blanc ;
- Grain rouge ;
- La forme de l'épi est en massue (71%) et demi-massue (29%) ;
- Les épis sont moyennement compacts ;
- Présence d'arêtes longues chez tous les individus distribués sur le 3/4 et la moitié supérieure de l'épi ;
- Toutes les feuilles de cette population sont dressées.

3-1-6-3-Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les blés sahariens sont très diversifiés non seulement à travers le nombre de populations mais aussi et surtout à travers la très grande diversité morphologique inter et intra-populations. Toutefois, certaines populations peuvent se ressembler pour certains caractères mais elles restent identifiables par d'autres. L'existence au sein de ces populations de mélanges explique la grande variabilité intra-population qui rend leurs identifications très difficiles. Ces populations constituent des mélanges très complexes avec la dominance d'un type. Cette variabilité est confirmée par les travaux antécédant comme ceux de Trabut, Bœuf, Ducellier, Miege et Vavilov sur les blés oasiens.

Selon (Ducellier, 1920), les conditions écologiques du Sahara tendent à conférer aux blés sahariens un type « oasicolum » caractérisés principalement par la compacité des épis, une tendance à la ramification des épillets, à l'augmentation du nombre de fleurs par épillet, une grande précocité et une sensibilité aux maladies cryptogamiques.

Les conditions particulières des oasis et les types variétaux apportés successivement au cours des temps, favorisent les croisements naturels. Des formes intermédiaires à caractères plus ou

moins atténués, ou d'autres à caractères particuliers, naissent. Il est souvent difficile de rattacher les types nouveaux à des formes référentielles connues (Ducellier 1929).

La classification faite par Erroux sur les populations de blés de la région du Touat, de Gourara et Tidikelt, se distingue des autres blés par leurs épis denses, courts ou allongés, pourvus de barbes courtes, droites ou en crochet, de barbes épaisses, courtes en général, par leurs épillets très florifères, présentant jusqu'à 12 fleurs fertiles.

3-2-Analyse de la variabilité

3-2-1-Etude de corrélations des variables

L'étude des corrélations entre les différentes variables mesurées indique qu'il existe des liaisons positives et négatives entre ces paramètres variant d'une faible à une très forte corrélation (tableau 19). Ainsi, il apparaît que :

Tableau 19 : Matrice de corrélations des différents caractères morphologiques

	ne	hp	le	lc	lden	nt	pg	pmg	nep/e	ng/e	sf
Ne	1										
hp	0,545	1									
le	0,212	0,292	1								
lc	0,031	0,545	0,382	1							
lden	0,02	0,321	0,471	0,915	1						
nt	0,537	0,324	0,210	0,001	0,001	1					
pg	-0,318	-0,14	0,268	0,135	0,186	-0,337	1				
pmg	-0,042	-0,060	-0,092	-0,042	-0,024	-0,072	-0,072	1			
nep/e	0,022	0,053	0,103	0,086	0,017	0,080	-0,034	0,043	1		
ng/e	-0,381	-0,114	0,341	0,178	0,19	0,375	0,719	0,064	0,004	1	
sf	-0,630	0,060	0,336	0,045	0,140	-0,500	0,520	0,030	0,320	0,550	1

r théorique = 0.20 au seuil de 5%, * : Test significatif
 = 0.25 au seuil de 1%, **: Test hautement significatif
 = 0.32 au seuil de 0.01%, *** : Test très hautement significatif

- La hauteur de la plante (hp) est corrélée positivement à la longueur de l'épi avec $r = 0,212^*$, fortement et positivement aux variables : longueur du col de l'épi ($0,546^{***}$), longueur du dernier entre-nœud ($0,325^{***}$) et le nombre d'épis ($0,545^{***}$).

- les variables longueur de col, longueur du dernier entre-nœud et longueur de l'épi sont fortement et positivement corrélés entre elles.

En effet, lorsque la plante augmente en hauteur, elle présente aussi des longueurs plus importantes du col de l'épi, du dernier entre nœud et de l'épi. Selon Benbelkacem et Kellou, (2000), la hauteur de la plante est inversement proportionnelle à l'indice de récolte. Elle peut contribuer positivement à la biomasse aérienne qui, en zone semi-aride, peut permettre l'obtention d'un rendement minimum garanti est stable.

Il apparaît clairement que la biomasse aérienne est largement déterminée par le nombre d'épis et la hauteur, suggérant que plus la plante est haute plus elle offre des compartiments pour emmagasiner de la matière sèche et donc une biomasse importante. Bouzerzour *et al.*, (1996) mentionnent que la biomasse est conditionnée par la hauteur de la paille en année sèche.

- Le caractère nombre de grains par épi (ng-e) présente une corrélation très hautement significative et positive avec la longueur de l'épi ($0,341^{***}$) et le poids des grains ($0,719^{***}$), et de façon négative avec le nombre de talles ($-0,375^{***}$) et le nombre d'épis ($-0,381^{***}$).

Les géotypes les plus productifs ont une fertilité élevée, et un nombre d'épi faible. La stratégie développée par ces géotypes en vue de produire moins d'épis, mais en revanche plus grands et plus fertiles. Une bonne fertilité est donc indicatrice d'un bon rendement en grain est d'une faible quantité en biomasse.

Selon Benmahammed *et al.*, (2003), une biomasse qui émerge suite à la contribution concomitante de la hauteur de paille et du nombre d'épis/m² est indicatrice d'une meilleure stabilité de la production. Ces mêmes suggèrent aussi que la sélection sur la base du nombre d'épis devrait être efficace dans l'identification des lignées possédant la capacité de produire une biomasse aérienne élevée.

De ce fait les géotypes qui possèdent la capacité de produire moins de paille et de biomasse réussissent à faire une bonne répartition de la biomasse produite entre le grain et la paille.

- Le poids des grains (pg) est corrélé positivement à la longueur de l'épi (0,268*) et négativement et de façon très hautement significative au nombre de talles par plant (- 0,319***) et au nombre d'épis par plant (- 0,337***).

L'épi et les barbes sont des facteurs déterminants dans la tolérance au stress hydrique chez le blé par le rôle à la photosynthèse et à la transpiration (Monneveux, 1991). Il s'avère aussi que le rendement est lié positivement à la longueur de l'épi (Kahali, 1995).

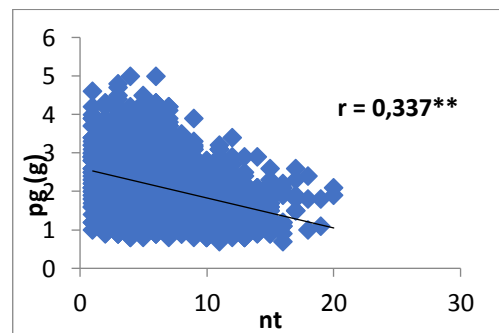
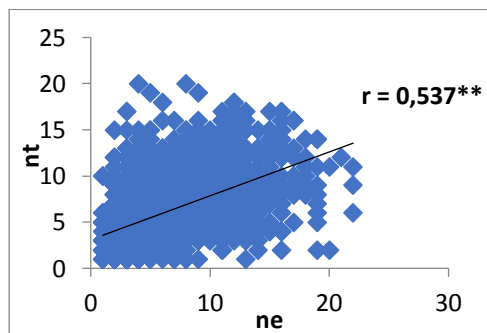
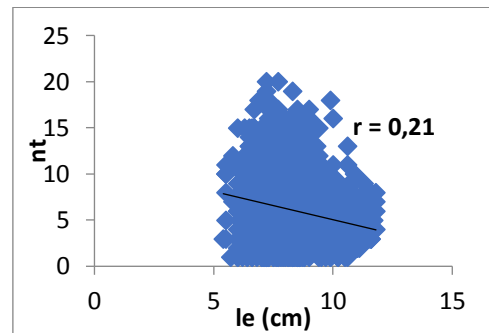
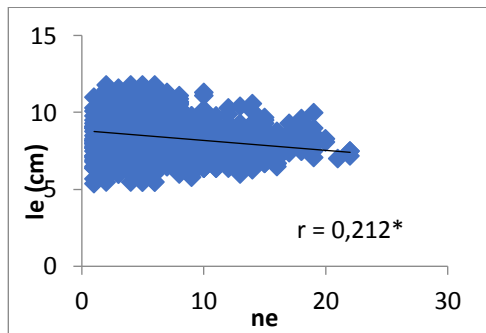
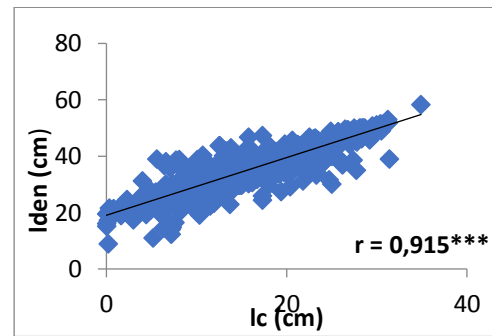
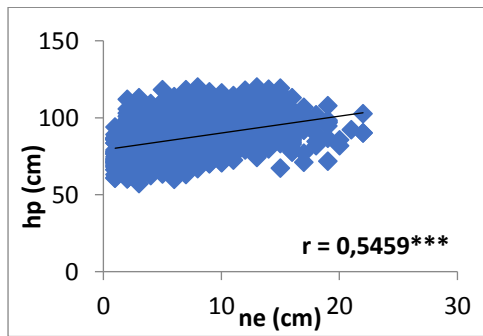
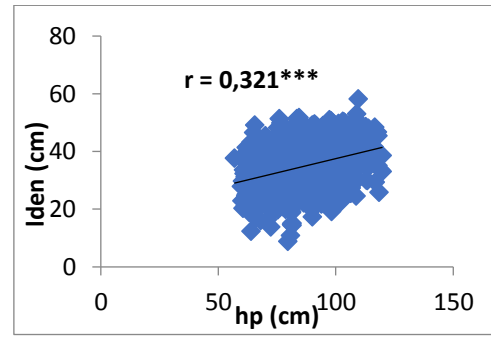
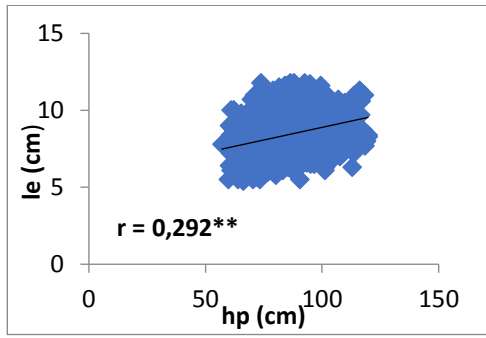
Contrairement à ce que nous avons obtenu, Grignac, (1981), précise que le poids des graines diminue lorsque la fertilité de l'épi augmente, et dépend fortement des conditions climatiques et de la nutrition azotée durant la maturation.

- La surface de la feuille étendard est corrélée positivement et de façon très hautement significative avec la longueur de l'épi (0,330***), le poids des grains (0,520***), le nombre d'épillets/épi (0,320***) et le nombre de grains/épi (0,550***). Elle est corrélée négativement au nombre d'épis/plante (- 0,630***), au nombre de talles /plante (- 0,500***) et à la précocité à l'épiaison (- 0,220*).

Les génotypes ayant une surface foliaire assez large sont plus productifs mais sont tardifs et possèdent une faible biomasse.

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété par des modifications morphologiques, ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de talles, enroulement des feuilles et meilleur développement du système racinaire (Slama, 2005). Granier *et al.*, (2000) ont rapporté que les feuilles des plantes soumises au déficit hydrique atteignent habituellement des tailles finales apparentes plus petites par rapport aux contrôles.

Dans des situations d'alimentation hydrique limitée, la réduction de la surface de la feuille étendard et son enroulement lui permettent de maintenir un potentiel hydrique élevé et arrive à augmenter sa durée d'activité et sa contribution dans la formation du rendement (Nachit, 1986 ; Acevado *et al.*, 1991).



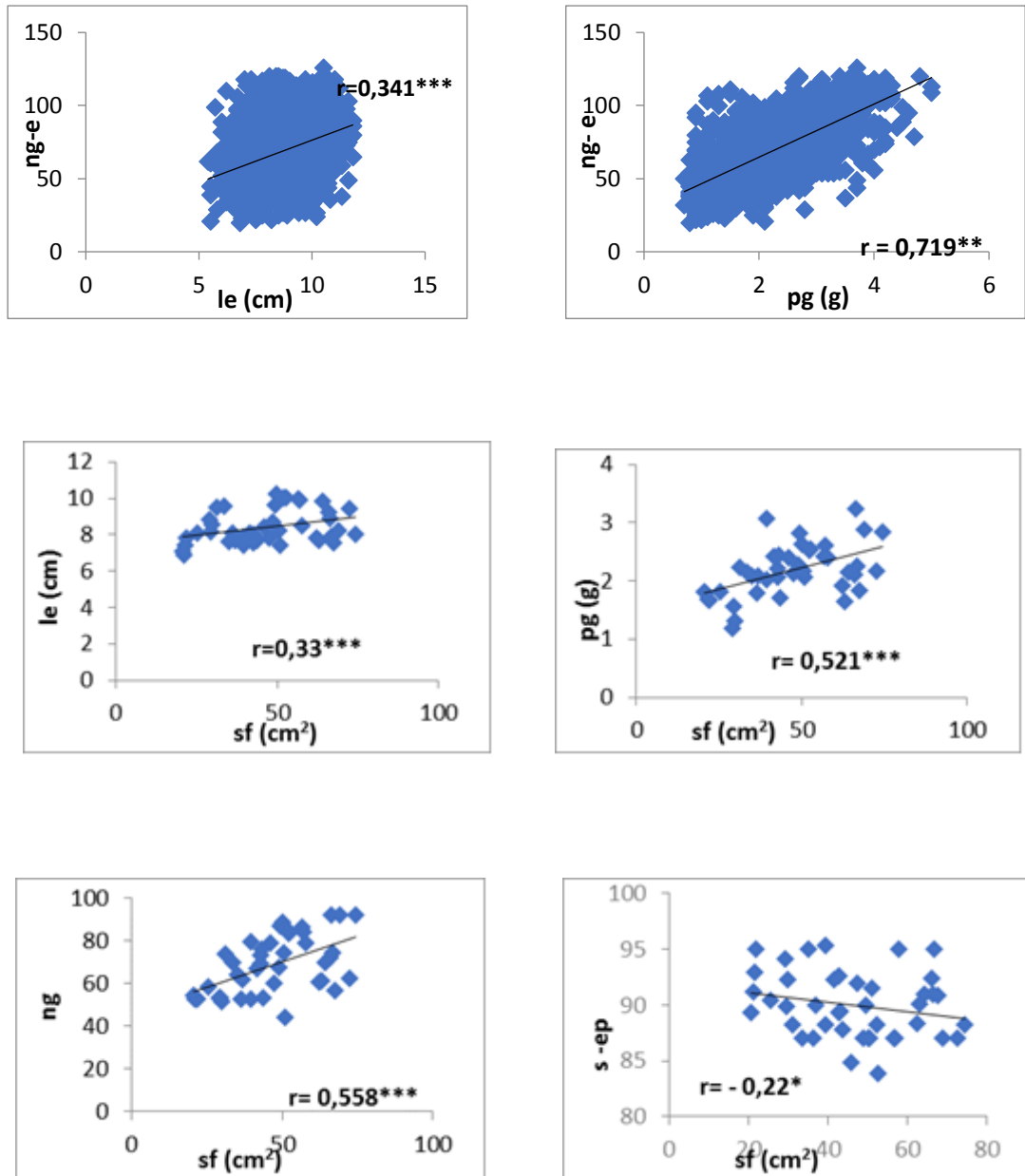


Figure 23 : Corrélations entre les différentes variables morphologiques

3-2-2-Analyse en composantes principales (ACP)

Une analyse en composantes principales est effectuée sur la matrice de données de 24 génotypes et de deux traitements (irrigué et non irrigué), et ce en fonction de 14 variables quantitatives considérées dans l'étude. Cette analyse descriptive permet, d'une part de connaître la relation existante entre l'ensemble de caractères morphologiques et agronomiques considérés afin de sélectionner les caractères quantitatifs les plus discriminants. D'autre part, ce type d'analyse nous permet une structuration de la diversité entre les génotypes des différentes populations.. Les axes 1 et 2 expliquent respectivement 37,7% et 24,14% soit 61.84% de la variabilité totale. (Tableau 20).

Tableau 20 : Contribution à la variation totale des principaux axes

Axes	1	2
Pourcentage de la variance (%)	37,17%	24,14%

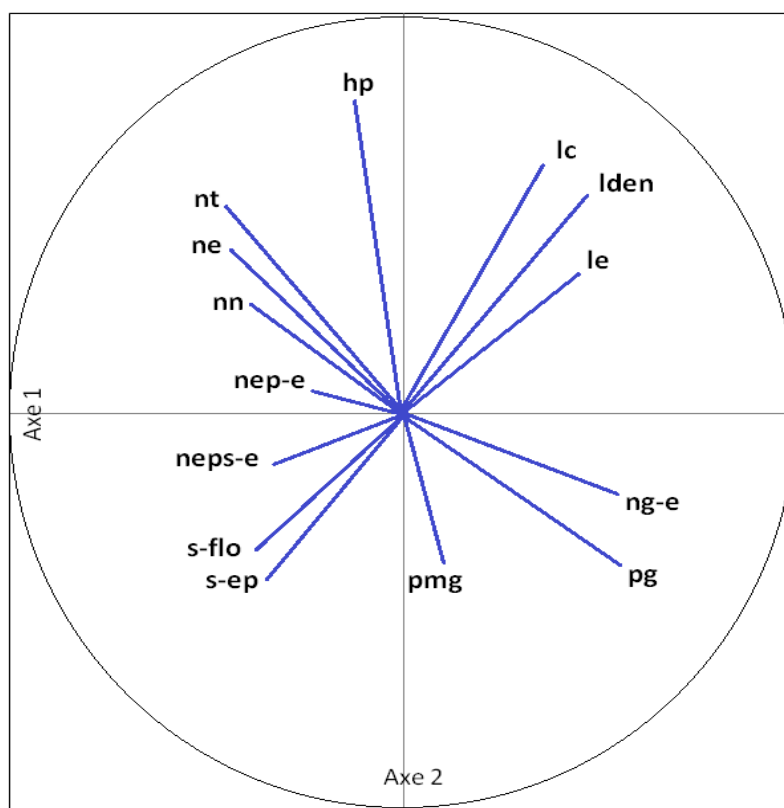


Figure 24 : Cercle de corrélations des variables de l'ACP formé par les axes 1 et 2 sur les 24 génotypes dans les deux traitements.

