كلية العلوم و التقنيات فاس
Faculté des Sciences et Techniques de Fès

جامعة سيدي محمد بن عبد الله
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

ICARDA

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

PRESENTE EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME DE

MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES

GESTION ET CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE

CARACTERISATION PHENOTYPIQUE ET GENOTYPIQUE DE CULTIVARS ET DE VARIETES LOCALES DU BLE TENDRE (*TRITICUM AESTIVUM*) VIA LES SNPs

Présenté par: BRAHMI Soukaina

Encadré par : Dr. UDUPA Sripada
: Pr. LAZRAQ Abderrahim
: Dr. IRAQI Driss

Soutenu **le 13 juin 2018** Devant le jury composé de **:**

• **Dr. UDUPA SRIPADA**	**: ICARDA Rabat**	**Encadrant**
• **Pr. LAZRAQ ABDERRAHIM**	**: FST Fès**	**Encadrant**
• **Dr. IRAQI DRISS**	**: INRA Rabat**	**Co-Encadrant**
• **Pr. SQALLI HOUSAINI HAKIMA**	**: FST Fès**	**Examinateur**
• **Pr. DERRAZ KHALID**	**: FST Fès**	**Examinateur**
• **Pr. RACHIQ SAAD**	**: FST Fès**	**Examinateur**

Année Universitaire : 2017/2018

Faculté des Sciences et Techniques Fès
B.P. 2202 – Route d'Imouzzer FES
212 (0)5 35 60 80 14 Fax : 212 (0)5 35 60 82 14
www.fst-usmba.ac.ma

DÉDICACE

J’ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail à mes chers parents

Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer, à leur juste valeur, la gratitude et l'amour que je vous porte.

Votre soutien et votre encouragement m'ont toujours donné de la force pour persévérer et pour prospérer dans la vie.

Chaque ligne de ce mémoire, chaque mot et chaque lettre vous exprime la reconnaissance, le respect, l'estime et le merci d'être mes parents.

A mes chères sœurs et mes chers frères

Tous mes amis et collègues et particulièrement les plus intimes en témoignage des moments inoubliables, des sentiments purs, et des liens solides qui nous unissent.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord dieu tout puissant de nous avoir donné la force et la connaissance pour accomplir une action qui lui plaise.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mes Professeurs de la Faculté des sciences et techniques FST Fès, pour leur intérêt avec lequel ils ont entouré ce travail. Aucun mot ne saurait exprimer ma très haute considération et ma grande admiration pour leur ardeur au travail.

Je tiens à exprimer tout particulièrement mes sentiments de gratitude, de respect et surtout d'une très grande considération envers **Dr. UDUPA Sripada**, chercheur au centre international de recherche agricole dans les zones arides ICARDA à Rabat, pour leurs valeureuses et pertinentes remarques, et aussi pour leur soutien et leur compréhension tout au long de ces 6 mois.

Je remercie particulièrement et chaleureusement Monsieur **LAZRAQ Abderrahim** pour son encadrement fructueux, son intérêt, sa serviabilité et son suivi pendant l'élaboration de mon projet.

Je tiens également à remercier, le **Dr Driss Iraqi**, chef de l'unité de Biotechnologie végétal INRA RABAT ; de m'avoir fait l'honneur de passer ce stage dans le laboratoire de biotechnologie.

Je tiens à remercier les membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail et de l'enrichir par leurs critiques instructives.

Je remercie également ICARDA, INRA Maroc, FAO/ITPGRFA, l'Union Européenne, la CRP-Blé et du Programme de subventions de collaboration ICARDA-Maroc pour leur soutien et leur support financier.

A tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet, y trouvent l'expression de ma profonde gratitude

ABSTRACT

In order to preserve, restore and enhance the diversity of available genetic material, it is first necessary to study its genetic characteristics, which are externally materialized by phenotypic characteristics represented by morphology, phenology and physiology, knowledge of which is a prerequisite for varietal improvement. The soft wheat collection, comprising 27 landraces and 21 improved varieties, was evaluated for agro-morphological characteristics (precocity, number of spikes per plant, height, characteristics of spikes, awn, susceptibility to yellow rust and septoria).

Our study focuses on the analysis of specific diversity by studying phenotypic and genotypic traits via molecular markers of the SNPs type, a series of improved varieties and local varieties of common wheat (Triticum aestivum).

The dual objective to be achieved is to better understand the adaptation mechanisms established by plants in order to acclimatize with environmental conditions and, on the other hand, to show the discrimination of the different gene pools and the particularities of each series of varieties.

Phenotypic trait testing took place in the Marchouch experimental fields during the 2017-2018 crop year.

The genotyping analysis was performed in collaboration with the Intertek laboratory in Sweden, it adopts the "KASP genotyping chemistry based on competitive allele-specific PCR.10 SNP type markers were involved. Each of them is associated with genes of interest which are of two types: disease resistance genes and mainly rust, and dwarfism genes, namely (Lr34, Sr2, Lr68, RhtB1, RhtD1, Lr19/sr25, Lr67, Sr22, Lr46 and Lr37/Yr17, Sr38);

Studies have shown significant differences between the two sets of varieties for certain characteristics.

Keywords: Improvement, Character, Diversity, Phenotypic, Landraces, Morphology, Phenology, Physiology, SNPs, *Triticum aestivum*, Improved varieties.

LISTE DE FIGURES

Figure 1 :	Phylogénie schématique du blé tendre (Chen et al., 1984)	4
Figure 2 :	Organisation du génome hexaploïde du blé tendre	5
Figure 3 :	Morphologie du blé tendre	7
Figure 4 :	Stades du développement du blé	8
Figure 5 :	Données météorologiques de la station expérimentale « Marchouch » en 2017-2018.	22
Figure 6:	Vue du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur le site de recherche de Marchouch.	23
Figure 7 :	Observation sur terrain du stade épiaison	24
Figure 8 :	Observation sur terrain du stade anthèse	24
Figure 9 :	Différentes étapes du remplissage du grain	25
Figure 10 :	Observation sur terrain du stade maturité	25
Figure 11 :	Mesure prise pour la hauteur de la paille	26
Figure 12 :	Mesure de longueur de l'épi.	26
Figure 13 :	Détermination du nombre de talles/plante	27
Figure 14 :	Thermomètre infrarouge	28
Figure 15 :	Appareil de mesure de la température ambiante	28
Figure 16 :	Perforateur de trous utilisé pour collecter les feuilles	29
Figure 17 :	Plaque captiva intertek	29
Figure 18 :	Plan de la plaque captiva intertek	29
Figure 19 :	Épiaison des lignées locales répartis en différentes classes (jours).	33
Figure 20 :	Épiaison des lignées améliorées répartis en différentes classes (jours)	33
Figure 21	Nombre de jours à maturité de lignées locales (jours).	35
Figure 22	Nombre de jours à maturité de variétés améliorées (jours).	35
Figure 23	Hauteur des lignées locales (cm)	37
Figure 24	Hauteur des lignées améliorées (cm)	37
Figure 25	Longueur d'épi des lignées locales (cm)	40
Figure 26	Longueur d'épi des variétés améliorées (cm)	40

Figure 27 :	Longueur de la barbe de lignées locales (cm)	41
Figure 28 :	Longueur de la barbe de variétés améliorées (cm)	41
Figure 29 :	Nombre d'épi par pied chez les lignées locales	43
Figure 30 :	Nombre d'épi par pied chez les variétés améliorées	43
Figure 31 :	Nombre de talles par pied chez les lignées locales	44
Figure 32 :	Nombre de talles par pied chez les variétés améliorées	44
Figure 33 :	Température de canopée mesurée chez les lignées locales (°C)	44
Figure 34 :	Température de canopée mesurée chez les variétés améliorées (°C)	44
Figure 35 :	Réponse des feuilles de lignées locales et de variétés améliorées du blé tendre à l'infection par la rouille jaune	46
Figure 36 :	Réponse des feuilles de lignées locales et de variétés améliorées du blé tendre à l'infection par la septoriose	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Les principales maladies du blé	14
Tableau 2 :	Liste de variétés locales et améliorées du blé tendre étudiées et leur origine	21
Tableau 3 :	Gènes d'intérêt et marqueurs impliqués dans l'analyse génotypique	31
Tableau 4 :	Phénotype associé aux différents gènes d'intérêt	32
Tableau 5 :	Résultats de l'étude phénologique des deux séries de variétés exprimés en jours	35
Tableau 6 :	Caractères morphométriques étudiés	39
Tableau 7:	degré de résistance et de sensibilité des échantillons à la rouille jaune et à la septoriose	47
Tableau 8 :	Récapitulatif des caractères phénotypiques désirés chez les lignées locales et les variétés améliorées	51
Tableau 9 :	Récapitulatif des caractères génotypiques désirés chez les lignées locales et les variétés améliorées	52

Table de matières

Dédicace
Remerciement
Abstract
Liste des figures 1
Liste des tableaux
Introduction générale

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le blé 3
1. Historique du blé 3
2. Origine génétique du blé 3
3. Taxonomie 5
4. Caractéristiques morphologiques 6
5. Biologie et cycle de développement 8

II. Effets de l'environnement climatique et édaphique 10
1. Exigences climatiques 10
2. Exigences édaphiques 12

III. Types de ressources phyto-génétiques 12

1. Espèces cultivées 12
2. Variétés sélectionnées traditionnelles ou locales 13
3. Lignées d'amélioration génétique 13
4. Autres combinaisons génétiques 13

IV. Contraintes de la production du blé au Maroc 13
V. Moyens d'analyse de la variabilité génétique 15
5.1. Marqueurs agro-morphologiques 15
5.1.1. Caractères agronomiques 15
a. Précocité 15
b. Nombre de grains/épi 15
c. Poids de mille graines 15
5.1.2. Caractères morphologiques 16
a. Hauteur 15
b. Caractères de l'épi 16
c. Barbe 16
5.1.3. Caractères physiologiques 17
5.2. Marqueurs moléculaires 18
5.2.1. Définition et intérêt 18
5.2.2. Marqueurs RFLP 18
5.2.3. Marqueurs de type PCR 19
5.2.4. Polymorphisme mono-nucléotidique SNP 20

Matériels et méthodes

I. Matériel végétal 21

II. Site d'expérimentation 22
III. Parcelle étudiée 22
IV. Caractérisation phénotypique 23
1. Étude phénologique 23
2. Étude morphométrique 24
V. Caractérisation physiologique 27
VI. Caractérisation pathologique 28
VII. Caractérisation génotypique 28
1. collecte des feuilles 28
2. congélation 29
3. lyophilisation 29
4. analyses via les tests de génotypages .KASP 30

VIII. Analyse des résultats 31

Résultats et discussion

I. caractérisation phénotypique 32
1. caractères phénologiques 32
1.1.stade épiaison 32
1.2.Stade maturité 35
2. caractères morphométrique 36
2.1.hauteur de la plante 36
2.2.longueur de l'épi 39
2.3.longueur de la barbe 41
2.4.nombre de l'épi par plante 42
2.5.nombre de talles herbacées par plantes 43

II. Caractères physiologiques 44
III. caractères pathologiques 45
IV. caractères génotypique 48
1. Gène de nanisme Rht-BI 48
2. Gène de nanisme Rth-DI 48
3. Gène de résistance à la rouille jaune et brune et au mildiou Lr 34 /yr 17/Sr 38 /Pm 49
4. Gène de résistance à la rouille noire Sr2 50
5. Gène de résistance aux rouilles brune, jaune et noire Lr37/Yr17/Sr38 50
6. Gène de résistance à la rouille brune Lr68 50
7. Gène de résistance à la rouille brune Lr 19 50
8. Gène de résistance à la rouille brune et noire Lr67 50
9. Gène de résistance à la rouille noire Sr22 50
10. Gènes de résistance à la rouille brune Lr 46 50

Conclusion

53

Introduction

Le blé, l'une des trois grandes céréales avec le maïs et le riz, occupe une place essentielle dans l'alimentation humaine et animale. La consommation alimentaire humaine est prédominante et représente environ 69% de la consommation totale du blé soit 66kg par an par habitant. La consommation animale quant à elle représente près de 19% (Terrones et Burny, 2012).

La production mondiale du blé tendre en 2016/17 est de 713 millions de tonnes, soit une augmentation de 2,3% par rapport à la même période de 2015/16.

La consommation ainsi que les stocks mondiaux du blé tendre ont augmenté respectivement de 2,4% et 6,7% en 2016/17 par rapport à la même période de l'année écoulée. Quant aux échanges, ces derniers ont augmenté de 3,6% en 2016/17 par rapport à la même période de l'an dernier (ONFAA, 2017). Le modèle de consommation alimentaire du Maroc largement dominé par les céréales, principalement le blé, est estimé à plus de 200kg par habitant par an (FAO, 2011).

Les céréales fournissent environ 2/3 des besoins énergétiques et 70% des apports protéiques dans une ration alimentaire moyenne. Le blé tendre représente, à lui seul 70% de la consommation des céréales en milieu urbain et 66% en milieu rural.

Selon les prévisions du ministère de l'agriculture, la demande locale pour les céréales pourrait atteindre, à l'horizon 2020, environ 137.5 millions de quintaux soient 33% et 23% de la consommation locale projetée respectivement pour les demandes en blé tendre et en blé dur (Anonyme, 2008). Malgré le fait que le Maroc dispose d'un important potentiel agricole, la production nationale reste insuffisante pour satisfaire la forte demande.

La culture du blé au Maroc est encore difficile à maitriser car elle est confrontée à plusieurs contraintes. Elle souffre des fluctuations pluviométriques interannuelles et des sécheresses de plus en plus fréquentes sans compter les maladies et les contraintes imposées par l'environnement socio-économique. Au Maroc la sécheresse est le stress environnemental le plus important affectant la culture du blé. De ce fait, la production dans ce secteur est un labeur quotidien aux bien maigres résultats. Cette situation engendre une production en blé très faible d'où le déséquilibre alarmant entre l'offre et la demande qui exacerbe la dépendance du pays sur le plan alimentaire vis-à-vis de l'extérieur. Alors que les besoins nationaux ne cessent d'augmenter à cause de l'accroissement démographique de la population, la production du blé continue à stagner avec des rendements bas. C'est pourquoi, le pays continue d'importer

massivement du blé de l'étranger pour couvrir la totalité des besoins domestiques. Il est donc impératif d'accroitre les rendements.

De plus le recours à l'irrigation est très couteux et parfois difficile à mettre en œuvre .il apparait donc plus judicieux de développer de nouvelles variétés plus résistantes à la sécheresse et produisant plus de graines.

Actuellement, de nombreuses recherches sur les céréales et notamment le blé sont orientées vers la sélection et l'amélioration dont l'objectif principal des améliorateurs du blé reste le développement des variétés du blé se caractérisant par un rendement élevé, une haute adaptation à l'environnement contrasté, une résistance aux différents stress et une qualité acceptable des graines. En dépit des efforts déployés pour améliorer la production du blé, le rendement reste cependant dépendant principalement des techniques de sélection traditionnelle. Actuellement, le programme de l'amélioration du blé marocain donne une priorité à l'adoption de nouvelles technologies comme l'utilisation de marqueurs moléculaires basés sur la PCR tels que les RAPD, les SSR et les SNP pour booster le développement des variétés du blé améliorées.

Afin de préserver, restaurer et valoriser la diversité du matériel génétique disponible, il faut d'abord étudier ses caractéristiques génétiques qui sont matérialisées extérieurement par les caractères phénotypiques représentés par la morphologie, la phénologie et la physiologie, dont la connaissance constitue un préalable à l'amélioration variétale.

L'objectif de notre travail porte sur l'analyse de la diversité spécifique par l'étude des caractères phénotypiques et génotypiques d'une série de variétés améliorées et de variétés locales du blé tendre (*Triticum aestivum)*. Il s'agit d'évaluer les caractères de production et d'adaptation afin de reconnaitre ces ressources génétiques et de situer les particularités avant de se lancer dans les programmes d'amélioration.

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

Revue bibliographique

I. GÉNÉRALITÉS SUR LE BLÉ

1. HISTORIQUE DU BLÉ

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

La culture des céréales au Maroc était dominée par l'orge, suivie par le blé dur et d'autres espèces mineures, comme le seigle. Tandis que le blé tendre était une culture traditionnellement moins importante cultivée dans l'oasis saharienne. À cause de sa haute sensibilité aux maladies foliaires, cette espèce n'était pas plantée en dehors de cette zone. Ces dernières sont absentes dans les oasis en raison des hautes températures. L'utilisation du blé tendre en grande culture n'a réellement pas commencé qu'au début du 20ème siècle, avec l'installation des premiers colons vers 1912 (Grillot, 1948). Il s'est développé en conjonction avec les périodes de guerre qui ont ravagé l'Europe.

La superficie en blé tendre a progressé, pour atteindre 252 594 ha en 1929 (Grillot, 1948). Vers la fin des années 40, la superficie se situait entre 300 000 et 400 000 ha, contre 1000 000 ha du blé dur. Dans les années 80, les superficies vont se stabiliser autour de 500 000 ha, alors que la superficie du blé dur à augmenter à 1 200 000 (Jlibene et Nsarellah, 2011).

Le blé tendre réunissait les meilleures qualités : blé de printemps extrêmement précoce et blé 'hard' ayant une grande valeur boulangère (Lery, 1982). En 1986, la superficie du blé tendre s'élargit 2 fois pour arriver à 2 millions ha tandis que la superficie du blé dur reste stable (Jlibene et Nsarellah, 2011).

