



PROJET DE FIN D'ÉTUDES
PRESENTE EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES
GESTION ET CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE

Analyse de la variabilité génétique via les paramètres agro-morphologiques de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*).

Présenté par : Bounouar Hafsa

Encadré par : Pr. Azzouzi Amal
Dr. Bennani Sahar
Dr. Diria Ghizlan

Soutenu le : 18 Juillet 2022.

Devant le jury composé de :

- Pr. Azzouzi Amal	FST Fès	Encadrante
- Dr. Bennani Sahar	Inra Rabat	Encadrante
- Dr. Diria Ghizlan	Inra Rabat	Encadrante
- Pr. Squalli Houssaini Hakima	FST Fès	Examinatrice
- Pr. Fatemi zine el abidine	FST Fès	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022

Master Sciences et Techniques
Gestion et Conservation de la Biodiversité
Résumé

Titre : Analyse de la variabilité de variété de blé tendre

L'amélioration génétique des traits agronomiques liés à la performance et à l'adaptation aux environnements est conditionné par la présence d'une variabilité génétique des caractères ciblés dans le matériel végétal soumis à la sélection.

En effet, le présent projet a pour but la caractérisation agro-morphologique selon le protocole de l'UPOV et l'analyse des protéines de stockage notamment les gluténines Par (SDS PAGE) afin d'évaluer la diversité génétique entre 22 variétés de blé tendre (*triticum aestivum*) et d'identifier les variétés les plus performantes et donc les plus adaptées aux deux stations ; la station de Marchouch et la station expérimentale de l'INRA (Blocs de croisements) représentative de l'agrosystème subhumide.

Les résultats de l'analyse de la variance ont démontré une variabilité importante pour les paramètres agro-morphologiques quantitatifs chez l'ensemble des variétés issues du site expérimental de l'INRA et de la station de Marchouch. La comparaison des moyennes nous a permis d'estimer que pour le site expérimental de l'INRA, la variété Qafza est la plus performante en termes de descripteurs agronomiques, et la variété Malika est la meilleure en termes des paramètres morphologiques. Pour les variétés provenant de Marchouch, il s'agit de Malika pour les paramètres agronomiques et morphologiques. L'analyse de la corrélation a illustré 14 corrélations positives entre les paramètres agronomiques, dont 13 sont fortes, et une Parfaite concernant (NEFP et NEP). Cependant les paramètres morphologiques ont révélé uniquement 2 corrélations fortes positives. L'analyse des résultats obtenus pour la caractérisation de 20 paramètres agro-morphologique qualitatifs des 2 stations a révélé une légère variabilité entre les variétés. L'analyse de la qualité par (SDS-PAGE) a montré que les différentes accessions présentent une large variabilité pour les gluténines, et que les nouvelles variétés (CCBT65, Inter 33 et V9) présentent une plus grande diversité de protéine de stockage notamment les gluténines, en comparaison avec les variétés existantes (Massira, Snina et Amal) ce qui pourrait leur conférer une meilleure qualité technologique.

Mots clés : Triticum aestivum- Caractérisation agro-morphologique- Gluténines- SDS PAGE.

Master's degree of science and technology
Biodiversity Management and Conservation
Abstract

Title: Analysis of the variability of common wheat

The genetic improvement of agronomic characteristics related to performance and adaptation to environments is conditioned by the presence of a genetic variability of the targeted traits in the botanical material submitted for selection.

Indeed, the aim of this project is the agro-morphological characterization according to the International Union for the Protection of New Varieties of Plants or UPOV protocol and the analysis of storage proteins, in particular glutenins by (SDS PAGE) in order to evaluate the genetic diversity between 22 varieties of common wheat (*triticum aestivum*) and to identify the most efficient varieties and therefore the most adapted to the two stations; the Marchouch station and the National Institute of Agronomic Research (INRA)'s experimental station (crossing blocks) representative of the subhumid agrosystem.

The results of the analysis of variance demonstrated considerable variability for the quantitative agro-morphological parameters in all the varieties from the INRA's experimental site and the Marchouch station.

Comparing between the averages allowed us to estimate that for the INRA's experimental site, the Qafza variety is the most efficient in terms of agronomic descriptors, and the Malika variety is the best in terms of morphological parameters. In the matter of varieties from Marchouch, it is Malika for agronomic and morphological parameters.

Correlation's analysis illustrated 14 positive correlations between agronomic parameters, 13 of which are strong, and of which only one correlation is perfect between (NEFP and NEP).

However, the morphological parameters revealed only 2 strong positive correlations that link LDE with (HP and LCE). The analysis of the results obtained for the characterization of 20 qualitative agro-morphological parameters of the 2 stations revealed a slight variability between the varieties. The analysis of the quality by (SDS-PAGE) showed that the various accessions provide a large variability for the glutenins, and that the new varieties (CCBT65, Inter 33 and V9) provide a greater diversity of protein's storage in particular the glutenins, comparing to the existing varieties which could give them a better technological quality.

Keywords: *Triticum Aestivum* -Agro-morphological characterization -Glutenins- SDS PAGE.

Dédicace

A mes chers parents,

Aucune locution ne saurait refléter mon amour et mon affection pour vous, pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation.

A ma mère Benlimam Nadia,

Première école que j'ai côtoyée, qui m'a tant appris et continue à être ma source d'inspiration.

A mon père Bounouar Mohammed,

Dont le soutien et les encouragements m'ont toujours poussé à me surpasser.

A mes deux frères Ayoub et Yassine,

Pour leur amour et leur support.

Que Dieu vous préserve et vous procure bonheur, santé et prospérité.

A tous mes amis, pour les moments agréables que nous avons passés.

A la mémoire de tout être cher qui m'a encouragé et aidé durant mon parcours.

Je vous dédie ce modeste travail avec l'expression de ma profonde reconnaissance.

Remerciements :

Au terme de ce travail je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à son élaboration et à son accomplissement.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon professeur et encadrante pédagogique, Madame AZZOUZI Amal, pour son soutien, sa disponibilité permanente et son orientation fructueuse qui m'a permis de mener à bien ce projet.

Je tiens à remercier tout particulièrement Madame BENNANI Sahar, Ingénieur en chef à l'Institut National de Recherche Agronomique, de ses remarques pertinentes, sa disponibilité, le partage de son savoir ainsi que son accompagnement rigoureux.

Mes remerciements s'adressent aussi à Madame DIRIA Ghizlan Ingénieur en chef à l'Institut National de Recherche Agronomique de son intérêt et ses suggestions fructueuses.

Un grand merci est également adressé aux doctorants : ABDELLAOUI Mohamed Amine et HASSAN Mackaye Moussa pour leurs conseils et le soutien moral qu'ils m'ont procuré.

Je souhaiterais aussi adresser ma gratitude à Madame SQALLI Houssaini Hakima et Monsieur FATEMI Zine Elabidine, professeurs de la faculté des sciences et techniques de m'avoir honorée en acceptant d'évaluer ce travail et de faire partie des membres de jury.

Liste des abréviations :

ANOVA : Analyse de la variance.

CIMMYT : Institut international d'agriculture tropicale.

D.T.T: Dithiothreitol.

HPM : Haut poids moléculaire.

ICARDA : Centre international de recherche agricole dans les zones arides.

INRA : Institut national de la recherche agronomique.

Kd : Kilodalton.

MAPMDEF : Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts.

Mqx : Millions de quintaux

pH : potentiel d'hydrogène.

SAU : surface agricole utile.

SDS PAGE : Électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence de dodécylsulfate de sodium.

TCA: Acide trichloro-acétique.

TEMED: Tetramethylethylenediamine.

UPOV : Union internationale pour la protection des obtentions végétales.

Liste des figures :

Figure 1 : Origine et généalogie du blé.....	3
Figure2 : Production du blé : les dix principaux producteurs du blé en 2020.....	4
Figure3 : Evolution de la production de blé au Maroc.....	6
Figure 4 : Structure d'un grain de blé.....	6
Figure 5 : Morphologie du blé tendre, (<i>Triticum aestivum L.</i>).....	7
Figure 6 : Principaux stades de développement du blé tendre selon l'échelle de zadok	9
Figure 7 : Différentes formes de ports de plantes existants.....	10
Figure 8 : Différentes longueurs des barbes.....	11
Figure 9 : Symptômes de la rouille brune.....	14
Figure 10 : Symptômes de la rouille jaune.....	14
Figure 11 : Septoriose sur blé tendre.....	15
Figure 12 : Dispositif expérimental de la parcelle étudiée.....	20
Figure 13 : Mesure de la hauteur de la plante.....	21
Figure 14 : Mesure de la longueur des barbes.....	21
Figure 15 : Observation de la glume inférieure.....	24
Figure16 : Terminal du rachis pilosité de la face externe.....	24
Figure17 : Forme de l'épi en vue de Profil.....	24
Figure18 : Moelle en Moelle en section transversale de la paille.....	24
Figure 19 : Mouture des graines du blé tendre manuellement à l'aide du mortier.....	26
Figure 20 : Cuve de migration des protéines sous l'action du champ électrique avant et après migration.....	28
Figure 21 : Coloration des gels.....	28
Figure 22 : Corrélogramme des paramètres agronomiques et morphologiques.....	46
Figure 23 : Profils électrophorétiques.....	48

Liste des tableaux :

Tableau 1: Classification du blé tendre <i>triticum aestivum</i>	3
Tableau 2: Marché mondial du blé.....	5
Tableau 3: Production céréalière depuis 2009 jusqu'à 2020(quintal).....	5
Tableau 4: Variétés utilisées dans cette étude.....	19
Tableau 5: Mesures morphologiques qualitatives.....	22
Tableau 6: Caractéristiques pédoclimatiques de la station Marchouch.....	25
Tableau 7: Témoins utilisés pour la SDS PAGE.....	25
Tableau 8: Composants des gels de séparation et de concentration.....	27
Tableau 9: Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques pour le bloc 1...30	
Tableau 10: Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques.....	31
Tableau 11: Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques.....	32
Tableau 12 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques pour le 1 ^{er} bloc.....	32
Tableau 13: Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques.....	34
Tableau 14: Analyse de la variance des paramètres morphologiques.....	34
Tableau 15: Variabilité des paramètres qualitatifs entre les variétés des blocs.....	39
Tableau 16: Variabilité des paramètres qualitatifs entre les variétés de Marchouch.....	41
Tableau 17: Corrélation entre les paramètres agronomique quantitatifs.....	44
Tableau 18: Corrélation entre les paramètres morphologique quantitatives.....	44

Liste des annexes

Annexe 1 : Protocole de l'UPOV

Annexe 2 : Définition des stades de développement de l'échelle de Zadoks pour les céréales

Annexe 3 : Solution utilisée dans la SDS PAGE

Annexe 5 : Tableaux de comparaison des moyennes.