3-2-2-1- Etude des variables

L'axe 1, expliquant 37,17 % de l'information, est formée principalement par le poids des grains/épi (**pg**) et le nombre de grains/épi (**ng/e**) (figure 24). Cette analyse montre que ces deux variables sont impliquées dans l'élaboration du rendement, donc l'axe 1 pourrait être défini comme un axe des composantes du rendement. Ces deux caractères qui sont fortement et positivement corrélés entre eux, sont également fortement liés à cette partie positive de l'axe 1 du fait qu'ils soient proches du cercle. Les valeurs de corrélations de ces deux caractères (**pg**) et (**ng-e**) sont respectivement de 0,35 et 0,36 indiquant leur importante représentativité et leur assez forte contribution dans la variabilité.

Les variables hauteur de la plante (**hp**), longueur du col de l'épi (**lc**) et longueur du dernier entre-nœud (**lden**) déterminent l'axe 2 qui exprime 24,14% de l'information totale. Cet axe peut être qualifié d'axe morphologique regroupant les caractères d'adaptation au milieu. Ces caractères sont corrélés entre eux d'une manière très hautement significative.

Il est important de signaler que la hauteur de la plante (**hp**) dont la corrélation au carré est la plus élevée (0,48) est le caractère le plus discriminant et contribuant le plus dans la variation totale.

3-2-2-2- Etude des individus

L'analyse en composante principale (Figure 11) a permis donc de structurer cette diversité morphologique en quatre groupes qui discriminent les génotypes selon le cycle végétatif (la durée de l'épiaison et la durée de floraison), les composantes du rendement (le nombre de grains/épi, le poids des grains/épi), et l'architecture de la plante (hauteur de la plante, la longueur du col de l'épi).

- Le premier groupe constitué par les génotypes moumna (G16, G16i), bentembarek (G15, G15i) benmebrouk (G2, G2i ; G7, G7i ; G8, G8i ; G10, G10i ; G11, G11i), oumrokba (G22, G22i ; G23, G23i), irriguées et non irriguées se situent du côté positif de l'axe 1 et se distinguent par un nombre de grains/épi (**ng/e**) et un poids des grains/épi (**pg**) importants. Moumna (G16, G16i) occupant une position extrême par rapport à l'axe se distingue par les valeurs les plus élevées du nombre et poids de grains /épi et explique le plus la variabilité.

Le génotype chatar (G20, G20i) se distingue des autres génotypes formant ce groupe par sa grande précocité à l'épiaison et à la floraison.

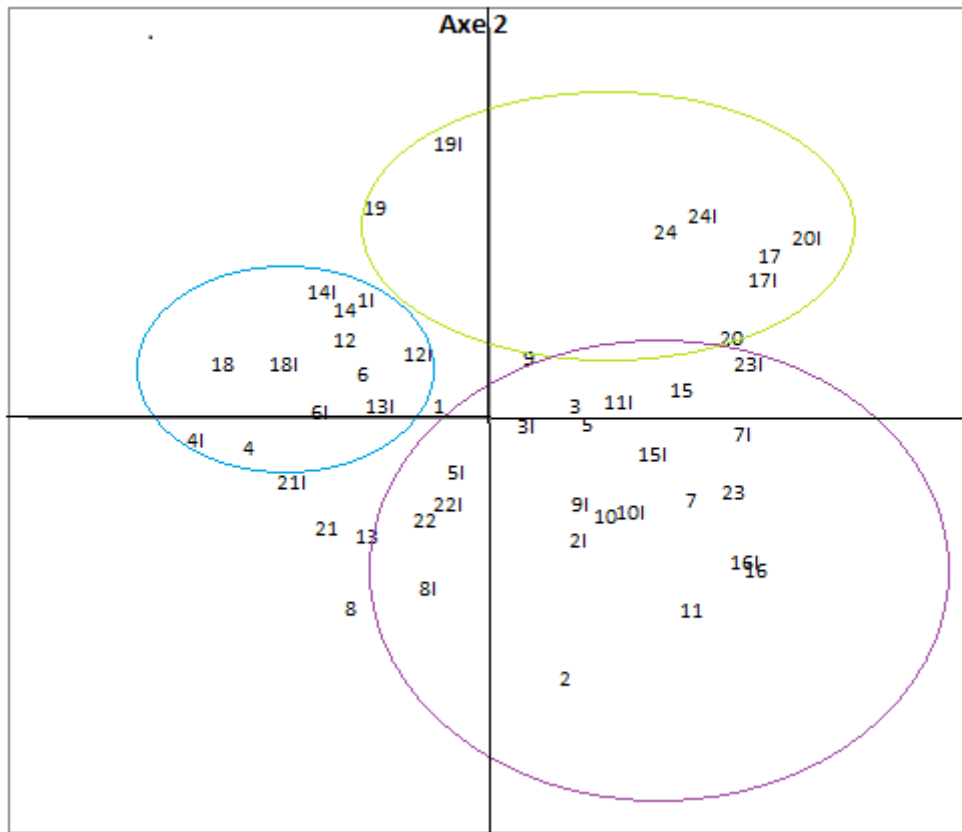


Figure 25 : Représentation graphique des polygones de dispersion des 24 génotypes sur les axes 1 et 2.

- A l'opposé, soit du côté négatif de l'axe 1, se positionnent le deuxième groupe formé par les génotypes moumna (G18, G18i), bentembarek (G12, G12i ; G13, G13i ; G14, G14i) et benmebrouk (G4, G4i ; G6, G6i) caractérisés par de plus faibles valeurs de ces deux variables. Les génotypes appartenant à ce groupe se caractérisent par les valeurs les plus importantes des caractères, nombre de talles (**nt**) par plant, et nombre d'épis /plant. Donc on peut déduire que ce groupe de populations à tallage herbacé et tallage épi forts ont tendance à produire moins de graines avec de faibles poids.

Moumna (G18, G18i) se distingue par rapport aux autres génotypes par des valeurs les plus faibles car elle positionne vers l'extrémité négative de l'axe 1.

- La deuxième composante principale est constituée dans sa partie positive par les populations moumna (G17, G17i ; G19, G19i), El-farh (G24, G24i), chatar (G20, G20i) qui se distinguent des autres par les caractères hauteur de la plante (**hp**), longueur du col de l'épi (**lc**) et longueur du dernier entre nœud (**lden**) qui présentent des valeurs très élevées. Ces génotypes forment

ainsi le troisième groupe. Le génotype chatar (G20, G20i) se distingue des autres génotypes formant ce groupe par sa grande précocité de l'épiaison et de la floraison.

La représentation graphique des individus dans le plan 1/2 laisse apparaître clairement le rapprochement des deux traitements (sec et irrigué) dans la dispersion totale des individus. Cela peut être expliqué par l'adaptation des génotypes qui n'ont pas été irrigués aux conditions du milieu dont ils ont été cultivés.

3-2-3-Analyse factorielle des correspondances AFC

L'analyse factorielle a été effectuée sur une matrice de données de 24 génotypes et 7 variables qualitatives. Le pourcentage d'information expliquée par l'axe 1 est de 36,62 %, celui de l'axe 2 est de 23,73 % soit un total de 60.34% de l'information expliquée.

Tableau 21 : Contribution à la variation totale des principaux axes.

Axes	1	2
Inertie (%)	36,62 %	23,73%

3-2-3-1-Etude des variables

L'axe 1 ayant un pourcentage de 36,62 % est caractérisé par des variables projetées uniquement sur la partie négative, à savoir : la présence d'arêtes ou de barbes (**a-b**), la longueur des arêtes et des barbes (**lonb**), la distribution des arêtes et des barbes (**dist**). Les variables (**a-b**) et (**lonb**) semblent être les plus discriminantes avec les valeurs les plus élevées de leurs corrélations au carré qui sont respectivement de : 0,85 et 0,91.

L'axe 2 dont le pourcentage de variabilité est de 23.73 % est représenté sur le côté positif par la forme de l'épi (**fe**) et la couleur du grain (**cg**). Cette dernière variable explique très fortement la variabilité avec une valeur élevée de 0,76. Dans sa partie négative, la couleur de l'épi (**ce**) est le seul caractère qui contribue dans sa formation.

3-2-3-2- Etude des individus

Sur le plan 1-2 de l'AFC, trois grands groupes distincts ont été constitués.

La première composante principale est déterminée dans sa partie négative par un groupe de populations, benmebrouk (G2, G3, G4, G6, G7, G11) ; moumna (G17) ; chatar (G20) ; bentembarek (G12) possédant des barbes courtes distribués sur les 3/4 de l'épi

Sur le côté positif de l'axe 2, sont regroupées :

- les génotypes el-farh (G24) et benmebrouk (G8) qui se distinguent par la forme en massue des épis,
- les génotypes bentembarek (G12, G15), benmebrouk (G7, G1, G9) qui se caractérisent par des grains roux.

L'interprétation et la qualification des axes de l'analyse factorielle des correspondances indiquent que les génotypes présentent des nuages de points des deux traitements très rapprochés, ce qui peut expliquer la stabilité des caractères qualitatifs qui ont fait l'objet de cette étude.

Cette analyse nous a amené à penser que la couleur, la forme et les barbes nous ont permis de différencier les génotypes. En effet, les travaux de Ducellier (1930) et Erroux (1961) se sont basés sur ces caractères dans leur classification des blés sahariens.

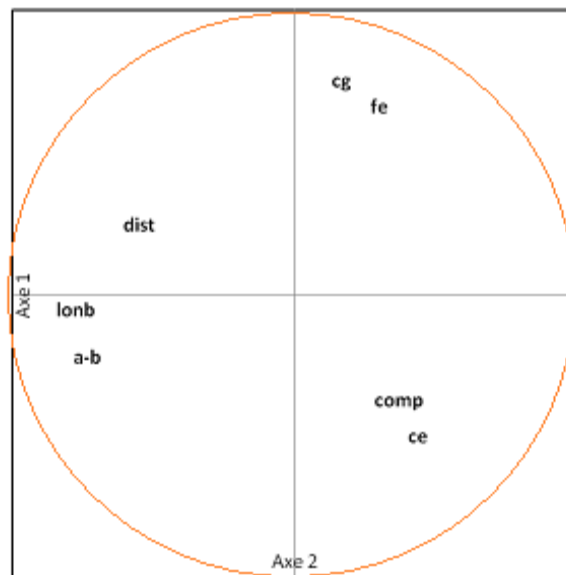


Figure 26 : Cercle de corrélations des variables de l'AFC formé par les axes 1 et 2 sur 24 génotypes.

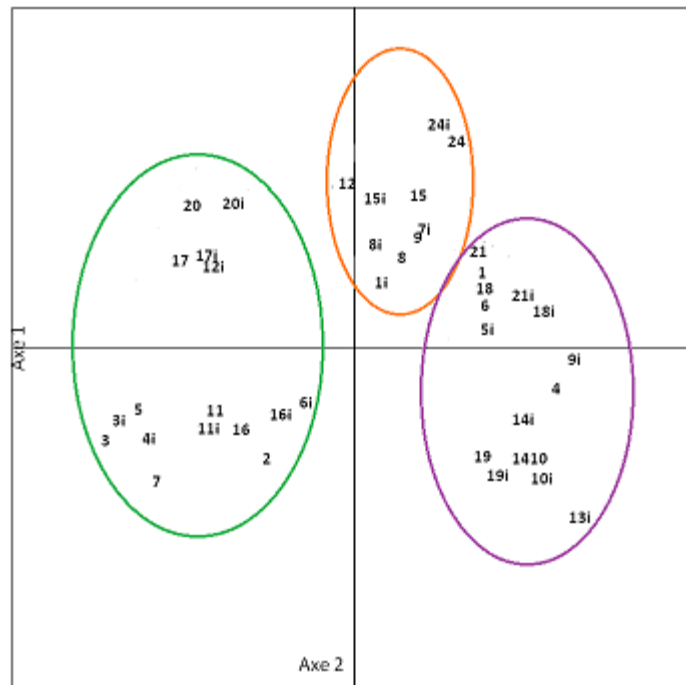


Figure 27: Représentation graphique des polygones de dispersion des 24 génotypes sur les axes 1 et 2 dans une AFC.

3-3-Etude caryologique

L'étude caryologique consiste à renseigner les mitoses somatiques sur des méristèmes racinaires de jeunes germinations

3-3-1-Dénombrement chromosomique

L'observation et le comptage des chromosomes sont effectués uniquement à partir des métaphases somatiques. Le dénombrement chromosomique est réalisé sur chaque individu des dix génotypes de blé saharien. Les mesures sont effectuées sur cinq plaques métaphasiques (tableau 20).

Tableau 22 : Dénombrement chromosomique des populations étudiées.

Plaques \ Génotypes	G7	G11	G13	G14	G20	G21	G24	G18	G19	G22
1	38	42	31	30	42	43	25	40	42	30
2	40	38	29	28	39	42	31	42	40	29
3	42	42	28	29	42	38	28	38	39	28
4	42	40	28	25	42	42	30	42	42	25
5	43	42	28	28	39	41	28	41	43	28

Les nombres chromosomiques obtenus sont rapportés dans le tableau 12 où les fréquences absolues et relatives sont calculées. Les résultats obtenus montrent que le nombre de chromosomes chez les 10 populations sont de 28 ou 42.

Considérant $x = 14$ comme le nombre de chromosomes de base chez le genre *Triticum*, les populations étudiées sont diploïdes ($2n=2x$) et hexaploïdes ($2n = 6x$). Ce qui permet de répertorier les populations échantillonnées en deux groupes, représentant deux cytolyses, avec deux niveaux de ploïdie différents.

- Groupe de population avec $2n = 2x = 28$ chromosomes (4 populations) ;
- Groupe de population avec $2n = 6x = 42$ chromosomes (6 populations)

Tableau 23 : Fréquences absolues et relatives (exprimées en %) des différents nombres chromosomiques.

Nombre Chromosomique	FA	FR (%)
25	3	6
28	9	18
29	3	6
30	3	6
31	2	4
38	4	8
39	3	6
40	4	8
41	2	4
42	14	28
43	3	6

$$FR = \frac{FA}{N} \times 100 ; N = 50$$

Avec **FA** : fréquence Absolue
FR : Fréquence Relative

On a pu établir pour les échantillons étudiés deux principaux nombres chromosomiques :

$$2n = 28 \text{ avec } 18 \%$$

$$2n = 42 \text{ avec } 28 \%$$

Les résultats obtenus concernant le nombre chromosomique $2n = 42$, soit $3(2X)$ révèlent une concordance avec les travaux déjà réalisés par Ducellier (1930) concernant l'appartenance des blés sahariens au type hexaploïde dont la formule génomique est AABBDD.

Parmi les 10 génotypes étudiés, benmebrouk (G7, G11) ; charar (G20, G21) ; moumna (G18, G19) sont des hexaploïdies $2n = 42$.

Les populations bentembarek (G3, G4) ; el-farh (G24) ; et oumrokba (G22) présentent un nombre chromosomique $2n = 28$ soit $2(2X)$ tétraploïde, il s'agit donc d'un blé dur dont la formule génomique est AABB.

Nous avons aussi noté :

$$2n = 42 + 1 = 6x + 1,$$

$$2n = 42 - 1 = 6x - 1$$

$$2n = 28 + 1 = 4x + 1$$

Il s'agit d'aneuploïdie : résultant de toute sorte d'anomalie méiotique ou mitotique lorsque pendant la division I ou la division II de la méiose, les deux homologues d'une paire de chromosome se rendent au même pôle, il y a production de gamète $n+1$ et $n-1$ chromosomes. L'aneuploïdie en général, est bien tolérée chez les espèces polyploïdes en raison de la redondance de leur formation génétique (Singh, 1993).

Deux types d'aneuploïdie ont été observés, des hypo et hyper aneuploïdes chez le blé dur ($2n = 25, 29, 30$ et 31) et chez le blé tendre ($2n = 38, 39, 40$ et 41).

3-3-2-Forme chromosomique

Différents paramètres caractérisent un caryotype, tel que le nombre chromosomique de base, la longueur totale des chromosomes, la longueur relative de chaque paire chromosomique, la présence de satellite, le degré de symétrie qui tient compte des longueurs, totales des chromosomes et des positions centromériques.

La détection des chromosomes homologues et la détermination de l'emplacement de chacun d'eux dans le caryogramme et la position des centromères sont effectuées par la méthode de Levan et al. (1964).

Les idiogrammes sont construits à partir de mesures effectuées sur cinq plaques métaphasiques appartenant à plusieurs individus différents du même génotype.

Les données numériques concernant la garniture chromosomique de l'espèce étudiée sont présentées comme suit :

- Pour les populations à $2n = 28$, le caryotype est constitué de trois types chromosomiques :

- 16 Chromosomes métacentriques
- 10 Chromosomes submétacentriques
- 2 Chromosomes subtélocentriques

- Pour les populations à $2n = 42$, le caryotype est constitué de trois types chromosomiques

- 20 chromosomes métacentriques
- 16 chromosomes submétacentriques
- 6 chromosomes subtélocentriques

Comme l'indiquent les valeurs des indices centromériques, la plupart des génotypes ont des chromosomes métacentriques et submétacentriques.

3-3-3-Indice d'asymétrie du caryotype

Un caryotype symétrique présente des chromosomes de taille voisine ayant des centromères médians ou sub- médians (chromosomes de type méta ou sub-métacentrique ce qui lui donne un aspect homogène) (Stebbins, 1971).