2. ORIGINE GÉNÉTIQUE DU BLÉ

Le blé tendre a une composition complexe. D'un point de vue phylogénétique, il est régénéré par des événements successifs de polyploidisation intervenant après des croisements interspécifiques entre trois espèces ancestrales diploïdes (Figure 1)

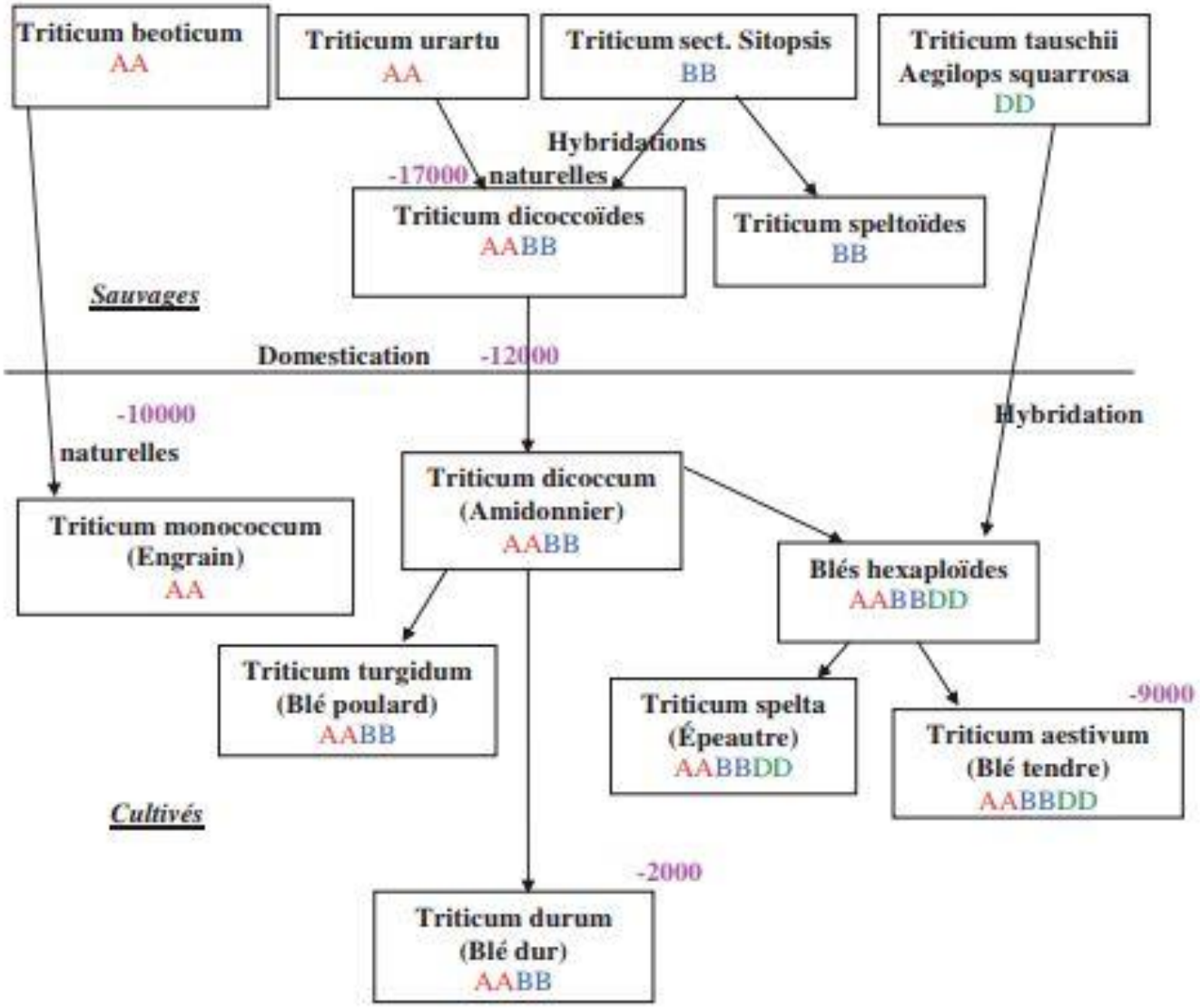


Figure 1 : **Phylogénie schématique du blé tendre (Chen et al., 1984).**

Il est constitué de trois génomes possédant chacun 7 paires de chromosomes homéologues, soit 42 chromosomes au total (Figure 2). Il possède une structure génomique hexaploïde (**AA BB DD**) et le blé dur une structure tétraploïde (**AA BB**). La détermination de l'origine de chacun des génomes du blé est réalisée par des études cytogénétiques et par le développement des outils moléculaires (Brancourt-Humel et Lecomte, 1994).

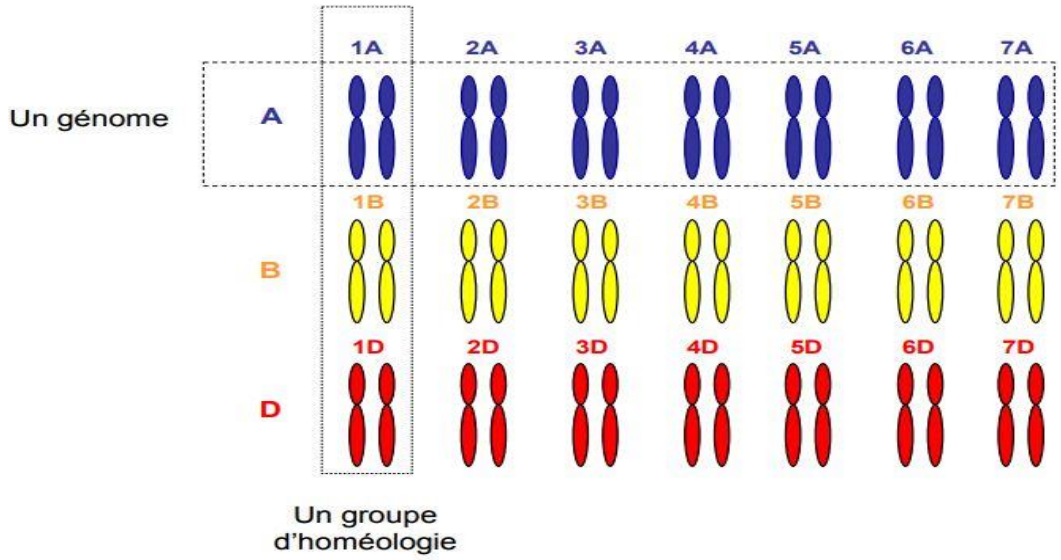


Figure 2 : Organisation du génome hexaploïde du blé tendre.

Cette triple origine lui a sans doute conféré cette souplesse d'adaptation, d'où sa culture dans de très nombreuses régions du monde (Picard, 1988).

Le génome du blé tendre est constitué de 17 milliards de paires de base (cinq fois le génome humain) dont plus de 80% de séquences répétées. La taille, ainsi que la forte proportion de séquences répétées, constituent des obstacles importants pour le séquençage du génome du blé (Paux *et al.*, 2008).

3. TAXONOMIE

Le blé est une céréale autogame appartenant au groupe des angiospermes monocotylédones, de la famille des *Poaceae*, tribu des *Triticées* et genre *Triticum*. Les espèces du genre *Triticum* sont des herbacées annuelles produisant un fruit sec indéhiscent, le caryopse.

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) sont les deux espèces les plus cultivées au Maroc et dans le monde.

- Classification du blé tendre

Règne	**:**	Plantae
Embranchement	**:**	Spermatophtes (Angiospermes)
Classe	**:**	Monocotylédones
Ordre	**:**	Poales
Famille	**:**	Poacées
Genre	**:**	Triticum
Espèce	**:**	*Triticum aestivum L.*

4. CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

Le blé se présente comme une plante herbacée à feuilles assez larges, alternées, ligulées et engainantes (BONJEAN et PICARD 1990). Elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe L'inflorescence est toujours en épillets associés en inflorescence complexe, épis ou grappes d'épillets, se recouvrant étroitement les uns aux autres.

La tige ou chaume ne commence à prendre son caractère de tige qu'au début de la montaison Celle-ci, d'abord pleine, devient creuse sauf au niveau des nœuds qui restent pleins (CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT, 1970).

Les racines sont de type fasciculé peu développées ; 55 % du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur (CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT, 1970).

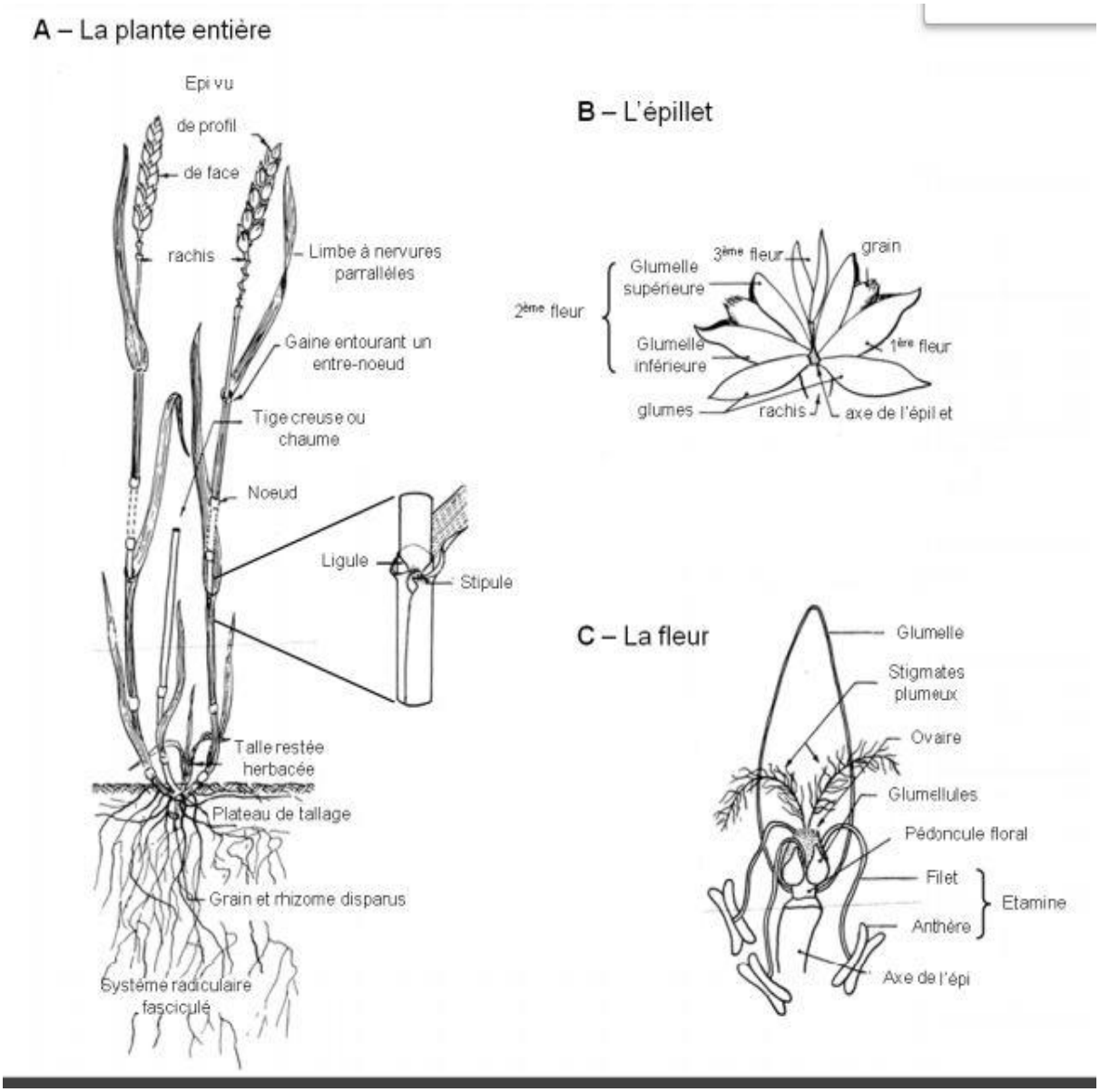


Figure 3 : Morphologie du blé tendre, *Triticum aestivum* (**d'après Soltner, 1988**), **(A)** L'appareil végétatif est constitué en partie souterraine d'un système racinaire fasciculé, et en partie aérienne de talles. Chaque talle après est formée d'une tige feuillée (chaume) portant à son extrémité une inflorescence, l'épi. Les feuilles sont engainantes et issues chacune d'un nœud. L'inflorescence, portée par le rachis, est constituée de 15 à 25 épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs. **(B)** Un épillet regroupe généralement trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. **(C)** Chaque fleur est entourée de deux glumelles et contient deux pièces stériles, les glumellules, trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux.

5. BIOLOGIE ET CYCLE DE DÉVELOPPEMENT DU BLÉ

Le blé tendre est une plante autogame annuelle, monocotylédone, composé d'un appareil végétatif herbacée, qui comporte un système racinaire fasciculé, une tige cylindrique plus au moins creuse et des feuilles engainantes (Simmonds, 1991). Les feuilles apparaissent les premières, elles sont suivies par les tiges portant des épis terminaux, comportant de 15 à 25 épillets composées de 2 à 3 fleurs fertiles autogames. Le fruit ou le grain de blé (caryopse) est issue de fécondation de la fleur qui a lieu à l'intérieur des glumelles, avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur (Simmonds, 1991).

➢ Phase de développement

Il faut une centaine de jours environ pour réaliser un cycle de développement complet de graine à graine, et donc passer d'une génération à la suivante, chez le blé.

Selon Acevedo (1989), le cycle de développement d'une céréale comprend trois grandes périodes : la période végétative, la période reproductrice et la période de maturation.

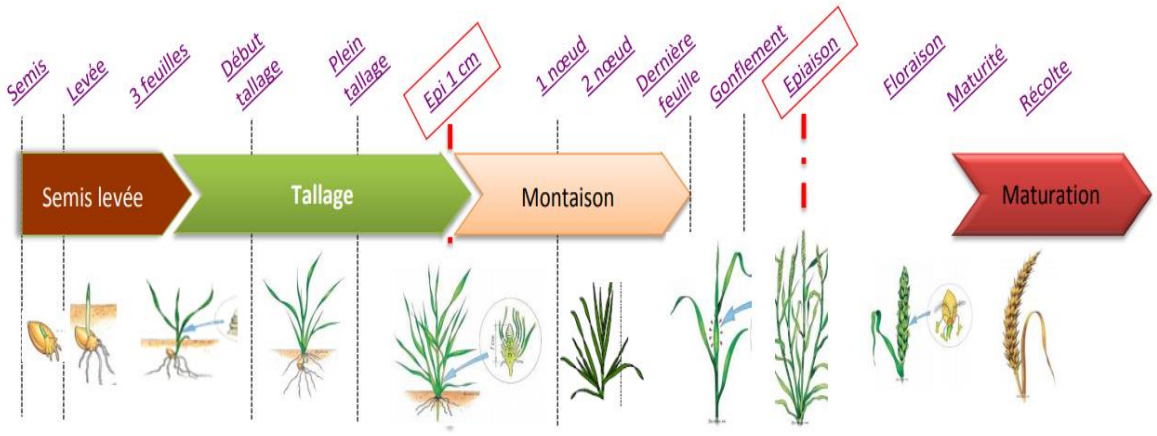


Figure 4 : Stades du développement du blé

a. Période végétative

Correspond à l'installation de la culture, qui débute par la levée et se termine au stade épi-1cm et au cours de laquelle la plante développe le système racinaire et le tallage. Elle va de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale, c'est-à-dire au début de la montée.

- Phase germination – levée

La germination, la levée de dormance ou l'embryogénèse tardive, est la première phase du développement d'une plante (Tourte et al., 2005), dans laquelle la graine retourne à la vie active après une période de dormance (Théron, 1964). Lors de la germination, l'embryon augmente dans le volume par le phénomène d'hydratation et l'utilisation des réserves qui dégagent progressivement les enveloppes qui l'entourent (Binet et Brunel, 1999)

- Phase levée – tallage

Pendant cette phase, on peut distinguer à travers le coléoptile, un filament ou rhizome, se termine par un renflement qui va se gonfler de plus en plus pour former le plateau de tallage qui se forme presque au niveau de la surface du sol. Le tallage est marqué par l'apparition d'une tige secondaire, une talle, à la base de la première feuille. Les autres feuilles poussent elles aussi leurs talles vertes.

À l'intérieur de la tige, on peut trouver ce qu'on appelle la pointe de croissance. Elle commence à ressembler à un épi de blé. Initialement, la pointe est sous terre, protégée contre le gel. Au fur et à mesure de la reprise de la végétation, la pointe de croissance va s'élever dans la tige.

- Phase tallage-montaison

Lorsque la plante possède 3 à 4 feuilles, une nouvelle tige, la talle primaire, apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Après l'émission de la première talle, la plante va émettre des talles primaires, qui prennent naissance à la tige principale.

Un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT, 1971).

b. Période de reproduction

Qui s'étend du stade épi-1cm à l'anthèse et au cours de laquelle prédomine la croissance de l'épi. C'est à dire de la montaison à la fécondation.

- Phase de la montaison

Au cours de cette phase, un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance en taille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT, 1970).

- Phase de l'épiaison

La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, à l'organisation détaillée des épillets et à la fécondation.

La durée de cette phase est d'environ 32 jours. Cette phase est suivie par le grossissement du grain qui devient mou et le desséchement de presque toutes les feuilles. Sa durée est de 16 à 17 jours (CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT, 1970).

c. Période de maturation

Elle débute de l'anthèse jusqu'à la maturité physiologique du grain (Acevedo, 1989).la maturation correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains et à la migration très active des réserves (glucides et protéines) vers le grain. La durée de cette période est de 25 à 26 jours en moyenne (CLEMENT-GRANDCOURT et PRAT, 1970).