Sommaire

Introduction générale

Revue bibliographique

I. Origine et systématique du blé tendre	3
1. Origine génétique	3
2. Systématique et classification du genre « <i>Triticum</i> »	3
II. Importance du blé tendre	4
1. Principales utilisations du blé tendre	4
2. Importance à l'échelle internationale	4
3. Importance au Maroc	5
III. Description botanique du blé tendre	6
1. Grain	6
2. Appareil végétatif	7
3. Appareil reproductif :	7
4. Stades de développement du blé tendre	8
4.1 Phase végétative	8
4.2 Phase reproductrice	8
4.3 Période de formation et de maturation du grain	8
IV. Caractères distinctifs de la stabilité, de l'homogénéité et de productivité selon les normes UPOV	9
1. Caractères morphologiques	9
1.1 Plante/tige	9
1.2 Feuilles	10
1.3 Epi	10
1.4 Grain	11
2. Caractères phénologiques	11
3. Caractères agronomiques	11
4. Caractères de qualité	12
V. Exigences et contraintes du blé tendre	12
1. Exigences écologiques	12
1.1 Exigences édaphiques	12
1.2 Exigences climatiques et fertilisation	12

2.	Contraintes abiotiques	13
2.1	Stress hydrique	13
2.2	Stress salin.....	13
2.3	Stress thermique	14
3.	Contraintes biotiques	14
3.1	Principales maladies du blé tendre au Maroc.....	14
3.2	Principaux ravageurs du blé tendre au Maroc	15
VI.	Rôle de la création variétale dans la réponse aux contraintes.....	15
1.	Importance de la création variétale.....	15
2.	Méthodes de création de la variabilité génétique	15
3.	Programme d'Amélioration génétique du blé tendre à l'INRA	16
4.	Critères de sélection pour la réponse aux contraintes au Maroc	17
VII.	Méthodes de sélection.....	17
1.	Sélection généalogique (pedigree) :	17
2.	Sélection bulk :	18
3.	Le rétrocroisement (Back-cross) :	18
4.	Mutation et variant somatique :	18
Matériel et méthodes.		
I.	Matériel végétal	19
II.	Site expérimental Inra (Bloc 1 et Bloc 2)	19
1.	Méthodologie de travail.....	20
2.	Caractérisation agro-morphologique des variétés de blé tendre :.....	20
2.1	Mesures agro-morphologiques quantitatives	21
2.2	Mesures morphologiques qualitatives.....	22
III.	Site expérimental de Marchouch	25
IV.	Caractérisation de qualité par électrophorèse en gel de polyacrylamide contenant du dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE)	25
1.	Matériel végétal	25
2.	Principe.....	25
3.	Mode opératoire.....	26
3.1	Extraction des gluténines	26
3.2	Préparation des gels.....	27

3.3	Dépôt des échantillons et migration	27
3.4	Coloration et lavage	28
V.	Analyse statistique	28
Résultats et discussion		
I.	Analyse de la variance à un facteur	30
1.	Caractères agronomiques.....	30
1.1	Site expérimental de l’Inra	30
a.	Bloc 1	30
b.	Bloc 2.....	31
1.2	Site expérimental Marchouch.....	31
2.	Caractère morphologique :	32
2.1	Site expérimental de l’Inra	32
a.	Bloc 1	32
b.	Bloc 2.....	33
2.2	Site expérimental de Marchouch.....	34
II.	Comparaison des moyennes.....	36
1.	Caractères agronomiques quantitatifs.....	36
1.1	Site expérimental de l’Inra	36
a.	Bloc 1	36
b.	Bloc 2.....	36
1.2	Site expérimental de Marchouch.....	37
2.	Caractères morphologiques quantitatifs	38
2.1	Site expérimental.....	38
a.	Bloc 1	38
b.	Bloc 2.....	38
2.2	Site expérimental de Marchouch.....	39
III.	Analyses des paramètres morphologiques qualitatives.....	39
1.	Site expérimental de l’Inra	39
2.	Site expérimental de Marchouch	42
IV.	Analyse de la corrélation	44
1.	Corrélation entre les paramètres agronomique quantitatives	44
2.	Corrélation entre les paramètres morphologiques quantitatives.....	44

3. Corrélation entre les paramètres agronomiques et morphologiques quantitatives	45
V. Analyse de la qualité par électrophorèse en gel de polyacrylamide contenant du dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE) :	48
Conclusion générale	50
Références bibliographiques	53
Annexes	60

Introduction générale

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (slama et al., 2005). En 2007 la production des céréales a atteint jusqu'à 2001,5 millions de tonnes rapporte l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Dès lors tout changement qui se produit au niveau de la production des céréales affecte de manière cruciale les disponibilités alimentaires mondiales.

Au Maroc, à l'instar du reste du monde le blé est l'unique produit à être consommé par toutes les personnes de toutes catégories sociales et de tous âges, plusieurs fois par jour, et sans s'en lasser. C'est un produit où l'on puise de l'énergie, des protéines, des minéraux, des vitamines et des fibres. Il est caractérisé par la flexibilité dans son adaptation aux conditions de culture, de récolte, de stockage et aux procédés mécaniques de transformation, qu'ils soient industriels, artisanaux ou manuels (jlibene,2009).

La production du blé tendre au Maroc est en augmentation constante, en 2021 sa valeur a oscillé autour de 785,6 millions de tonnes (FAO,2021). Malgré cette forte hausse de production, le Maroc a recours chaque année aux importations qui dépendent du déficit de la production nationale et de la demande interne (Bennani, 2019).

Le Maroc se trouve dans l'obligation d'augmenter son offre, ce qui passe certainement par l'amélioration des rendements mais est aussi liée aux autres facteurs de production et à la qualité du produit fourni. La culture du blé tendre est sujette à plusieurs stress abiotiques, principalement la sécheresse et des stress biotiques via les attaques des parasites et ravageurs (Bennani, 2011) ce qui entrave la réalisation d'un bon rendement économique et qualitative.

L'amélioration de la production du blé passe donc par un meilleur contrôle de ces problèmes. En effet, le développement de variétés à grand potentiel de production avec une qualité adéquate du grain reste le principal objectif du sélectionneur.

La caractérisation et l'évaluation des variétés cultivées permettent la sauvegarde et la réhabilitation de ce patrimoine génétique (Chentoufi et al ; 2014). Ces étapes permettent aussi d'estimer la diversité existante dans le matériel étudié (Schut et al ; 1997), et sont considérées comme un point de départ pour son utilisation dans les programmes de sélection. En effet la capacité d'identifier la variation génétique est indispensable pour une gestion et une utilisation efficace des ressources génétiques (FAO ; 2004).

Cette diversité peut être estimée sur la base de plusieurs critères dont le phénotype, et à l'aide de marqueurs moléculaires. Traditionnellement, la diversité est évaluée en mesurant la variation des traits phénotypiques. L'étude de ces traits ne nécessite ni méthodes sophistiquées ni équipements compliqués, et ces traits peuvent également être hérités sans techniques biochimiques ou moléculaires spécifiques (Anumalla et al ; 2015).

Dans cette perspective, le programme d'amélioration génétique « blé tendre » de l'Institut National de la Recherche Agronomique « INRA » a été l'un des programmes les plus prometteurs pour le développement de nouvelles variétés de blé tendre adaptées aux conditions agro climatiques du pays (Bennani, 2011).

Les objectifs du présent travail sont :

- Déterminer la variabilité génétique entre les différentes variétés.
- Caractériser les différentes variétés à l'aide des descripteurs agro-morphologiques.
- Identifier les variétés favorables en termes de chaque paramètre et en termes des protéines de stockage, dans le but est de les introduire dans un programme d'amélioration pour obtenir des variétés performantes et bien adaptées.

Revue bibliographique

I. Origine et systématique du blé tendre

1. Origine génétique

Le blé est une espèce allopolyploïde, résultant d'une succession d'hybridations interspécifiques spontanées et d'un doublement du nombre chromosomique ce qui permet un enrichissement génétique en rassemblant les génomes de différentes espèces (Hoyt., 1992). Le genre *Triticum* regroupe de nombreuses espèces présentant une large gamme de diversité morphologique et agroécologiques (Wang et al., 1997).

Le blé tendre, *T. aestivum*, est un allohexaploïde ($2n = 42$) avec trois génomes A, B et D provenant d'espèces diploïdes différentes (Sears, 1946) Figure 1. Le génome du blé tendre contient 16 milliards de bases du nucléotide ce qui rend sa filiation génétique complexe et incomplètement élucidée. (Rayburn et Gill., 1985 ; Picard., 1988).

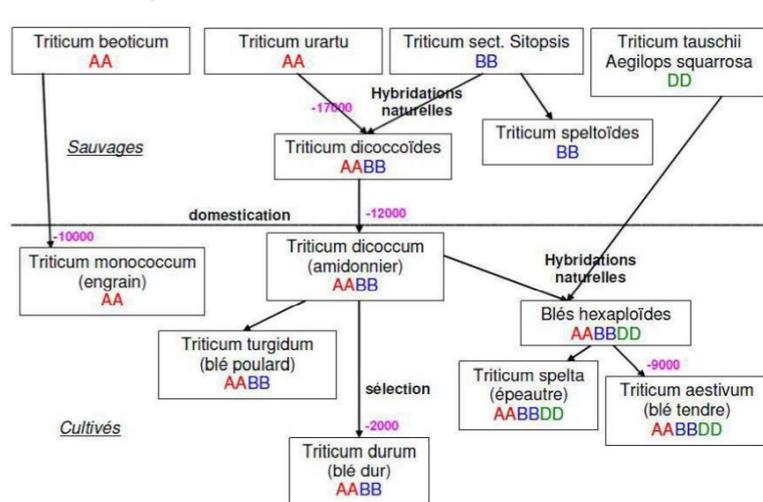


Figure 1 : Origine et généalogie du blé (Naville.,2005)

2. Systématique et classification du genre « *Triticum* »

Le blé est une céréale autogame appartenant au groupe des angiospermes monocotylédones, de la famille des *poaceae*, tribu des *triticées* et genre *Triticum* (Diamond,2002).

Ci-dessous la classification botanique du blé tendre (*Triticum aestivum*) d'après Guillaume en 2010.

Tableau 1 : Classification du blé tendre *triticum aestivum*.

Règne	Plantae
Classe	Liliopsida
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae ou gramineae.
Sous-famille	Festucoïdeae
Tribu	Triticeae
Sous-tribu	Triticineae
Genre	Triticum
Espèce	Aestivum
Nom binominale	<i>Triticum aestivum</i>

II. Importance du blé tendre

1. Principales utilisations du blé tendre

Plus de 95% du blé cultivé au Maroc correspond au blé tendre (*Triticum aestivum* L.) qui est employé principalement pour la fabrication de pains, biscuits, pâtisseries et nouilles. (FAO, 2007 ; <http://faostat.fao.org/>).

La farine obtenue à partir du blé tendre doit avoir des caractéristiques panifiables, avec un produit fini de qualité visuelles et gustatives conformes aux exigences du minoteries et consommateurs. Le pain obtenu est noté selon 3 grandes familles de critères qui concernent la pâte, la mie et le pain fini (canadas,2016).