A travers cette étude la majorité des chromosomes sont de type méta et submétacentrique indique que le caryotype est symétrique.

Lewitsky (1931 in Gorenflot, 1980) est le premier à avoir utilisé la notion d'asymétrie dans la description du caryotype. Stebbins (1951) adopte et développe le même concept sur un grand nombre d'espèces. Il propose une classification des caryotypes suivant leur degré d'asymétrie en se basant surtout sur le rapport des longueurs (BL/BC) (Siljak–Yakovlev,1986)

De ce fait, nous pouvons suggérer que cette variabilité provient probablement soit d'un phénomène d'aneuploïdie c'est-à-dire augmentation ou réduction du nombre chromosomique soit d'un phénomène d'une hybridation allopolyploïde. Pour donner une estimation concrète de ce résultat, il faut en premier lieu effectuer un échantillonnage le plus large possible et procéder par l'étude caryologique des méioses.

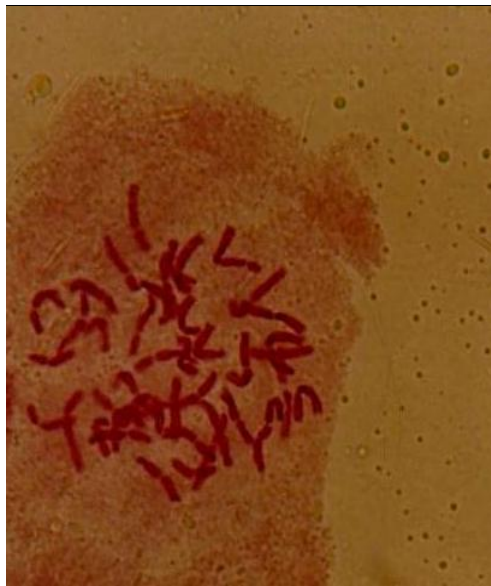


Figure 28 : Plaque métaphasique du génotype benmebrouk G7 ($2n = 42$)

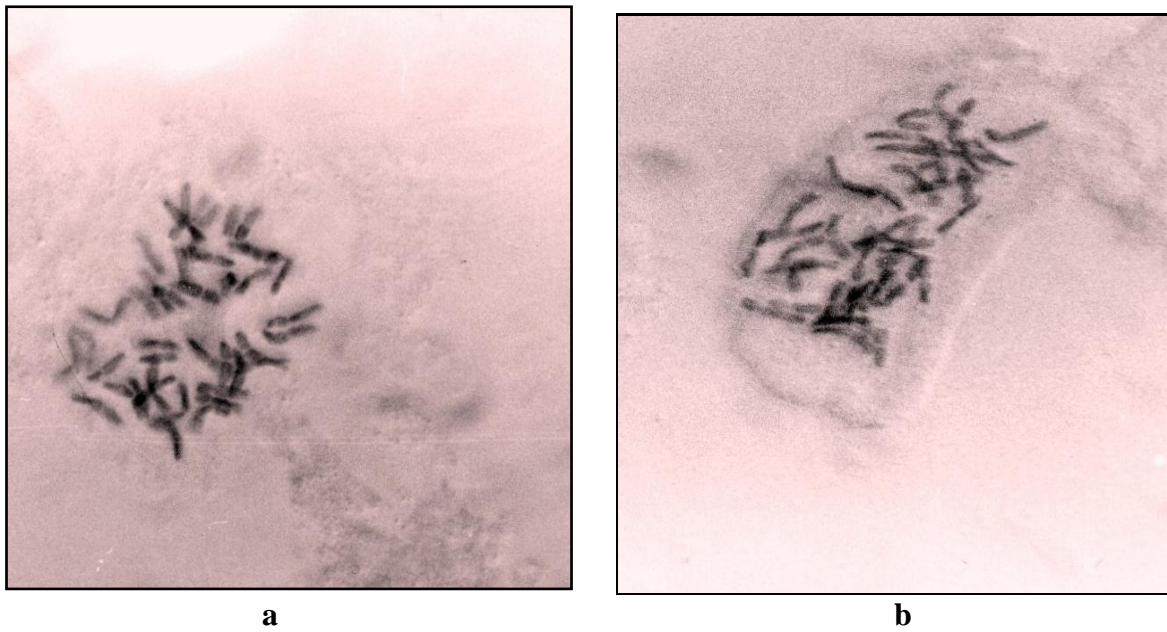


Figure 29 (a, b) : Plaques métaphasiques du génotype benmebrouk G11

a : (2n = 39)

b : (2n = 42)

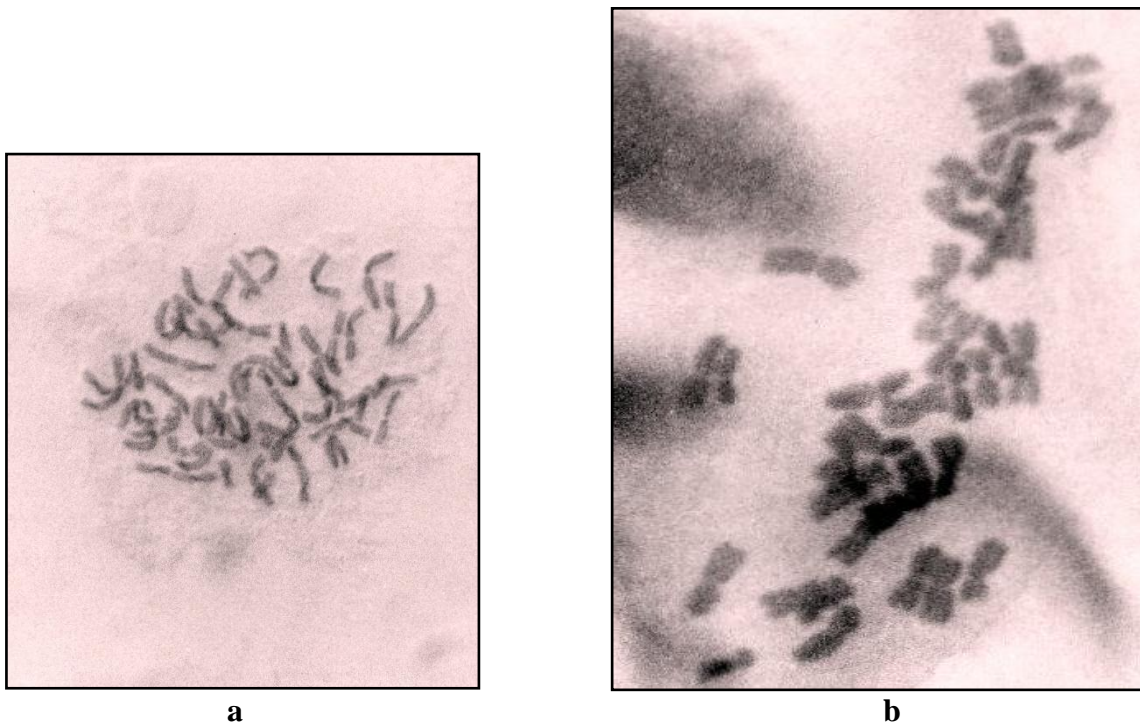


Figure 30 (a, b) : Plaques métaphasiques de la population moumna

a : G18 (2n = 43)

b : G19 (2n = 38)

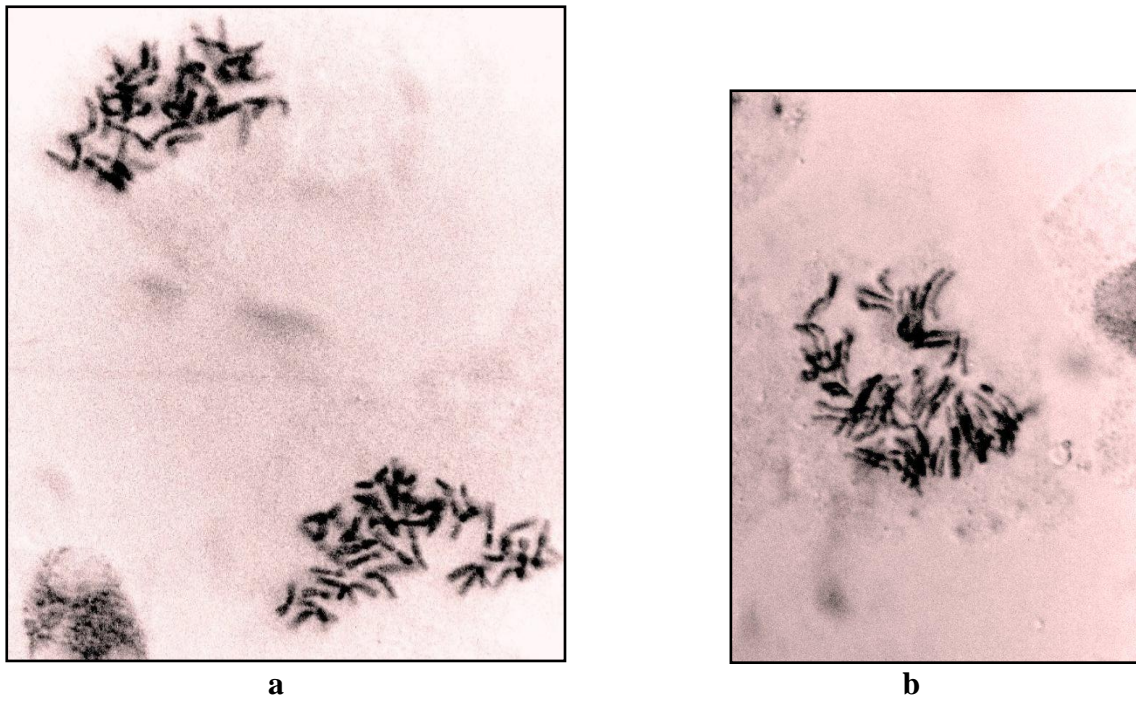


Figure 31 (a, b) : Plaques métaphasiques de la population chatar
a :G20 ($2n = 42$)
b :G21 ($2n = 42$)

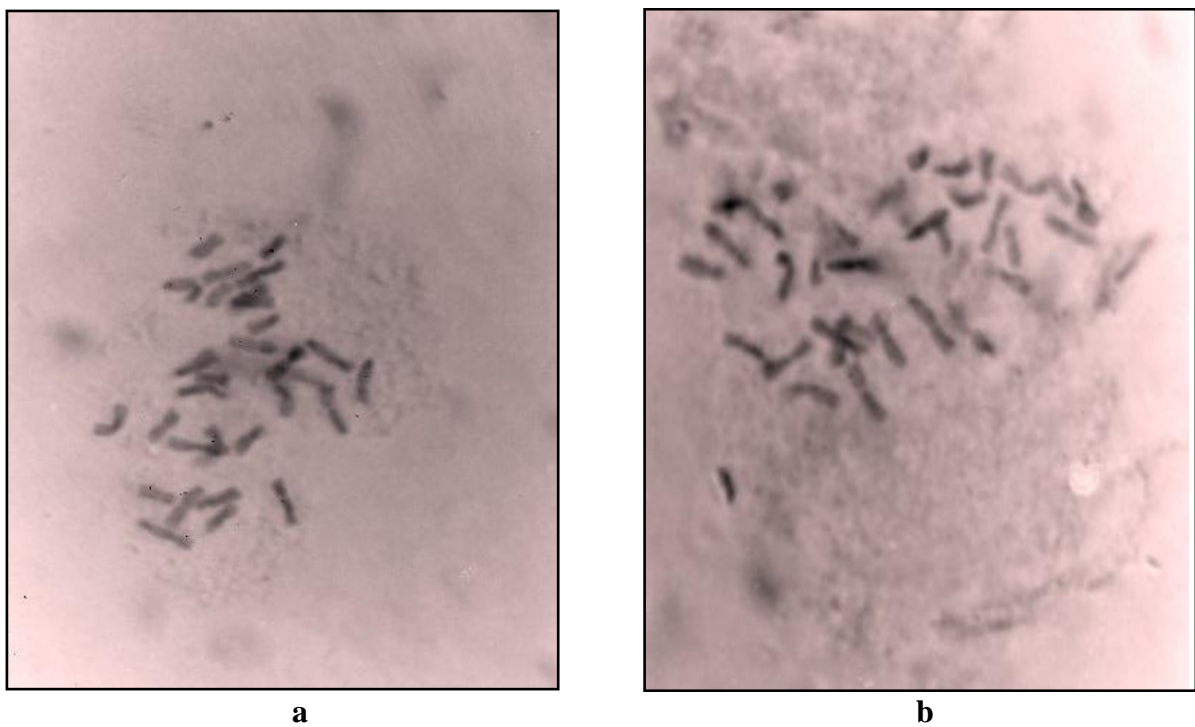


Figure 32 (a, b) : Plaques métaphasiques de la population bentembarek
a : G13 ($2n = 28$)
b : G14 ($2n = 30$)

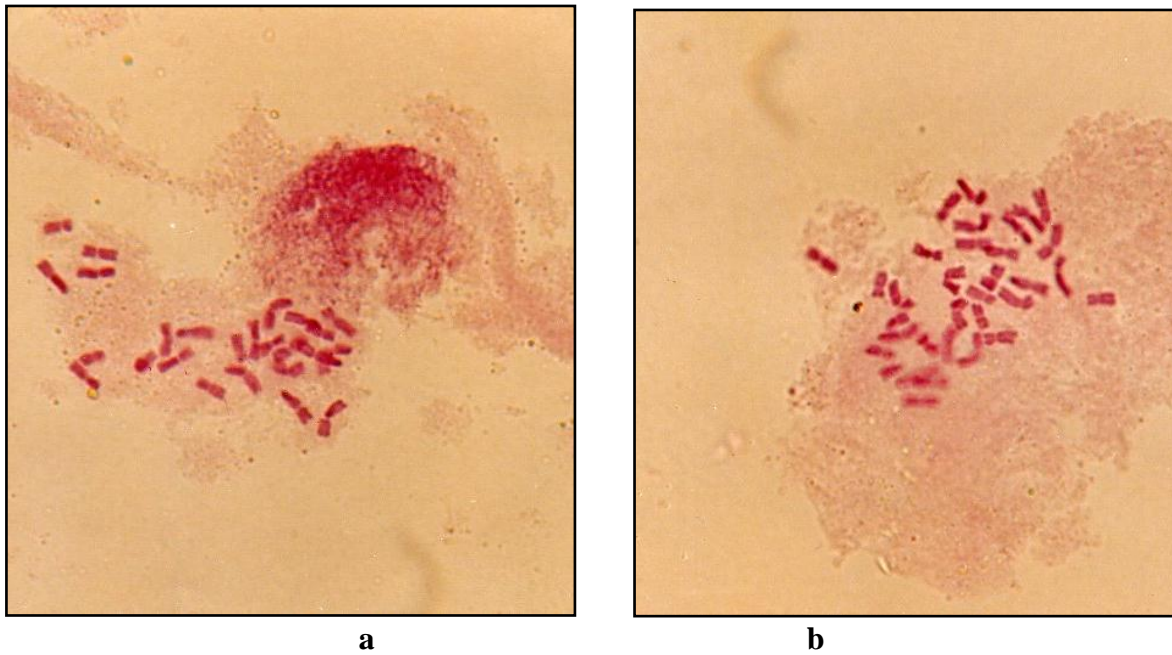


Figure 33 (a, b) : Plaques métaphasiques de la population el-farh G24
a : ($2n = 25$) ;
b : ($2n = 33$)



Figure 34 : Plaque métaphasique du génotype oumrokba G22 ($2n = 32$)

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les résultats obtenus montrent d'importantes variations des caractéristiques variétales. Dans le but de procéder à une interprétation en tenant compte de l'ensemble des caractères morpho-physiologiques et phénologiques étudiés, les analyses multivariées ont été réalisées et ont fait ressortir les principaux caractères morpho-physiologiques en relation avec l'adaptation au stress hydrique de chacune des populations étudiées.

En considérant la fertilité et le poids des grains élevés des populations moumna (G16) et benmebrouk (G10), celles-ci semblent être les plus adaptées au déficit hydrique. Ces deux composantes déterminantes du rendement en grain sont fortement corrélées et interviennent dans la variation totale de ce dernier.

Les populations moumna (G19), el-farh (G24) sont moins productives, mais présentent les moyennes les plus élevées de la hauteur de la plante, la longueur du col et du dernier entrenœud. Ces derniers sont souvent proposés comme critère de sélection des géotypes tolérants au déficit hydrique (Fisher *et al.*, 1978).

Les populations moumna (G16) et benmebrouk (G11) se distinguent par la surface foliaire de la feuille étendard. D'après Rawson *et al.*, (1977), la réponse de la plante à la sécheresse prend beaucoup de formes, parmi lesquelles les plus visibles est la réduction de la surface foliaire due à une diminution en nombre et en taille des feuilles.

Une importante variabilité a été remarquée pour la teneur relative en eau et l'accumulation en proline. Les géotypes ont utilisé les mêmes stratégies de réponse mais avec des fréquences différentes. En présence d'un déficit hydrique, bentembarek (G14) et moumna (G16) ont accumulées des quantités élevées de proline et benmebrouk (G7) et moumna (G16) présentent une faible perte d'eau par unité de surface foliaire et une augmentation de leur potentiel hydrique foliaire

L'étude caryologique a révélé la présence de tétraploïdes parmi les blés sahariens, ce qui est en accord avec la bibliographie sur l'appartenance de ces blés aux blés hexaploïdes.

Le caryogramme des blés (tétraploïdes et hexaploïdes) comprend des chromosomes pour la plupart métacentriques.

Cette étude descriptive ne rend évidemment pas compte de tous les autres aspects relatifs aux différentes caractéristiques des populations étudiées et demeure incomplète en raison de la faiblesse des effectifs et du manque de données concernant les études cytogénétiques de ces populations.

Ce travail préliminaire nous a permis de distinguer une variabilité intra et inter-variétale, d'identifier et de regrouper les génotypes suite à leur expression à partir des caractères étudiés. La démarche empruntée amène à mettre en évidence l'hétérogénéité des populations.