II. EFFETS DE L'ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE ET ÉDAPHIQUE

A chacune de ces périodes correspondent des exigences particulières de la plante vis-à-vis des facteurs et conditions du milieu. Il est donc important de pouvoir les repérer pour raisonner le choix des techniques culturales

1. Exigences climatiques

Le climat méditerranéen est caractérisé par une répartition annuelle des précipitations marqué avec un maximum en automne, en hiver et en début de printemps et un minimum en été, entrainant une répartition en une saison sèche et chaude plus ou moins longue et une saison humide et froide. Les pluviométries saisonnières d'automne, d'hiver et de printemps sont importantes à connaître afin de les ajuster au cycle

phénologique des céréales et de déterminer les besoins réels des principales espèces céréalières. Elles conditionnent à tout moment la physiologie du blé.

Pour la germination du blé, une température supérieure à 0°C est nécessaire. Une baisse de la température pendant l'hiver est requise aux variétés de blé dites d'hiver (**Qio et al., 2010)**. Cependant, une chute brutale de la température, souvent associée à un dessèchement intense en surface, provoque des dégâts tels que la nécrose des tissus. De même que l'intensité lumineuse agit directement sur l'intensité de la photosynthèse, sur la résistance des tiges à la verse et sur le rendement. La diminution de la durée d'éclairement, réduit la hauteur de la plante, alors qu'une insuffisance d'éclairement retarde la floraison et donc l'épiaison.

d. Température

La majorité des variétés peuvent supporter un gel modéré pendant l'hiver si la plante est suffisamment développée. Par contre le blé ne supporte pas les fortes températures et les déficits hydriques en fin de cycle pendant le remplissage du grain. En effet, la température conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 00C (le zéro de végétation) est exigée pour la germination, cependant l'optimum de croissance se situe entre 20 et 260C. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire à certaines variétés dite d'hiver, cette exigence conditionne la montaison et la mise à fleur (**Clement et Prats, 1970**).

e. Eau

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante (**Soltner, 1990**), la germination ne se réalise qu'à partir d'un degré d'imbibition d'eau de 30%. En effet, C'est durant la phase épi 1 cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe entre 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue, 1982**). C'est pour ça que le semis est toujours recommande en culture pluviale.

f. Éclairement

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison (**Soltner, 2005**). Ce même auteur note que l'intensité lumineuse, et l'aération, agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois la résistance des tiges à la verse et le rendement (**Soltner, 2005**).

2. Exigences édaphiques

Les conditions pédologiques peuvent être déterminantes dans l'influence de l'adaptation du blé et sa répartition dans l'espace.

Les meilleures terres à blé sont les terres de limon argilo-calcaires et argilo-siliceuses en raison de leur structure généralement bonne, de leur profondeur, de leur bon pouvoir absorbant, de leur réaction voisine de la neutralité.

- Les terres très riches en humus, noires, bien aérées, nitrifiant régulièrement, sont les meilleures terres à blé du monde.
- En terre très argileuse, les destructions en hiver sont généralement plus importantes, le démarrage de la végétation plus lent, l'asphyxie fréquente au printemps.
- En terre calcaire, le déchaussement hivernal par suite du gel peut avoir des effets catastrophiques ; par ailleurs il y a risque de sécheresse aux périodes critiques.

Quelle que soit, enfin, la nature du sol, le blé n'aime pas les terres à trop grands espaces lacunaires ; il faut au semis une terre bien rassise, présentant une porosité maximum de 10 %. Il faudra donc éviter de semer sur une terre « creuse », mais ne pas cependant rechercher une terre trop fine : le blé a une semence de taille moyenne, nue, s'imbibant bien ; un sol légèrement motteux lui convient.

III. TYPES DE RESSOURCES PHYTO-GÉNÉTIQUE DU BLÉ

Les ressources génétiques végétales utilisées ou potentiellement utilisables par l'homme peuvent être classées selon Les catégories suivantes :

1. Espèces cultivées

Ce sont les variétés ou cultivars commercialisés à grande échelle et qui sont, en général, obtenus par amélioration génétique et sélection généalogique.

La majorité de ces variétés sont caractérisées par une productivité élevée lorsqu'elles sont cultivées dans des conditions favorables (bonne pluviométrie, irrigation, fertilisation, contrôle des adventices et des insectes par les pesticides par exemple. Cependant leur productivité n'est pas stable dans le temps et dans l'espace car leur uniformité et leur homogénéité leur confère une grande vulnérabilité génétique par manque d'homéostase (apparition de nouvelles races de maladies, modification des conditions de milieu, sécheresse).

2. Variétés sélectionnées traditionnelles ou locales

Ce sont des variétés ou des cultivars primitifs, très anciens cultivés et qui ont subi au cours des siècles une sélection naturelle ou artificielle qui a modifié l'écosystème et l'équilibre écologique dans lequel ils vivaient.

II existe une grande diversité à l'intérieur et entre ces variétés qui se sont adaptées aux conditions difficiles, ou défavorables. Leur productivité est faible mais régulière, ce qui est important dans les cas d'agriculture de subsistance.

3. Lignées d'amélioration génétique

C'est le matériel issu de croisements artificiels dirigés (F1, F2, F3 etc.) obtenu par le sélectionneur, et utilisés dans les programmes d'amélioration et de création variétale pour leurs caractères intéressants (résistance aux maladies, qualité, précocité ...).

4. Autres combinaisons génétiques

Cette catégorie comprend les mutants obtenus artificiellement. Ces mutants sont conservés dans les collections des sélectionneurs afin d'être utilisés comme géniteurs.

IV. CONTRAINTES DE LA PRODUCTION DU BLÉ AU MAROC

La culture de blé est fréquemment exposée aux contraintes de l'environnement et soumises à une multitude de stress abiotiques (de nature climatique ou édaphique) et biotiques causés par les organismes pathogènes. Les champignons sont les plus répandus et les plus dommageables pathogènes des cultures cultivées (Ezzahiri, 2001 ; Zahri et al., 2014). Ils peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies (Ezzahiri, 2001).

Le blé peut être attaqué par de nombreuses maladies à différents stades de son développement. Ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies.

Tableau 1 : Les principales maladies du blé

	Agent causal / Organe touché	Description
Septorioses	**Septoriose des feuilles et d'épis** *Septoria nodorum ou Stagnospora nodorum* Feuilles Glumes, Gaine des feuilles,Nœuds	La septoriose la plus abondante chez le blé. Taches ovales ou lenticulaires brunes, peuvent être entourées d'une chlorose ou d'un jaunissement périphérique
	tache septorienne *Septoria tritici ou Mycosphaerella graminico* Feuilles	petites taches de couleur brune rougeâtre irrégulières sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol. délimitées par les nervures, s'étendent longitudinalement de 5 à 15 mm et prennent une couleur grise claire. Après l'apparition des nécroses sur les feuillages, on observe des ponctuations noires alignées parallèlement qu'on appelle pycnides
Fusarioses	*Fusarium roseum* Epi	Dessèchement précoce, échaudage Les grains contaminés sont toxiques.
	Fusarium nivale Plantules, tiges, feuilles et épis	Fonte des semis, dessèchement des feuilles par nécrose des nœuds et des tiges, échaudage des grains Grave, peut provoquer de gros dégâts.
Rouille	**Jaune** *Puccina glumarum* Feuilles, épis et quelques fois les grains	Lésions jaunes orangées de forme ronde, semblables à des boursouflures qui se réunissent pour former des stries. Touche habituellement les limbes des feuilles, observées à l'occasion sur les épis quand la maladie est très sévère; l'infection des gaines foliaires ou des tiges est rare. Se développe à basse température à l'automne ou au début du printemps.
	Noire *Puccina graminis* *Striiformis* Feuilles et tiges et épis	Pustules de couleur rouge-brique à marron foncé Elle est favorisée par l'eau et la chaleur
	Brune *Puccinia recondita f.sp. tritici* Feuilles	petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brune (urédospores), apparaissent sur la face supérieure des feuilles et parfois sur la face inférieure des feuilles

V. MOYENS D'ANALYSE DE LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE

5.1. Marqueurs agro-morphologiques

La quantification et la caractérisation phénotypique des différentes ressources génétiques constituent une étape préliminaire et indispensable pour l'évaluation de l'érosion génétique dans le temps. Cette dernière peut être due aux fluctuations climatiques et au remplacement des variétés traditionnelles par des variétés modernes (Jaaska, 2001).

5.1.1. Caractères agronomiques

a. Précocité

La précocité est un mécanisme qu'utilise la plante pour s'échapper de la sécheresse, elle correspond à la capacité de la plante à achever son cycle pendant la période où l'eau est disponible.

Elle ordinairement représenté par la durée totale de végétation, c'est-à-dire par le nombre de jours qui séparent le semis de la maturité.

La précocité à l'épiaison et à 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). Elle a joué un rôle très important dans la stabilité des rendements des blés. La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer les productions dans les zones sèches (Benlaribi, 1990 ; Ben Salem et al., 1997).

b. Le nombre de grains par épi

C'est le caractère le plus associé au rendement dont il joue un rôle primordial dans la variabilité du rendement (Nachit, 1986). Ce paramètre dépend de la fertilité des épillets et peut s'associer à d'autres composantes du rendement (Hamada, 2000). L'amélioration du rendement passe nécessairement par le raisonnement sur le nombre de grains par épi qui explique, à 75 %, les variations du rendement. Il est fonction du nombre d'épillets par épi et du nombre de grains par épillet. Ce nombre diminue au fur et à mesure que la densité en épis augmente (Grignac, 1981).

c. Poids de 1000 grains

C'est la dernière composante formée, elle est dépendante du nombre de grains formés. le poids de 1000 grains est l'une des composantes principales qui déterminent le rendement en

grain (Auriau et al., 1992). C'est aussi l'un des plus importants caractères d'adaptation pour les conditions méditerranéennes arides (Hadjichristodoulou, 1993).
Selon le même auteur, caractère est l'un des critères utiles dans la sélection de génotypes à haut rendement**.** D'après Mouret et al. (1991)**,** le poids de 1000 grains dépend du choix variétal, de l'humidité du sol à la floraison et de l'échaudage. Baldy (1993) indique que les fortes températures après la floraison ont des effets défavorables sur le développement du grain.

5.1.2. Caractères morphologiques

a. Hauteur de la plante

Selon Hadjichristodoulou, (1993)**,** la hauteur de plante fait partie des caractères d'adaptation les plus importants, dans les conditions arides méditerranéenne.

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

b. Caractères de l'épi

Les caractéristiques de l'épi contribuent également à une limitation des pertes en eau (Febrero *et al.* 1989). En raison de la sénescence des feuilles, d'autres organes peuvent jouer le rôle de relais. L'épi assure une activité photosynthétique importante au cours du remplissage du grain (Febrero *et al.*, 1990). En cas de déficit hydrique, la photosynthèse de l'épi participe au remplissage que la feuille étendard (Bammoun, 1997).

c. Barbe

Nemmar (1980) 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. Lors de la phase de remplissage du grain, la photosynthèse est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures chez les génotypes barbus comparativement aux

génotypes glabres (Fokar et al., 1998). La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé (Hadjichristodoulou, 1985). Les barbes, par leur port dressé et leur position au voisinage immédiat de la graine, conditionnent sa formation (Gate et al ., 1992) .

5.1.3. Caractères physiologiques

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

La recherche sur la tolérance physiologique aux stress a pour objectif d'améliorer les capacités génétiques de production des plantes sous des conditions qui sont, en générale, moins favorables à l'expression du potentiel. Cette approche se justifie par le fait que certaines variétés sont plus tolérantes aux stress que d'autres. Le comportement caractéristique des variétés populations locales, comparativement aux variétés améliorées, illustre bien cette situation et il est souvent avancé comme exemple (Tardieu, 2003). Cette approche reste cependant tributaire de l'identification des mécanismes qui permettent à la plante de surmonter le stress pour produire de manière satisfaisante et du transfert de ces mécanismes à d'autres fonds génétiques plus intéressants pour d'autres caractéristiques.

- **Température de la canopée**

Ce trait est lié au besoin des plantes de transpirer l'eau pour fixer le carbone. Elle a une application répandue dans l'élevage du stress. Selon Dakheel et al., (1993), la capacité des plantes à maintenir une température foliaire basse est une indication de leur grande capacité à extraire l'eau du sol et à se rafraîchir par transpiration.

Ces variétés maintiennent une activité photosynthétique élevée autorisant un rendement plus élevé, sous stress terminal.

Cette mesure est intégrative, rapide, facile, non couteuse et non destructive, cependant elle est sensible aux flux environnementaux.

5.2.Marqueurs moléculaires

5.2.1. Définition et intérêt

Un marqueur moléculaire est un locus polymorphe qui renseigne sur le génotype de l'individu qui le porte. Un bon marqueur doit être à hérédité simple, multi allélique et co-dominant. Les marqueurs moléculaires correspondent donc au polymorphisme révélé au niveau de l'ADN. Leur avantage tient au fait qu'ils sont facilement identifiables, présentant un polymorphisme élevé et sont répartis à travers tout le génome. Ces marqueurs sont peu sensibles aux effets de l'environnement, et sont donc aisément reproductibles.

Ils présentent une grande importance dans l'amélioration des cultures à valeur agronomique et dans les programmes de sélection assistée par marqueurs chez les céréales (**Eagles et al., 2001** ; **Langridge et al., 2001** ; **Dekkers, Hospital, 2002**).

Ces méthodes peuvent être regroupées en deux grandes catégories : les marqueurs de type RFLP et les marqueurs basés sur la méthode de PCR lesquels les plus récents sont ceux dont nous s'intéresseront dans cette étude les SNP (Single Nucléotide Polymorphisme).

Le choix du système de marquage dépend de l'objectif précis fixé, des moyens et des compétences disponibles au laboratoire.

5.2.2. Marqueurs RFLP

La technique RFLP développée par Botstein et al. (1980) repose sur la mise en évidence de la variabilité de la séquence nucléotidique de l'ADN génomique après digestion par des enzymes de restriction. Une multitude de fragments d'ADN de tailles variables est générée par digestion enzymatique, puis séparée sur gel d'agarose et transférée par capillarité sous forme dénaturée sur une membrane de nylon. Cette membrane est mise en contact avec une solution contenant un fragment d'ADN ou sonde qui permet de repérer, par hybridation moléculaire, des fragments d'ADN génomique qui lui sont homologues.

Le polymorphisme détecté est dû à des mutations au niveau des sites de restriction de l'enzyme et/ou à des délétions/insertions d'un fragment d'ADN au voisinage de la zone génomique reconnue par la sonde. Bien que cette technique soit co-dominante et permette une analyse génétique complète, elle est lente et laborieuse. Les étapes de transfert et d'hybridation empêchent une automatisation du travail.

5.2.3. Marqueurs de type PCR

Le développement de la technique PCR offre l'avantage d'analyser les marqueurs moléculaires en un temps court tout en utilisant des concentrations faibles d'ADN. Les marqueurs basés sur la technique PCR tendent à remplacer les systèmes classiques et deviennent très nombreux. Les plus largement utilisés chez le blé sont les microsatellites ou SSR ; l'AFLP et la RAPD.

a. Les microsatellites ou SSR

Sont des séquences constituées de répétitions en tandem de motifs nucléotidiques. Les plus courants sont CA, CAT, GATA ; développées par Morgante, Olivieri(1993) .le nombre de répétitions de ces motifs varie de quelques unités à plusieurs dizaines. L'analyse d'un marqueur microsatellite permet de révéler ces répétitions. L'analyse des produits amplifiés s'effectue sur gel d'acrylamide. Si les SSR constituent de bons marqueurs moléculaires (reproductibles, co-dominants et aisés d'utilisation), leur caractérisation initiale est toutefois assez lourde.

b. La technique RAPD (Marqueurs ADN polymorphe amplifié aléatoire)

Elle consiste en l'amplification par PCR de fragments de l'ADN génomique en utilisant des amorces arbitraires de taille courte (10 pb). Une amorce RAPD permet généralement l'amplification d'une dizaine de fragments correspondant à des locus dominants. Les produits d'amplification sont généralement visualisés par électrophorèse sur gel d'agarose. Le polymorphisme décelé est dû à des mutations soit dans les régions amplifiées soit au niveau des sites de fixation des amorces.

Cette technique est simple, rapide et ne nécessite ni un marquage radioactif ni une connaissance préalable de la séquence nucléotidique. Néanmoins, la RAPD manque de reproductibilité puisqu'elle est très sensible à la concentration de l'ADN et aux conditions d'amplification. (Williams et al., 1990).

c. La technique A F L P (Marqueurs Polymorphisme de longueur de fragment d'amplification)

Développée par (Vos et al ., 1995), l'AFLP est fondée sur la mise en évidence conjointe de polymorphisme de sites de restriction et d'hybridation d'amorces arbitraires. Cette technique utilise à la fois les enzymes de restriction et l'amplification PCR. L'ADN génomique est clivé par deux enzymes de restriction. Les fragments sont séparés par électrophorèse sur

gel d'acrylamide dénaturant puis visualisés par coloration au nitrate d'argent ou révélés grâce à un marquage radioactif ou fluorescent.

Cette technique est puissante, stable et rapide. En outre, l'AFLP ne nécessite aucune connaissance préalable de séquences du génome de la plante étudiée ni la construction des banques génomiques, à l'encontre des SSR ou des RFLP.

5.2.4. Marqueurs du polymorphisme nucléotidique SNP

Les récents progrès en matière d'analyse de séquences d'ADN et la mise au point de méthodologies à haut débit ont rendu possible l'identification et l'analyse de la variation nucléotidique à grande échelle.

Les SNP sont des variations naturelles qui ne concernent qu'un seul nucléotide dans une séquence donné. Comparés aux autres marqueurs moléculaires, les SNP présentent l'avantage l'une répartition homogène dans tout le génome et d'être excessivement nombreux. Ce nombre élevé permet donc potentiellement la création de cartes génétiques à très haute densité. L'accumulation récente des données de génomes complément séquencés, de séquences génomiques ainsi que de séquences codantes a permis de développer des marqueurs SNP chez plusieurs génomes végétaux comme le blé (Somers et al. 2003) et le maïs. Ils ont jusqu'à présent généralement été détectés en tant que marqueurs dominants et utilisés pour la construction des cartes génétiques et physiques ainsi que pour étudier la phylogénie, la diversité génétique et le déséquilibre de liaison.