2. Importance à l'échelle internationale

Le blé vient en tête de classement des cultures stratégiques car il constitue une source alimentaire pour plus de 35% de la population humaine (Evans, 1996). La production du blé est la 3ème production agricole mondiale et la 2ème céréalière après le maïs et avant le riz.

Les principaux pays producteurs sont : La Chine, au premier rang avec (134 MT) de la production mondiale, devant l'Inde (98 MT), la Russie (85 MT), les Etats-Unis (47 MT), la France (36 MT), l'Australie (31 MT) et le Canada (29 MT) (figure 2).

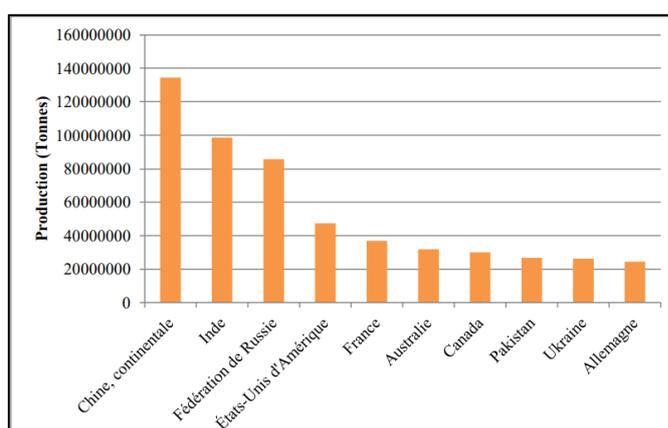


Figure2 : Production du blé : les dix principaux producteurs du blé en 2020 (FAO,2020).

Selon la FAO, la production mondiale du blé pour l'année 2020/2021 est estimée à 775MT (tableau2). Les prévisions relatives à la production mondiale de blé en 2021 devraient, enregistrer une hausse de 1,4% avec (FAO, 2021). Les stocks, l'utilisation, production mondiale et commerce du blé au niveau mondial sont résumés dans le (tableau 2)

Tableau 2 : Le marché mondial du blé (FAO ,2021) (data plus actuelles ; source fao.org).

Marché mondial du blé					
	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21 estimation	2021/22 prévision (03 juin 2020)
	(..... millions de tonnes)				
Production1/	761.6	732.0	760.8	774.8	785.8
Disponibilités2/	1 027.7	1 020.8	1 033.6	1 052.5	1 076.8
Utilisation	737.6	750.0	750.0	759.5	778.6
Commerce3/	178.2	169.1	184.2	186.2	187.2
Stocks de clôture4/	288.8	272.9	277.7	291.0	298.7
	(..... pour cent)				
Rapport stocks mondiaux- utilisation	38.5	36.4	36.6	37.4	38.0
Rapport stocks des principaux exportateurs- utilisation totale5/	20.9	18.0	15.4	16.5	17.1

3. Importance au Maroc

Le blé représente une culture phare tant en termes de surface agricole utile (SAU), qu'en termes de valeur dans la production agricole, d'emploi et de sécurité alimentaire. Les céréales couvrent environ 5,3 millions d'hectares. La production de blé (blé dur et blé tendre) pratiquée par la quasi-totalité des agriculteurs marocains concerne à elle seule 3 millions d'hectares (MADRPMEF, 2017). Depuis le lancement du Plan Maroc Vert, la production céréalière s'est inscrite dans un trend haussier sur les 9 dernières années (tableau):

Tableau 3 : Production céréalière depuis 2009 jusqu'à 2020 (quintal) (MAPMDREF, 2020).

Campagne agricole	Blé tendre	Blé dur	Orge
2019-2020	17700	7900	6400
2018-2019	26 817	13437	11612
2017-2018	49101	24320	29195
2016-2017	48917	21991	24665
2015-2016	18561	8750	6199
2014-2015	56677	24069	33970
2013-2014	37057	14102	16381
2012-2013	50367	18972	27226
2011-2012	27400	11300	12000
2010-2011	41699	18480	23388
2009-2010	32433	16328	25664

Les céréales sont pratiquées dans les différentes zones agro-climatiques du pays avec des superficies qui varient d'une année à une autre (fig.3) selon les conditions climatiques de la saison.

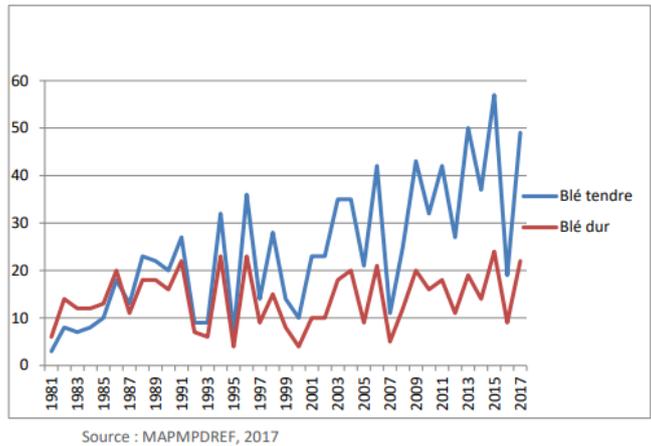


Figure3 : Evolution de la production de blé au Maroc.

Par ailleurs, les principales régions de production se situent dans les zones pluviales des plaines et plateaux de Chaouia, Abda, Haouz, Tadla, Gharb et Saïs où la grande majorité des exploitations pratique la céréaliculture quelle que soit leur taille (MAPMDREF, 2015).

Néanmoins le Maroc a recours chaque année aux importations qui évoluent selon le déficit de la production nationale et la demande interne, pouvant atteindre jusqu'à 42Mqx. Chaque 1Mqx importé coûte environ 18 Millions de dollars (Bennani, 2019).

III. Description botanique du blé tendre

1. Grain

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties : le germe, l'albumen et les enveloppes. (Figure 4) (Pomeranz,1988).

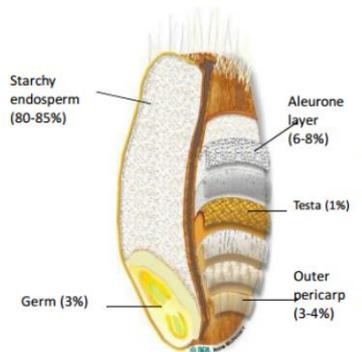


Figure 4 : Structure d'un grain de blé (Abecassis,2015).

Le grain de blé à une forme ovoïde et présente sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur. A la base dorsale du grain, se trouve le germe qui est surmonté par une brosse. Le grain de blé mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur pour un poids compris entre 20 et 50mg. Le grain est constitué de différentes couches. De la surface externe vers le centre du grain, on trouve l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la gaine ou testa, et enfin, à l'intérieur de la graine, la bande hyaline, l'albumen et le germe (Surget et barron,2005)

2. Appareil végétatif

L'appareil végétatif est constitué de talles émises depuis le plateau de tallage situé à la base de la plante. Ces talles se développent à partir du bourgeon principal et des bourgeons axillaires (Boyeldieu, 1999). Chaque thalle se compose de différents photomères comprenant tige, graine, limbe foliaire, un bourgeon axillaire, et porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillets situées de part et d'autre du rachis (Bogard, 2011).

La tige est constituée d'entre-nœuds, séparés par des nœuds, zones méristématiques à partir desquelles, d'une part les entre-nœuds s'allongent et d'autre part les feuilles se différencient. Chaque feuille comprend deux parties : une portion inférieure appelée gaine, enveloppant l'entre-nœud correspondant, et une portion supérieure appelée limbe. Les gaines, attachées au niveau des nœuds, sont emboîtées les unes dans les autres et forment un tube cylindrique entourant la tige qui se déboîte au fur et à mesure de la croissance des entre-nœuds. A la jonction du limbe et de la gaine, on peut trouver une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule. Chez le blé, de chaque côté de celle-ci, à la base du limbe se trouvent deux stipules plus ou moins embrassantes et velues : les oreillettes (Soltner, 1988)

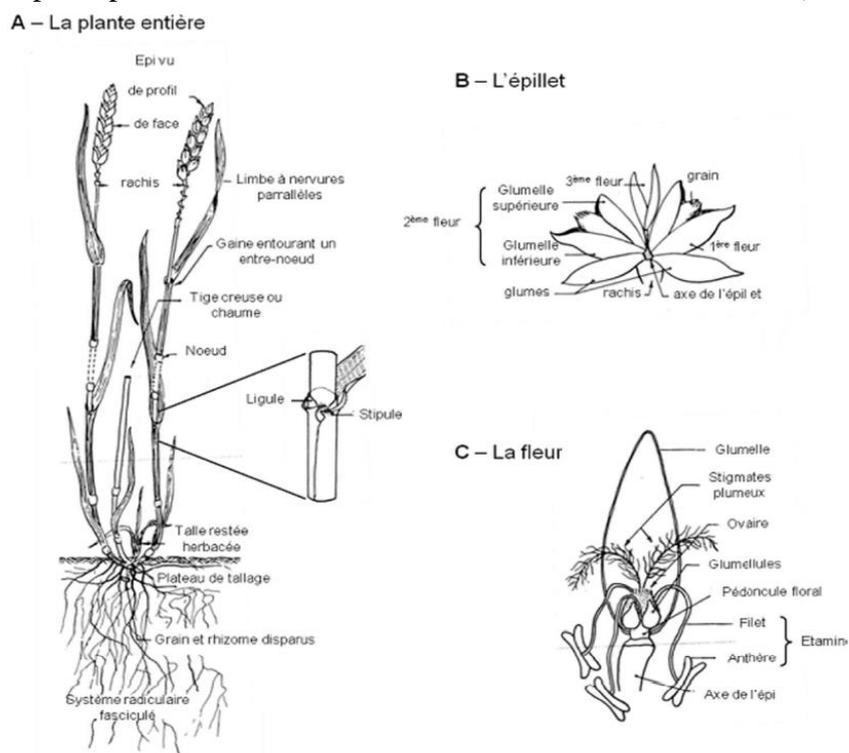


Figure5 : Morphologie du blé tendre, (*Triticum aestivum* L.) (Soltner,1988).

3. Appareil reproductif :

Les fleurs sont regroupées en inflorescence correspondant à l'épi dont l'unité morphologique de base est l'épillet. Ce dernier est constitué de grappe de fleurs enveloppées de leurs glumelles et incluses dans deux bractées appelées les glumes (inférieure et supérieure) (Gate, 1995). Chaque fleur est dépourvue de pétales, entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Du fait du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent

(autogamie). Le grain, ou caryopse, est à la fois le fruit et la graine du fait que les enveloppes du fruit sont soudées à celle de la graine. Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé de 65% d'amidon, 15% de protéines, 15% d'eau et de divers micro éléments comme le Fe, Zn, les acides gras et les vitamines (Bogard, 2011).