Les populations étudiées portent une série de caractères favorables et recherchés dans les schémas de sélection, tels que :

- La précocité : les blés oasiens présentent une caractéristique principale qui est la précocité. Cette dernière constitue en fait l'une des solutions pour échapper au stress hydrique dans des conditions difficiles,
- Une bonne fertilité de l'épi, et un poids de mille grains assez élevés
- Un bon niveau de tolérance au déficit hydrique exprimé par leurs fortes teneurs en eau et en proline.

L'étude de diversité a permis de mener une réflexion sur la conception des groupes ayant des caractères communs à partir des différents types de ressources génétiques. Par conséquent, une structuration de la collection des blés sahariens en trois groupes principaux a été élaborée en fonction de l'ensemble des caractères agro-morphologiques et physiologiques analysés. Les résultats obtenus lors de ce travail seraient d'un apport considérable pour la poursuite des actions visant la sauvegarde et la conservation des ressources génétiques, ce qui facilitera l'application dans les programmes d'amélioration en sélection. Cette approche constitue également un outil pour mieux valoriser la variabilité génétique dans la création de variétés productives, dotées de bonne qualité pour une agriculture durable. D'autre part, la recherche d'autres ressources en blé à travers le pays, permettra d'élargir le spectre de la variabilité et contribuera à dresser un programme de sélection sur le pool génétique local, qui soit le plus intéressant possible.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abbassenne F., Bouzerzour H., & Hachemi L., 1997. Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride. *Ann. Agron. INA*, El Harrach, **18** :24-36.

Abdalla O.S., Crossa J., Autrique E., Delacy I.H., 1996. Relationships among International testing sites of spring durum wheat. *Crop science* **36**, 33-40.

Abdeguerfi A., Laouar M., 2000. Les ressources génétiques des blés en Algérie, passé, présent et avenir. Symposium blé 2000. 133-148.

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

Aguiriano E., Ruiz M., Fite R., Carrillo JM., 2006. Analysis of genetic variability in a sample of the durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Spanish collection based on gliadin markers. *Genet. Resour. Crop Ev.* **53** : 1543–1552.

Ait Kaki Y., 1993. Contribution à l'étude des mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance au stress hydrique sur cinq variétés de blé dur. Thèse Magister, ISN, université d'Annaba, 113 P.

Al-Hakimi A., 1992. Evaluation de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces primitives (sauvages et cultivées) des blés tétraploïdes. Thèse de DEA. Montpellier, France, 60p + annexes.

Al Khanjari S., Filatenko A.A., Hammer K, Buerkert A., 2008. Morphological spike diversity of Omani wheat. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **55**(8), 1185-1195.

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.

Ali Dib T., Monneveux P., 1992. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II : caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie*, **12** :381-393.

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., Schlenk H., 1984. Effects of drought on phytol wax esters in Phaseolus leaves. *Photochemistry*, **23**: 2695-2696.

A.N.N., 1993. Les ressources phylogénétiques. Document de travail, janvier 93. 44pp.

Annichiarico P., 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., Pecetti L., 1994. Morpho-physiological traits as descriptors for discrimination of durum wheat germplasm. *Genetic resources and Crop Evolution* **41**. 45-54.

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.

Anonyme, 2012. Le monde du blé. [En ligne], Adresse URL.

Araus J.L., Alegre L., Ali Dib T., Benlaribi M. et Monneveux P., 1991. Epidermal and stomatal conductance in seedings of durum wheat landraces and varieties. In physiology Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. INRA Montpellier

Asins J.M., Carbonell E.A., 1989. Distribution of genetic variability in durum wheat world collection. *Theor. Appl. Genet.* pp 287-294.ed., les colloques, **55** : 225-231.

Auriau P., 1978. Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé dur. *Ann Argon d'El-Harrach.* Vol **8** n°2 ,1- 14.

Auriau P., Doussinault G., Jahier J., Lecomte C., Pierre J., Pluchard P., Rousset M., Saur L., Trottet M., 1992. Le blé tendre. In *amélioration des espèces végétales cultivées*. Ed. INRA, Paris. PP 22 – 38.

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. *Annales de L'INRA, El-Harrach,* **27**: 15-33.

Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., 2007. Effets de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que de l'accumulation des assimilats de la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie.

Bajji M., Lutts S., & Kinet J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf aging in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.*, **160** : 669- 681.

Bammoune A., 1997- Contribution à l'étude de quelques caractères morpho- physiologiques, biochimiques et moléculaires chez des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* ssp *durum.*) pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'Ouest Algérien. Thèse de Magister, pp 1-33.

Barrs H., 1968. Determination of water deficit in plants tissus. In : water deficit and plant growth. Koslowski T. (Ed). *Academy Press, New York*, pp : 235-238.

Belhassen E., This D., & Monneveux P., 1995. L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. *Cahier d'Agriculture*, **1** : 251-261.

Belkharchouche H., Fellah S., Bouzerzour H., Benmahammed A., & Chellal N., 2009.

Vigueur de croissance, translocation et rendement En grains du blé dur (*Triticum durum* desf.) Sous conditions semi arides. *Courrier du Savoir*, (**09**) :17-24.

- Bellinger Y., Bensaoud A., Larher F., 1991.** Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for tress tolerance. Colloque Physiology- Breeding of winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments, Montpellier (France). *Les colloques* .55. (Ed). Inra. Paris.
- Benbelkacem A., Kellou K., 2000.** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) cultivées en Algérie. 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.
- Belkadi B., 2003.** Diversité génétique et phylogénie des Aegilops L. du Maroc. Thèse Doc. Univ. Mohammed V. Fac. Sci. Rabat. Maroc.
- Benlarabi M., & Monneveux P., 1988.** Etude comparée du comportement en situation de déficit hydrique de deux variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) adaptées à la sécheresse. *C.R Acad. Agric. France.*, **74** (5) : 73-83.
- Benmahammed A., Nouar H., Haddad L., Laala Z., Oulmi A., Bouzerzour H., 2010.** Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf) sous conditions semi-arides. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **14**(1). pp 177-186.
- Ben Salem M., et Vierra Da Siva J.B., 1990** – Mécanismes physiologiques à la sécheresse et création variétale. Rapport d'activité numéro 1, MA/DGFRA /INRAT, Tunisie, 23 pages.
- Ben Salem M., Boussen H. & Slama A., 1997.** Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech. -Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF / U R E F). Orsay. *Sécheresse*. **2** : 75- 83 p
- Bensari M., Calme S.J., Viala G., 1990.** Répartition du carbone fixé par photosynthèse entre l'amidon et le saccharose dans la feuille de soja : influence d'un déficit hydrique : *Plant physio. Biochimie*. 28: 113-124 p.
- Bensemmane L., Bouzerzour H., Benmahammed H., Mimouni H., 2011.** Assessment of the phenotypic variation within two and six rowed Barly (*Hordeum Vulgar L.*) breeding lines grown under semi-arid conditions. *Advances in Environmental Biology*, **5**(7). 1454-1460.
- Berthaud J., Charrier A., David J., Dussert S., Engelmann F., Hamon S. et Pham J.L., 1999.** Conservation et Gestion. Chapitre 2 *In* Ressources Génétique, Biotechnologies végétales. pp. 45-89.
- Birkam S. and Kimber G., 1974.** A new C- bading technique for cereal chromosomes. *Cereal Research Communications*, vol. 2, **2** :87-94.

- Bisson J., 1991.** Et l'homme créa l'oasis. Institut de recherches sahariennes. Sciences et natures. pp 28-38.
- Blum A. 1985.** Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. *J. exp. Bot.*, **36**: 432-440.
- Blum A., 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation*, **20** :135-148.
- Blum A., 1988.** Plant Breeding for Stress Environment. CRC. Press (éd), Boca Raton, Florida, USA; 123p.
- Bonjean A. 2001.** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21.
- Boudour L. 2006.** Étude des ressources phylogénétiques 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.
- Boukecha D., 2001.** Etude agronomique de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de magister, INNA El-Harrach. 139 p.
- Bousba R., Ykhlef, N., et Djekoun, A., 2009.** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic inresponse to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *World Journal of Agricultural Sciences* **5** : 609 -616.
- Bouzerzour H., & Benmahammed A., 1994.** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algeria. *Rachis*, **7** : 11-14.
- Bouzerzour H., Djekoune A., Benmahammed A., & Hassous L. 1998.** Contribution de la biomasse aérienne, de l'indice de récolte et de la précocité au rendement de l'orge (*H. vulgare* L.) en zone semi-aride d'altitude, Méthodes et techniques, *Cahiers Agricultures*, **07** : 307 -17.
- Bouzerzour H., Bahlouli F., Benmahammed A., & Djekoun A., 2000.** Cinétique d'accumulation et de répartition de la biomasse chez des génotypes contrastés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Sciences et Technologie*, **13** : 59-64.
- Bouzerzour H., Benmahammed A., Benkharbache N., et Hassous, K.L., 2002.** Contribution de la sélection à l'amélioration et à la stabilité des rendements de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) dans l'étage bioclimatique semi-aride, *Revue Recherche Agronomique de l'INRA*, **10** : 45-58.
- Bouzerzour H., 2003.** Les céréales, les légumes alimentaires, les plantes fourragères et pastorales. In Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture, Alger 22-23/01/2003.
- 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, Etats Unis, pp :1-16.
- Bozzini A., Corazza L., Egidio M.G., Di Fonzo N., La Fiandra D., Pogna N.E., Poma I., 1998.** Durum wheat (*Triticum turigidum* spp. *Durum*). In : Scarascia Mugnozza G.T., Pagnotta

M.A. (éd) Italian contribution to plant genetics and breeding : 181-194. Viterbo, University of Tuscia.

Brisson N., (1996). Bien remplir le grain. Sécheresse : la tolérance variétale. Colloque Perspectives Blé Dur. Toulouse Labège, 152p.

Branlard G., Pujos E., Nadaud I., Bancel E., Piquet A., 2012. Nouveaux outils pour une analyse fine de la composition des grains. *Innovations Agronomiques*. **19** : 37-49.

Brown A.H.D., 1989. Core collections : A practical approach to genetic resources management. *Genome*. **31**. PP 818-824.

Cadi A., 2005. Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le nord d'Algérie. ITGC. Céréaliculture. **44** : 36-39.

Cauderon 1979. Etudes des relations physiologiques chez le blé : cytogénétique et biochimie. Journées d'études. Biochimie et génétique du blé. INRA. Paris, p 30-33.

Ceccarelli S., Grando S., and Van Leur J.G.A. 1987. Genetic diversity in barley landraces from Syria and Jordan. *Euphytica* **36**, 389-405.

Chehat F., 2007. Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM : Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation Alger : p7-9.

Chadjaa H., 1989. Les blés sahariens : diversité, importance et perspectives d'utilisation. *Ann. Inst. Nat. Agro.* El-Harrach, Vol. **13**, 1, 241-251.

Charrier A., 1999. Introduction in ressources génétiques. Biotechnologies végétales. pp 7- 11.

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. Plant Sci.*, **68**: 975-982.

Croston R.P. et Williams J.T., 1982. A world survey of wheat genetic resources. IBRGR. Bulletin / 80/59, 37 p.

Davis P. H., and Heywood V. H., 1973. Principal of Angiosperm plant taxonomy, Robert E. Krieger publishing company, Huntington, New York.

Déjardin A., Sokolov L.N. & Kleczkowski L.A., 1999. Sugar/osmoticum levels modulate differential abscisic acid-independent expression of two stress-responsive sucrose synthesis genes in *Arabidopsis*. *Biochem J.* **344**: 503 -509 p.

Djermoun A., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*, n°1/juin 2009. pp 45 – 53.

- Doussinault G., Pavoine M.T., Jaudeau B. et Jahier J., 2001.** Évolution de la variabilité génétique chez le blé. Dossier de l'environnement de l'INRA, n 21.
- Dosba et Cauderon 1973.** Analyse statistique du caryotype *d'Aegilops ventilos*. *Ann. Amelior Plant* **23**: 133-143.
- D.P.A.T., 1993.** La Wilaya d'Adrar par les chiffres. Annuaire statistique diffusé par la direction de la planification de la Wilaya d'Adrar, 48p.
- Dreier W., et Göring M., 1974.** Der einfluss hoher saltz konzentrationen auf verschieden physiologische parameter von maisururzeln. *Wiss ; Z ; DER hu ; Berlin, Nath Natuwiss R*, **23**, 641-644.
- Ducellier L., 1920.** Les blés du Sahara, Alger, **56** p. (Bibliothèque du Colon du Nord de l'Afrique).
- Ducellier L., 1930.** Les céréales d'Algérie. *Céréales d'Algérie*, 12, 1- 60.
- El Hafid R., El Mourid M, Samir k., et Bakoulou B., 1996.** Caractérisation de certaines variétés de blé, d'orge et du triticales sous différentes situations hydriques en conditions de champs et simulées. *Al-awamia* **92**: 7-25.
- Eliane Cristina G.V., Ivan S., Marcos P., Carlos A.S., Hugo Bruno C.M., Celso J.M. & Ellis R.J., 2007.** The molecular chaperone concept. *Semin. Cell Biol.* **1** : 1 - 9 p.
- El Jaafari S., et Paul R., 1993.** Accumulation foliaire de proline et résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticum aestivum* L). *Arch Int Physiol Biochem Biophys* **101** : B8.
- Engledow F.L., et wadham S.M., 1993.** Investigation on yield in the cereals. Part 1. *Jour. Agric. Sci.* **13**: 390-439
- Erchidi A.E., Benbella M., et Talouizte A., 2000.** Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grains chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. *Options méditerranéennes, série A (Séminaires Méditerranéens)* **40** : 279-282.
- Erroux J., 1952.** Les blés des oasis. In : *Bull. Soc. des Agriculteurs d'Algérie*, **567**.
- Erroux J., 1954.** Les blés du Fezzan. In : *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, **45**.
- Erroux J., 1958.** Note sur les blés des oasis du Sahara Algérien. Extrait du bulletin de la société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. Tome **49** : 180-195.
- Erroux J., 1962.** Les blés des oasis sahariennes. Univ. D'Alger, Ins. Rech. Saharienne. Mémoire **7**.179p.
- Erroux J., 1974** -Introduction au catalogue des blés durs cultivées en Algérie. *Bull Soc Histoire Naturelle Afrique du Nord*, **5** :5-95.
- Ehab A.R.K., 2006.** karyotype characterization and polyploid variations in some genotypes of *Triticum aestivum* l. *Cytologia* **71**(2): 169–174.

FAO, 1996. The state of *ex-situ* conservation. In : The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. F.A.O., Rome. 510 P.

FAO, 2006. World agriculture : towards 2030/2050 – Interim report. Rome.

Febrero A.; Brot J.; Brown R.H. et Araus J.L., 1990. The role of durum wheat ear as photosynthetic organ during grain filling. In: advanced trends in photosynthetic, Mallorca, Spain (unpublished).

Feillet P., 2000. Le grain de blé, composition et utilisation. Edition INRA, paris : 23-25 pp. 308 p.

Feldman M. 1976. Taxonomic Classification and Names of Wild, Primitive, Cultivated, and Modern Cultivated Wheats. Simmonds, N.W. (éd.), *Evolution of Crop Plants*. Longman, Londre: 120-128 p.

Feldman M., et Sears E., 1981. Les ressources génétiques naturelles du blé. Pour la science, **41**, pp 79-89.

Feldman M., 2001. Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) *The World Wheat Book : A history of wheat breeding*. Intercept Limited, Andover, Angleterre, 3-58. 1600p.

Fisher R.A., 1979. Growth and water limitations to dry wheat yield in Australia a physiological frame work. *J. Aust. Inst. Sci.* **45** :83-94.

Fisher R.A. et Maurer R., 1978. Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agri, Res.*; **29**: 105-912.

Flaksberger C.A., 1935. Cereals : Wheat. In: Wulf EV (ed) *Flora of cultivated plants I*. Cos Izd Kolkh Sovkh. Moscow and Leningrad (St. Petersburg), USSR.

Fonesco S. et Patterson F.L., 1968. Yield component heritabilities and interrelationships in winter wheat. *Crop. Sci*, **8**:614-617.

Frankel O.H., 1984. Genetic perspectives of germplasm conservation. In : Genetic Manipulations : Impact of Man and Society (W. Arber *et al.* (Ed.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, England. pp 161-170.

Gallais A., 2010. Homogénéité vs hétérogénéité et performances des structures variétales en amélioration génétique des plantes. *Le Sélectionneur Français* **61** : 61-74.

Glachant M., et Lévêque F., 1993. L'enjeu des ressources génétiques végétales. *Les éditions de l'environnement*. pp. 103-106.

Ganka G., Victor K., Svetlana L., Zaprjanka P., Nikolai K., 2010. Genetic diversity assessment of Bulgarian durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Landraces and modern cultivars using microsatellite markers. *Genet Resour Crop Evol* **57**:273-285.