Les SNPs actuellement sont utilisé en phytopathologie pour la détection de polymorphisme moléculaire ainsi que la détection des mutations ponctuelles (Lamour et al., 2006, Lee et al., 2010, Patel et al., 2011). Il existe actuellement de nombreuses techniques visant à mettre en évidence la présence de SNP dans l'ADN, telle que le Séquençage complet du génome, puces à ADN, TaqMan.

La PCR de l'allèle spécifique (AS-PCR), qui fournit les résultats de marqueurs dominants dont il n'est pas possible de discriminer les individus homozygotes et hétérozygotes, la séquence polymorphe amplifiée clivée (CAPS), avec le séquençage concourent les méthodes de bases du génotypage par les SNP. Or la séquence clivée prend beaucoup de temps et ile est couteuse.

La détection de l'allèle SNP s'effectue après une amplification d'un locus cible avec des amorces spécifiques

Matériels et méthodes

I. MATÉRIEL VÉGÉTAL

Cette étude a été menée sur 48 lignées du blé tendre. *Triticum aestivum L.*, (2n = 6x = 42, génome AABBDD). Ce lot inclut 27 populations d'origine locale, qui constituent le matériel de base des biologistes et des sélectionneurs permettant ainsi de trouver les gènes d'intérêt pour mieux comprendre la nature de la diversité et pour l'utiliser plus efficacement, dont 11 provenant du centre international pour l'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) et 16 variétés de différentes origines nationales et internationales, et 21 variétés améliorées, anciennes et récentes, inscrites au catalogue officiel national. Toutes ces variétés ont été cultivées dans le domaine du centre international de la recherche agricole dans les zones arides ;

Tableau 2 : liste de variétés locales et améliorées du blé tendre étudiées et leur origine.

variétés améliorées	**accessions locales**	
Nom de la variété marocaine	Nom de la variété	Origine
Potam	USG3555	USA
Amal	Chinese Spring	Chine
Rajae	2715	Ourzazat
Marchouch	2731	Tiznit
Salama	2738	Errachidia
Jouda	2747	Fes
Khair	2749	Agadir
Saba	2756	Marrakech
Achtar	2787	Beni Mellal
Nasma	2793	Meknes
Massira	2826	Khenifra
Ramdani	2833	Oujda
Sais	CWI21183, CWI21855, CWI9952 , CWI9873, CWI439, BW32952 , BW15832 BW588 , BW6274, CWI22612 , CWI22365	CIMMYT
Aguilal	PI263416 , PI263417	Algérie
Tilila	PI410896	Algérie
Acsad-59		
Arrehane		
Kharouba		
Mehdia		
Kanz		
Baraka		

II. SITE D'EXPÉRIMENTATION

L'expérimentation a été conduite sur les terres de la station expérimentale, Marchouch, appartenant au centre international de la recherche agricoles dans les zones arides(ICARDA)

Le site expérimental est situé aux coordonnées géographiques de 33°33' 38. 2 ''N 6°41'24.7''W, à une latitude de 33.65°, une longitude de -6.72° et altitude de 398 m au-dessus du niveau de la mer. Son climat appartient à un bioclimat subhumide marocain. Il est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle à long terme de l'ordre de 403,9 mm sachant que la compagne agricole 2017/2018 est caractérisée par une année pluvieuse dont les précipitations, jusqu'au 9 mai ont atteint 522 mm, avec des températures moyennes annuelles allant de -1.7 °C à 8.3 °C (minima) et de 19.8°C à 37.6 °C (maxima).

Les conditions climatiques de la compagne agricole 2017-2018 sont présentées dans la figure 5

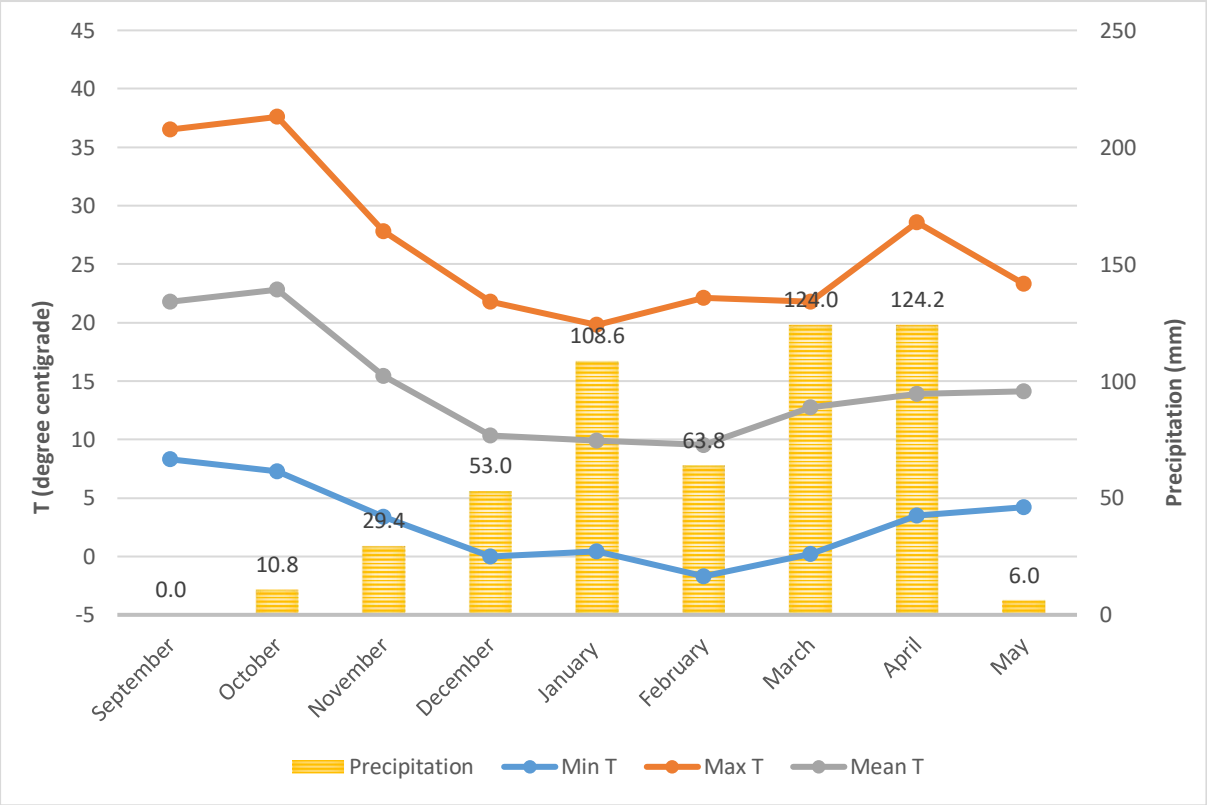


Figure 5 : Données météorologiques de la station expérimentale « Marchouch » en 2017-2018.

Min T : température minimale, Max T : température maximale, Mean T : Température moyenne

III. PARCELLE ÉTUDIÉE

Les échantillons sont distribués sur des parcelles composées de 3 lignes chacune. Ces lignes sont de 1m de long et elles sont espacées de 60cm.

Les variétés locales et les variétés améliorées sont cultivées sur le même endroit et dans des conditions similaires.

Figure 6 : Vue du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur le site de recherche de Marchouch.

IV. CARACTÉRISATION PHÉNOTYPIQUE

Les données ont été enregistrées pour les stades phénologiques suivants : la hauteur de la plante, la longueur de l'épi et de la barbe, la maturité physiologique, la température de la canopée, le nombre d'épi par plante et le nombre de talles.

1. Etude phénologique

5.3. Stade Epiaison (EPS)

La durée de la phase végétative est déterminée en nombre de jours calendaires comptés à partir du 6^{éme} jour de décembre à la date de réalisation de 50% de l'épiaison. La date d'épiaison est indiquée par la sortie des barbes de la gaine de la dernière feuille complètement développée. Cette phase est indicatrice du degré de précocité.

Figure 7 : observation sur terrain du stade épiaison.

5.4. Stade Anthèse (AS)

Cette étape prend autour de 3-5 jours après l'apparition de la première anthère. Les anthères apparaissent pour la première fois comme des fleurons au milieu de la pointe et sont ensuite extrudé au-dessus et au-dessous du centre. Typiquement, la date de la mi-anthèse est enregistrée, qui est définie comme la date à laquelle 50% des pointes ont extrudé leurs anthères. Les anthères sont d'origine jaune et deviennent blanches avec l'âge.

Figure 8 : observation sur terrain du stade anthèse.

5.5. Remplissage des graines

Les mesures sont prises à mi- grain, lorsque 50% des grains sur les pointes ont atteint le stade « lait moyen ».

L'évaluation a été réalisée en pressant les grains entre l'index et le pouce pour dégager l'endosperme en développement. Il commence comme fluide laiteux, le grain progresse à travers le stade du lait et de la pâte et devient dur lorsque la teneur en eau diminue.

Figure 9 : différentes étapes du remplissage du grain.

5.6. Stade maturation

C'est quand le grain atteint le poids sec maximum et le grain devient viable. Il est déterminé lorsque 50% des pédoncules sont mûrs (c'est-à-dire jaunes), et à ce point, les glumes (qui sont fréquemment la dernière partie de la plante à sénescence) perdront également leur couleur. La mesure est effectuée par évaluation visuelle de parcelle entière.

Figure 10 : observation sur terrain du stade maturité.

2. Etude morphométrique :

2.1. Hauteur de la Plante (HTR)

La hauteur de la plante a été prise du sol au sommet de strate moyenne des épis avant la récolte des essais. Elle est mesurée à maturité en centimètre (Figure 11), les épis et les barbes non inclus.

2.2. – Longueur de l'épi

Nous avons choisi 2 épis représentatifs, pour chaque variété, et nous avons mesuré chacun à partir de la base de l'épi jusqu'à son extrémité hormis les barbes (Figure 12). Les mesures sont prises après le stade de maturité des, elles sont exprimées en cm.

2.3. Longueur de la barbe

Pour chaque parcelle élémentaire, nous avons mesuré la longueur de la barbe, en centimètres, de 10 épis pris au hasard.

Figure 11 : mesure prise pour la hauteur de la paille.

Figure 12 : mesure de longueur de l'épi.

2.4. Le nombre de talles herbacées par plante

Il est déterminé par comptage direct de talles herbacées de chaque génotype, à partir du stade 4 feuilles jusqu'à la fin de tallage on déduit ensuite la moyenne des talles herbacées par plante (figure 13).

Figure 13 : détermination du nombre de talles herbacées par plante.

V. Caractérisation physiologique

➢ La température de la canopée (T, °C)

La température de surface du couvert végétal est une caractéristique physique de la plante influencée par la contrainte hydrique. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour estimer et mesurer la température d'un couvert végétal, cependant l'utilisation de la télédétection infrarouge thermique est celle qui semble offrir des voies prometteuses. Elle présente l'avantage de la rapidité et de la facilité d'acquisition, nécessaire pour un diagnostic hydrique. Ceci a conduit au développement de plusieurs indicateurs de stress hydrique basés sur la relation qui existe entre la température, les propriétés optiques des végétaux et leur état hydrique.

Elle est mesurée après le stade épiaison à deux dates différentes, les 13ème et 27ème jour. Les mesures sont faites entre 10h00 et 14h00 à l'aide d'un thermomètre portable à infrarouge (figure 14), qui permet la mesure directe et facile sans interférer avec le matériel végétal

Figure 14 : thermomètre infrarouge.

Figure 15 : appareil de mesure de la température ambiante.

VI. CARACTÉRISATION PATHOLOGIQUES

La plupart des cultures sont soumises aux dommages causés par les organismes nuisibles (champignons, bactéries, virus, nématodes). Ils peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à leurs expansions.

Une évaluation de parties de plantes affectées, estimation des causes et des dégâts sont nécessaire. Cette évaluation a été réalisée dans le but de déterminer la réaction des deux séries de variétés à la rouille jaune puis à la septoriose.

VII. CARACTÉRISATION GÉNOTYPIQUE

1. COLLECTE DES FEUILLES

Afin d'étudier la diversité génotypique des lignées du blé tendre, le choix de feuilles collectées s'est basé sur deux critères très importants, les feuilles doivent être jeune et indemne de toute maladie.

La collecte de 48 accessions est réalisée à l'aide d'un perforateur de trous (Figure 16), deux disques de 1.5 cm de diamètre, de chaque lignée ont été récupérés dans une plaque de collecte Captiva contenant 96 puits (Figure 17) selon le plan présenté sur la figure 18. Une étape de

désinfection a été réalisée après le prélèvement de chaque échantillon. Ces échantillons doivent être intacts du sol afin d'éviter une contamination par adhésion de particules de terre.

Figure 16 : perforateur de trous utilisé pour collecter les feuilles.

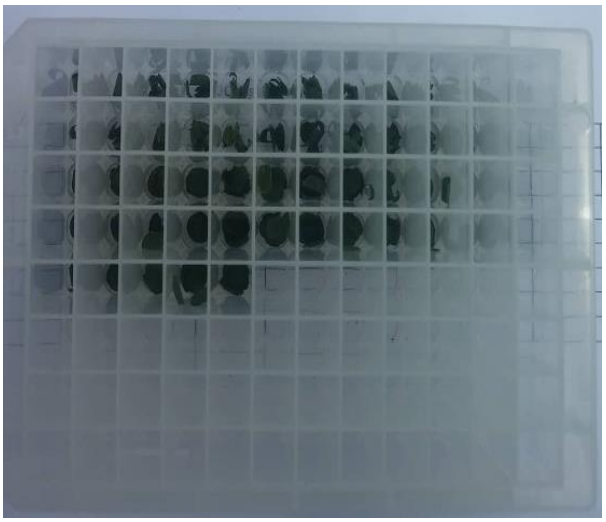


Figure 17 : plaque captiva intertek.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
C	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
D	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Figure 18 : plan de la plaque captiva intertek.

2. Congélation

Les plaques contenant les échantillons sont fermés par ses couvertures et bien emballées dans des sacs de congélation. Elles ont ensuite été conservées à -80°C afin d'empêcher toute dénaturation possible.

3. Lyophilisation

Un procédé de séchage à froid a été réalisé à l'aide de lyophilisateur suite à une sublimation dont la température et la pression sont contrôlées pendant 72h.

4. Analyse via les tests de génotypage KASP,m

L'étude a été menée en collaboration avec le laboratoire Intertek en Suède, elle porte sur l'analyse de la diversité génétique et l'identification de lignées améliorées et de lignées locales en réponse aux tests de génotypage de type KASP. Ces tests sont basé sur la PCR compétitive spécifique à l'allèle et permettant la notation bi-allélique des polymorphismes mono-nucléotidiques (SNP) et des insertions/délétions (InDels) à des loci spécifiques.

Le mélange KASP assay, spécifique au SNP, et le mélange KASP Master universel, qui contient de la solution de taq polymérase, de dNTP et des composantes principales de la PCR sauf l'ADN et les amorces, sont ajoutés aux échantillons de l'ADN.

Une réaction de cyclage thermique est ensuite effectuée suivie d'une lecture fluorescente au point final.

La discrimination bi-allélique est obtenue grâce à la liaison compétitive des deux amorces directes spécifiques aux allèles. Si le génotype d'un SNP donné est homozygote, seul l'un des deux signaux fluorescents possibles sera généré. Si le génotype est hétérozygote, un signal fluorescent mixte sera généré.

Afin de réaliser cette analyse, 10 marqueurs de type SNP ont été impliqués. Chacun d'eux est associé à un gène d'intérêt, codant des caractéristiques détectables, présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : gènes d'intérêt et marqueurs impliqués dans l'analyse génotypique.

Gène	Catégorie	nom de SNP	Chr.	SNP / Indel
Lr34	Rouille	Lr34_TCCIND	7DS	TCC In/Del
Sr2	Rouille	Sr2_ger9 3p	3BS	G/A
Lr68	Rouille	Lr68-2	7BL	C/T
Rht-B1	hauteur de la plante	Rht-B1_SNP	4B	C/T
Rht-D1	hauteur de la plante	Rht-D1_SNP	4D	G/T
Lr19/Sr25	Rouille	TAKS002324 (Sr25)	7AL	C/T
Lr67	Rouille	Lr67_TM4	4DL	G/C
Sr22	Rouille	Sr22_A_AL-Sus-T	7A	T/A
Lr46	Rouille	Lr46_SNP1G22		G/A
Lr37/Yr17/Sr38	Rouille	VPM_SNP	2AS	C/T

Chr. : Chromosome **; A**, **B**, et **D** : génomes du blé S : bras court du chromosome L : bras long du chromosome ; InDel : Insertion/délétion.

Tableau 4 : phénotype associé aux différents gènes d'intérêt.