4. Stades de développement du blé tendre

Le blé tendre est semé en automne, se développe en hiver et mûrit en fin de printemps ou bien en début d'été, son cycle végétatif s'accomplit en trois grandes phases :

La phase végétative, la phase reproductive et La phase de formation et de maturation du grain.

4.1 Phase végétative

Cette phase s'étend du semis jusqu'à fin du tallage et se caractérise par un développement herbacé, elle se divise en deux étapes :

- **La phase germination-levée** : la germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surfaces du sol (cherfia, 2010).
- **La phase levée-tallage**, durant cette phase la production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (cherfia, 2010). La variété du blé, le climat, l'alimentation minérale et hydrique de la plante ainsi que la densité du semis contrôle le nombre des talles produites Soltner (1988).

4.2 Phase reproductive

Dite aussi période de montée, elle est caractérisée par l'apparition de l'épi et la formation du grain. Elle comprend :

- **La phase montaison- gonflement** : la montaison débute à la fin du tallage, elle est marquée par l'élongation des entre nœuds et la différenciation des pièces florales. La montaison se termine par la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la graine (Nadjem, 2012).
- **La phase épiaison - floraison** : elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. Pendant cette phase, la formation des organes floraux se termine et la fécondation s'effectue. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (Gate, 1975). Au cours de cette période, la vitesse de croissance de la plante est maximale.

4.3 Période de formation et de maturation du grain

Durant cette période, les substances de réserve (amidon, matières protéiques) s'élaborent et migrent dans l'albumen ; et parallèlement l'embryon se forme. Cette période comprend :

- **Grossissement du grain** : Il correspond à la croissance de l'ovaire. Il s'agit d'une phase d'intense activité de la photosynthèse. À la fin de cette phase, environ 40 à 50% de réserves se sont accumulées dans le grain à taille définitive, restant mou et de couleur verte. C'est le stade grain laiteux (Chabi et al., 1992).

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

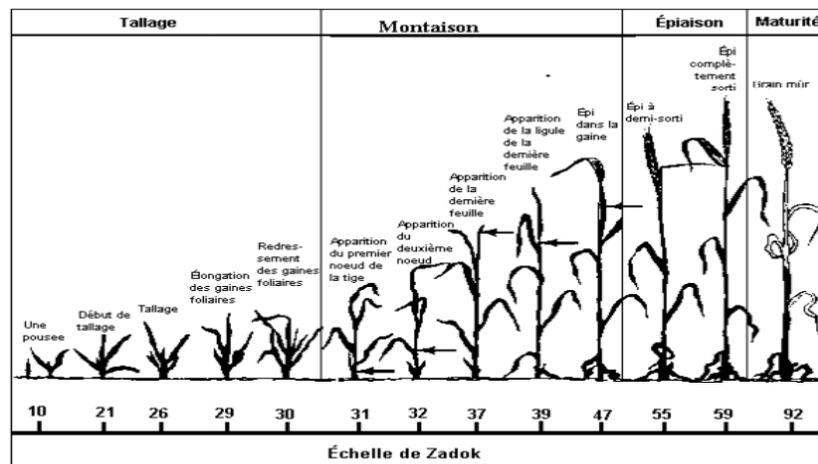


Figure 6 : Principaux stades de développement du blé tendre selon l'échelle de (Zadok et al, 1974).

IV. Caractères distinctifs de la stabilité, de l'homogénéité et de productivité selon les normes UPOV

1. Caractères morphologiques

La diversité au sein et entre les populations est déterminée par l'évaluation des différences morphologiques qui présentent un atout très important. En effet, ces mesures ont l'avantage d'être immédiatement disponibles, ne nécessitant aucun équipement sophistiqué et permettant une mesure directe du phénotype. Cependant, ces déterminations morphologiques peuvent connaître des variations dues à des facteurs environnementaux et changent selon les stades de développement (Pecetti et al, 1992).

1.1 Plante/tige

- **Port de la plante :** Depuis la levée jusqu'à l'approche du tallage, la tige principale est verticale. Après l'apparition du premier tallole la tige s'incline chez certaines variétés. Généralement, les blés à port étalé, leur tige est fortement inclinée vers le sol du côté opposé à celui où apparaît la tallole. Tandis que pour les variétés à port dressé l'orientation de la tige principale et des talloles sera à peu près verticale. Le port est évalué visuellement d'après le port des feuilles et des talloles. On utilisera l'angle formé par les feuilles externes et les talloles par rapport à un axe vertical imaginaire. (UPOV, 2017). Selon HOROVITZ en 1945 on peut distinguer 4 groupes : dressé, demi-dressé, demi-étalé et étalé (figure 9). PERCIVAL en 1922 rajoute un autre groupe intermédiaire (figure 9).

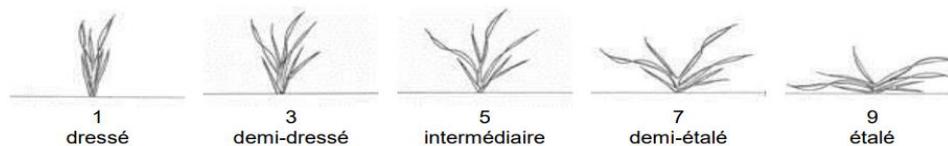


Figure7 : Différentes formes de ports de plantes existants (UPOV,2017).

Il est préférable de noter ce caractère à l'époque où les plantes ont de 5 à 8 talles.

- **Hauteur de la plante** : La paille haute est un caractère spécifique aux variétés de blé les plus résistantes à la sécheresse. Dans le cadre d'une bonne assimilation des quantités d'assimilat stockées dans la tige et particulièrement au niveau du col de l'épi. Ces variétés développent une aptitude à remplir correctement le grain en phase terminale du cycle.
- **Longueur du col de l'épi** : La longueur du col de l'épi constitue un bon indicateur de tolérance au déficit hydrique. Le rôle de ce paramètre s'expliquerait par la quantité d'assimilat stockée par ces organes susceptibles d'un transfert vers le grain en cas de déficit terminal (Gate et al; 1993).
- **Pilosité des gaines** : Selon Al Hakimi (1992), la pilosité des feuilles ou des tiges est parmi les caractères qui induisent une augmentation de la réflectance qui conduit à une réduction des pertes d'eau. Lors d'une examination à la loupe des gaines des 6 premières feuilles, on constate que chez certains blés existe des poils plus ou moins abondants répartis sur toute la surface. D'autres blés au contraire ont des gaines entièrement glabres. La notation se fait à la fin de la phase tallage (Pierre JONARD ,1951).

1.2 Feuilles

- **Aspect général du feuillage** : On peut noter le port général des feuilles. Trois cas se présentent : les feuilles sont dressées, avec une position plus ou moins verticale, elles peuvent être retombantes quand leur tiers ou leur moitié supérieure est inclinée vers le sol. Entre ces deux cas, il existe un état intermédiaire (feuilles demie tombantes ou demi-dressées) pour lequel la partie supérieure de la feuille, au lieu de s'incliner vers le sol, reste plus ou moins horizontale. L'observation de ce caractère doit s'effectuer assez tôt, 15 à 20 jours après le début de la montaison. En sol riche, elles ont tendance à prendre un port plus retombant, alors qu'en sol pauvre, le port est plus dressé (Pierre JONARD ,1951).
- **L'aspect de la dernière feuille** : La dernière feuille est appelée feuille drapeau ou encore feuille étendard. Selon Acevedo et cerrarelli (1989) ; le port des feuilles est lié à la tolérance vis-à-vis de la sécheresse. La dernière feuille joue un rôle dans le remplissage en dépendance de sa position et son âge (Aurian et al.,1992).
 - **Glaucescence du limbe** : On note la présence ou l'absence de la glaucescence du limbe. Les observations doivent être effectuées sur la face inférieure du limbe (UPOV,2017).

1.3 Epi

L'épi assure une activité photosynthétique importante au cours du remplissage du grain (Febrero et al., 1990) et sa contribution à la photosynthèse de la plante entière serait comprise

entre 13 % et 76 %, (Biscope et al., 1975). En cas de déficit hydrique, la photosynthèse de l'épi participe au remplissage que la feuille étandard (Bammoun, 1997).

- **Longueur de l'épi** : doit être observée en excluant les barbes et les arêtes.
- **Barbe** : est considérée comme étant le critère de sélection de génotypes caractérisés par la tolérance au stress hydrique vu son rôle dans le remplissage du grain en condition de déficit hydrique (Grignac, 1965). Les observations doivent être faites à l'extrémité de l'épi. Comme le démontre la figure 10 On peut distinguer entre les barbes très courtes, courtes, moyennes, longues et très longues.

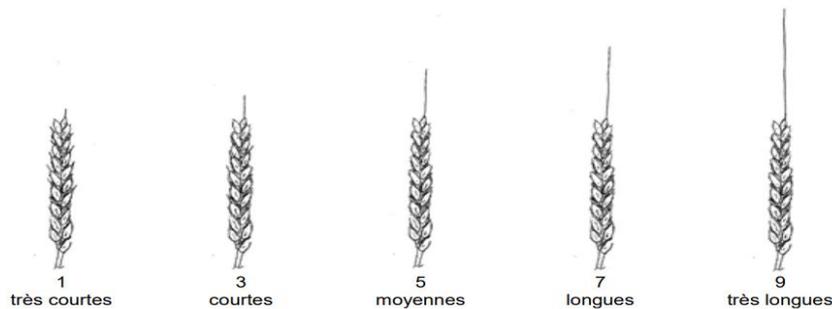


Figure8 : Différentes longueurs des barbes.

- **Glaucescence de l'épi** : D'après Morgan (1989), la cire qui se dépose sur les pédoncules et les épis du blé réduit la conductance de la vapeur et du CO₂. La présence de cires est un caractère génétique qui s'extériorise en conditions de stress hydrique (Gate, 1995).
- **Compacité (CE)** : La compacité de l'épi est liée à l'importance des espacements entre les épillets et à la longueur du tiers moyen du rachis. Les mesures se font à la longueur des articles du tiers moyen du rachis (Argüello, 1991).

1.4 Grain

- **Couleur** : La couleur des semences doit être observée sur des semences sèches ou en utilisant une solution de NaOH (semences trempées pendant 10 minutes à 60 °C ou pendant 60 minutes à température ambiante dans une solution de NaOH 5M).
- **Forme** : Les grains peuvent être soit ovoïde, allongé ou arrondi. (UPOV, 2017)

2. Caractères phénologiques

La précocité à l'épiaison et celle à la maturité sont souvent utilisées comme critère de sélection. Monneveux (1997) a ajouté que la précocité chez les céréales à paille cultivées en zones méditerranéennes est une manière de pallier aux conditions défavorables du milieu (sécheresse, stress hydrique, hautes températures...)