- 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.
- Gharbali D., 2003.** Effet du stress abiotique sur les caractéristiques phénomorphologiques de l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Céréaliculture, **39** : 45-48.
- Glachant M. et Lévêque F., 1993.** L'enjeu des ressources génétiques végétales. *Les éditions de l'environnement*. pp. 103-106.
- Grignac P., 1965.** La culture et l'amélioration génétique du blé dur. Guide national de l'agriculture T.III.
- Grignac P., 1981.** Rendement et composantes du rendement dans l'environnement méditerranéen Français. Communication présentée au séminaire AGRIMED de BARI (Italie), du 30 sept. au 2 oct., 185-195.
- Gorenflot, et Raicu, 1980.** Cytogénétique et évaluation. Ed Masson Paris p181.
- Hadjichristodoulou A., 1985.** Stability performance of performance of cereals in low rainfall areas as related to adaptive traits. In: Drought tolerance in winter cereals. Srivastava J.P., Perceddu E., Acevado E. and Varma S. ed., John Wiley and Sons, U.K., 191-200.
- Hadjichristodoulou A., 1987.** The effects of optimum heading date and stability on yield consistency of performance of barley and durum wheat in dry areas. *J. Agric; Sci. Camb.* **108**: 599-608.
- Hadjichristodoulou A., 1993.** Barley genotypes satisfying different needs in dry lands, marginal landraces uncultivated areas. *In agrometeorology an rainfed barley-based farming systems*. Proceeding of an international symposium (6-10 march, Tunis). Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D., 233-243.
- Hakimi M., 1993.** L'évolution de la culture de l'orge : le calendrier climatique traditionnel et les données agro météorologiques modernes. In: The agrometeorology of rainfed barley-based farming systems. Jones M, Marthys G, Rijks D (Ed.). Proceeding of an International symposium, 6 –10 march 1989, Tunis. pp 157-166
- Hamada Y., 2002.** Evaluation de la variabilité génétique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* en amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse Magister, I.S.N. Université Mentouri. Constantine. Algérie.
- Hamon C., 2007.** Mise en place d'un indicateur de diversité cultivée à l'échelle territoriale. Cas de la diversité du blé tendre au cours du XXe siècle. Mémoire de fin d'études Agrocampus Ouest, Rennes. 97 p

- Hare P.D. & Cress W.A. 1997.** Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant cell and environment*. **21**: 535 - 553 p.
- Harlan J.R., 1975.** Our vanishing genetics resources. *Science*, 188. pp 618-621.
- Hazmoune T., 2005.** Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie. Perspectives. Séminaire international. CIHEAM. Saragose. Avril 2000. Amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne nouveaux défis, pp 291-294.
- Hervieu B., Capone R., Abis S. 2006.** The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. *Ciheam analytical note*. **9** : 14.
- Hodgkin T., Roviglioni R., De Vicente M.C. and Dudnik N., 2000.** Molecular methods in the conservation and use of plant genetic resources. *Proceedings of the international symposium on molecular markers for characterizing genotypes and identifying cultivars in horticulture. Acta Horticulture* **546**,
- ICARDA, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, 2005.** Morocco and ICARDA : Collaboration since 1977. *Ties that Bind*, No.7. ICARDA, Aleppo, Syria, 28 p.
- IPGRI., 1985.** Revised descriptor list for wheat (*Triticum* spp.). IBPGR Secretariat Rome and CEC Secrétariat.
- Jilal A., 2011.** Assessment of genetically diverse international barley germplasm for development of food product applications. PhD. Thesis. Southern Cross University, Lismore, NSW.
- 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.
- Karp A., and Maddock S. E., 1984.** Chromosome variation in wheat plants regenerated from cultured immature embryos. *Theor. Appl. Genet.* **67**: 249–255.
- 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. (éd). John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK. pp:105-116.
- Khlestkina E.K., Salina E.A., 2001.** Genome-specific markers of tetraploid wheats and their putative diploid progenitor species. *Plant Breeding* **120** : 227-232.
- Kimber G. & Sears E.R. 1987.** Evolution in the Genus *Triticum* and the Origin of Cultivated Wheat. Dans: **Heyne E.G.** (éd), *Wheat and Wheat Improvement*. American Society of Agronomy, Madison (WI): 31 p.
- Koksal Y., 2009.** Path Coefficient analysis of some yield components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Pakistan J. Bot.* **41**: 745-751

- Larbi A., Mekliche A., Abed R., Badis M., 1999.** Effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) en région semi-aride. pp 295-297.
- Latrach D., 1988.** Ressources en eau de la Wilaya d'Adrar. *Résumé de communication sur les journées d'études sur les foggaras*. Adrar, le 15 février 1988.
- Laumont P., Erroux J., 1961.** Inventaires des blés durs rencontrés et cultivés en Algérie. Mémoires de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord.
- Lefort M., Sontot A., Mitteau M., Chauvet M., Thaler L., 1998.** La préservation des ressources phytogénétiques : Stratégie nationale et enjeux. Gestion et préservation des ressources génétiques. *Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France* **3**, 183-194.
- Levitt J., 1980.** Responses of plants to environmental stresses. *Academic Presse*, New York.
- Lhertier P., 1975.** Dictionnaire de génétique. Ed. Masson, Paris. 314p.
- Ludlow M.M., & Muchow R.C., 1990.** A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Advances in agronomy*, **43** : 107-153.
- Lysák M. A., Rostková A., Dixon J. M., Rossi G., and Doležel J., 2000.** Limited genome size variation in *Sesleria albicans*. *An. Bot.* **86**:399-403.
- Maccaferri M., Sanguineti M. C., Natoli E., Araus-Ortega J. L. et Bensalem M., 2006.** A panel of elite accessions of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) suitable for association mapping studies. *Plant Genet. Resour.* **4**: 79-85.
- Mac Key, J. 2005.** Wheat : Its concept, evolution, and taxonomy. In: Conxita.
- Malosetti M., Abadie T., and German S., 2000.** Comparing strategies for selecting a core subset for the Uruguayan barley collection. *Plant Genetic resources Newsletter* **121**, 20-26.
- Massele M.J., 1981.** Relation entre croissance et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver. Influence des conditions de nutrition. *Agronomie*, **13** : 365-370.
- Masood S., Javaid A., Rabbani A., Anwar R., 2005.** Phenotypic diversity and trait association in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces from Baluchistan. *Pakistan J. Bot.* **37**: 949-957.
- Mazouz L., 2006.** Etude de la contribution des paramètres phénol-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans l'étage bioclimatique semi- aride. Mémoire de Magister, université Hadj Lakhdar, Batna, 7p.
- Mekhlouf A., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hadj Sahraoui A., Harkati N., 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) au climat semi-aride. *Sécheresse* **17**(4). 507-513.
- Mekliche-Hanifi L., 1983.** Etude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse Magister INA. El-Harrach.

- 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.
- Mekliche A., Boukecha D., Hanifi Mekliche L., 2003.** Etudes de la tolérance a la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). I. Effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologique, morphologiques et physiologiques. Annales de l'institut national agronomique, El-Harrach, Vol.24. n1 et 2 : 97-110.
- Menad A., Meziani N., Bouzerzour H., Benmahammed A., 2005.** Analyse de l'interaction génotype X milieux du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) : application des modèles AMMI et la régression conjointe. Nature et Technologie. **5** : 99-106.
- Mezidi F., Benhabria A., 2000.** Etude cytogénétique de quelques variétés populations de blé tendre d'origine saharienne. Thèse de diplôme d'études supérieures en biologie. USTHB Alger.40p.
- Miège E.M., 1950.** Les principales espèces et variétés de blé cultivées en Afrique du nord. Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale. **30** : 16-38.
- Mokhtar E.D., Lhasballaoui F., et Abdelaziz D., 1996.** Gestion des irrigations de complément sur culture de blé dur (variété Ardente). Thèse Ingénieur d'Etat en Agronomie INA El-Harrach 83p.
- Monneveux P., 1991.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. Aupelf-Uref. 165-186.
- Monneveux P., et Nemmar M., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie **6** : 583-590.
- 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
- Muñoz-Amatriaín M., Cuesta-Marcos A., Endelman J.B., Comadran J., Bonman J.M., Bockelman H.E., Chao S., Russel J., Waugh R., Hayes P.M., 2011.** The USDA Barley Core Collection : Genetic Diversity, Population Structure, and Potential for Genome-Wide Association Studies. PLoS ONE **9(4)** : e94688.
- Nachit M., 1986.** Durum wheat improvement. In VARMA Ed., Cereal improvement program 1986, ICARDA publ.112 en Aleppo, pp,78-101.
- 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.

- Nazco R., Villegas D., Ammar K., Pena J.R., Moragues M., Royo C., 2012.** Can Mediterranean durum wheat landraces contribute to improved grain quality attributes in modern cultivars, *Euphytica* **185** : 1-17
- Nemmar M., 1980.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. Thèse D.A.A. ENSA. Montpellier, 65 p.
- Nissilä E.A.J., Ramanatha Rao V., Engelmann F., and Rily K.W., 1999.** *Ex-situ* strategies for complementary conservation of Asian sweetpotatoes. *Plant Genetic Resources Newsletter* **117**, 1-11.
- Oosterom V.E., Ceccarelli S., & Peacock J.M., 1993.** Yield response of barley to rainfall and temperature in Mediterranean environments, *J. Agri. Sci*, **121** : 307-313.
- Östergren G., Haneen K.W., 1962.** A squash technique for chromosome morphological studies. *Hereditas* **48**, pp332-341.
- Oudjani W., 2009.** Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse de magister, université Mentouri de Constantine. 112 p.
- Pecetti L., Annicchiarico P., Damania A.B., 1992** Biodiversity in a germplasm collection of durum wheat. *Euphytica* **60**: 229-238.
- Pecetti L., Damania A. B., Kashour G., 1992.** Geographic variation for spike and grain characteristics in durum wheat germplasm adapted to dryland conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution* **39**: 97-105.
- Pecetti L., Annicchiarico P. and Kashour G., 1993.** Flag leaf variation in Mediterranean durum wheat landraces and its relationship to frost and drought tolerance and yield response in moderately favorable conditions. *Plant Genetic Resources Newsletter* **93**, 25-28.
- Pecetti L., and Annicchiarico P., 1995.** Efficacy of a visual assessment for drought tolerance in durum wheat improvement under dryland conditions. *Cereal Research Communication* **23**, 95- 101.
- Pecetti L., Boggini G., Doust M.A., Annicchiarico P., 1996.** Performance of durum wheat landraces from Jordan and Morocco in two Mediterranean environments (Northern Syria and Sicily). *Journal of Genetic & Breeding* **50**, 41-46.
- Picard B., Branlard G., and Oury F.X., Rousset M., 1992.** Etude de la diversité génétique du blé tendre. I. Comparaison de distances biochimiques, agro morphologiques et généalogiques. *Agronomie* **12** : 611-622.
- Plucknett D.L., Smith N.J.G., Williams J.T., Anishetty N.M., 1987.** Gene banks and the world's food. Princeton University Press, Princeton, NJ. 247 p.
- Rahal Bouziane H., 2006.** Caractérisation agro morphologique des orges (*Hordeum vulgare* L) cultivées dans les Oasis de la région d'Adrar. Thèse de magister, INA El- Harrach. 90 p.

- Rawashdeh N.K., Haddad N.I., Al-Ajlouni M., Turk M.A., 2007.** Phenotypic diversity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Jordan. *Genet. Resour. Crop Ev.* **54** : 129-138.
- Rekika D., 1997.** Identification en analyse génétique des caractères physiologiques liés au rendement en condition de sécheresse chez le blé dur. Intérêt des espèces sauvages apparentées pour l'amélioration de ces caractères. Thèse de doctorat. ENSA de Montpellier. 158 p.
- 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.
- Royo C., Moragues M., Morajelo M., 1999.** Biodiversity among Mediterranean durum wheat landraces for the improvement of quality and adaptation. *Options Mediterranean's, Series A.* **81**: 39-42.
- Ruiz M., et Aguiriano E., 2004.** Analysis of duplication in the Spanish durum wheat collection maintained in the CRF-INIA on the basis of agro-morphological traits and gliadin proteins. *Genetic Resources and Crop Evolution* **51**: 231–235.
- Sakamura T., 1918.** Kurze mitteilung uber die chromosomenzahlen und die verwandtschaftsverhältnisse der *Triticum*. *Arten. Bot. Mog.* (Tokyo), **32**, 15-154.
- Shanahan J.F., Donnely K.J., Smith D.H. and Smikka D.E., 1985.** Shoot development properties associated with grain yield in winter wheat. *Crop. Science* **25**, 770-775.
- Slama A., Ben Salem M., et Zid D., 2004.** La proline est-elle un osmorégulateur chez le blé dur. Communication aux 15es Journées biologiques. Forum des sciences biologiques. Association tunisienne des sciences biologiques.
- 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.
- Shang, Y.M., Jackson, R.C. and Nguyen, H.T., 1988.** A new banding technique for chromosomes of wheat (*Triticum*) and its relatives. *Cereal Research Communications.* **16** (3-4):169-174.
- Sharma A., 1990.** Taxonomy as related to genetic diversity in plants. *J. Ind. Bot. Soc.* **69**: 13.
- Siddique K.H.M., Kerby E.J.M., & Perry M.W., 1989.** Ear/steam ratio in old and wheat varieties. *Field Crop Research*, **21**: 59-78.
- Siljak-Yakovlev S., 1986.** Etude cytogénétique et palynologique de composite endémiques ou reliques de la flore yougoslave. Thèse de doctorat : 14 -1 7.
- Simane B., Peacock J.M., Strick P.C., 1993.** Differences in development plasticity growth rate among drought. Resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L. Var. *durum*). *Plant and soil*, **157** : 155- 166.
- Singh T.N., Paleg L.G., & Aspinall D., 1973.** Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Aust. J. Biol. Sci.*, **26** : 45-56.

Singh, R. J., 1993. Plant Cytogenetics. CRC Press, Florida. Single WV, & Marcellos H., 1974. Studies on frost injury to wheat. IV. Freezing of ears after emergence from the leaf sheath. *Crop and Pasture Science*, **25**(5) : 679-686.

Single W.V., Marcellos H., 1974. Studies on frost injury to wheat. IV.* Freezing of ears after emergence from the leaf sheath. *Crop and Pasture Science*, **25**(5): 679-686.

Skovmand B., Warburton M.L., Sullivan S.N., Lage J., 2005. Managing and collecting genetic resources. In : C. Royo, M. Nachit, N. DiFonzo, J.L. Araus, W.H. Pfeifferand G.A. Slafer (Ed.), Durum Wheat Breeding : Current Approaches and Future Strategies. Food Products Press, New York, pp. 143–163.

Slafer G.A., Miralles D.J., 1993. Fruiting Efficiency in three bread wheat (*Triticum aestivum*) cultivars released at different eras : Number of grains per spike and grain weight. *J. Agron. Crop Sci.* **170**: 251-260.

Soltner D., 1988. Les grandes productions végétales. Collection sciences et techniques agricoles.

Spagnoletti Zeuli P.L., et Qualset C.O., 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of Durum wheat. *Crop Sci.* **27** : 235-241.

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

Stace C.A., 1989. Plant taxonomy and biosystematics. Distributed in Chapman and Hall Inc. New York, USA.

Tahri E., Belabed A. et Sadki K. 1997. Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat.* **21**: 81 - 89.

Talbert L.E., Blake N.K., Storlie E.W., et Lavin M., 1995. Variability in wheat based on Low copy DNA sequence comparisons. *Genome.* **38** : 951 - 957 p.

Teoh S.B., Htchinson J., and Miller T.E., 1983. A comparison of chromosomal distribution of cloned repetitive DNA sequences in different Aegilops species. *Heredity.* **51** :635-641.

Teresa M., Dos Santos, Ganança F., Jan J., Miguel A., Pinheiro de Carvalho., 2009. Morphological characterization of wheat genetic resources from the Island of Medeira, Portugal. *Resour Crop Evol.* **56.** pp 363-375.

Troll W., et Lindsley J., 1955. A photometric method for the determination of proline. *J. Biol Chem* ; **215** : 655-660.

Trommetter M., 2001. Economie des ressources génétiques : quelles évolutions pour quelles perspectives. In : colloques et séminaires : « Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes ». Ed. Serge Hamon.pp: 19-34.

Upadhyaya H.D., Gowda C.L., Pundir R.P.S., and Ntare B.R., 2007. Use of core and mini core collections in preservation and utilization of genetic resources in crop improvement. In :

Plant genetic resources and food security in West and Central Africa. Regional Conference, 26-30 April 2004, Ibadan, Nigeria.

UPOV, 1990 - Union internationale de protection des obtentions végétales. Principes directeurs pour la conduite des caractères distinctifs de l'homogénéité et stabilité. Genève.

Van de Wouw, M., van Hintum, T., Kik, C., van Treuren, R., et Visser, B. (2010). Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars : a meta-analysis. *Theor Appl Genet* : **120**. 1241-1252.

Van Slageren M.W., 1994. Wild wheats : a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. And Spach) Eig (Poaceae). Wageningen, Netherlands, Agricultural University. 512 pp.

Vavilov N.L. 1934 - Studies on the origin of cultivated plants. *Bull. Appl.; Bot. and plant breed.* XVI: 1- 25.

Wang G.Z., Miyashita N.T., & Tsunewaki K. 1997. Plasmon analyses of *Triticum* (wheat) and *Aegilops*: PCR-single-strand conformational polymorphism (PCR-SSCP) analyses of organellar DNA. *PNAS*. **94**: 14570 - 14577 p.

Yan W., & Hunt L.A., 2001. Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci*, **41** : 19-25.