SNP/Indel	Allèle	Phénotype associé	SNP/Indel	Allèle	Phénotype associé
Ins	Lr34-	Sensible	Del	Lr34+	Résistant
G	Sr2-	Sensible	A	Sr2+	Résistant
T	Lr68+	Résistant	C	Lr68-	Sensible
C	Rht-B1a	longue	T	Rht-B1b	semi-naine
G	Rht-D1a	Longue	T	Rht-D1b	semi-naine
C	Lr19/Sr25-	Sensible	T	Lr19/Sr25+	Résistant
C	Lr67+	Résistant	G	Lr67-	Sensible
T	Sr22-	Sensible	A	Sr22+	Résistant
G	Lr46-	Sensible	A	Lr46+	Résistant
T	VPM+	Résistant	C	VPM-	Sensible
SNP/Indel	Allèle	Phénotype associé	SNP/Indel	Allèle	Phénotype associé
Ins	Lr34-	Sensible	Del	Lr34+	Résistant
G	Sr2-	Sensible	A	Sr2+	Résistant
T	Lr68+	Résistant	C	Lr68-	Sensible
C	Rht-B1a	longue	T	Rht-B1b	semi-naine
G	Rht-D1a	Longue	T	Rht-D1b	semi-naine
C	Lr19/Sr25-	Sensible	T	Lr19/Sr25+	Résistant
C	Lr67+	Résistant	G	Lr67-	Sensible
T	Sr22-	Sensible	A	Sr22+	Résistant
G	Lr46-	Sensible	A	Lr46+	Résistant
T	VPM+	Résistant	C	VPM-	Sensible

IV. Analyse des Résultats :

L'analyse des résultats a été réalisée sur le site www.wessa.net, qui permet de classer les variétés, selon une même affinité, dans des classes homogènes.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. CARACTÉRISATION PHÉNOTYPIQUE

1. CARACTÈRES PHÉNOLOGIQUES

Les paramètres phénologiques d'adaptation ou bien les paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales. En jouant avec ces paramètres, il est possible d'éviter la coïncidence des phases critiques du cycle avec les dates d'occurrence maximales de certains accidents climatiques.

1.1. Stade épiaison

Cette phase est observée sur une période allant de 92 à 135 jours chez les variétés locales et de 94 à 112 jours chez les variétés améliorées qui se sont montrées plus précoces.

Pour les lignées locales, la durée la plus élevée est observée chez les génotypes L9, L13 et L14 dont la durée est de 135 jours. La plus courte durée est enregistrée chez les génotypes : L25, L26 et qui ont montré une durée allant de 92 à 94 jours (tableau 5).

D'après les résultats obtenus (Tableau 5) et (Figure19 et 20), de différentes phases du développement des deux séries de variétés étudiées, 3 classes peuvent être déterminées pour chaque série de variétés :

- **Pour les lignées locales**
  - Classe 1 : regroupant les lignées ayant une période d'épiaison entre 92 et 110 jours qui sont L3, L4, L5, L11, L12, L15, L19, L20, L21, L23, L24, L25, L26 et L27. Ces lignées sont très précoces présentant une date d'épiaison similaire à celle des lignées améliorées ;
  - Classe 2 : de 110 à 130 jours, où il y a un décalage dans la réalisation de l'épiaison par rapport à la première classe et elle regroupe L1, L2, L6, L7, L8, L10, L17, L18 et L22., présentant un léger retard dans la réalisation des étapes du cycle végétative, avec une période d'épiaison variant de 110 jusqu' à 130 jours.
  - Classe 3 : regroupe les lignées locales représentant un nombre de jours à l'épiaison très élevé qui dépasse 130 jours. L9, L13, L14 et L16 sont considérées tardives.

d. **Pour les variétés améliorées**, nous pouvons également classer les échantillons en 3 classes :

- Classe 1 : regroupant les lignées ayant une période d'épiaison entre 94 et 100 jours qui sont V13, V14, V16, V17, V18,V19, V20 et V21.

- Classe 2 : généralement précoces par rapport aux lignées locales, avec une période d'épiaison variant de 100 jusqu'à 105 jours. Cette classe regroupe V1, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, et V15.
- Classe 3 : regroupe la plus tardive parmi les 21 variétés étudiée. C'est la variété V2 qui a besoin de 112 jours pour arriver à l'épiaison.

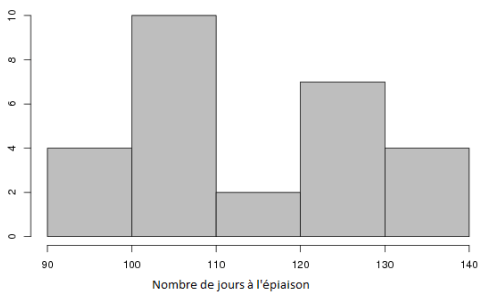


Figure 19 : épiaison des lignées locales répartis en différentes classes (jours).

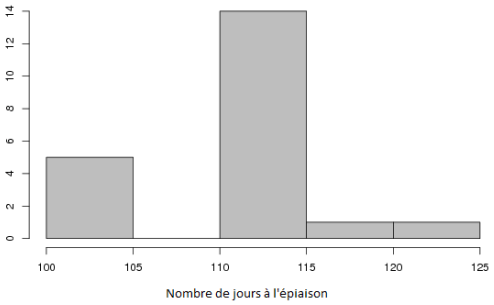


Figure 20 : épiaison des lignées améliorées répartis en différentes classes (jours).

En moyenne, les accessions améliorées ont un cycle d'épiaison de 101 jours. La plus précoce entre en épiaison à partir de 94 jours après le semis et la plus tardive à 112 jours.

Les lignées locales se sont montrées tardives par rapport aux populations améliorées, avec une moyenne de 114 jours (tableau 5).

- **Tableau 5 : résultats de l'étude phénologique des deux séries de variétés exprimés en jours (jrs).**

	Variétés locales					Variétés améliorées			
Variété	épiaison	remplissage	maturité	anthèse	Variété	épiaison	anthèse	remplissage	maturité
L1	128	142	161	135	**V1**	104	114	137	149
L2	117	142	160	126	**V2**	112	123	142	167
L3	105	142	155	119	**V3**	102	112	135	163
L4	104	135	153	112	**V4**	102	110	135	165
L5	105	142	155	114	**V5**	102	110	131	167
L6	128	142	165	139	**V6**	102	110	133	165
L7	128	142	165	137	**V7**	104	114	135	165
L8	123	142	155	135	**V8**	104	110	131	167
L9	135	159	150	140	**V9**	105	114	135	165
L10	128	159	165	139	**V10**	104	110	135	165
L11	104	165	149	110	**V11**	102	110	135	165
L12	105	167	149	115	**V12**	102	110	137	165
L13	135	159	157	142	**V13**	96	104	137	165
L14	135	159	157	142	**V14**	96	104	137	165
L15	102	137	157	117	**V15**	102	110	135	165
L16	134	159	165	142	**V16**	100	110	135	165
L17	128	142	165	137	**V17**	94	102	142	155
L18	121	142	155	135	**V18**	105	117	142	165
L19	105	142	165	124	**V19**	100	110	131	153
L20	100	133	159	108	**V20**	94	102	142	157
L21	100	127	155	104	**V21**	94	102	142	155
L22	111	142	159	121					
L23	94	142	155	102					
L24	106	142	157	121					
L25	92	142	149	102					
L26	92	142	153	102					
L27	94	127	149	124					

Le choix du cycle de végétation est donc très 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 apparait 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., 1998a). Ali Dib, (1992) ; Ben Salem et al., (1997); Bouzerzour et al., (1998a) indiquent que le sens de sélection est dirigé vers une plus grande précocité d'épiaison pour améliorer les productions des zones sèches.

1.2. STADE MATURITÉ

Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (Gate, 1995).

Chez les variétés locales, le nombre de jours à la maturité varie entre 149 et 165 jours avec une moyenne de l'ordre de 157. Or, les populations améliorées, arrivent au stade de la maturité au minimum après 149 jours de la date de semis et au maximum après 167 jours (tableau 5).

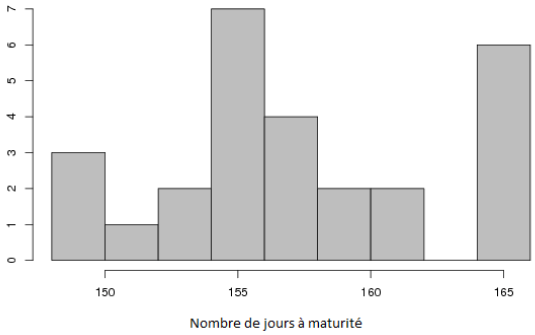


Figure 21 : nombre de jours à maturité de lignées locales (jours).

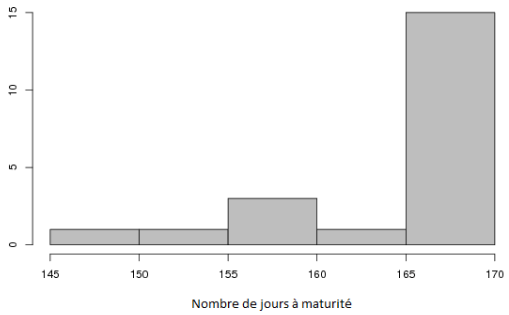


Figure 22 : nombre de jours à maturité de lignées améliorées (jours).

En se basant sur le nombre de jours à maturité (figures 21 et 22), On peut définir 3 classes :

- **Les lignées locales**
  - Classe 1 : regroupe la catégorie des variétés les plus précoces à la maturité parmi les lignées locales étudiées, une période d'épiaison entre 149 et 155 jours est nécessaire pour se montrer matures. Ces variétés sont représentées par : L4, L9 L11, L21 L25 et L27.
  - Classe 2 : la période de maturité varie de 155 à 160 jours. Cette classe regroupe la grande partie des échantillons locaux étudiés : L2 L3 L5 L8 L12 L13 L14 L15 L18 L20 L22 L23 L24 et L26.
  - Classe 3 : regroupe les variétés L1, L6, L7, L10, L16, L17 et L19 qui présentent une maturité qui dépasse les 160 jours.

- **Les variétés améliorées**
- Classe 1 : regroupant les variétés ayant une période d'épiaison entre 145 et 155 jours et qui sont V1, V17 et V19
- Classe 2 : regroupe les variétés qui ont atteint la maturité entre 155 et 160 jours. Ce sont V2 et V21.
- Classe 3 : la période de maturité varie de 160 à 170 jours. Cette classe regroupe V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16 et V18. C'est la catégorie qui rassemble le nombre le plus important des échantillons améliorés étudiés.

Au niveau de la phénologie, les lignées nationales améliorées ont tendance à atteindre le stade d'épiaison bien avant les populations locales. Cependant, pour le caractère de la maturité, on note une légère différence entre les lignées améliorées et les lignées locales étudiées.

Des résultats similaires ont été notés dans les travaux de Chentoufi *et al.* (2014) sur la précocité à l'épiaison et celle à la maturité sont souvent utilisées par les améliorateurs comme critère de sélection, étant donné que ce sont des paramètres de tolérance et d'adaptation aux contraintes climatiques (Ali Dib *et al.*, 1992 ; Wardlaw et Moncur, 1995).

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, etc.) (Monneveux, 49 1997 ; Megherbi *et al.*, 2012). Toutefois, les variétés tardives, comme c'est le cas des populations locales, sont plus adaptées aux zones à printemps froid (Oudjani, 2009).

2. Caractères morphométriques

2.1. Hauteur de la plante

La hauteur des plantes varie de 66 cm à 138.33 cm chez les lignées locales. Les lignées améliorées se caractérisent par une taille réduite, par rapport aux lignées locales, qui varie de 76 cm à 102.33 cm. Les variétés locales et les variétés améliorées ont une hauteur moyenne estimée de 112 cm et 92.5 cm respectivement (tableau 6).

En fonction de la valeur de la hauteur de plante (figures 23 et 24), on distingue 3 classes :

- **Les variétés locales** :
  - Classe 1 : regroupe les variétés dont la hauteur du chaume varie entre 60 et 80 cm. Ces variétés apparaissent courtes : L4 et L5.
  - Classe 2 : la hauteur de la plante est comprise entre 90 cm et 120 cm, rassemble les variétés semi-naines et ce sont les variétés les plus abondantes dans notre étude. Elle rassemble L1, L2, L3, L5, L11, L12, L14, L19, L20, L21, L23, L24, L25, L26 et L27.
  - Classe 3 : les variétés d'une hauteur variant de 120 jusqu'à 140 cm, elles sont considérées longues qui sont L6, L7, L8, L9, L10, L13, L16, L17, L18 et L22.
- **Les variétés améliorées** :

  Les variétés améliorées sont toutes classées dans la catégorie des semi-nains, cependant, on peut les classer selon leur hauteur en trois classes :
  - Classe 1 : regroupe les variétés dont la hauteur du chaume varie entre 75 et 85 cm. Et qui sont : V1, V18 et V19.
  - Classe 2 : rassemble les variétés dont la hauteur de la plante est comprise entre 85 cm et 95 cm, et ce sont les variétés : V3, V5, V8, V9, V11, V12, V15, V16, V17, V20 et V21.
  - Classe 3 : les variétés d'une hauteur variant de 95 jusqu'à 105 cm et qui sont V2, V4, V6, V7, V10, V13 et V14.

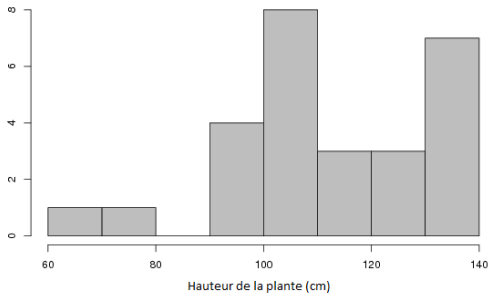


Figure 23 : hauteur des lignées locales (cm).

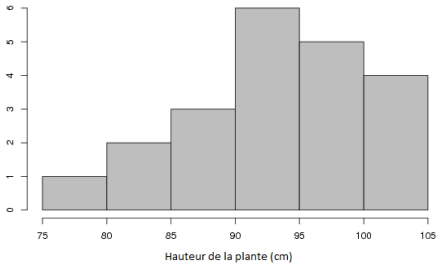


Figure 24 : hauteur des lignées améliorées (cm).

La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important**, (**Mekliche, 1983) trouve une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille : les plantes courtes sont plus productives que les plantes à paille haute. Ceci s'exprime que les premières ont une capacité de tallage importante, chaque talle va s'allonger et mettra une

inflorescence et ce qui augmente le peuplement épi, par conséquent, on assiste à un accroissement du rendement.

Il est à noter que la hauteur élevée des pailles constitue un avantage important en favorisant une bonne résistance à la sécheresse, ceci s'expliquerait d'une part, par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure (Bagga et al. ,1970)**,** d'autres part, selon Monneuveux et al., (1986)**,** c'est grâce au constituant glucidique qu'elle conserve et que contribuent à l'élaboration de la matière sèche des grains en cas de déficit hydrique.

Fisher et Maurer (1978) mentionnent que les blés hauts ont un indice de sensibilité à la contrainte hydrique plus faible comparativement aux blés nains et semi - nains.

L'inconvénient de cette hauteur élevée de paille est le risque de la verse mécanique causée par les vents violents et les pluies torrentielles. Ceci implique que la réduction de la taille des plantes est un caractère intéressant pris en compte durant la réalisation d'une sélection conservatrice, ce qui explique la taille réduite des lignées améliorées par rapport aux lignées locales.

Tableau 6 : caractères morphométriques étudiés.

	variétés locales						variétés améliorées				
	HP	LE	LB	E/P	T/P		HP	LE	LB	E/P	T/P
L1	97	6	5	9	9	V1	76	8	7	8	7
L2	110	9	0	10	8	V2	98	10	4,5	8	8
L3	96	9	5	9	9	V3	90	9	5	6	6
L4	79	7	5	5	9	V4	100	8,5	4	9	9
L5	104	10	10	6	4	V5	94	11	5,5	9	8
L6	132	12	9	8	7	V6	101	12	7	8	7
L7	137	14	7	10	8	V7	97	10	5	13	10
L8	136	10	10	11	10	V8	93	7	7,5	12	11
L9	138	10	8	13	11	V9	88	10	7	11	7
L10	131	9	7	10	8	V10	96	11	8	12	8
L11	102	11	9	12	11	V11	91	8	6	11	7
L12	106	15	10	10	5	V12	95	12	6	6	4
L13	132	10	0	9	9	V13	102	12	6,5	8	7
L14	116	10	0	9	7	V14	100	10	6,5	6	5
L15	66	7	12	7	7	V15	87	10	4,5	7	7
L16	121	10	0	9	7	V16	93	9	7	6	6
L17	135	15	10	13	12	V17	93	10	5,5	6	5
L18	126	14	9	6	5	V18	81	10	5,5	10	7
L19	102	10	7	4	4	V19	84	11	4	6	5
L20	98	8	4	7	7	V20	95	11	6	5	5
L21	104	9	5	9	7	V21	88	11	7	8	7
L22	127	9	15	5	5						
L23	98	14	6	7	5						
L24	112	10	0	6	6						
L25	106	8	0	8	8						
L26	106	8	0	10	9						
L27	102	7	7	7	7						

HP : hauteur de la plante, **LE** : longueur de l'épi, **LB** : longueur de la barbe, **E/P** : nombre d'épi par plante, **T/P** : nombre de talles par plante

2.2. Longueur de l'épi

La longueur de l'épi se situe entre 7 cm et 12 cm chez les variétés améliorées, avec une moyenne de 7cm. Les lignées locales ont enregistré des valeurs minimales et maximales de 6 cm et 15 cm respectivement dont la moyenne est égale à 7 cm (tableau 6).

En se basant sur la longueur de l'épi (figures 25 et 26), 3 classes peuvent être définies :

- **Les lignées locales** :
  - Classe 1 : la longueur de l'épi varie entre 6 et 8 cm. Regroupe L1, L4, L9, L10, L15, L20, L25, L26et L27.
  - Classe 2 : la longueur de l'épi varie de 8 à 12 cm, elle rassemble L2, L3, L5, L6, L8, L11, L12, L13, L14, L16, L19, L21, L22 et L24.
  - Classe 3 : les variétés d'une longueur d'épi variant de 12 jusqu'à 15 cm sont L7, L17, L18 et L23.

- **Les variétés améliorées** :
- Classe 1 : la longueur de l'épi varie entre 7 et 8 cm. Elle rassemble V1 et V8
- Classe 2 : la longueur de l'épi varie de 8 à 10 cm, elle rassemble V2, V3, V4, V11, V14, V15, V16, V17 et V18
- Classe 3 : les variétés d'une longueur d'épi variant de 10 jusqu'à 12 cm sont V5, V6, V7, V9, V10, V12, V13, V19, V20 et V21.