3. Caractères agronomiques

- **Poids de 1000 grains (PMG)** : Selon Brocklehurst et al., (1978) le poids sec du grain est une expression du rythme d'accumulation de la matière sèche et de la durée d'agrandissement de ce dernier. Ortiz et al., (1994) ont indiqué qu'il est gouverné par l'effet combiné de la température et de la radiation solaire pendant la période allant de la floraison jusqu'à 10 jours après l'épiaison et selon le retard encaissé lors de la mise en place de la culture.

- **Nombre de grains par épi** : Elle joue un rôle primordial dans la variabilité du rendement (Nachit, 1986). Selon Hamada (2000). Il dépend du nombre d'épillets par épi, du nombre de grains par épillet et de la fertilité des épillets (Grignac, 1981).

4. Caractères de qualité

- **Force boulangère** : La variabilité de la force boulangère dépend de la teneur en gliadines et en gluténines et également par la disponibilité de certains acides aminés (cystéines) qui fournissent des ponts désulfures intramoléculaires par lesquels s'associent les gliadines, donc diminution des interactions intermoléculaires qui favorisent la force de la pâte. (feillet ,2000). Ces caractères doivent être utilisés uniquement comme complément aux différences constatées pour des caractères morphologiques ou physiologiques. L'UPOV confirme que ces caractères sont considérés comme utiles, mais que, pris isolément, ils ne peuvent pas être suffisants pour établir la distinction. Pour analyser les gluténines de haut poids moléculaire (HPM), il est recommandé de pratiquer l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence de dodécylsulfate de sodium (SDS PAGE). Les gluténines sont codées par trois locus complexes appelés Glu-A1, Glu-B1 et Glu-D1, localisés sur le bras long des chromosomes du groupe 1 (Payne, 1987). À chaque locus, plusieurs allèles peuvent être identifiés, et l'analyse des gluténines de haut poids moléculaire est fondée sur la reconnaissance de ces allèles à partir des protéines qui apparaissent sur les gels sous la forme de bandes ou de groupes de bandes bien définies. Les allèles sont désignés par des numéros de bandes, selon la définition qu'en ont donnée Payne et Lawrence.
- **La teneur en protéines** : La teneur en protéines totales peut se mesurer soit selon une méthode chimique directe dite méthode Kjeldahl ou soit de manière indirecte, sur grains entiers ou broyés, par spectroscopie dans le proche infrarouge (NIRS, « Near Infrared Reflectance Spectroscopy ») (Williams,1998). Sur le plan qualitatif, elle est influencée par les différences de propriétés des protéines qui sont liées au patrimoine génétique (Mok ,1997).

V. Exigences et contraintes du blé tendre

1. Exigences écologiques

1.1 Exigences édaphiques

Le blé tendre exige un sol profond sain, drainant bien mais pas trop sujet au stress hydrique surtout pendant la période de l'accumulation des réserves dans le grain. Le blé nécessite une texture fine, limono argileuse qui assure aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, d'où une bonne nutrition (Soltner, 1990 ; Baldy, 1992).

1.2 Exigences climatiques et fertilisation

- **Température** : Pour la germination du blé, une température supérieure à 0°C est nécessaire (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. Les exigences en température diffèrent selon le stade de développement Mekhlouf et al (2001).

- **Lumière** : La lumière agit directement sur le fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Un bon tallage du blé signifie que ce dernier est placé dans les meilleures conditions d'éclairage. Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes (Nedjeh, 2015). Clement et Prats (1970) voient que le tallage herbacé s'achève pour une valeur précise du photopériodisme valable suivant les variétés et que l'écartement des lignes aux semilles permet de placer le blé dans des conditions d'éclairement optimales, garantissant un bon tallage.
- **Eau** : L'eau est un facteur essentiel dans la croissance des plantes et le taux de germination des plantes ne peut être obtenu qu'avec un taux d'absorption d'eau de 30%. Clement et Prats (1970) ont été intéressés de définir le coefficient de transpiration du blé, c'est-à-dire la quantité d'eau qui doit être absorbée par la plante pour l'élaboration d'une certaine quantité de matière sèche. Pour le blé, selon les variétés, la valeur du coefficient de transpiration varie de 450 à 550 grammes d'eau pour un gramme de matière sèche.
- **Fertilisation** : Selon (Hacini, 2014) le blé a besoin de ces trois éléments essentiels et le rôle de chaque élément sur la plante de blé est le suivant :
 - **L'azote (N)** permet la multiplication, l'élongation des feuilles et des tiges. Le blé tendre a besoin de la plus grande part de ses besoins en azote pendant la phase tallage-remplissage du grain. La croissance est toutefois impossible sans azote du tout.
 - **Le phosphore (P)** est un élément qui agit sur la croissance et le développement des racines en cours de végétation et favorise la maturation. Cet élément a un rôle à la résistance au froid et aux maladies et aussi contrôle la qualité du rendement.
 - **Le Potassium (K)** permet d'une part, de réguler les fonctions vitales de la croissance végétale ainsi que l'économie d'eau dans les tissus de la plante.

2. Contraintes abiotiques

2.1 Stress hydrique

Le déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère auquel la culture du blé fait face dans les conditions de production des zones arides et semi-arides (Chenaffi et al, 2006). Ceci se répercute sur le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80% (Chenaffi et al, 2006). Ce stress se traduit par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques. (Mefti et al., 2000).

2.2 Stress salin

La salinité du sol est l'un des principaux facteurs qui affectent la production agricole du blé au niveau des régions côtières, des zones arides, et des périmètres irrigués du pays. Généralement, on trouve que le blé tolère des valeurs de la conductivité électrique de 4,5 millimhos. Le blé tendre est plus tolérant au sel que le blé dur (Benderradji et al., 2010).

2.3 Stress thermique

Selon Al Khatib et Paulsen (1984), les températures supérieures à 30°C réduisent du poids final de grain. Elles affectent aussi les organes floraux ainsi que le fonctionnement de l'appareil photosynthétique (Mazouz, 2006).

3. Contraintes biotiques

Comme toutes les autres plantes cultivées par l'homme, le blé à paille peut être attaqué par un grand nombre des organismes parasites macroscopiques et microscopiques (Benbelkacem, 2008).

3.1 Principales maladies du blé tendre au Maroc

Les principales maladies et ravageurs du blé tendre au Maroc selon bennani,2011 sont :

- **La rouille brune** : Causée par *Puccinia triticina*, est la maladie la plus commune du blé (Bolton et al., 2008). Les symptômes se manifestent par des petites pustules, circulaires ou ovales de couleur orange ou brune, remplies de spores (urédospores), qui apparaissent sur la face supérieure ou inférieure des feuilles (Figure 9). Les symptômes apparaissent à partir de février. Les attaques peuvent être dévastatrices sur les variétés sensibles si printemps humide (Bennasseur Alaoui,2014).



Figure9 : Symptômes de la rouille brune (Kolmer,2013).

- **La rouille jaune** : Causée par *Puccinia striiformis f. sp. tritici*, la rouille jaune est une maladie fongique principalement foliaire, bien qu'elle puisse infecter d'autres tissus tels que la tige et l'épi. (Evans et al., 2008). L'infection peut se produire à n'importe quel stade à partir du stade une feuille jusqu'à la maturité(Laffont, 1985).

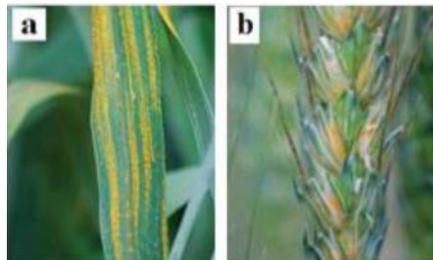


Figure10 : Symptômes de la rouille jaune (Wheat Disease Identification,2011)

- **La septoriose** : est une maladie attaquant principalement le blé (Figure 11), depuis le stade de la germination jusqu'à celui de la maturité. Dans certaines circonstances, elle infecte les feuilles et les épis (Laffont, 1985). Depuis l'introduction des variétés semi-naines et précoces en 1969, des attaques sévères de Septoriose sont observées au Maroc en années humides et pluvieuses, dont les pertes de rendement peuvent aller jusqu'à 40 % (MADREF/DERD. 2001).



Figure 11 : Septoriose sur blé tendre (CECAMA, 2016).

3.2 Principaux ravageurs du blé tendre au Maroc

La cécidomyie, ou mouche de Hesse, sont les principaux ennemis du blé au Maroc (Bennani,2011).

VI. Rôle de la création variétale dans la réponse aux contraintes

1. Importance de la création variétale

Le but de l'amélioration des plantes est la création de cultivars. Ces cultivars ou variétés agricoles doivent avoir un ensemble de caractéristiques leur permettant d'être cultivés avec profit par le producteur et d'être appréciés par le consommateur. La création variétale a pour objectif principale une productivité, une adaptation et une qualité meilleures.

Un rendement supérieur peut être obtenu par une accumulation des gènes favorables pour ce caractère dans une même plante par une modification de l'architecture de la plante pour lui permettre de mieux utiliser les ressources du milieu dans lequel elle se développe.

La création variétale permet aussi à la plante de s'adapter tant au milieu physique ; en modifiant certaines de ses caractéristiques morphologiques ou physiologiques, qu'au milieu biologique et ainsi fournir à la plante une résistance aux maladies, aux insectes et autres ravageurs, qui tend vers l'augmentation et de stabilisation de la production (Zahor, 1992).

Dans certains cas, l'objectif est la création de variétés entièrement nouvelles à partir de génotypes de provenances diverses. Le plus souvent, le point de départ est une variété déjà bien acceptée dont on veut améliorer certains caractères en faisant appel à des génotypes introduits d'ailleurs (J.Bouharmont et al, 1997).

2. Méthodes de création de la variabilité génétique

La création variétale peut passer par plusieurs méthodes relativement simples :

- La multiplication végétative suivie de sélection clonale permet en effet de fixer et de diffuser les combinaisons géniques intéressantes apparues au cours des cycles d'amélioration du matériel de base. En fait, le matériel de base étant constitué de géniteurs potentiels, les opérateurs de sortie devront, la plupart du temps, être plus élaborés et faire intervenir au moins une génération sexuée.

- Croisements entre le génotype extraits de la population de base et variétés cultivées connues pour leur aptitude à donner des descendances performantes du point de vue cultural et qualitatif (DEMARLY, 1972).
- Croisements entre génotypes issus d'autofécondations pratiquées dans la population de base. On bénéficie ainsi de l'augmentation de variance des aptitudes à la combinaison due à la consanguinité et, éventuellement, de meilleures probabilités de recombinaison génétique (PANDEY, 1972).
- Combinaison des deux opérateurs précédents, c'est-à dire croisements entre des variétés cultivées et des génotypes issus d'autofécondations pratiquées dans la population de base.