Annexes

Annexe 1a : Moyennes, coefficient de variation et écart type des caractères phénologiques de l'essai irrigué (I)

Génot	Trait		s-ép	s-flo
G1	I	Moy	87,82 c	97 bc
		ET	1,36	0,00
		CV	1,55	0,00
G2	I	Moy	89,4 b	97,4 bc
		ET	1,21	1,21
		CV	1,36	1,25
G3	I	Moy	92,37 a	99,9 ab
		ET	2,52	2,01
		CV	2,73	2,02
G4	I	Moy	95 a	102 a
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G5	I	Moy	95 a	102 a
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G6	I	Moy	91,23 ab	97,47 bc
		ET	2,17	2,61
		CV	2,38	2,67
G7	I	Moy	84,80 d	92,71 e
		ET	2,02	3,02
		CV	2,38	3,26
G8	I	Moy	95 a	102 a
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G9	I	Moy	92,25 a	99,25 b
		ET	2,53	2,53
		CV	2,74	2,55
G14	I	Moy	90,45 ab	97,21 bc
		ET	2,97	1,85
		CV	3,28	1,90
G17	I	Moy	87 c	95 cd
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G18	I	Moy	92,27 a	99,81 ab
		ET	2,52	2,01
		CV	2,73	2,02

Ecot	Trait		s-ép	s-flo
G10	I	Moy	89,36 b	100,72 ab
		ET	1,24	2,48
		CV	1,39	2,46
G11	I	Moy	87 c	95 cd
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G12	I	Moy	90 ab	100 ab
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G13	I	Moy	90,82 ab	100,3 ab
		ET	4,04	4,55
		CV	4,45	4,53
G15	I	Moy	90 ab	98 bc
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G16	I	Moy	87 c	95,34 cd
		ET	0,00	0,77
		CV	0,00	0,81
G19	I	Moy	89,19 b	98,92 b
		ET	1,34	1,79
		CV	1,50	1,81
G20	I	Moy	83,91 d	91,37 f
		ET	1,70	2,55
		CV	2,02	2,79
G21	I	Moy	88,33 bc	97,23 bc
		ET	1,50	2,51
		CV	1,70	2,58
G23	I	Moy	92,57 a	100,21 ab
		ET	3,44	2,44
		CV	3,71	2,43
G22	I	Moy	86,93 c	94,73 d
		ET	2,35	2,70
		CV	2,70	2,85
G24	I	Moy	88,28 bc	96,28 c
		ET	1,50	1,50
		CV	1,70	1,56

Annexe 1b : Moyennes, coefficient de variation et écart type des caractères phénologiques de l'essai sec (NI)

Ecot	Trait		s-ép	s-flo
G1	NI	Moy	88,28 bc	97,8 bc
		ET	1,51	2,83
		CV	1,71	2,89
G2	NI	Moy	95,35 a	102,53 a
		ET	0,78	1,17
		CV	0,82	1,14
G3	NI	Moy	90,97 ab	97,97 bc
		ET	2,01	2,01
		CV	2,21	2,05
G4	NI	Moy	92,96 a	100,21 ab
		ET	3,52	3,08
		CV	3,79	3,07
G5	NI	Moy	87 c	100,91 ab
		ET	0,00	2,09
		CV	0,00	2,07
G6	NI	Moy	89,35 b	99,35 b
		ET	1,24	1,24
		CV	1,39	1,25
G7	NI	Moy	87 c	95 cd
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G8	NI	Moy	91,52 ab	102,28 a
		ET	3,53	3,00
		CV	3,86	2,93
G9	NI	Moy	87 c	95 cd
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G14	NI	Moy	89,87 ab	97,36 bc
		ET	3,37	2,96
		CV	3,75	3,04
G17	NI	Moy	87 c	96 c
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G18	NI	Moy	94,16 a	101,16 ab
		ET	1,89	1,89
		CV	2,00	1,86

Ecot	Trait		s-ép	s-flo
G10	NI	Moy	87,57 c	95,38 cd
		ET	1,19	0,80
		CV	1,36	0,83
G11	NI	Moy	90,92 ab	99,11 b
		ET	1,98	2,38
		CV	2,18	2,40
G12	NI	Moy	95 a	100,76 ab
		ET	0,00	1,87
		CV	0,00	1,86
G13	NI	Moy	90,11 ab	96,94 c
		ET	3,96	2,47
		CV	4,39	2,55
G15	NI	Moy	87 c	95 cd
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00
G16	NI	Moy	88,26 bc	96,1 c
		ET	3,00	2,62
		CV	3,40	2,73
G19	NI	Moy	88,55 bc	100,06 ab
		ET	1,51	2,02
		CV	1,71	2,01
G20	NI	Moy	88,24 bc	96,24 c
		ET	1,49	1,49
		CV	1,69	1,55
G21	NI	Moy	91,98 a	99,24 b
		ET	3,46	3,02
		CV	3,76	3,04
G23	NI	Moy	89,35 b	100,05 ab
		ET	3,70	3,24
		CV	4,14	3,24
G22	NI	Moy	88,68 b	96,12 c
		ET	1,51	1,00
		CV	1,70	1,05
G24	NI	Moy	87 c	96 c
		ET	0,00	0,00
		CV	0,00	0,00

Annexe 2a : Moyennes, coefficient de variation et écart type des caractères morphologiques de l'essai irrigué (I).

Genot	Trait		hp	le	lc	Iden	sfe
G1	I	Moy	91,95 cd	7,7 fg	14,99 cd	33,19 d	54,52
		ET	9,59	0,95	4,25	4,52	20,77
		CV	10,43	12,34	28,33	13,62	38,10
G2	I	Moy	77,20 fg	7,92 fg	13,54 de	31,65 e	67,61
		ET	7,91	0,79	5,63	6,72	21,44
		CV	10,24	9,94	41,56	21,23	31,72
G3	I	Moy	88,23 de	9,24 cd	14,45 d	34,81 c	78,30
		ET	6,47	1,13	4,02	4,19	15,96
		CV	7,33	12,22	27,81	12,03	20,39
G4	I	Moy	91,06 cd	7,82 fg	11,45 ef	28,9 f	41,38
		ET	7,50	0,78	3,87	5,19	17,64
		CV	8,24	10,00	33,81	17,94	42,63
G5	I	Moy	84,77 ef	8,52 de	15,86 c	36,15 bc	50,80
		ET	6,92	0,73	6,59	6,53	27,29
		CV	8,16	8,61	41,54	18,07	53,72
G6	I	Moy	83,46 ef	6,89 i	13,51 de	31,63 e	56,17
		ET	6,88	0,49	3,39	4,64	31,40
		CV	8,24	7,13	25,08	14,68	55,91
G7	I	Moy	78,85 f	8,43 de	16,56 c	36,30 bc	73,70
		ET	6,14	0,67	5,97	5,62	19,56
		CV	7,79	7,90	36,08	15,48	26,54
G8	I	Moy	77,56 fg	7,85 fg	12,71 e	31,60 e	68,25
		ET	6,11	0,93	3,93	4,61	26,98
		CV	7,88	11,78	30,88	14,59	39,54
G9	I	Moy	80,60 f	8,07 f	16,40 c	35,24 c	40,10
		ET	7,33	0,69	4,41	4,13	24,24
		CV	9,09	8,58	26,90	11,73	60,45
G14	I	Moy	87,04 de	8,1 f	15,59 cd	33,67 d	47,86
		ET	10,10	0,68	4,25	4,68	20,06
		CV	11,61	8,40	27,23	13,90	41,92
G17	I	Moy	90,09 d	9,94 b	21,32 ab	40,88 ab	61,32
		ET	8,00	0,88	4,49	5,57	28,08
		CV	8,88	8,86	21,05	13,63	45,79
G18	I	Moy	89,88 d	8,58 de	13,34 de	32,59 de	57,84
		ET	10,95	0,87	5,03	5,29	23,80
		CV	12,18	10,09	37,70	16,24	41,16

Génot	Trait		hp	le	lc	Iden	sfe
G10	I	Moy	82,76 ef	8,33 e	14,76 d	34,30 cd	
		ET	6,04	0,76	3,76	4,20	
		CV	7,30	9,12	25,50	12,25	
G11	I	Moy	87,82 de	9,4 c	14,66 d	35,07 c	64,67
		ET	4,99	0,58	4,67	5,00	27,77
		CV	5,68	6,19	31,85	14,26	42,94
G12	I	Moy	89,10 d	7,66 fg	12,37 e	33,80 d	65,35
		ET	8,04	0,71	4,79	5,58	27,12
		CV	9,02	9,24	38,68	16,51	41,51
G13	I	Moy	96,70 bc	7,53 g	17 bc	34,63 cd	59,71
		ET	7,63	0,43	4,44	4,99	31,39
		CV	7,89	5,68	26,11	14,39	52,57
G15	I	Moy	83,66 ef	9,6 bc	16,50 c	35,25 c	75,30
		ET	8,73	1,24	5,26	5,84	24,19
		CV	10,43	12,94	31,87	16,57	32,13
G16	I	Moy	74,97 g	8,2 e	13,7 d	32,83 d	79,20
		ET	5,81	0,62	5,29	5,52	26,65
		CV	7,75	7,59	38,58	16,81	33,65
G19	I	Moy	108,98 a	8,6 de	21,49 ab	41,02 ab	
		ET	7,51	1,02	5,48	6,68	
		CV	6,89	11,91	25,50	16,29	
G20	I	Moy	91,62 cd	10,06 ab	21,01 ab	40,60 ab	72,00
		ET	7,04	0,78	5,34	5,46	18,49
		CV	7,69	7,80	25,40	13,45	25,69
G21	I	Moy	76,90 fg	7,84 fg	8,78 g	27,17 g	65,05
		ET	6,78	0,71	3,69	5,64	20,49
		CV	8,81	9,10	41,99	20,75	31,50
G23	I	Moy	80,5 f	8,02 f	13,45 de	32,60 de	47,16
		ET	5,71	0,90	5,29	5,64	16,79
		CV	7,09	11,26	39,31	17,30	35,60
G22	I	Moy	86,42 de	8,89 d	19,77 b	39,85 ab	
		ET	6,41	0,72	3,91	4,60	
		CV	7,42	8,05	19,79	11,54	
G24	I	Moy	99,10 a	9,48 c	23,62 a	42,57 a	45,33
		ET	6,91	0,82	4,46	5,51	17,07
		CV	6,97	8,65	18,89	12,95	37,65

Annexe 2b : Moyennes, coefficient de variation et écart type des caractères morphologiques de l'essai sec (NI).

Ecot	Trait		hp	le	lc	lden	sfe
G1	NI	Moy	86,96 de	7,91 fg	14,32 d	33,45 d	49,93
		ET	8,46	0,82	5,16	7,02	16,81
		CV	9,73	10,40	36,02	20,98	33,66
G2	NI	Moy	76,38 fg	7,41 gh	12,95 e	31,68 e	64,01
		ET	7,14	0,89	4,64	5,20	22,64
		CV	9,35	12,00	35,83	16,41	35,38
G3	NI	Moy	87,13 de	9,81 b	14,47 d	36,04 bc	71,44
		ET	6,58	0,80	3,96	4,50	20,28
		CV	7,56	8,12	27,39	12,49	28,38
G4	NI	Moy	84,04 ef	7,38 gh	12,13 ef	29,74 f	43,79
		ET	8,64	0,92	4,36	5,38	20,39
		CV	10,29	12,50	35,92	18,10	46,56
G5	NI	Moy	85,13 e	8,71 de	17,92 bc	38,31 b	44,62
		ET	9,29	0,74	5,18	5,62	23,08
		CV	10,91	8,54	28,92	14,67	51,71
G6	NI	Moy	84,02 ef	7,07 h	15,18 cd	34,21 cd	45,69
		ET	5,94	0,52	4,23	4,96	22,41
		CV	7,07	7,39	27,83	14,51	49,04
G7	NI	Moy	73,22 g	8,24 e	15,18 cd	34,32 cd	73,28
		ET	7,59	0,83	5,80	5,18	14,69
		CV	10,36	10,02	38,22	15,09	20,05
G8	NI	Moy	77,7 fg	7,39 gh	12,15 ef	33,20 d	55,03
		ET	7,58	0,56	4,63	6,43	21,70
		CV	9,76	7,54	38,10	19,36	39,43
G9	NI	Moy	86,13 e	8,06 f	16,92 bc	35,74 bc	36,61
		ET	7,83	0,69	4,37	4,12	20,89
		CV	9,09	8,56	25,82	11,53	57,06
G14	NI	Moy	88,28 de	8,14 ef	14,09 d	33,13 d	50,74
		ET	8,58	0,87	3,82	4,17	19,05
		CV	9,72	10,72	27,08	12,57	37,55
G17	NI	Moy	92,22 cd	9,91 b	22,93 a	43,00 a	61,32
		ET	5,27	0,69	4,27	4,18	27,56
		CV	5,72	7,00	18,64	9,73	44,94
G18	NI	Moy	87,37 de	8,80 d	12,26 e	32,44 de	57,17
		ET	8,42	0,78	3,75	4,08	23,81
		CV	9,64	8,90	30,53	12,59	41,66

Ecot	Trait		hp	le	lc	lden	sfe
G10	NI	Moy	78,61 fg	8,14 ef	11,76 ef	31,74 e	
		ET	5,58	0,44	4,38	4,71	
		CV	7,10	5,34	37,27	14,85	
G11	NI	Moy	77,65 fg	8,90 d	12,11 ef	32,10 e	60,17
		ET	6,15	1,14	3,88	4,45	25,91
		CV	7,92	12,78	32,03	13,85	43,06
G12	NI	Moy	79,6 f	7,65 fg	10,16 f	31,25 ef	61,28
		ET	9,14	0,78	4,53	5,83	28,07
		CV	11,48	10,18	44,54	18,66	45,81
G13	NI	Moy	90,96 cd	7,70 fg	12,58 e	34,32 cd	59,22
		ET	6,26	0,78	5,14	5,79	29,39
		CV	6,88	10,14	40,80	16,88	49,62
G15	NI	Moy	83,57 ef	10,26 a	15,72 c	35,08 c	79,11
		ET	6,42	0,74	3,39	4,01	23,96
		CV	7,69	7,17	21,57	11,42	30,29
G16	NI	Moy	71,71 h	8,03 f	15,25 cd	33,59 d	82,64
		ET	6,17	0,84	5,03	7,01	25,07
		CV	8,60	10,40	32,99	20,87	30,33
G19	NI	Moy	97,84 b	8,54 de	18,43 b	38,49 b	
		ET	9,16	0,85	5,56	6,85	
		CV	9,36	9,92	30,18	17,80	
G20	NI	Moy	87,55 de	10,02 ab	18,72 b	39,08 b	63,42
		ET	8,46	0,88	5,66	5,71	17,26
		CV	9,67	8,83	30,21	14,62	27,22
G21	NI	Moy	77,27 fg	7,814 fg	9,746 f	28,51 f	56,74
		ET	6,34	0,66	3,75	4,80	16,86
		CV	8,20	8,46	38,45	16,84	29,71
G23	NI	Moy	78,05 fg	7,57 g	12,73 e	30,90 ef	48,57
		ET	7,65	0,57	3,20	4,13	16,73
		CV	9,80	7,48	25,13	13,37	34,45
G22	NI	Moy	77,46 fg	8,71 de	15,98 c	36,25 bc	
		ET	5,41	0,62	3,66	3,82	
		CV	6,99	7,11	22,90	10,54	
G24	NI	Moy	93,88 c	9,58 bc	21,49 ab	41,35 a	42,25
		ET	7,77	0,84	4,27	4,82	12,61
		CV	8,27	8,71	19,85	11,65	29,84

Annexe 3a : Moyennes, coefficient de variation et écart type des composantes du rendement l'essai irrigué (I)

Genot	Trait		ne	nt	pg	pmg	nep-e	ng-e
G1	I	Moy	7,78 c	8,21 b	1,71 ef	32,75 bc	20,63 cd	52,98 e
		ET	4,67	4,49	0,72	8,90	1,46	20,50
		CV	59,91	54,75	42,12	27,17	7,07	38,69
G2	I	Moy	3,17 gh	3,95 fg	2,43 b	34,85 b	21,22 c	75,93 bc
		ET	1,42	2,30	0,93	9,10	1,43	18,07
		CV	44,65	58,04	38,09	26,11	6,73	23,79
G3	I	Moy	4,08 fg	4,08 fg	2,11 c	30,03 bc	21,83 c	72,27 cd
		ET	1,65	1,29	0,83	7,30	1,52	15,89
		CV	40,33	31,72	39,06	24,32	6,95	21,99
G4	I	Moy	10,01 b	8,05 b	1,66 ef	33,24 b	20,32 d	52,65 e
		ET	3,46	3,11	0,46	9,18	1,42	9,31
		CV	34,49	38,58	27,35	27,61	7,01	17,68
G5	I	Moy	3,56 g	4,6 f	2,40 b	34,43 b	22,8 ab	79,16 b
		ET	1,64	1,66	0,59	11,32	1,66	12,90
		CV	45,93	36,05	24,71	32,88	7,27	16,30
G6	I	Moy	10,81 ab	8,39 b	1,79 d	33,04 b	20,86 cd	52,86 e
		ET	3,53	2,88	0,54	6,52	1,10	11,69
		CV	32,66	34,27	29,97	19,72	5,28	22,12
G7	I	Moy	3,52 g	3,43 g	2,39 b	32,21 bc	20,92 cd	79,09 b
		ET	1,57	1,73	0,80	6,85	1,47	16,35
		CV	44,42	50,37	33,35	21,25	7,03	20,68
G8	I	Moy	3,22 gh	3,35 g	2,25 bc	30,44 bc	22,12 bc	74,61 c
		ET	1,15	1,31	0,68	8,13	1,48	12,21
		CV	35,53	38,90	30,18	26,69	6,68	16,37
G9	I	Moy	7,32 c	3,22 g	2,41 b	35,97 b	20,16 d	67,16 d
		ET	4,47	0,99	0,58	3,81	1,34	13,83
		CV	61,01	30,70	23,80	10,60	6,67	20,59
G14	I	Moy	9,11 b	7,41 c	1,81 d	30,86 bc	20,56 cd	58,60 de
		ET	5,00	4,05	0,80	9,73	1,24	14,39
		CV	54,87	54,58	44,09	31,52	6,01	24,55
G17	I	Moy	4,31 f	4,53 f	2,42 b	28,92 bc	21,83 c	86,38 ab
		ET	2,03	1,80	0,76	8,39	0,89	19,74
		CV	47,01	39,68	31,31	29,01	4,06	22,85
G18	I	Moy	6,68 cd	6,68 cd	1,32 f	25,70 c	22,34 b	51,7 e
		ET	3,84	3,43	0,34	2,58	1,01	13,24
		CV	57,45	51,32	26,01	10,03	4,52	25,61