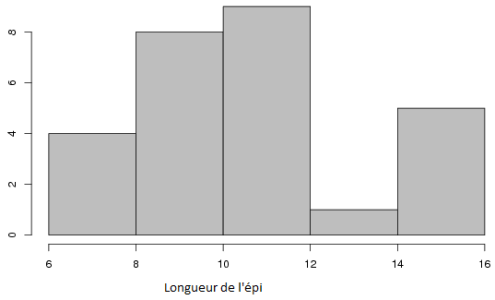


Figure 25 : longueur d'épi des lignées locales (cm).

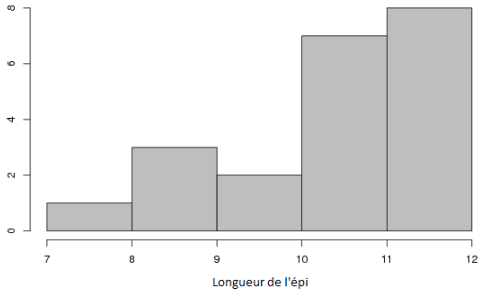


Figure 26 : longueur d'épi des lignées améliorées (cm).

D'après Febrero et al., (1990), l'épi a une fonction photosynthétique importante au cours du remplissage du grain. En cas de stress hydrique, il participe même plus activement à la photosynthèse que la feuille étendard (Johanson et Moss, 1976) en raison de la sénescence des feuilles, des caractéristiques particulières de son fonctionnement photosynthétique (Febrero et al., 1990) et en particulier de sa transpiration élevée (Blum, 1985), de la proximité source puit (Carre et Wardlaw, 1985) et de la meilleure capacité d'ajustement osmotique de l'épi (Morgan, 1984).

Le rôle essentiel des épis (et en particulier des glumes) en tant qu'organes photosynthétiques a enfin été confirmé chez le blé à l'aide de la méthode de discrimination isotopique de carbone (Romagosa et Araus, 1990).

2.3. Longueur de la barbe

La valeur la plus élevée est enregistrée par la variété locale L25 avec une longueur de 15 cm et par la variété améliorée V10 avec une longueur de 8 cm. Des variétés locales sont dépourvues de la barbe, la valeur la plus faible est enregistrée par les variétés améliorées 4 et 19 (4 cm).

Nous avons pu distinguer, la subdivision des différentes variétés en différentes classes.

- **Les lignées locales** :
  - Classe 1 de 0 à 5 cm : regroupe L1, L2, L3, L4, L13, L14, L16, L24, L25 et L26.
  - Classe 2 de 5 à 10 cm : rassemble L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L17, L18, L19, L23 et L27.
  - Classe de 10 à 15 cm : regroupe les variétés L15, L22.
  -
- **Les variétés améliorées** :
- Classe 1 de 0 à 5 cm : regroupe V2, V4, V5, V10, V14, V15, V16, V18, V19, V20, V25, V26 et V27.
- Classe 2 de 5 à 10 cm : rassemble les variétés L1 L3 L6 L7 L8 L9 L12 L13L21 L22 L24
- Classe 3 de 10 à 15 cm : regroupe les variétés V8, V9, V11, V12, V13, V17, et V23.

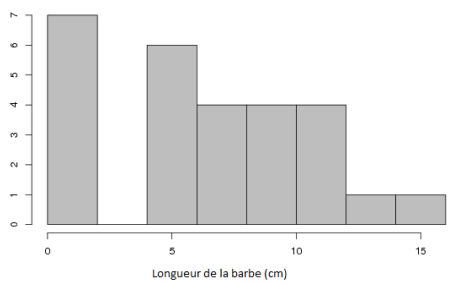


Figure 27 : longueur de la barbe de lignées locales (cm).

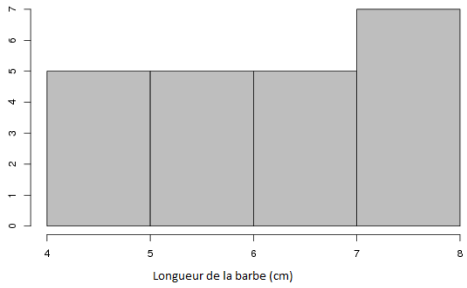


Figure 28 : longueur de la barbe de lignées améliorées (cm).

La photosynthèse, chez les génotypes barbus comparativement aux génotypes glabres, est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures lors du remplissage des grains (Fokar & al, 1998).

Grignac (1965) indique que les blés barbus sont les plus résistants au déficit hydrique. En effet, la présence des barbes joue un rôle important dans le remplissage du grain : lors de cette phase, la photosynthèse est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures chez les génotypes barbus comparativement aux génotypes glabres (Fokar et al. ,1998). Par conséquent, les variétés améliorées semblent être plus résistantes au stress hydrique par rapport aux lignées locales étudiées.

2.4. Nombre d'épi par plante

Le nombre d'épi par plante se situe entre une valeur de 4 et 13 chez les variétés locales, avec un nombre moyen chez cette série qui est égal à 7. Les lignées améliorées ont enregistré les mêmes valeurs que les lignées locales.

En fonction du nombre d'épi par plante (tableau 6), on distingue les classes suivantes :

- **Les lignées locales** :
  - Classe 1 : regroupe les variétés dont le nombre d'épi varie entre 4 et 7 qui sont : L4, L5, L15, L18, L19, L20, L22 et L24.
  - Classe 2 : regroupe les variétés dont le nombre d'épis varie entre 7 et 10 qui sont : L1, L2, L3, L6, L13, L14, L16, L21, L23, L25 et L27.
  - Classe 3 : regroupe les variétés dont le nombre d'épi varie entre 10 et 13 qui sont : L7, L8, L9, L10, L11, L12, L17 et L26.
- **Les variétés améliorées** :
  - Classe 1 : regroupe les variétés dont le nombre d'épi varie entre 4 et 7 qui sont : V3, V12, V14, V15, V16, V17 et V19.
  - Classe 2 : rassemble les variétés dont le nombre d'épi varie entre 7et 9 qui sont : V1, V2, V6, V13 et V21
  - Classe 3 : rassemble les variétés ayant un nombre d'épi variant de 9 à 13 : V4, V5, V7, V8, V9, V10, V11 et V18.

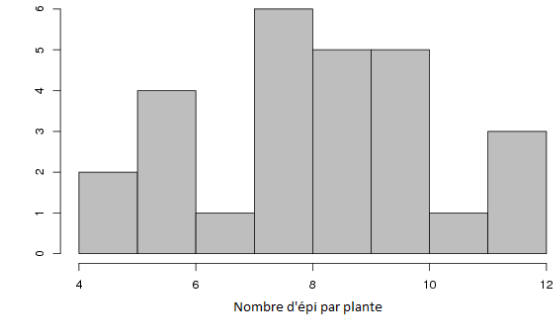


Figure 29 : nombre d'épi par pied chez les variétés locales.

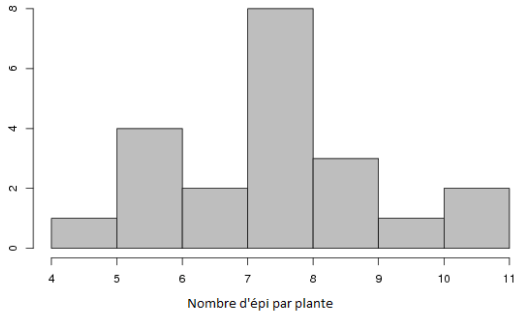


Figure 30 : nombre d'épi par pied chez les variétés améliorées.

2.5. Nombre de talles herbacées par plante

Le tallage est un caractère variétal, qui en conditions favorables, pourrait renseigner sur le potentiel des variétés (Bennaceur et al. ,1997).

En fonction du nombre de talles par pied (tableau 6), on distingue les classes suivantes :

- **Les lignées locales** :
  - Classe 1 : regroupe les variétés dont le nombre de talles varie entre 4 et 8 talles qui sont : L5, L6, L10, L12, L14, L15, L18, L19, L20, L21, L22, L23, et L24.
  - Classe 2 : regroupe les variétés dont le nombre de talles varie entre 8 et 12 talles qui sont : L1, L2, L3, L4, L7, L8, L9, L11, L13, L25 et L27.
  - Classe 3 : seule la variété L17 a un nombre de talles supérieur à 12.
- **Les variétés améliorées** :
  - Classe 1 : regroupe les variétés dont le nombre de talles varie entre 4 et 8 talles qui sont : V1, V18 et V19.
  - Classe 2 : rassemble les variétés dont le nombre de talles varie entre 8 et 12 talles qui sont : V3, V5, V7, V8, V9, V11, V12, V15, V16, V17, V20 et V21.

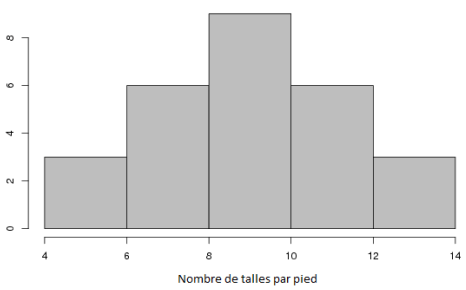


Figure 31 : nombre de talles par pied chez les variétés locales.

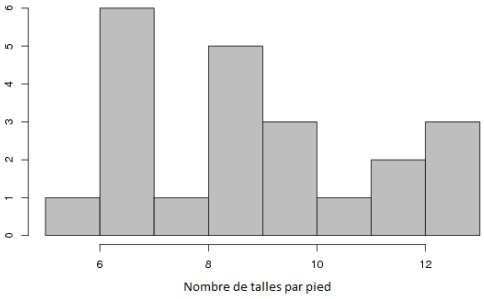


Figure 32 : nombre de talles par pied chez les variétés améliorées.

Djedid et Ait challal (1998), Daaloul et al., (1990) in Anonyme (2000) II, ont montré que le tallage à un effet direct sur le rendement, car chaque talle doit porter une inflorescence en présence de bonne conditions de culture (fertilisation azoté, écartement entre les plantes et également la fertilité du sol.

DJTAR (1988) montre que le nombre de talles par pied est fortement influencé par les doses d'azote, et les densités de semis, plus le semis est clair plus le tallage est important (effet de concurrence entre les plants), la fertilité du sol intervenant également. JONARD (1964).

II. CARACTÉRISATION PHYSIOLOGIQUE

La température de surface du couvert végétal est une caractéristique physique de la plante influencée par la contrainte hydrique.

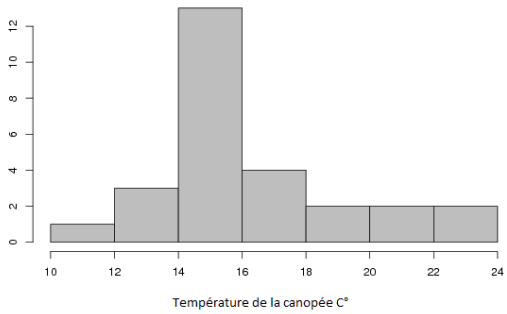


Figure 33 : température de canopée mesurée chez les lignées locales. (°C).

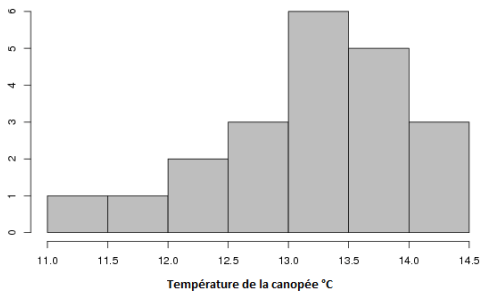


Figure 34 : température de canopée mesurée chez les lignées améliorées. (°C).

Nous répartissons chaque série de variétés en3 classes en fonction de leur température de canopée (figures 33 et 34).

- Les lignées locales :
  - Classe 1 : regroupe les variétés dont la température varie entre 10 et 14. Ces variétés sont L4, L11, L21 et L27.
  - Classe 2 : la température de la canopée varie de 14 à 18°C. Cette classe rassemble la grande partie des échantillons locaux étudiés : L2, L3, L5, L8, L12, L13, L14, L15, L18, L20, L22, L23, L24, et L26.
  - Classe 3 : regroupe les variétés L1, L6, L7, L9, L10, L16, L17, L19 et L25. Dont la température tend vers une valeur élevée. (>18°C)

- Les variétés améliorées :
- Classe 1 :[11-12.5 °C] regroupant les lignées ayant une période d'épiaison entre 145 et 155 jours qui sont V1, V17 et V19
- Classe 2 : [12.5-13.5 °C] regroupe V2 et V21.
- Classe 3 : [13.5-14.5 °C] Cette classe regroupe V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16 et V18.

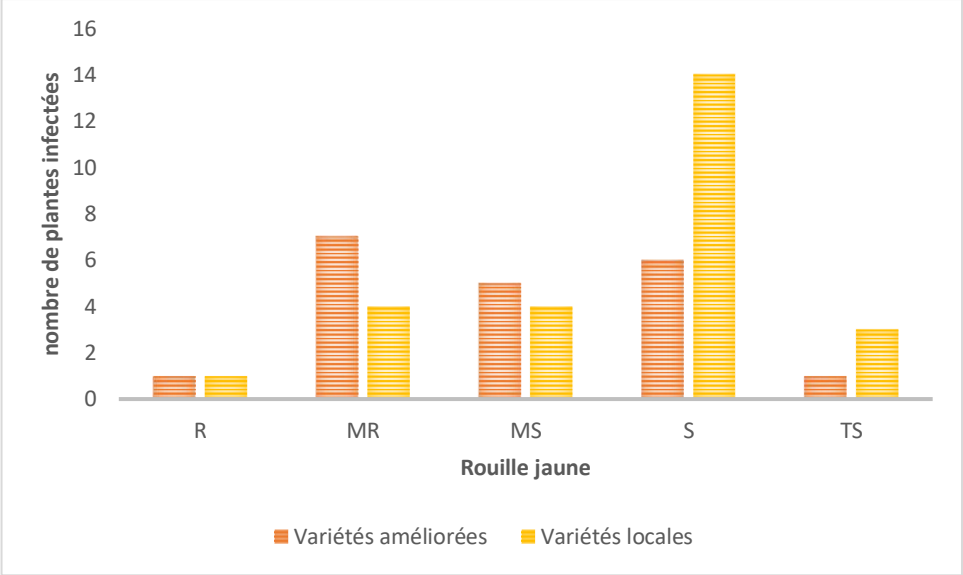
La grande partie des lignées locales présentent des températures de canopée comprises entre 14 et 16 °C. Cependant la température de la canopée des lignées améliorées ne dépasse pas 14.5°C.

Selon Dakheel et al., (1993), la capacité des plantes à maintenir une température foliaire basse est une indication de leur grande capacité à extraire l'eau du sol et à se rafraîchir par transpiration. Ces variétés maintiennent une activité photosynthétique élevée autorisant un rendement plus élevé, sous stress terminal.

III. CARACTÈRES PATHOLOGIQUES

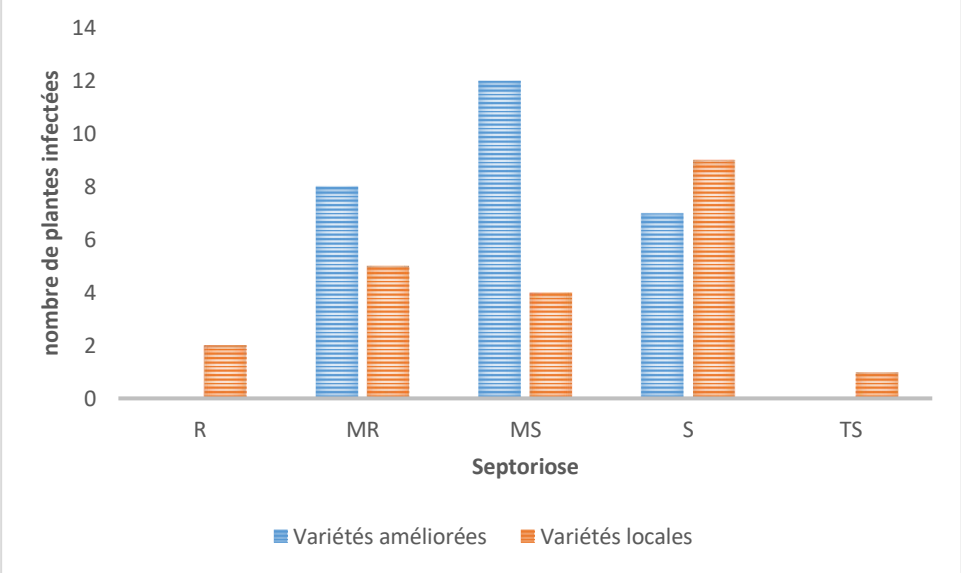
Afin d'étudier la réponse aux maladies de différentes variétés d'intérêt, des observations sur terrain ont été mené sur le degré de résistance à la rouille jaune et à la septoriose.

Selon le degré de sensibilité ou de résistance, nous avons classé nos échantillons en 5 classes différentes pour chacune des maladies (figures 35 et 36) et (tableau 7).



R : résistante **MR** : moyennement résistante **MS** : moyennement sensible **S** : sensible **TS** : très sensible

Figure 35 : réponse des feuilles de variétés locales et de variétés améliorées du blé tendre à l'infection par la rouille jaune.



R : résistante **MR** : moyennement résistante **S** : sensible **MS** : moyennement sensible **TS** : très sensible

Figure 36 : réponse des feuilles de variétés locales et de variétés améliorées du blé tendre à l'infection par la septoriose.

Tableau 7 : degré de résistance et de sensibilité des échantillons à la rouille jaune et à la septoriose.