3. Programme d'Amélioration génétique du blé tendre à l'INRA

➤ Création et adaptation

En raison de l'interaction du génotype avec le milieu, une variété mise au point dans un environnement particulier peut ne pas s'adapter à un autre environnement. La variété appropriée doit être développée localement ou au moins testée durant plusieurs cycles dans son environnement cible. Le matériel génétique introduit des organismes internationaux tels que les CIMMYT ou ICARDA présente une adaptation satisfaisante aux conditions marocaines. Il possède la précocité requise, insensible à la photopériode, de type printemps et résistant aux rouilles. Ce matériel a été exploité comme solution rapide pour l'identification de variétés adaptées, en lui faisant subir des tests intensifs dans le réseau de sites expérimentaux.

➤ Rendement et stabilité en priorité

Devant le déficit croissant de la production face à la demande de plus en plus forte en blé tendre, l'amélioration du rendement le plus rapidement possible devient une priorité. Les tests de qualité sur la farine et la pâte ont été légués à des stades avancés de sélection, tout en s'appuyant sur des tests indirects sur le grain. A part l'irrigué, quel que soit l'environnement cible au Maroc, de grandes fluctuations interannuelles du climat provoquent l'instabilité de la production, surtout pour les variétés spécifiquement productives en conditions favorables. En liaison avec le climat, un éventail de parasites se développe sur la culture fragilisant davantage la stabilité de la production. La variété à développer doit être souple et s'adapter à ces fluctuations climatiques, qu'elles soient d'origine thermique, hydrique ou biotique.

➤ Les environnements de test et d'évaluation

Des sites représentatifs des grands groupes d'environnements ont été identifiés. L'INRA dispose d'un réseau d'une trentaine de stations expérimentales dont neuf ont été choisies pour l'amélioration du blé tendre : Tassaout dans le Haouz (Marrakech), Afouer ou Deroua dans le Tadla (Beni Mellal) représentent l'irrigué, Annoceur au Moyen Atlas représente la montagne (Sefrou), Sidi Allal Tazi dans la plaine du Gharb représente l'humide (Kenitra). L'aride est représenté par Jemaa Sahim dans le Abda (Safi), Khemis Zemamra dans le Doukkala (El Jadida), Sidi El Aydi dans la Chaouia (Settat). Le sub-humide est représenté par Marchouch dans les plateaux de Zaer (Khemisset), Douyet dans le plateau du Saïss (Fès).

4. Critères de sélection pour la réponse aux contraintes au Maroc

L'objectif de sélection a tout le temps été de mettre au point des variétés plus productives que les variétés cultivées (utilisées comme témoins), souples vis à vis des fluctuations environnementales et de bonne qualité. Si l'objectif est constant, les critères de sélection changent en fonction de l'état d'avancement des connaissances, des méthodes de travail et du niveau d'amélioration génétique du matériel végétal. La productivité est mesurée directement par le rendement à l'hectare, dans les générations avancées et indirectement durant les premières générations à travers le nombre d'épis, le nombre de grain par épi, la taille de la plante, le cycle de culture et d'autres critères morpho physiologiques (port, feuilles, cires, barbes)

La stabilité est assurée par les principales caractéristiques suivantes :

- a. Cycle court et durée de remplissage du grain courte à moyenne ;
- b. Réponse aux intrants, moins que la moyenne pour le semi-aride, moyenne pour les zones subhumides ou plus que moyenne pour les zones humides ;
- c. Résistance aux maladies (rouilles, septoriose) et insectes (cécidomyie), propreté du feuillage ;
- d. Tolérance à la sécheresse et aux hautes températures.

La qualité est appréciée par des tests directs ou indirects :

- Les tests indirects sont réalisés durant les premières générations qui ne disposent pas suffisamment de semences, à travers les critères grains bien remplis, propres sans moucheture, de couleur blanche ou ambre, à texture dure ou mi-dure, à faible fente. La taille importe peu.
- Les tests directs concernent les critères de panification dans les générations avancées, les tests sur la farine et d'autres sur la pâte.
- Des tests intermédiaires sont aussi effectués, à savoir, le taux de protéine, la nature des protéines (sous unités gluténiques), le taux de cendre et d'autres critères. (Jlibene,2005).

VII. Méthodes de sélection

1. Sélection généalogique (pedigree) :

Consiste à sélectionner des plantes ou des épis individuels à chaque génération d'autofécondation commençant en F2 et à les évaluer au niveau de leurs descendance un croisement est fait entre deux parents complémentaires pour les caractères recherchés le résultats F1 est laissé pour autofécondation pour donner F2. A ce niveau le maximum de ségrégation est exprimé donnant lieu à des plantes génétiquement différentes. Des plantes individuelles répondant au critère désirés sont sélectionnées récoltées individuellement puis évaluées sur leur descendance. C'est donc la famille F3 issue d'une plante ou épis F2 par autofécondation qui sera évaluée. Les familles F3 qui ne répondent pas aux critères désirés sont écartées. Des plantes ou des épis sont prélever à l'intérieur des familles retenues. Le même processus est suivi au niveau F4 F5 et F6. A chaque génération d'autofécondation, le taux de plantes hétérozygotes est réduit de moitié, de sorte qu'en F6, près de 97% d plantes sont homozygotes, les caractères désirés sont considérés fixés à ce stade. La sélection intra famille est faites sur des plantes individuelles pour des caractères à hérédité élevée comme la hauteur, la forme de l'épi, le port du tallage, la résistance aux maladies. La sélection inter-famille est faite au niveau d'une population ce qui permet d'évaluer des caractères plus complexes comme

la précocité, le nombre d'épis, la fertilité de l'épi, en plus de la résistance aux maladies comme la rouille Brune, la rouille jaune, la septoriose (Jlibene, 2009).

2. Sélection bulk :

Après quatre ou cinq années d'autofécondation, la sélection réalise un tri plus sévère puisque, à ce stade, de nombreuses plantes sont homozygotes pour plusieurs caractères. Cette seconde phase est souvent réalisée selon la méthode généalogique. La sélection bulk, qui n'exige pas un suivi important dans les premières générations, offre l'avantage de fournir des lignées qui ont atteint un taux d'homozygotie suffisant pour procéder à une évaluation satisfaisante des caractères polygéniques. C'est une méthode qui, de ce fait, est mieux adaptée à la sélection pour la valeur boulangère à condition toutefois de disposer des moyens nécessaires pour procéder à l'analyse technologique d'un nombre important de lignées en F5 ou F6 (Jlibene, 2009).

3. Le rétrocroisement (Back-cross) :

Lorsque le gène recherché, trouve chez un géniteur (parent donneur) dégradant sur le plan agronomique est à introduire dans le génotype d'un parent "receveur" de bonne valeur agronomique, la méthode du rétrocroisement permet d'éliminer progressivement tous les gènes du géniteur, sauf le gène intéressant. Cette méthode est très utilisée pour introduire des caractères à hérédité simple dans un génotype déjà amélioré (gène de résistance, gène de stérilité mâle). Cette méthode permet de cumuler successivement dans une bonne variété commerciale plusieurs gènes de résistances mono géniques (Lafon et al, 1988).

4. Mutation et variant somatique :

Dans le cas où la recherche du gène intéressant est infructueuse ou encore si la voie classique de la reproduction ne permet pas le transfert héréditaire de ce gène dans un génotype hybride, l'améliorateur peut rechercher à induire des modifications du code génétique de la variété en utilisant des agents mutagènes. Il peut aussi exploiter à son profit les altérations du matériel génétique, source de variation, qui apparaît spontanément au cours de la multiplication végétative.

Les types de mutation sont les mutations géniques et les mutation chromosomiques.

Matériel et méthodes.

I. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué d'un ensemble de 22 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*, hexaploïde, $2n = 6x = 42$, génome AABBDD) certaines sont inscrites au catalogue officiel national, d'origine locale et introduite issus des ressources génétiques du programme national d'amélioration génétique du blé tendre au Maroc et d'autres nouvelles non inscrites voir (tableau 1). Dont 15 variétés proviennent de la station expérimentale de l'INRA et 16 variétés de la station Marchouch.

Tableau 4 : Variétés utilisées dans cette étude.

Variété	Station d'étude		Date d'inscription au catalogue national
CCBT144	Blocs de croisement	Marchouch	2020
CCBT65	Blocs de croisement	Marchouch	Non inscrite
CCBT175	Blocs de croisement	Marchouch	Non inscrite
V20	Blocs de croisement	_____	Non inscrite
Inter 5	Blocs de croisement	_____	Non inscrite
Inter 6	Blocs de croisement	_____	Non inscrite
Inter 15	Blocs de croisement	_____	Non inscrite
Inter 33	Blocs de croisement	_____	Non inscrite
Av4	Blocs de croisement	_____	Non inscrite
Av33	Blocs de croisement	Marchouch	Non inscrite
Achtar	Blocs de croisement	Marchouch	1988
Malika	Blocs de croisement	Marchouch	2016
Najja	Blocs de croisement	Marchouch	2010
Khadija	Blocs de croisement	Marchouch	2010
Qafza	Blocs de croisement	Marchouch	Non inscrite
Amal	_____	Marchouch	1993
Arrehane	_____	Marchouch	1997
Bandera	_____	Marchouch	2010
Bt904	_____	Marchouch	Non inscrite
Massira	_____	Marchouch	1992
Snina	_____	Marchouch	2017
V9	_____	Marchouch	Non inscrite

II. Site expérimental Inra (Bloc 1 et Bloc 2)

L'essai a été effectué au sein du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Rabat appartenant à l'étage bioclimatique subhumide. Le dispositif expérimental consistait à semer les 15 variétés sur deux lignes espacées de 0,2 mètre en deux répétitions dont le Bloc 1 semé le 04 janvier 2021 et Bloc 2 semé le 18 janvier 2021. Le dispositif respecté est résumé dans la (Figure 12).

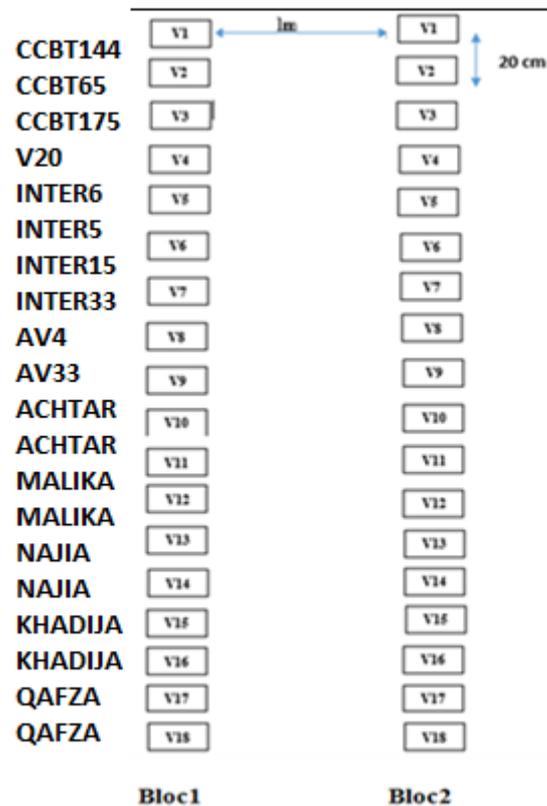


Figure 12 : Dispositif expérimental de la parcelle étudiée.