Genot	Trait		ne	nt	pg	pmg	nep-e	ng-e
G10	I	Moy	3,27 gh	3,12 gh	2,74 ab	33,01 b	20,80 cd	82,21 ab
		ET	1,17	1,10	0,73	5,65	1,19	19,63
		CV	35,83	35,04	26,52	17,11	5,72	23,87
G11	I	Moy	3,30 gh	3,90 fg	2,17 c	35,78 b	21,04 c	62,34 de
		ET	0,89	2,41	0,95	7,70	1,69	26,22
		CV	26,87	61,65	43,61	21,52	8,03	42,05
G12	I	Moy	7,31 c	7,6 c	2,08 c	33,28 b	22,73 ab	61,9 de
		ET	3,25	3,36	0,66	7,40	1,13	11,85
		CV	44,48	44,15	31,48	22,24	4,98	19,14
G13	I	Moy	10,69 ab	9,93 a	1,84 d	32,71 bc	22,89 ab	56,43 de
		ET	3,41	2,66	0,40	6,06	0,99	7,88
		CV	31,84	26,79	21,98	18,51	4,34	13,96
G15	I	Moy	3,83 fg	3,94 fg	2,82 ab	32,16 bc	21,56 c	87,08 ab
		ET	1,74	1,81	0,73	4,19	1,30	16,11
		CV	45,34	45,86	25,73	13,02	6,04	18,50
G16	I	Moy	2,41 i	2,41 h	2,87 ab	32,15 bc	20 d	91,96 a
		ET	0,87	0,78	0,64	8,54	1,73	17,70
		CV	35,91	32,31	22,34	26,57	8,66	19,25
G19	I	Moy	8,12 bc	9 b	1,84 d	29,73 bc	22,35 b	60,32 de
		ET	3,23	2,59	0,67	5,93	1,10	11,39
		CV	39,76	28,82	36,29	19,94	4,93	18,88
G20	I	Moy	4,79 e	5,45 e	2,54 b	29,95 bc	20,83 cd	83,87 ab
		ET	1,80	1,89	0,84	5,00	1,15	15,60
		CV	37,52	34,63	32,99	16,71	5,54	18,61
G21	I	Moy	6,78 cd	8,64 b	1,92 d	31,86 bc	23,71 a	60,5 de
		ET	3,07	2,85	0,62	7,15	1,20	15,39
		CV	45,29	32,98	32,26	22,43	5,07	25,43
G23	I	Moy	4,89 e	5,60 e	2,22 bc	30,04 bc	21 c	73,07 c
		ET	2,50	2,22	0,67	4,40	0,82	16,54
		CV	51,08	39,53	30,17	14,65	3,89	22,64
G22	I	Moy	5,86 d	5,57 e	2,68 ab	35,63 b	19,66 de	74,71 c
		ET	2,63	2,43	0,79	7,03	0,98	16,77
		CV	44,89	43,50	29,50	19,72	4,97	22,45
G24	I	Moy	5,04 ef	5,61 e	2,23 bc	30,34 bc	19,42 e	73,59 c
		ET	2,00	2,01	0,74	7,44	1,68	16,79
		CV	39,61	35,80	33,13	24,51	8,67	22,82

Annexe 3b : Moyennes, coefficient de variation et écart type des composantes du rendement de l'essai sec (NI)

Génot	Trait		ne	nt	pg	pmg	nep-e	ng-e
G1	NI	Moy	8,26 bc	7,45 c	2,02 d	38,89 b	19,37 e	52,51 e
		ET	5,14	4,40	0,75	9,16	1,91	20,36
		CV	62,26	59,02	37,15	23,56	9,87	38,78
G2	NI	Moy	3,35 gh	2,35 h	3,06 a	39,32 b	19,53 e	79,32 b
		ET	1,62	1,10	0,78	8,49	1,62	17,86
		CV	48,11	46,49	25,34	21,58	8,30	22,51
G3	NI	Moy	4,32 f	3,70 g	2,14	31,16 bc	22,09 bc	69,58 cd
		ET	1,54	1,75	0,75	8,05	1,61	18,69
		CV	35,67	47,20	34,87	25,82	7,28	26,87
G4	NI	Moy	9,07 b	8,62 b	1,68 ef	31,64 bc	20,27 d	52,94 e
		ET	3,54	3,06	0,42	3,91	1,59	9,25
		CV	39,03	35,46	24,66	12,36	7,83	17,48
G5	NI	Moy	3,56 g	3,81 fg	2,28 bc	35 b	23,10 a	67,29 d
		ET	1,21	1,39	0,58	10,40	1,15	13,52
		CV	34,04	36,51	25,64	29,71	4,97	20,09
G6	NI	Moy	11,87 a	9,85 a	1,81 d	33,06 b	20,94 cd	54,44 e
		ET	4,01	3,32	0,48	3,97	1,21	10,42
		CV	33,80	33,64	26,33	11,99	5,79	19,14
G7	NI	Moy	2,93 h	2,95 gh	2,16 c	28,77 bc	20,83 cd	74,09 c
		ET	1,67	1,43	0,76	4,90	1,58	18,74
		CV	56,99	48,31	35,11	17,04	7,58	25,30
G8	NI	Moy	3,66 fg	4 fg	2,06 cd	46,18 a	21,78 c	44,28 f
		ET	2,20	1,53	0,70	10,83	1,39	8,82
		CV	60,13	38,25	34,07	23,45	6,37	19,92
G9	NI	Moy	7,16 c	6,04 d	1,8 d	35,55 b	20,30 d	52,32 e
		ET	4,37	4,02	0,80	10,51	1,46	21,30
		CV	61,00	66,54	44,21	29,55	7,17	40,71
G14	NI	Moy	10,19 ab	8,39 b	1,56 ef	30,12 bc	20,85 cd	53,24 e
		ET	5,17	4,18	0,61	11,50	1,28	10,78
		CV	50,74	49,85	38,90	38,17	6,12	20,25
G17	NI	Moy	5,51 ed	5,15 e	2,6 ab	31,01 bc	21,88 c	84,28 ab
		ET	1,62	1,49	0,62	2,37	0,91	19,34
		CV	29,37	28,93	23,67	7,64	4,16	22,95
G18	NI	Moy	8,30 bc	7,23 c	1,19 f	22,97 bc	22,38 b	52,97 e
		ET	4,51	3,69	0,36	5,52	1,06	15,32
		CV	54,31	51,04	30,33	24,02	4,73	28,91

Génot	Trait		ne	nt	pg	pmg	nep-e	ng-e
G10	NI	Moy	4,61 ef	4,38 f	2,38 b	34,06 b	20,80 cd	69,51 cd
		ET	1,69	1,26	0,75	7,43	1,19	14,81
		CV	36,57	28,76	31,67	21,83	5,72	21,31
G11	NI	Moy	2,88 h	2,4 h	3,24 a	35,21 b	21,03 c	92,25 a
		ET	0,85	1,15	0,65	2,61	1,97	17,87
		CV	29,33	47,86	20,00	7,41	9,37	19,37
G12	NI	Moy	6,45 cd	5,78 de	2,08 cd	32,38 bc	21,5 c	63,92 d
		ET	3,40	3,20	0,52	4,74	1,40	10,59
		CV	52,72	55,26	24,82	14,63	6,52	16,57
G13	NI	Moy	7,61 c	10,02 a	1,65 ef	26,98 bc	22,77 ab	61,05 de
		ET	3,72	3,06	0,39	2,62	1,17	11,98
		CV	48,89	30,48	23,83	9,70	5,15	19,62
G15	NI	Moy	4,1 fg	4,65 f	2,62 ab	29,88 bc	21,68 c	88,47 ab
		ET	1,45	1,36	0,76	6,26	1,25	15,45
		CV	35,27	29,22	29,08	20,95	5,78	17,46
G16	NI	Moy	2,57 hi	2,05 h	2,83 ab	30,64 bc	19,94 d	92,05 a
		ET	0,69	0,97	0,65	2,89	2,20	16,17
		CV	26,85	47,27	22,85	9,42	11,02	17,57
G19	NI	Moy	9,22 b	9,75 ab	1,58 ef	30,47 bc	21,98 bc	53,54 e
		ET	3,69	3,08	0,64	9,12	1,19	13,03
		CV	39,97	31,56	40,05	29,91	5,40	24,34
G20	NI	Moy	4,43 f	4,84 f	2,53 b	29,52 bc	20,54 cd	83,26 ab
		ET	1,64	1,57	0,81	7,04	1,19	15,30
		CV	36,88	32,46	31,81	23,86	5,77	18,37
G21	NI	Moy	5,82 d	7,42	2,12	35,29 b	23,44 a	60,12 de
		ET	2,84	2,60	0,62	8,15	1,68	14,15
		CV	48,81	35,09	29,05	23,09	7,17	23,53
G23	NI	Moy	4,41 f	5,41 e	2,07 cd	29,95 bc	20,76 cd	69,17 cd
		ET	2,35	2,08	0,64	6,73	1,10	15,77
		CV	53,27	38,36	30,75	22,46	5,31	22,80
G22	NI	Moy	4,39 f	4,09 fg	2,54 b	32,94 b	19,80 de	77,12 bc
		ET	1,66	2,13	0,71	4,66	0,95	17,14
		CV	37,73	52,00	27,69	14,14	4,82	22,22
G24	NI	Moy	5,32 ed	7,54 c	2,15 c	30,49 bc	19,73	69,59 cd
		ET	2,22	1,85	0,73	3,67	1,41	18,66
		CV	41,78	24,53	33,87	12,03	7,13	26,81

Annexe 4 : Moyennes, coefficient de variation et écart type des caractères physiologiques des essais (sec et irrigué).

Génot	Trait		TRE	proline
G5	NI	Moy ET CV	51,01 d 4,95 9,71	19,22 c 4,64 24,14
G7	NI	Moy ET CV	65,42 b 9,96 15,23	24,33 b 4,09 16,81
G4	NI	Moy ET CV	54,35 cd 2,24 4,13	24,59 b 3,09 12,55
G11	NI	Moy ET CV	49,30 d 4,64 9,40	13,31 d 1,15 8,63
G13	NI	Moy ET CV	48,47 d 5,48 11,30	30,03 ab 5,95 19,83
G12	NI	Moy ET CV	48,94 d 5,56 11,35	18,92 c 5,59 29,54
G14	NI	Moy ET CV	51,04 d 4,82 9,44	34,98 a 8,14 23,26
G17	NI	Moy ET CV	49,10 d 2,07 4,22	7,26 e 1,62 22,34
G16	NI	Moy ET CV	64,18 b 4,32 6,73	32,18 ab 2,83 8,78
G20	NI	Moy ET CV	57,29 cd 4,33 7,55	18,67 c 3,64 19,47
G23	NI	Moy ET CV	51,25 d 3,95 7,70	23,77 b 3,47 14,59
G24	NI	Moy ET CV	53,61 cd 6,61 12,34	22,79 b 4,69 20,58

Génot	Trait		TRE	proline
G5	I	Moy ET CV	91,04 a 3,08 3,38	1,92 f 0,24 12,56
G7	I	Moy ET CV	89,16 a 4,55 5,11	2,18 f 0,30 13,64
G4	I	Moy ET CV	88,21 a 2,64 3,00	1,92 f 0,57 29,61
G11	I	Moy ET CV	88,29 a 1,62 1,83	1,53 f 0,22 14,49
G13	I	Moy ET CV	91,23 a 2,22 2,44	3,53 f 0,77 21,71
G12	I	Moy ET CV	86,84 a 3,76 4,33	1,81 f 0,34 18,88
G14	I	Moy ET CV	88,10 a 1,91 2,17	2,57 f 0,64 24,97
G17	I	Moy ET CV	88,99 a 1,39 1,56	1,02 f 0,50 48,72
G16	I	Moy ET CV	89,42 a 1,21 1,35	4,12 f 0,45 10,99
G20	I	Moy ET CV	87,05 a 2,22 2,55	1,64 f 0,30 18,55
G23	I	Moy ET CV	89,49 a 1,38 1,54	2,06 f 0,45 21,91
G24	I	Moy ET CV	88,12 a 1,83 2,08	1,49 f 0,31 20,78

Annexe 5 : Fréquences des nombres de nœuds.

Génot	Trait	2	3	4	5
G1	I	0,00	6,86	89,22	3,92
G2	I	0,00	13,21	78,30	8,49
G3	I	0,00	7,96	78,76	13,27
G4	I	0,00	5,19	85,71	9,09
G5	I	0,00	11,63	88,37	0,00
G6	I	0,00	23,30	76,70	0,00
G7	I	0,00	31,51	68,49	0,00
G8	I	0,00	33,87	66,13	0,00
G9	I	0,00	24,36	75,64	0,00
G14	I	0,00	7,95	87,50	4,55
G17	I	0,00	16,35	77,88	5,77
G18	I	0,00	11,00	74,00	15,00
G10	I	0,00	6,67	93,33	0,00
G11	I	0,00	1,94	94,17	3,88
G12	I	0,00	2,83	92,45	4,72
G13	I	0,00	6,19	90,72	3,09
G15	I	0,00	19,70	77,27	3,03
G16	I	0,00	20,22	79,78	0,00
G19	I	0,00	8,65	81,73	9,62
G20	I	0,00	6,73	85,58	7,69
G21	I	0,00	20,79	72,28	6,93
G23	I	0,00	8,57	91,43	0,00
G22	I	0,00	32,88	67,12	0,00
G24	I	0,00	6,49	90,91	2,60

Génot	Trait	2	3	4	5
G1	NI	0,00	12,70	84,13	3,17
G2	NI	0,00	13,04	86,96	0,00
G3	NI	0,00	17,86	82,14	0,00
G4	NI	0,00	18,18	78,41	3,41
G5	NI	0,00	38,71	61,29	0,00
G6	NI	0,00	30,61	69,39	0,00
G7	NI	1,06	48,94	48,94	1,06
G8	NI	1,12	37,08	61,80	0,00
G9	NI	0,00	15,96	80,85	3,19
G14	NI	0,00	10,13	88,61	1,27
G17	NI	0,00	14,94	83,91	1,15
G18	NI	0,00	6,06	83,84	10,10
G10	NI	0,00	35,14	63,51	1,35
G11	NI	0,00	13,04	85,51	1,45
G12	NI	0,00	2,56	92,31	5,13
G13	NI	0,00	9,09	87,01	3,90
G15	NI	0,00	15,79	82,46	1,75
G16	NI	0,00	29,69	70,31	0,00
G19	NI	0,00	12,73	78,18	9,09
G20	NI	0,00	10,68	80,58	8,74
G21	NI	0,00	34,07	57,14	8,79
G23	NI	0,00	16,90	80,28	2,82
G22	NI	0,00	48,00	49,33	2,67
G24	NI	0,00	16,22	83,78	0,00

Annexe 6 : Fréquences du nombre d'épillets stériles/épi.

Génot	Trait	0	1	2	3	5
G1	I	78,43	15,69	4,90	0,98	0,00
G2	I	95,28	3,77	0,94	0,00	0,00
G3	I	75,22	15,04	8,85	0,88	0,00
G4	I	61,04	22,08	15,58	1,30	0,00
G5	I	83,72	9,30	5,81	1,16	0,00
G6	I	89,32	7,77	1,94	0,97	0,00
G7	I	72,60	23,29	2,74	1,37	0,00
G8	I	69,35	25,81	3,23	1,61	0,00
G9	I	98,72	1,28	0,00	0,00	0,00
G14	I	78,41	13,64	6,82	1,14	0,00
G17	I	80,77	7,69	3,85	7,69	0,00
G18	I	69,00	17,00	6,00	8,00	0,00
G10	I	96,67	0,00	3,33	0,00	0,00
G11	I	91,26	3,88	4,85	0,00	0,00
G12	I	89,62	8,49	1,89	0,00	0,00
G13	I	84,54	13,40	2,06	0,00	0,00
G15	I	80,30	12,12	6,06	1,52	0,00
G16	I	95,51	4,49	0,00	0,00	0,00
G19	I	88,46	9,62	1,92	0,00	0,00
G20	I	77,88	12,50	5,77	2,88	0,96
G21	I	77,23	12,87	5,94	2,97	0,99
G23	I	78,57	15,71	2,86	2,86	0,00
G22	I	82,19	12,33	2,74	2,74	0,00
G24	I	90,91	7,79	1,30	0,00	0,00

Génot	Trait	0	1	2	3	5
G1	NI	93,65	4,76	1,59	0,00	0,00
G2	NI	98,55	0,00	1,45	0,00	0,00
G3	NI	96,43	2,38	1,19	0,00	0,00
G4	NI	69,32	15,91	11,36	3,41	0,00
G5	NI	86,02	9,68	3,23	1,08	0,00
G6	NI	68,37	25,51	2,04	4,08	0,00
G7	NI	96,81	3,19	0,00	0,00	0,00
G8	NI	68,54	24,72	2,25	4,49	0,00
G9	NI	76,60	13,83	7,45	2,13	0,00
G14	NI	64,56	24,05	10,13	1,27	0,00
G17	NI	78,16	9,20	2,30	9,20	1,15
G18	NI	68,69	19,19	3,03	8,08	1,01
G10	NI	98,65	0,00	1,35	0,00	0,00
G11	NI	89,86	8,70	1,45	0,00	0,00
G12	NI	87,18	12,82	0,00	0,00	0,00
G13	NI	70,13	24,68	5,19	0,00	0,00
G15	NI	82,46	8,77	7,02	1,75	0,00
G16	NI	98,44	1,56	0,00	0,00	0,00
G19	NI	88,18	10,91	0,91	0,00	0,00
G20	NI	91,26	5,83	1,94	0,97	0,00
G21	NI	91,21	5,49	2,20	1,10	0,00
G23	NI	71,83	15,49	7,04	5,63	0,00
G22	NI	80,00	9,33	5,33	5,33	0,00
G24	NI	86,49	10,81	2,70	0,00	0,00

Annexe 7 : Fréquences de la forme de l'épi

Génot	Trait	1	2	3	4	5
G1	I	40,35	21,05	35,09	3,51	0,00
G2	I	91,11	6,67	0,00	2,22	0,00
G3	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G4	I	86,54	0,00	13,46	0,00	0,00
G5	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G6	I	59,02	29,51	6,56	0,00	4,92
G7	I	30,95	21,43	47,62	0,00	0,00
G8	I	25,81	0,00	0,00	0,00	74,19
G9	I	45,16	0,00	6,45	0,00	48,39
G14	I	39,22	9,80	0,00	0,00	50,98
G17	I	0,00	13,33	86,67	0,00	0,00
G18	I	25,00	38,64	6,82	0,00	29,55
G10	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G11	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G12	I	55,00	0,00	5,00	0,00	40,00
G13	I	50,00	0,00	2,17	0,00	47,83
G15	I	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
G16	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G19	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G20	I	31,25	14,58	43,75	0,00	10,42
G21	I	1,79	1,79	87,50	8,93	0,00
G23	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G22	I	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G24	I	0,00	0,00	26,19	0,00	73,81