	Variétés locales		variétés améliorées	
	Rouille jaune	Septoriose	Roille jaune	septoriose
R	L22	0	V6	V8, V18
MR	L3, L14, L23, L24, L25	L11, L12, L14, L15, L17, L21, L22, L26	V1, V8, V10, V11, V18, V19, V21	V3 V5 V7 V10 V17
S	L2, L3, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L18, L20, L24, L27	L3 L4 L7 L13 L16 L18 L27	V2 V4 V7 V9 V14 V15	V1, V3, V5, V9, V11, V13, V15, V16, V21,
MS	L1, L17, L21, L27	L1, L2, L5, L6, L8, L9, L10, L19, L20, L23, L24, L25, L26	V3 V5 V13 V16 V17 V20	V6 V12 V19 V20
TS	L13, L16, L20		V12	V14

En se basant sur les observations sur terrain du degré de résistance à la rouille jaune et à la septoriose a mené à une subdivision des échantillons en 5 groupes différents selon le degré de résistance et sensibilité (Figure 35 et 36) et (Tableau 7).

- **Les lignées locales**
  - Le premier groupe est composé d'une seule lignée **résistante** à la rouille jaune(L22) cependant aucune lignée étudiée n'est résistante à la septoriose.
  - Le groupe des lignées **moyennement résistantes** : comprend 5 lignées moyennement résistantes à la rouille jaune (L3, L14, L23, L24, L25) et 8 lignées moyennement résistantes à la septoriose. Ces lignées montrent quelques traces de la rouille jaune et de la septoriose.
  - Les lignées locales **moyennement sensibles** à la rouille jaune et à la septoriose sont respectivement L1, L17, L21, L27 et L1, L2, L5, L6, L8, L9, L10, L19, L20, L23, L24, L25, L26. Ces lignées présentent une certaine tolérance aux deux maladies observées.
  - Les lignées locales **sensibles** à la rouille jaune sont L1, L17, L21, L27, et à la septoriose sont L3 L4 L7 L13 L16 L18 L27.
  - Les lignées locales L13, L16, L20 sont **très sensibles** à la rouille jaune.

- **Les variétés améliorées**
  - Le premier groupe est composé d'une seule variété **résistante** à la rouille jaune (V6). Cependant les variétés V8 et V18 sont résistantes à la septoriose.

- Le groupe de variétés **moyennement résistantes** : comprend V1, V8, V10, V11, V18, V19, V21 moyennement résistantes à la rouille jaune et V3 V5 V7 V10 V17 moyennement résistantes à la septoriose. Ces variétés montrent quelques traces de la rouille jaune et de la septoriose.
- Les variétés améliorées **moyennement sensibles** à la rouille jaune et à la septoriose sont respectivement V3 V5 V13 V16 V17 V20 et V6 V12 V19 V20. Ces variétés présentent une certaine tolérance aux deux maladies observées.
- Les variétés **sensibles** à la rouille jaune sont V2 V4 V7 V9 V14 V15, et à la septoriose sont V1, V3, V5, V9, V11, V13, V15, V16, V21
- La variété améliorée V12 est **très sensible** à la rouille jaune, or la variété très sensible à la septoriose est V14.

IV. CARACTÈRES GÉNOTYPIQUES

Les résultats obtenus ci-dessous révèlent des différences génétiques hautement significatives en indiquant la présence ou l'absence des différents gènes d'intérêt dans notre étude, qui sont de deux types : gènes de résistance aux maladies et principalement les rouilles (lr34/ Yr17/Sr38, Lr37, Lr19/Sr25, Lr67, Lr68, Lr46, Sr2, et Sr22) et gènes du nanisme (Rht-B1 et Rht-D1).

1. GÈNE DE NANISME RHT-B1

Le gène du nanisme Rht porté sur le chromosome B1 est composé de deux allèles T :T dont leur présence indique que la plante possède le caractère de la hauteur de la plante qui est semi nanisant

D'après les résultats génotypique obtenus, et parmi les lignées locales étudiées, seulement 3 lignées qui possède le gène Rht-B1 (L1, L13 et L18). Cependant, 10 variétés améliorées sont dotées des allèles T : T (V6, V7, V9, V11, V15, V16, V17, V18, V19 et V21) Toutes ces variétés sont considérés semi-naines.

2. GÈNE DE NANISME RHT-D1

Sa présence aussi est indiquée par les deux allèles T : T, il diffère du gène Rht-B1 par sa position chromosomique et il est non transmissible d'une génération à l'autre.

Parmi les lignées locales étudiées, celles qui possèdent le gène Rht-D1 sont : L2, L3, L9, L10 et L17.les variétés V2, V3, V8, V10, V13 et V20 sont les variétés améliorées possédant le gène Rht-D1.

Notons qu'aucune variété étudiée ne possède les 2 gènes nanisant simultanément. Sinon nous aurons une plante de taille très réduite, ce qui est un caractère non désirable.

Rappelons que les variétés semi-naines obtenues suite à une caractérisation morphologique sur terrain sont : L1, L2, L3, L5, L11, L12, L14, L19, L20, L21, L23, L24, L25, L26 et L27. Les variétés améliorées sont considérées toutes semi-naines.

Comparant les résultats génotypiques des résultats phénotypiques pour le caractère de la hauteur de plante, on déduit qu'elles sont similaires sauf pour :

- **Les lignées locales** L5, L11, L12, L14, L19, L20, L21, L23,L24, L25 et L26 qui sont apparues semi-naines mais elles n'ont aucun des deux gènes responsable au nanisme.
- **Les lignées améliorées (**V1, V4, V5, V12 et V14) phénotypiquement semi-naines, sont dépourvues de gènes Rht-B1 et Rht-D1.

Et par conséquent, les lignées locales L1, L2, L3 et L27 apparaissent avantagées et peuvent être inclues dans des programmes d'amélioration à travers des croisements ciblés pour leur caractère du nanisme.

,

3. GÈNE DE RÉSISTANCE À LA ROUILLE JAUNE ET BRUNE ET AU MILDIOU LR 34 /YR 17/SR 38 /PM

Le symbole (-:-) ou la notation 'délétion' indiquent la présence du gène de résistance aux rouilles jaunes et brunes et au mildiou. La notation 'insertion' montre l'absence du pack génétique constitué de Lr 34 /yr 17/Sr 38 /Pm.

Les résultats génotypiques montrent la résistance, aux rouilles et au mildiou, des lignées locales L2, L23 et L25. Les variétés améliorées possédant ces gènes sont V6, V11, V16, V17, V18, V19 et V21.

La caractérisation phénotypique de séries de variétés étudiées a montré la résistance de lignées locales qui sont L3, L14, L22, L23, L24 et L25 et de variétés améliorées suivantes : V6 V8, V10, V11, V18, V19 et V21.

Comparant les études phénotypiques et génotypiques, les lignées locales L23 et L25 et les variétés améliorées V6, V11, V18, V19 et V21 présentent une meilleure résistance à la rouille jaune et noir et au mildiou.

4. GÈNE DE RÉSISTANCE À LA ROUILLE NOIRE SR2

La présence des deux allèles A:A indique la présence du gène Sr2 dans la plante considérée. Ce gène de résistance à la rouille noire constitue un caractère intéressant, qui peut être inséré dans des programmes d'amélioration végétale.

Aucune variété des deux séries étudiées ne possède le gène Sr2.

5. GÈNE DE RÉSISTANCE AUX ROUILLES BRUNE, JAUNE ET NOIRE LR37/YR17/SR38

Le pack génétique Lr37/ Yr17 et Sr 38 est codé par les allèles T : T. Seules les variétés améliorées V12 et V14 sont dotées de ce gène de résistance.

6. GÈNE DE RÉSISTANCE À LA ROUILLE BRUNE LR68

La présence du gène Lr68 est indiquée par la présence des allèles T : T. les lignées locales ayant la résistance à la rouille brune sont L4, L6 et L14. Cependant seule la variété améliorée V5 y possèdent.

7. GÈNE DE RÉSISTANCE À LA ROUILLE BRUNE LR 19

Sa présence est marqué par les deux allèles T: T dans notre étude, seules les lignées L19, L21 et la variété V1 apparaissent résistantes à la rouillé brune codée par le gène Lr68.

8. GÈNE DE RÉSISTANCE À LA ROUILLE BRUNE ET NOIRE LR67

Les allèles C : C sont indicateurs d'une résistance à la rouille brune et noire. Leur présence implique la présence du gène Lr67. Chez la plupart des variétés les allèles C : C sont substitués des allèles G : G.

Aucune variété étudiée ne semble être résistance à la rouille brune et noire codées par Lr67.

9. GÈNE DE RÉSISTANCE À LA ROUILLE NOIRE SR22

Pour que ce gène soit présent, une présence des allèles A : A est nécessaire. Ce gène est absent chez toutes les variétés étudiées, les allèles sont substitués par les allèles T : T.
La variété V12 ne présente aucune information sur ce gène, ni absence ni présence.

10. GÈNES DE RÉSISTANCE À LA ROUILLE BRUNE LR46

La présence de ce gène implique la présence des allèles A:A. il est l'un des gènes les plus recherchés avec Lr34, Sr2 et Lr67, il est présent chez toutes les variétés étudiées à l'exception

de 3 variétés améliorées (V13, V16 et V21) et de 7 lignées locales (L7, L11, L12, L14, L15, L17 et L22).

Tableau 8 : Récapitulatif des caractères phénotypique désirés chez les lignées et las variétés étudiées.

Phénotype désiré	**Listes des lignées locales**	**Phénotype désiré**	**Liste des variétés améliorées**
Hauteur de plante réduite (semi-naine)	L1, L2, L3, L5, L11, L12, L14, L19, L20, L21, L23, L24, L25, L26 et L27	Hauteur de plante (semi-naine)	V1, V4, V5, V12 et V14
Longueur de l'épi (long)	L7, L17, L18 et L23.	**Longueur de l'épi (**long)	V5, V6, V7, V9, V10, V12, V13, V19, V20 et V21.
longueur de la barbe (longue)	L15, L22	**longueur de la barbe (**longue)	V8, V9, V11, V12, V13, V17, et V23
Nombre d'épis par plante elevé	L7 L8 L9 L10 L11 L12 L17 L26	**Nombre d'épis par plante** élevé	V4, V5, V7, V8, V9, V10, V11 et V18
Epiaison (précoce)	L3 L4 L5 L11 L12 L15 L19 L20 L21 L23 L24 L25 L26 etL27	**Epiaison** (précoce)	V13, V14, V16, V17, V19, V20 et V21.
Maturité (très Précoce)	L4 L9 L11 L21 L25 et L27	**Maturité (**très Précoce)	V1, V17 et V19
Rouille jaune (R/MR)	L3 L14 L22 L23 L24 et L25	**Rouille jaune** (R/MR)	V6 V1, V8, V10, V11, V18, V19, V21
Septoriose (R / MR**)**	L11 L12 L14 L15 L17 L21 L22 L26	**Septoriose (**R / MR**)**	V8, V18, V3 V5 V7 V10 V17

Tableau 9 : Récapitulatif des caractères génotypiques désirés chez les lignées et les variétés étudiées.

Gènes d'intérêt	Liste des lignées locales	variétés améliorées
Rh-tB1 **Rht-D1** semi nanisme	L2, L3, L9, L10 et L17	V6, V11, V16, V17, V18, V19 et V21.
LR34 et LR46	L23 et L25, L7, L11, L12, L14, L15, L17 et L22	V6 V1, V8, V10, V11, V18, V19, V21
Lr68	L4, L6 L14 L19, L21	V8, V18, V3 V5 V7 V10 V17

Selon les résultats phénotypiques 55.55 % des lignées locales ont été regroupé dans le groupe des semis nain le critère de choix des agriculteurs et sélectionneurs résistant à la verse et divers type de maladies avec une production en grains élevée. 14% des lignées possèdent un épi long et 7.4% des lignées ont une longue barbe.

La précocité à l'épiaison est présente chez 51.85% des lignées locales, cependant la précocité à la maturité est de 22.22% de ces lignées.

Les observations sur terrain ont montré que 22% de lignées étudiées sont résistantes à la rouille jaune et que 29.62% sont résistantes à la septoriose.

Les résultats génotypiques montre que 18.5 % des lignées locales possèdent les gènes du nanisme ciblés Rht-B1 et Rht-D1 et que 33.33% des lignées possèdent les gènes Lr34 et Lr46.

Conclusion

L'étude phénotypique de différents paramètres phénologiques, morphologiques, agronomiques et physiologique liés à l'adaptation aux contraintes climatiques a permis de montrer la capacité des lignées locales, à présenter une meilleure hauteur de plante spécialement chez les lignées L2, L3 et une longueur de barbes élevée Cette aptitude d'adaptation observée constitue une base pour les programmes d'amélioration variétale qui permettront de continuer à apporter de nouvelle variétés et d'enrichir l'agriculture nationale.

Ensuite, cette étude s'est fixée comme objectif de déterminer les gènes de résistance à la rouille jaune et à la septroriose, deux maladies les plus abondantes chez le blé tendre, ou encore les gènes du nanisme responsables à la taille réduite de plantes.

Les variétés améliorées sont choisis à la base des caractères désirables qu'elles possèdent, ce qui permet une révélation des caractères phénotypiques et génotypiques des lignées locales en comparant ces deux séries de variété. Les centres de recherches ont entrepris avec le Maroc des programmes d'amélioration de blé en se basant sur les populations locales, à base génétique large, afin d'identifier des génotypes dotés de caractères d'adaptation aux conditions locales et de résistances aux maladies pour les incorporer dans les programmes de sélection au Maroc

Il est possible d'utiliser de façon très large des ressources génétiques puisées dans les populations locales, les variétés nationales ou dans les lignées internationales, afin d'agir rapidement par un changement de variété en cas de nouveau stress biotique ou d'une nouvelle demande du marché (Lang et Bedö, 2004).

Les résultats phénologiques obtenus permettent d'identifier des lignées précoces à l'épiaison et à la maturité. Les résultats morphologiques dont les paramètres étudiés ont révélé une différence entre les lignées locales et les variétés améliorée.

Les résultats obtenus pour le gène de résistance à la rouille jaune, brune et au mildiou Lr34 montrent la résistance de lignées locales qui sont L3, L14, L22, L23, L24 et L25 et de variétés améliorées suivantes : V6 V8, V10, V11, V18, V19 et V21.

Comparant les études phénotypiques et génotypiques, les lignées locales L23 et L25 et les variétés améliorées V6, V11, V18, V19 et V21 présentent une meilleure résistance à la rouille jaune et noir et au mildiou.

L'ensemble des résultats obtenus a permis une bonne compréhension de la structuration de la diversité actuelle du blé dur au Maroc. En effet, il s'est avéré que les activités d'amélioration menées chez le blé dur au niveau du bassin méditerranéen ont essentiellement marqué une augmentation des paramètres de rendement (De Vita *et al.,* 2007; Royo *et*

al.,2008), la précocité, une taille réduite et une meilleure croissance végétative (Alvaro *et al*.,2008).

Les informations recueillies à partir des résultats de cette étude sont intéressantes pour des programmes de conservation de la diversité génétique et de l'amélioration du blé tendre

En perspective, il serait souhaitable d'évaluer un intérêt important de l'amélioration de la qualité technologique (DeVita et al., 2007). Suite à l'évolution constante des procédés de transformation du blé dur une réévaluation régulière des différents paramètres de qualité est exigée, de manière à s'adapter aux préférences changeantes des consommateurs et aux nouvelles technologies de transformation. D'où l'intérêt d'entamer une analyse plus poussée des différents paramètres physico-chimiques influençant la qualité technologique du blé tendre.

Références bibliographique

Acevedo, E. (1989) Improvement of winter wheat crops in Mediterranean environments use of yield, morphological traits. In: Physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments. Les Colloques 55: 273-305. 4.

Ali Dib T. (1992). Contribution à l'effet de la tolerance à la sécheresse chez le blé dur (Triticum durum Desf.). Etude de la diversité des caractères phénologiques et morphophysiologiques d'adaptation. Doctorat d'Etat, Université Montpellier, 186p.

Anonyme, 2008. Les céréales en egypte ancienne.

Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P. & Royo C. (2002). Plant breeding in Cereals: what

Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Hassous, K. S. (2005) Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.), cultivars under semi arid conditions. *Pak. J. Agro*, 4: 360-365.

Baldy, C., Ruelle, P., & Fernandes, A. (1993). Résistance à la sécheresse du sorgho-grain en climat méditerranéen. Sécheresse, 4: 85-93

Bammoun, 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

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/UREF), Orsay, 30 juin-3 juillet.

BENLARIBI M. (1990). Adaptation au deficit hydrique chez le blé dur (Triticum durum Desf.)études des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Constantine, 164p.

Blum, A. and Pnuel, Y. (1985). Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a mediterranean environment. *Aus. J. Agri. Res.,* 41 : 799-810.

Blum, A., & Ebercon, A. (1988). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science*, *21*(1), 43-47.

Bouzerzour, H., & Hafsi, M. (1993). Diagnostic du comportement variétal du blé dur dans les hautes pleines sétifiennes. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier, France. Ed. INRA. Paris. 64: 205-215.

Brancourt- Hulmel M. & Lecomte C. (1994). Sélection et stabilité du rendement chez le blé tendre d'hiver. *Agronomie,* **14 :** 611-625.

Chen P.D. & Gill B.S. (1984). The origin of chromosome 4A and the B and G genomes oftetraploid wheat. Acta Agronomica Sinica, 10: 146-153.

Clarke, J. M., McCraig, T. M. (1982) Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. Crop Sci, 22: 503 - 506.

Clement g. et PRATS J. 1970. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. Climatique. Editeur INRA Maroc, p5. Climatiques. Perspectives agricoles. 217 : 59-70. Complément du blé au niveau de la Mitidja. Thèse Ing. INA. El Harrach. 317p. culture de blé conduite en sec et en irrigué. Thèse Ing. INA El Harrach. P.10. d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya

Clement G. et Prats J., (1970). Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2éme Ed.351 p.