1. Méthodologie de travail

- Notre travail a débuté le 04 février 2021 par le semi des 15 variétés de blé tendre, Ensuite la période allant du 16 mars jusqu'au 17 mai a été consacré principalement au suivi phytosanitaire et du développement de la culture suivant l'échelle de (Zadok).
- Le 22 mars 2021, nous avons échantillonné 3 plantes de chaque variété, qui vont nous servir dans la caractérisation agro-morphologique. Les croisements entre les variétés choisies ont été initié le 24 mars 2021 par la castration et se sont terminés par la pollinisation qui a duré jusqu'au 22 avril.
- En attendant que la culture atteint le stade de récolte et parallèlement au travail du champs nous avons réalisé la caractérisation des gluténines par SDS PAGE.
- La récolte des échantillons sélectionnés auparavant s'est déroulé entre le 15 et le 17 juin 2021. Après nous sommes passé à la caractérisation agro-morphologique suivant le protocole de l'UPOV.
- Et finalement l'analyse statistique des données obtenues par GENSTAT.

2. Caractérisation agro-morphologique des variétés de blé tendre :

Suivant le protocole de l'UPOV voir (Annexe 1) les différentes caractéristiques agro-morphologiques des cultures peuvent être observées ou mesurées, à moindre cout soit de manière non destructive sur le terrain ou après récolte pour obtenir des données quantitatives et qualitatives sur les différents caractères.

Après la récolte, un échantillonnage de 3 plantes de chaque variété des blocs 1 et 2 a fait l'objet de la caractérisation agro-morphologique.

2.1 Mesures agro-morphologiques quantitatives

Les paramètres agro-morphologiques quantitatives étudiés sont au nombre de 17 et se présentent comme suit : Hauteur de la plante (HP), Longueur de l'épi (LE), Longueur des barbes à l'extrémité de l'épi (LBE), Largeur de la troncature de la glume inférieure (LTGI), Longueur du bec (LB), Longueur de la feuille flagelle (LFF), Longueur du col de l'épi (LCE), longueur du dernier entre-nœud (LDE), Nombre des épis par plante (NEP) Nombre des épis fertiles par plante (NEFP), Nombre de grains par plante (NGP), poids de grains par plante (PGP), Nombre des épillets par épi (NEIP), Nombre des grains par épi (NGE), Poids des grains par épi (PGE), Poids de la biomasse pour chaque épi (PBE) et Poids de la biomasse de la plante (PBP).

✓ Hauteur de la plante (HP)

La mesure de la longueur des chaumes individuels est faite à partir de la base de la tige jusqu'au sommet de l'épi mais sans inclure les arêtes, (Figure 13) mesuré à l'aide d'un mètre gradué en centimètre.



Figure 13 : Mesure de la hauteur de la plante.

✓ Longueur de l'épi (LE)

La mesure est faite à partir de la base à l'extrémité de l'épi, sans prendre en considération les barbes.

✓ Longueur des barbes à l'extrémité de l'épi (LBE)

Les mesures sont faites à partir du sommet de l'épi jusqu'à l'extrémité de la plus longue barbe à l'aide d'une règle graduée (Figure 14).



Figure 14 : Mesure de la longueur des barbes.

✓ **Longueur du col de l'épi (LCE)**

Les mesures sont faites à l'aide d'une règle graduée en centimètre, depuis la base de la feuille flagelle jusqu'à la base de l'épi.

Après avoir compté directement le nombre des épis par plante le nombre des épis fertiles par plante ainsi que le nombre des épillets et la biomasse par plante et par épi, Nous avons procédé au décorticage des épis pour déterminer le nombre et le poids des grains.

2.2 Mesures morphologiques qualitatives

Pour la caractérisation morphologique qualitative nous avons analysé au total 20 paramètres. La détermination de ces paramètres est faite manuellement et à l'œil nu.

Ces mesures sont résumées dans le tableau 5 :

Tableau 5 : Mesures morphologiques qualitatives.

Couleur de graine (CG)	1- Blanche 2- Rougeâtre 3- Violette 4- Bleuâtre
Forme du grain (FG)	1- Arrondie 2- Allongée 3- Ovoïde
Glaucescence de la gaine (GLG)	1- Nulle ou très faible 2- Faible 3- Moyenne 4- Forte 5- Très forte
Glaucescence du limbe (GLL)	1- Nulle ou très faible 2- Faible 3- Moyenne 4- Forte 5- Très forte
Glaucescence de l'épi (GLE)	1- Nulle ou très faible 2- Faible 3- Moyenne 4- Forte 5- Très forte
Pilosité de la surface externe de la glume inférieure (PSEGI),	1- Absente 2- Présente
Moelle en section transversale de la paille (MSTP)	1- Peu épaisse 2- Moyenne 3- Épaisse ou pleine
Compacité de l'épi (CP)	1- Très lâche 2- Lâche 3- Moyen 4- Compact 5- Très compact
Présence des arêtes ou barbes (PAB)	1- Toutes les deux absentes 2- Arêtes présentes 3- Barbes présentes
Longueur des barbes (LB)	1- Très courtes 2- Courtes 3- Moyennes 4- Longues 5- Très longues
Distribution des arêtes ou barbes (DAB)	1- A l'extrémité de l'épi 2- Au ¼ supérieur de l'épi 3- Sur toute la longueur de l'épi 4- Au ½ supérieur de l'épi 5- Au ¾ supérieur de l'épi

Forme épi en vue de profil (FEVP)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Pyramidal 2- A bords parallèle 3- Légèrement en massue 4- Fortement en massue 5- Fusiforme
Terminal du rachis : pilosité de la face externe (TRPE),	<ul style="list-style-type: none"> 1- Nulle ou très faible 2- Faible 3- Moyenne 4- Forte 5- Très forte
Glume inférieure : forme de la glume (GIFG)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Arrondie 2- Allongée 3- Ovoïde
Glume inférieure : largeur de la troncature (GILT)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Nulle ou très étroite 2- Étroite 3- Moyenne 4- Large 5- Très large
Glume inférieure : forme de la troncature (GIFT)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Fortement incliné 2- Légèrement incliné 3- Horizontale 4- Légèrement échancrée 5- Fortement échancrée
Glume inférieure : longueur du bec (GILOB)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Très court 2- Court 3- Moyen 4- Long 5- Très long
Glume inférieure : largeur du bec (GILAB)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Très épaisse 2- Très fine 3- Épaisse 4- Fine
Glume inférieure : forme du bec (GIFB)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Droit 2- Légèrement coudé 3- Demi-coudé 4- Fortement coudé 5- Genouillé
Glume inférieure : étendue de la pilosité de la surface interne (GIEP)	<ul style="list-style-type: none"> 1- Très faible 2- 2- moyenne 3- 3- très forte

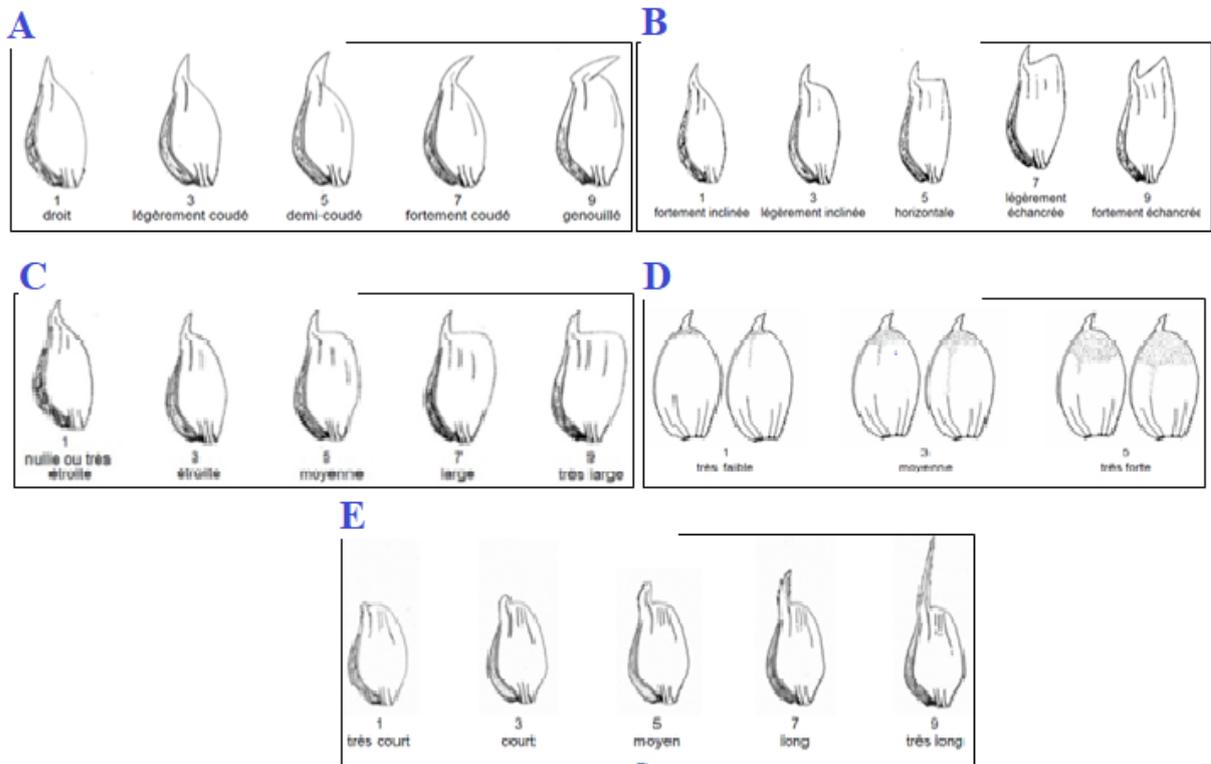


Figure 15 : Observation de la glume inférieure (**A** : forme du bec, **B** : forme de la troncature, **C** : largeur de la troncature, **D** : étendue de la pilosité de la surface interne **E** : longueur du bec).

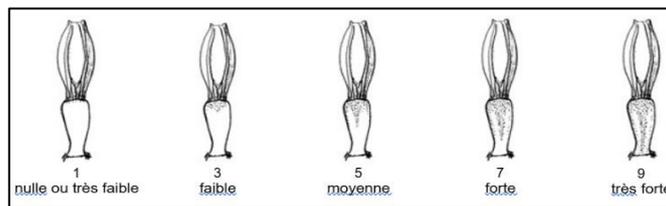


Figure16 : Terminal du rachis pilosité de la face externe.