Génot	Trait	1	2	3	4	5
G1	NI	8,57	0,00	88,57	0,00	2,86
G2	NI	85,71	14,29	0,00	0,00	0,00
G3	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G4	NI	72,55	5,88	21,57	0,00	0,00
G5	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G6	NI	75,00	23,21	0,00	0,00	1,79
G7	NI	42,55	21,28	36,17	0,00	0,00
G8	NI	26,19	0,00	0,00	0,00	73,81
G9	NI	62,79	0,00	4,65	0,00	32,56
G14	NI	31,71	9,76	0,00	0,00	58,54
G17	NI	0,00	15,56	84,44	0,00	0,00
G18	NI	30,95	30,95	7,14	0,00	30,95
G10	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G11	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G12	NI	57,14	38,10	0,00	0,00	4,76
G13	NI	63,89	0,00	2,78	0,00	33,33
G15	NI	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
G16	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G19	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G20	NI	33,96	13,21	43,40	1,89	7,55
G21	NI	2,00	2,00	82,00	14,00	0,00
G23	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G22	NI	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G24	NI	0,00	0,00	32,43	0,00	67,57

Formes de l'épi :

- 1- pyramidale
- 2-à bords parallèles
- 3- en demi-massue
- 4 -en massue
- 5-fusiforme

Annexe 8 : Fréquences de la couleur de l'épi

Génot	Trait	1	2
G1	I	100,00	0,00
G2	I	100,00	0,00
G3	I	100,00	0,00
G4	I	100,00	0,00
G5	I	100,00	0,00
G6	I	100,00	0,00
G7	I	100,00	0,00
G8	I	100,00	0,00
G9	I	100,00	0,00
G14	I	100,00	0,00
G17	I	100,00	0,00
G18	I	72,73	27,27
G10	I	100,00	0,00
G11	I	100,00	0,00
G12	I	0,00	100,00
G13	I	0,00	100,00
G15	I	100,00	0,00
G16	I	100,00	0,00
G19	I	26,79	73,21
G20	I	100,00	0,00
G21	I	100,00	0,00
G23	I	53,57	46,43
G22	I	100,00	0,00
G24	I	100,00	0,00

Génot	Trait	1	2
G1	NI	100,00	0,00
G2	NI	100,00	0,00
G3	NI	100,00	0,00
G4	NI	100,00	0,00
G5	NI	100,00	0,00
G6	NI	100,00	0,00
G7	NI	100,00	0,00
G8	NI	100,00	0,00
G9	NI	100,00	0,00
G14	NI	100,00	0,00
G17	NI	100,00	0,00
G18	NI	83,33	16,67
G10	NI	100,00	0,00
G11	NI	100,00	0,00
G12	NI	0,00	100,00
G13	NI	0,00	100,00
G15	NI	100,00	0,00
G16	NI	100,00	0,00
G19	NI	22,81	77,19
G20	NI	100,00	0,00
G21	NI	100,00	0,00
G23	NI	50,00	50,00
G22	NI	100,00	0,00
G24	NI	100,00	0,00

Couleur de l'épi : 1- blanc ; 2- rouge

Annexe 9 : Fréquences de la couleur du grain

Génot	Trait	1	2
G1	I	0,00	100,00
G2	I	100,00	0,00
G3	I	100,00	0,00
G4	I	100,00	0,00
G5	I	0,00	100,00
G6	I	100,00	0,00
G7	I	0,00	100,00
G8	I	100,00	0,00
G9	I	100,00	0,00
G14	I	0,00	100,00
G17	I	0,00	100,00
G18	I	52,27	47,73
G10	I	100,00	0,00
G11	I	100,00	0,00
G12	I	100,00	0,00
G13	I	0,00	100,00
G15	I	0,00	100,00
G16	I	100,00	0,00
G19	I	100,00	0,00
G20	I	0,00	100,00
G21	I	0,00	100,00
G23	I	100,00	0,00
G22	I	100,00	0,00
G24	I	0,00	100,00

Génot	Trait	1	2
G1	NI	0,00	100,00
G2	NI	100,00	0,00
G3	NI	100,00	0,00
G4	NI	100,00	0,00
G5	NI	0,00	100,00
G6	NI	100,00	0,00
G7	NI	0,00	100,00
G8	NI	100,00	0,00
G9	NI	100,00	0,00
G14	NI	0,00	100,00
G17	NI	0,00	100,00
G18	NI	52,38	47,62
G10	NI	100,00	0,00
G11	NI	100,00	0,00
G12	NI	100,00	0,00
G13	NI	0,00	100,00
G15	NI	0,00	100,00
G16	NI	100,00	0,00
G19	NI	100,00	0,00
G20	NI	0,00	100,00
G21	NI	0,00	100,00
G23	NI	100,00	0,00
G22	NI	100,00	0,00
G24	NI	0,00	100,00

Couleur du grain : 1-blanc ; 2-rouge

Annexe 10 : Fréquences de la compacité de l'épi

Génot	Trait	3	5	7	9
G1	I	3,51	68,42	26,32	1,75
G2	I	2,22	17,78	51,11	28,89
G3	I	24,59	75,41	0,00	0,00
G4	I	28,85	61,54	9,62	0,00
G5	I	0,00	52,00	36,00	12,00
G6	I	0,00	50,82	49,18	0,00
G7	I	14,29	57,14	28,57	0,00
G8	I	0,00	100,00	0,00	0,00
G9	I	0,00	32,26	67,74	0,00
G14	I	0,00	98,04	1,96	0,00
G17	I	0,00	63,33	36,67	0,00
G18	I	0,00	100,00	0,00	0,00
G10	I	0,00	8,51	82,98	8,51
G11	I	0,00	93,02	6,98	0,00
G12	I	0,00	0,00	100,00	0,00
G13	I	0,00	0,00	100,00	0,00
G15	I	91,89	8,11	0,00	0,00
G16	I	6,90	62,07	27,59	3,45
G19	I	17,86	80,36	1,79	0,00
G20	I	83,33	16,67	0,00	0,00
G21	I	0,00	1,79	62,50	35,71
G23	I	28,57	67,86	3,57	0,00
G22	I	40,00	42,22	13,33	4,44
G24	I	0,00	92,86	7,14	0,00

Génot	Trait	3	5	7	9
G1	NI	8,57	45,71	45,71	0,00
G2	NI	0,00	39,29	46,43	14,29
G3	NI	26,83	73,17	0,00	0,00
G4	NI	23,53	66,67	9,80	0,00
G5	NI	5,41	86,49	8,11	0,00
G6	NI	0,00	17,86	82,14	0,00
G7	NI	17,02	55,32	27,66	0,00
G8	NI	0,00	100,00	0,00	0,00
G9	NI	0,00	30,23	69,77	0,00
G14	NI	19,51	80,49	0,00	0,00
G17	NI	0,00	57,78	42,22	0,00
G18	NI	0,00	100,00	0,00	0,00
G10	NI	0,00	8,51	82,98	8,51
G11	NI	3,70	92,59	3,70	0,00
G12	NI	0,00	7,14	85,71	7,14
G13	NI	0,00	0,00	100,00	0,00
G15	NI	92,11	7,89	0,00	0,00
G16	NI	10,53	57,89	26,32	5,26
G19	NI	28,07	70,18	1,75	0,00
G20	NI	84,91	15,09	0,00	0,00
G21	NI	0,00	52,00	40,00	8,00
G23	NI	26,47	70,59	2,94	0,00
G22	NI	39,02	41,46	14,63	4,88
G24	NI	0,00	86,49	13,51	0,00

Compacité de l'épi : 3- lâche ; 5-demi lâche à demi compact ; 7-compact ; 9- très compact

Annexe 11 : Fréquences de la présence d'arêtes ou de barbes

Génot	Trait	1	2
G1	I	71,93	28,07
G2	I	53,33	46,67
G3	I	1,64	98,36
G4	I	1,92	98,08
G5	I	100,00	0,00
G6	I	67,21	32,79
G7	I	100,00	0,00
G8	I	100,00	0,00
G9	I	100,00	0,00
G14	I	0,00	100,00
G17	I	26,67	73,33
G18	I	100,00	0,00
G10	I	100,00	0,00
G11	I	27,91	72,09
G12	I	68,33	31,67
G13	I	43,48	56,52
G15	I	100,00	0,00
G16	I	51,72	48,28
G19	I	100,00	0,00
G20	I	50,00	50,00
G21	I	89,29	10,71
G23	I	100,00	0,00
G22	I	75,56	24,44
G24	I	100,00	0,00

Génot	Trait	1	2
G1	NI	71,43	28,57
G2	NI	32,14	67,86
G3	NI	0,00	100,00
G4	NI	0,00	100,00
G5	NI	100,00	0,00
G6	NI	0,00	100,00
G7	NI	100,00	0,00
G8	NI	100,00	0,00
G9	NI	100,00	0,00
G14	NI	65,85	34,15
G17	NI	28,89	71,11
G18	NI	100,00	0,00
G10	NI	100,00	0,00
G11	NI	33,33	66,67
G12	NI	47,62	52,38
G13	NI	38,89	61,11
G15	NI	100,00	0,00
G16	NI	42,11	57,89
G19	NI	100,00	0,00
G20	NI	45,28	54,72
G21	NI	84,00	16,00
G23	NI	100,00	0,00
G22	NI	65,85	34,15
G24	NI	100,00	0,00

Présence arêtes/barbes : 1- arêtes ; 2- barbes

Annexe 12 : Fréquences de la longueur des arêtes et des barbes

Génot	Trait	1	3	5	7	9	Génot	Trait	1	3	5	7	9
G1	I	22,81	49,12	1,75	5,26	21,05	G1	NI	40,00	31,43	11,43	0,00	17,14
G2	I	4,44	48,89	44,44	2,22	0,00	G2	NI	0,00	32,14	46,43	21,43	0,00
G3	I	0,00	8,20	44,26	29,51	18,03	G3	NI	0,00	2,44	46,34	29,27	21,95
G4	I	0,00	1,92	48,08	38,46	11,54	G4	NI	0,00	1,96	45,10	37,25	15,69
G5	I	24,00	76,00	0,00	0,00	0,00	G5	NI	29,73	70,27	0,00	0,00	0,00
G6	I	0,00	67,21	0,00	4,92	27,87	G6	NI	0,00	0,00	21,43	53,57	25,00
G7	I	21,43	78,57	0,00	0,00	0,00	G7	NI	23,40	76,60	0,00	0,00	0,00
G8	I	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	G8	NI	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
G9	I	64,52	35,48	0,00	0,00	0,00	G9	NI	58,14	41,86	0,00	0,00	0,00
G14	I	0,00	0,00	45,10	45,10	9,80	G14	NI	0,00	65,85	17,07	14,63	2,44
G17	I	0,00	26,67	3,33	35,00	35,00	G17	NI	2,22	26,67	2,22	35,56	33,33
G18	I	45,45	54,55	0,00	0,00	0,00	G18	NI	26,19	73,81	0,00	0,00	0,00
G10	I	51,06	48,94	0,00	0,00	0,00	G10	NI	51,06	48,94	0,00	0,00	0,00
G11	I	0,00	27,91	60,47	11,63	0,00	G11	NI	0,00	33,33	55,56	11,11	0,00
G12	I	55,00	13,33	15,00	13,33	3,33	G12	NI	35,71	14,29	23,81	26,19	0,00
G13	I	34,78	8,70	32,61	19,57	4,35	G13	NI	36,11	2,78	33,33	22,22	5,56
G15	I	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	G15	NI	15,79	84,21	0,00	0,00	0,00
G16	I	0,00	51,72	48,28	0,00	0,00	G16	NI	0,00	42,11	57,89	0,00	0,00
G19	I	30,36	69,64	0,00	0,00	0,00	G19	NI	22,81	77,19	0,00	0,00	0,00
G20	I	0,00	50,00	2,08	16,67	31,25	G20	NI	0,00	43,40	0,00	20,75	35,85
G21	I	0,00	85,71	14,29	0,00	0,00	G21	NI	4,00	78,00	18,00	0,00	0,00
G23	I	14,29	85,71	0,00	0,00	0,00	G23	NI	2,94	97,06	0,00	0,00	0,00
G22	I	0,00	73,33	15,56	4,44	6,67	G22	NI	0,00	65,85	19,51	12,20	2,44
G24	I	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	G24	NI	8,11	91,89	0,00	0,00	0,00

Longueur arêtes/barbes : 1-arêtes courtes ; 3-arêtes longues ; 5-barbes courtes ; 7-barbes longues ; 9 barbes longues

Annexe 13 : Fréquences de la distribution des arêtes et des barbes

Génot	Trait	1	2	3	4	5	Génot	Trait	1	2	3	4	5
G1	I	7,02	8,77	47,37	36,84	0,00	G1	NI	45,71	25,71	8,57	20,00	0,00
G2	I	4,44	6,67	28,89	60,00	0,00	G2	NI	0,00	0,00	21,43	78,57	0,00
G3	I	0,00	0,00	13,11	77,05	9,84	G3	NI	0,00	0,00	12,20	80,49	7,32
G4	I	0,00	0,00	36,54	61,54	1,92	G4	NI	0,00	0,00	31,37	66,67	1,96
G5	I	24,00	4,00	40,00	32,00	0,00	G5	NI	35,14	8,11	29,73	27,03	0,00
G6	I	0,00	3,28	16,39	80,33	0,00	G6	NI	0,00	0,00	25,00	66,07	8,93
G7	I	0,00	0,00	23,81	69,05	7,14	G7	NI	0,00	2,13	21,28	65,96	10,64
G8	I	0,00	0,00	12,90	87,10	0,00	G8	NI	0,00	0,00	21,43	78,57	0,00
G9	I	64,52	0,00	6,45	29,03	0,00	G9	NI	48,84	13,95	18,60	18,60	0,00
G14	I	0,00	3,92	39,22	54,90	1,96	G14	NI	0,00	0,00	26,83	73,17	0,00
G17	I	0,00	0,00	0,00	78,33	21,67	G17	NI	0,00	0,00	0,00	73,33	26,67
G18	I	38,64	11,36	27,27	22,73	0,00	G18	NI	16,67	14,29	23,81	45,24	0,00
G10	I	55,32	6,38	29,79	8,51	0,00	G10	NI	36,17	23,40	31,91	8,51	0,00
G11	I	0,00	0,00	18,60	74,42	6,98	G11	NI	0,00	0,00	14,81	81,48	3,70
G12	I	53,33	5,00	23,33	18,33	0,00	G12	NI	23,81	11,90	45,24	16,67	2,38
G13	I	41,30	13,04	23,91	21,74	0,00	G13	NI	52,78	8,33	19,44	19,44	0,00
G15	I	0,00	2,70	72,97	24,32	0,00	G15	NI	0,00	2,63	78,95	18,42	0,00
G16	I	0,00	3,45	13,79	44,83	37,93	G16	NI	0,00	5,26	5,26	52,63	36,84
G19	I	28,57	8,93	46,43	16,07	0,00	G19	NI	10,53	17,54	56,14	15,79	0,00
G20	I	0,00	0,00	16,67	75,00	8,33	G20	NI	0,00	1,89	15,09	77,36	5,66
G21	I	7,14	42,86	35,71	14,29	0,00	G21	NI	4,00	34,00	52,00	10,00	0,00
G23	I	0,00	0,00	42,86	57,14	0,00	G23	NI	5,88	0,00	32,35	58,82	2,94
G22	I	0,00	2,22	13,33	80,00	4,44	G22	NI	0,00	0,00	14,63	80,49	4,88
G24	I	0,00	0,00	28,57	52,38	19,05	G24	NI	5,41	2,70	35,14	45,95	10,81

Distribution des arêtes /barbes : 1- seulement à l'extrémité ; 2-1/4 supérieur de l'épi ; 3-1/2 supérieur de l'épi, 4-3/4 supérieurs de l'épi ; 5 : Épi entier.

Annexe 14 : Fréquences du port de la feuille étandard

Génot	Trait	1	2
G1	I	21,7	78,3
G2	I	30,4	69,6
G3	I	22,6	77,4
G4	I	37,1	62,9
G5	I	75,0	25,0
G6	I	80,4	19,6
G7	I	78,4	21,6
G8	I	70,6	29,4
G9	I	51,9	48,1
G14	I	51,9	48,1
G17	I	50,9	49,1
G18	I	55,8	44,2
G10	I		
G11	I	41,9	58,1
G12	I	83,6	16,4
G13	I	100,0	0,0
G15	I	83,9	16,1
G16	I	100,0	0,0
G19	I		
G20	I	100,0	0,0
G21	I	63,0	37,0
G23	I	67,4	32,6
G22	I		
G24	I	30,4	69,6

Génot	Trait	1	2
G1	NI	30,4	69,6
G2	NI	37,1	62,9
G3	NI	80,4	19,6
G4	NI	70,6	29,4
G5	NI	51,9	48,1
G6	NI	50,9	49,1
G7	NI	41,9	58,1
G8	NI	100,0	0,0
G9	NI	100,0	0,0
G14	NI	100,0	0,0
G17	NI	67,4	32,6
G18	NI	30,4	69,6
G10	NI		
G11	NI	57,1	42,9
G12	NI	73,7	26,3
G13	NI	92,6	7,4
G15	NI	94,8	5,2
G16	NI	71,0	29,0
G19	NI		
G20	NI	19,3	80,7
G21	NI	73,2	26,8
G23	NI	98,3	1,7
G22	NI		
G24	NI	100,0	0,0

Port de la feuille étandard : 1-dressé ; 2-retombant