Clément-Grandcourt M. Prats J., (1971). Les céréales . collection d'enseignement agricole. J.B. Baillières et fils. PP 240-279

Croston R. P. et Williams J.T. (1981). A world survey of wheat genetic resources. IBRGR. Bulletin / 80/59, 37 p.

Ezzahiri B.,(2001). Diseases of wheat : identification, development factors and methods lute, No. 77, technology transfer in agriculture, bulletin mensuel d'Information et de laison du PNTTA, 4p.

FAO., (2011), Malgré les bonnes perspectives de production pour 2011, L'Algérie continue à importer du blé

Fischer, Maurer R. A. (1978) Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci*, 105: 447- 461.

Gate, P., 1995. Ecophysiologie du blé. De la plante à la culture. Lavoisier, Tec and Doc, Paris, 430p.

Grillot, G. 1948. Les blés du Maroc. La Terre Marocaine 224: 173-184.

Hamada Y. (2002). Evaluation de la variabilité génétique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre Triticum pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (Triticum durum Desf.). Thèse Magister. Université Mentouri Constantine, 167p.

Harlan J.R. (1975). Our vanishing genetics resources. Science, 188: 618-621.

http://museum.agropolis.fr/pages/expos/egypte/fr/cereales/genealogiebles/genealogie_fr.htm

Jlibene M. (2011). Options génétiques d'adaptation, du blé tendre au changement

Lery F. 1982. L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.

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) : 507-13.

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.Edi : INRA . 17 (4), 507-13p.

Morgante M., Olivieri AM. (1993). PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. Plant J. 3(1), p. 175–182.

Picard E. (1988). Sélection du blé. L'intégration des biotechnologies: 48-58

Qio Y., Zhang H., Dong B., Shi C., Li Y. & Zhai H. (2010). Effect of elevated CO2 concentration of growth and water use efficiency of winter wheat under two soil water regimes. Agricultural water Management,97:1742-1748.

should we breed for, Annual of Botanic, 89:925-940

Simmonds, N. W. (1991) Selection for local adaptation in a plant breeding programme,*Theor. Appl. Genet*, 82: 363-367.

Simmonds, N. W. (1991) Selection for local adaptation in a plant breeding programme,

Tardieu, F. (2003).Virtual plants: modeling as a tool for the genomic of tolerance to water deficit, Trends in Plant Sciences, 8: 9 -14.

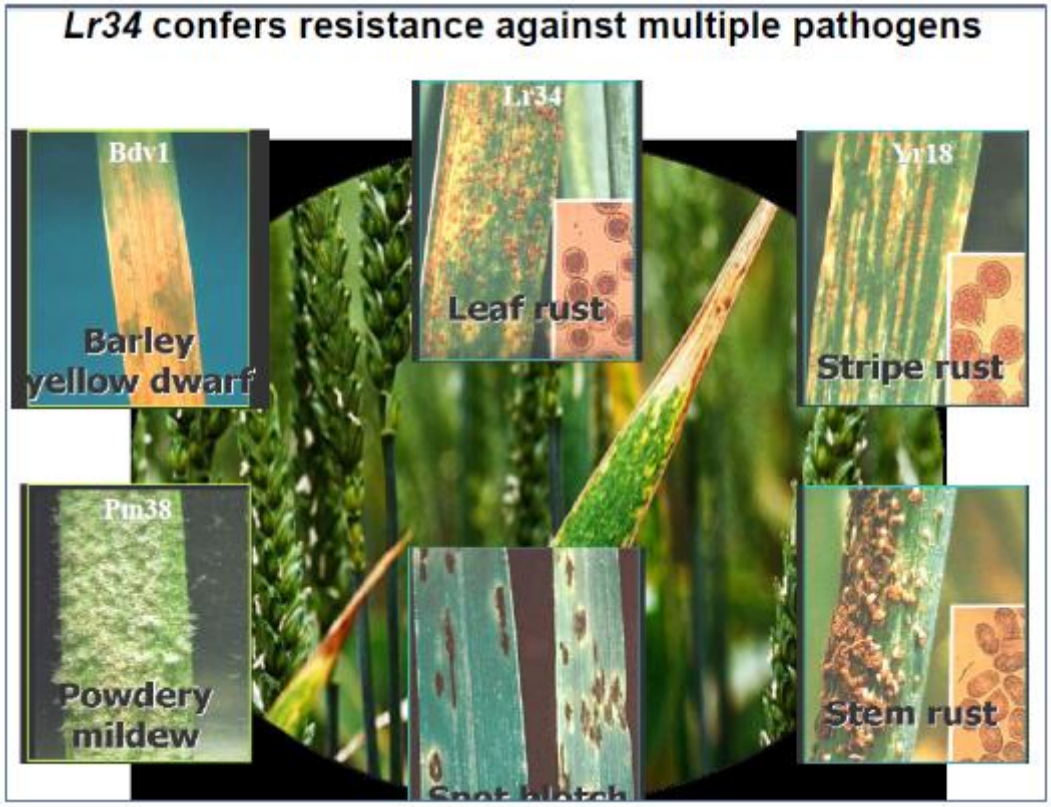
TerronesGavira F et Burny P., (2012). Evolution du marché mondial du blé au cours des cinquante dernières années. In "Céréales". ULg Gembloux Agro-Bio Tech et CRAW Gembloux. PP 9.

Annexes

Annexe 1 : Quelques variétés du blé tendre améliorées par l'INRA

Variétés	Productivité	Caractéristiques agronomiques	Réaction aux maladies	Caractéristiques technologiques
Amal (1993)	Rendement moyen : 41qx/ha Meilleur rendement 122 qx/h	Hauteur de la plante : 85 à 120 cm, selon les conditions. moyenne capacité de tallage, cycle à la maturité semi précoce, bonne résistance à la verse.	Bonne résistance à la rouille, Moyenne résistance à la septoriose, sensible à la cécidomyie	Poids du grain : 36.77 mg Taux de protéine : 12.67% Bonne valeur meunière
Rajae (1993)	Rendement moyen : 40 qx/ha	Hauteur de la plante: 75 à 105 cm, moyenne capacité de tallage, cycle à la maturité semi précoce, bonne résistance à la verse	Bonne résistance à la rouille, Moyenne résistance à la septoriose, sensible à la cécidomyie	Poids du grain : 39.31 mg Taux de protéine : 13.08% Bonne valeur meunière
Marchouch (1984)	Rendement moyen : 40 qx/ha Bonne stabilité, réponse aux introns moyenne	Hauteur de la plante: 80 à 115 cm, moyenne capacité de tallage, cycle à la maturité semi précoce, bonne résistance à la verse	Moyenne sensibilité à la septoriose, bonne résistance à la rouille brune et noire, résistance moyenne à la rouille jaune, sensible à la cécidomyie	Poids du grain : 43.55 mg Taux de protéine : 13.9% Bonne valeur meunière
Saba (1984)	Rendement moyen: 43qx/ha	Hauteur de la plante : (75 à 100cm) Capacité de tallage moyenne Cycle semi précoce bonne résistance à la verse	Sensibilité moyenne à la septoriose, bonne résistance à la rouille brune et noire, résistance moyenne à la rouille jaune, sensible à la cécidomyie.	Poids du grain : 41.65 mg Taux de protéine : 14% valeur meunière moyenne
Achtar (1988)	Rendement moyen: 45qx/ha	Hauteur de la plante : (75 à 115cm) Capacité de tallage moyenne Cycle semi précoce à semi tardif bonne résistance à la verse	Sensibilité moyenne à la septoriose, bonne résistance à la rouille brune et noire, résistance moyenne à la rouille jaune.	Poids du grain : 39.18 mg Taux de protéine : 13.4% Bonne valeur meunière
Massira	Rendement moyen: 46qx/ha	Hauteur de la plante : semi naine (85 à 110cm) Capacité de tallage moyenne Cycle semi précoce bonne résistance à la verse	résistance moyenne à la septoriose, bonne résistance à la rouille Bonne tolérance à la cécidomyie	poids du grain : 45.23 mg Taux de protéine : 13% Bonne valeur meunière
Sais (1985)	Rendement moyen: 42 qx/ha	Hauteur de la plante : (85 à 120cm) Capacité de tallage moyenne Cycle semi précoce bonne résistance à la verse	Sensibilité moyenne à la septoriose, bonne résistance à la rouille brune et noire, résistance moyenne à la rouille jaune, sensible à la cécidomyie.	Poids du grain : 49 mg Taux de protéine : 12.1% Bonne valeur meunière
Arrehane (1997)	Rendement moyen : meilleure variété en cas de cécidomyie	H=75,100 cm Capacité de tallage : moyenne Cycle à la maturité : précoce	Sensibilité moyenne à la septoriose, bonne résistance à la rouille brune et noire, résistance moyenne à la rouille jaune, très résistante à la cécidomyie (gène H5)	Poids du grain : 37.15 mg Taux de protéine : 12.91% valeur meunière moyenne
Mehdia (1993)	Rendement moyen: 45qx/ha Meilleur rendement 109 qx/ha	H=70,105 cm Capacité de tallage : moyenne Cycle à la maturité : semi précoce	Bonne résistance à la rouille Sensibilité à la septoriose et à la cécidomyie	Poids du grain : 35.50 mg Taux de protéine : 13.21% Bonne valeur meunière

Annexe 2 : Action du gène de résistance Lr34



Annexe 3 : marqueurs moléculaires utilisés

Comment Susanne	Global SNP-ID	Gene	Category	SNP name	Chr	SNP/Indel (Ref/Alt)	FAM primer
Good	.	*Lr34*	Rust	*Lr34_TCCIND*	7DS	TCC Ins/Del	GGTATGCCATTTAACATAATCATGAA
Good	wMAS000005	*Sr2*	Rust	*Sr2_ger93p*	3BS	G/A	GTGCGAGACATCCAACACTCAC
Good	.	*Lr68*	Rust	Lr68-2	7BL	C/T	CGTGTCTTGGACCTGAGCAAT
Good	wMAS000001	*Rht-B1*	Plant height	*Rht-B1_SNP*	4B	C/T	CCCATGGCCATCTCSAGCTG
Good	wMAS000002	*Rht-D1*	Plant height	*Rht-D1_SNP*	4D	G/T	CATGGCCATCTCGAGCTRCTC
Good	.	*Lr19/Sr25*	Rust	TAKS002324 (Sr25)	7AL	C/T	TTCATCAATTAACGAAGTCAAGTCG
Good	.	*Lr67*	Rust	Lr67_TM4	4DL	G/C	TCATCATCGGCAGGATCCTGCTTC
Good		*Sr22*	Rust	Sr22_A_AL-Sus-T	7A	T/A	TTACTCAATTACTTCCATAAGTTCCTACT
false positives, not fully tested		*Lr46*	Rust	Lr46_SNP1G22		G/A	ACCCATGGCTTTGGCTCCG
Good	.	*Lr37/Yr17/Sr38*	Rust	*VPM_SNP*	2AS	C/T	CGCCGTTCCGAAYACGAGA

SNP/Indel	Allele	Associated phenotype	SNP/Indel	Allele	Associated phenotype	Direccion	Dominance
Ins	*Lr34-*	Susceptible	Del	*Lr34+*	Resistant	R	Co-dominant
G	*Sr2-*	Susceptible	A	*Sr2+*	Resistant	R	Co-dominant
T	*Lr68+*	Resistant	C	*Lr68-*	Susceptible	F	Co-dominant
C	*Rht-B1a*	Wild type	T	*Rht-B1b*	Dwarf	R	Co-dominant
G	*Rht-D1a*	Wild type	T	*Rht-D1b*	Dwarf	R	Co-dominant
C	*Lr19/Sr25-*	Susceptible	T	*Lr19/Sr25+*	Resistant	R	Co-dominant
C	*Lr67+*	Resistant	G	*Lr67-*	Susceptible	.	Co-dominant
T	Sr22-	Susceptible	A	Sr22+	Resistant	.	Co-dominant
G	Lr46-	Susceptible	A	Lr46+	Resistant	F	Co-dominant
T	*VPM+*	Resistant	C	*VPM-*	Susceptible	R	Co-dominant

Annexe 4 : résultats génotypiques

	Rht-B1	*Rht-D1*	Lr34	Sr2	*Lr37/Yr17/ Sr38*	*Lr68*	*Lr19/Sr25*	Lr67	*Sr2 2*	Lr4 6
	T:T	T:T	-:-	A:A	T:T	T:T	T:T	C:C	A:A	A:A
Var										
1	C:C	?	Ins	?	C:C	C:C	T:T	?	T:T	A:A
2	C:C	T:T	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
3	C:C	T:T	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
4	C:C	T:G	-:-	G:G	C:C	C:T	T:C	G:G	T:T	A:A
5	C:C	T:T	Ins	?	C:C	T:T	T:C	G:G	T:T	A:A
6	T:T	G:G	-:-	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
7	T:T	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
8	C:C	T:T	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
9	T:T	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	?	T:T	A:A
10	C:C	T:T	Ins	?	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
11	T:T	G:G	-:-	?	C:C	?	T:C	G:G	T:T	A:A
12	C:C	G:G	?	?	T:T	?	?	?	?	?
13	C:C	T:T	Ins	A:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G
14	C:C	?	?	?	T:T	?	?	?	?	?
15	T:T	G:G	Ins	A:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
16	T:T	G:G	-:-	?	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G
17	T:T	G:G	-:-	G:G	C:C	C:C	T:C	?	T:T	A:A
18	T:T	G:G	-:-	G:G	C:T	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
19	T:T	G:G	-:-	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
20	C:C	T:T	INSERTION:INS ERTION	A:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
21	T:T	G:G	-:-	G:G	C:C	C:C	T:C	?	T:T	G:G
22	T:T	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
23	Uncallabl e	T:T	Ins	A:G	C:C	C:C	T:C	?	T:T	A:A
24	C:C	T:T	Ins	?	C:C	?	T:C	G:G	T:T	A:A
25	C:C	G:G	Ins	?	C:C	T:T	T:C	?	T:T	A:A
26	C:C	?	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
27	C:C	G:G	Ins	?	C:C	T:T	T:C	G:G	T:T	A:A
28	C:C	G:G	inéligible	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G
29	C:C	T:G	Ins	?	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
30	C:C	T:T	Ins	?	C:C	C:C	T:C	?	T:T	A:A
31	C:C	T:T	Ins	?	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
32	C:C	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G

33	C:C	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G
34	T:T	?	?	?	C:C	C:C	T:T	?	T:T	A:A
35	C:C	G:G	Ins	?	C:C	T:T	T:C	G:G	T:T	G:G
36	C:C	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G
37	C:C	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
38	C:C	T:T	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G
39	T:T	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
40	C:C	?	?	?	C:C	C:C	T:T	?	T:T	A:A
41	C:C	?	?	?	C:C	C:C	inéligible	?	T:T	A:A
42	C:C	?	?	?	C:C	C:C	T:T	?	T:T	A:A
43	C:C	G:G	-:-	?	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	G:G
44	C:C	G:G	**-:-**	?	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
45	C:C	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	?	T:T	A:A
46	C:C	G:G	**-:-**	?	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A
47	C:C	G:G	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	?	T:T	A:A
48	C:C	T:T	Ins	G:G	C:C	C:C	T:C	G:G	T:T	A:A

كلية العلوم و التقنيات فاس
ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵉⵜ ⵏ ⵜⵙⵎⵓⵜⵜⵉⴳⵉⵏ ⴷ ⵜⵉⵜⵉⴽⵏⵉⵜⵉⵏ
Faculté des Sciences et Techniques de Fès

جامعة سيدي محمد بن عبد الله
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

Master Sciences et Techniques
Gestion et Conservation de la Biodiversité

Résumé

BRAHMI Soukaina
2017-2018
Titre : Caractérisation phénotypiques et génotypiques de cultivars et de variétés locales du blé tendre (*triticum aestivum)* via les SNPs

Afin de préserver, restaurer et valoriser la diversité du matériel génétique disponible, il faut d'abord étudier ses caractéristiques génétiques qui sont matérialisées extérieurement par les caractères phénotypiques représentés par la morphologie, la phénologie et la physiologie, dont la connaissance constitue un préalable à l'amélioration variétale.

Notre étude porte sur l'analyse de la diversité spécifique par l'étude des caractères phénotypiques et génotypiques via les marqueurs moléculaires de type SNPs, d'une série de variétés améliorées et de variétés locales du blé tendre (*Triticum aestivum)*. Il s'agit d'évaluer les caractères de production et d'adaptation afin de reconnaitre ces ressources génétiques et de situer les particularités avant de se lancer dans les programmes d'amélioration.

Le double objectif à atteindre est de mieux comprendre les mécanismes d'adaptation établis par les plantes en vue de s'acclimater avec les conditions de l'environnement et, d'autre part, de montrer la discrimination des différents pools génétiques et les particularités de chaque série de variétés.
L'expérimentation des caractères phénotypique s'est déroulée au champ des domaines expérimentaux de Marchouch, pendant la compagne agricole 2017-2018.

L'analyse génotypique s'est réalisée en collaboration avec le laboratoire Intertek en suède, il adopte la chimie de génotypage "KASP basée sur la PCR compétitive spécifique à l'allèle.10 marqueurs de type SNP ont été impliqués. Chacun d'eux est associé à un gène d'intérêt qui sont de deux types : gènes de résistance aux maladies et principalement la rouille et gènes da nanisme, à savoir (Lr34, Sr2, Lr68, RhtB1, RhtD1, Lr19/sr25, Lr67, Sr22, Lr46 et Lr37/Yr17, Sr38) ;

Les études conduites ont fait apparaître des différences significatives entre les 2 séries de variétés pour certains caractères.

<u>Mots-clés</u> : Amélioration, Caractères, Diversité, Phénotypiques, Locales, Morphologie, Phénologie, Physiologie, SNPs, *Triticum aestivum*, Variétés améliorées.

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES
+212(0)535608014 /+ 212(0)535609635/+212(0)535602953 - 212(0)535608214