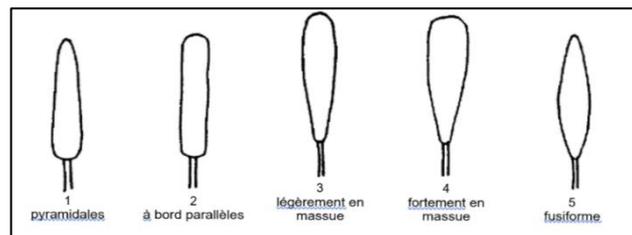


Figure17 : Forme de l'épi en vue de Profil

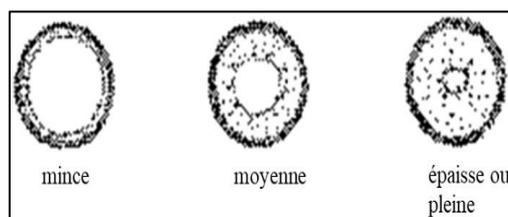


Figure18 : Moelle en Moelle en section transversale de la paille.

III. Site expérimental de Marchouch

Les variétés de blé tendre (*triticum aestivum*) utilisées dans cette partie sont récolté de la station expérimentale de Marchouch appartenant à l'INRA de la campagne agricole 2020-2021. Marchouch est une commune rurale marocaine de la province de Khémisset, qui se situe dans la région de Rabat-Salé Zemmour-Zaër. Le (Tableau 6) résume les caractéristiques pédoclimatiques et techniques de la station expérimentale.

Tableau 6 : Caractéristiques pédoclimatiques de la station Marchouch.

Site	Coordonnées	Climat	Type de sol	Cumul des précipitations (mm)	Fertilisation
Marchouch	33°60'N/6°7'W	Sub Humide	Vertisol à texture argileuse	514	Ammonitrate 33.5%/100Kg/Ha

Pour la Caractérisation agro-morphologique des variétés de blé tendre dans cette station, nous avons procédé de la même façon que précédemment que ça soit pour les mesures Agro-morphologiques quantitatives ou pour les mesures morphologiques qualitatives.

IV. Caractérisation de qualité par électrophorèse en gel de polyacrylamide contenant du dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE)

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude se compose des grains de 15 variétés de blé tendre qui sont Arrehane, Massira, Amal, CCBT56, Inter 6, Inter 15, V20, Achar, Malika, Inter 33, Snina, Bandera, AV33, Najia, et V9 fournies par le laboratoire d'amélioration et de qualité de blé de l'Inra de Rabat. 5 autres génotypes (B+16, Karim, Marzak, Chinese Spring et 2777) sont utilisés dans cette analyse comme témoin (Tableau 7).

Tableau 7: Témoins utilisés pour la SDS PAGE

Témoins	Nombre de bandes
T1 : B+16	13+16
T2 : Karim	7+8
T3 : Marzak	6+8
T4 : Chinese Spring	14+15
T5 : 2777	20

2. Principe

La SDS-PAGE est une électrophorèse sur gel de polyacrylamide, c'est une technique qui consiste à faire migrer les protéines dans un gel, sous l'influence d'un champ électrique, permettant ainsi leur séparation. Les échantillons protéiques sont soumis à l'action du SDS (sodium dodécyl sulfate) c'est un dénaturant capable de se fixer sur la périphérie des chaînes de protéines tout en leur conférant une charge négative. Ainsi les protéines recouvertes par le SDS auront donc toute une charge négative et migreront selon leur masse moléculaire.

3. Mode opératoire

En premier temps nous avons moulu finement 2 à 3 graines de chaque variété à l'aide d'un mortier (Figure 19), puis nous avons pesé pour chacune 20 mg de la préparation. Puis la préparation est mise dans des tubes à eppendorffs.



Figure 19 : Mouture des graines du blé tendre manuellement à l'aide du mortier.

3.1 Extraction des gluténines

L'extraction des gluténines nécessite en premier lieu la préparation des trois solutions A, B et C qui sont conservables (Annexe 3) :

Extraction des gliadines

- En premier temps nous avons ajouté 1ml de la solution (A) à chaque eppendorff contenant 20mg de l'échantillon (farine préalablement moulu).
- Ensuite nous les avons passé au vortex deux fois pendant 30s.
- Après 30min nous avons centrifugé à 10000 rpm pendant 1 min
- Puis nous avons éliminé le surnageant.

Enfin nous avons refait le lavage du culot pour la deuxième fois en suivant les mêmes étapes précédentes mais cette fois ci avec :

- L'ajout de 0,5 ml de la solution A pour chaque eppendorff.
- La centrifugation pendant 5min à 10000 rpm.

Extraction des gluténines

- Consiste premièrement en la préparation à partir de la solution B de deux autres solutions B1 et B2 non conservables que nous avons immédiatement utilisées : Pour la solution B1 nous avons pris 0,1 ml sur laquelle nous avons ajouté 1% du dithiothréitol (D.T.T) et pour la solution B2 nous avons ajoutée 1,4% du 4-vinylpyridine sur 0,1ml de la solution B.
- Ensuite nous avons ajouté 0,1ml de la solution B1 au culot, puis nous avons vortexé brièvement.
- Après 30 min, nous avons centrifugé pendant 5min à 10000rpm. Après cette étape nous avons ajouté 0,1 ml de la solution B2 puis nous les avons placés au bain marie à 65°C pendant 15min. puis nous avons recentrifuger pendant 2min à 10000 rpm. Entre temps nous avons préparé des nouveaux Eppendorf contenant 0,1 ml de la solution C préalablement préparé.
- Après centrifugation Nous avons prélevé ensuite 0,1ml du surnageant à l'aide d'une pipette et on l'a rajouté dans les nouveaux Eppendorf. Nous avons vortexé brièvement

puis nous avons incubé pendant 15min à 65°C et vers la fin nous avons procédé par une centrifugation de 2min à 10000rpm.

- Les extraits obtenus ont été conservés à -20°C (congélateur).

3.2 Préparation des gels

Avant de préparer les gels nous avons procédé au montage des cassettes. Après les avoir nettoyées à l'éthanol nous les avons placés l'une contre l'autre en les séparant avec deux espaceurs. Nous avons passé par la suite à la préparation de 100ml du gel de séparation qui permet de fractionner les différentes protéines et les sous unités protéiques (Tableau 8). Après nous avons coulé doucement le gel entre les deux plaques à l'aide d'une seringue de façon à éviter la formation des bulles, jusqu'à un niveau délimité sur la plaque, pour laisser la place au gel de concentration à 5cm de l'encoche. Nous avons versé ensuite du butanol sur le gel afin d'obtenir une surface plate et afin de créer une barrière contre l'air pour accélérer la polymérisation qui prendra à peu près 30min. Après la polymérisation du gel de séparation nous nous sommes débarrassés du butanol et nous avons passé à la préparation de 25ml du gel de concentration, qui permet de donner à toutes les protéines un même point de départ (Tableau 8). Le gel est coulé sur le gel de séparation, les peignes sont posés bien centrés, entre les cassettes et sans faire de bulles. Après 45 à 60 min, les peignes sont retirés, soigneusement, pour ne pas casser les puits. Enfin, on verse quelques gouttes du tampon dans les puits et on dépose nos échantillons.

Tableau 8 : Composants des gels de séparation et de concentration.

Produits	Gel de séparation	Gel de concentration
APS	500 µl	125 µl
SDS	1ml	250µl
Bis Acrylamide	25ml	3,25ml
1,5M Tris Hcl, pH 8,8	25ml	-
0,5M Tris Hcl, pH 6,8	6,25ml	-
TEMED	50µl	25 µl
H2O Distillé	48,5ml	15,25ml
TOTAL	100ml	25ml

3.3 Dépôt des échantillons et migration

Après la polymérisation du 2^{ème} gel nous avons retiré délicatement le peigne formant ainsi 15 puits dans lesquels nous avons versé quelques gouttes du tampon, avant de déposer nos échantillons de protéine à séparer avec une quantité de 400 µL à l'aide d'une micro pipette.

Nous avons déposé avec nos échantillons un marqueur ayant 7 bandes de poids moléculaire connu (15,25,35,50,75,100 et 150 Kda).

Nous avons par la suite placé les plaques de verre dans la cuve d'électrophorèse. Finalement le tampon de migration, que nous avons préalablement préparé en suivant le protocole dans l'annexe 5, est mis dans la cuve de migration en sorte à ce que son niveau dépasse les gels. Puis nous l'avons soumis sous l'action d'un champ électrique avec une intensité de courant de

100Ma/gel et une tension maximale de 67 V. Nous avons attendu jusqu'à ce que le front de migration atteigne le bord inférieur des plaques illustrant ainsi la fin de migration.

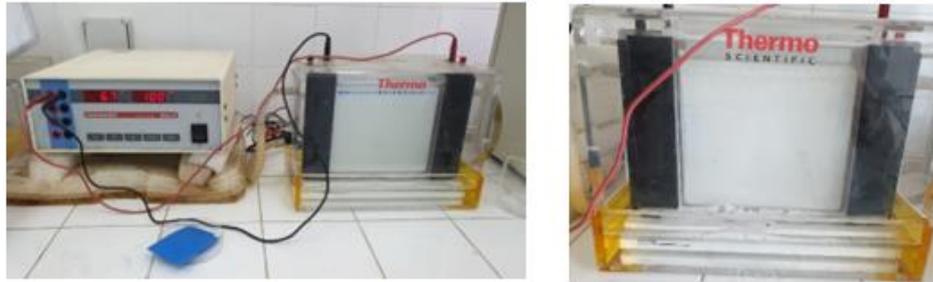


Figure 20 : Cuve de migration des protéines sous l'action du champ électrique avant et après migration.

3.4 Coloration et lavage

Après 24h de migration (figure 23) nous avons démoulé le gel puis nous l'avons placé dans la solution de coloration (voir annexe) pendant 48h sous agitation (figure 21).



Figure 21 : Coloration des gels.

Après nous avons placé le gel dans la solution de lavage pendant 24h. Finalement les gels obtenus seront lus par le logiciel de lecture BIOCAPT.

V. Analyse statistique

Les données obtenues sont analysées par le logiciel Genstat Discovery Edition 18. Pour chaque paramètre, une analyse de la variance (ANOVA) est effectuée afin de caractériser les différences qui existent entre les différentes variétés étudiées pour les deux stations. La comparaison des moyennes quant à elle, elle permet de déterminer les regroupements des classes des variétés sur la base du test de BONFERRONI (2016) à un risque de 5%. Ensuite l'analyse de corrélation est effectuée afin de déterminer les relations entre les paramètres.

Résultats et discussion

I. Analyse de la variance à un facteur

1. Caractères agronomiques

1.1 Site expérimental de l'Inra

a. Bloc 1

L'analyse de la variance pour les caractères agronomiques des différentes variétés étudiées appartenant au 1^{er} Bloc a montré que les différences entre les lignées sont hautement significatives pour tous les paramètres agronomiques (**P<0,001**) (Tableau 9). Ce résultat montre l'existence d'une diversité génétique importante au sein du matériel évalué.

Tableau 9: Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques pour le bloc 1.

Caractère	Source de variation	ddl	SS	MS	P
NEFP	VARIETES	14	9.91111	0.70794	<.001
	Résiduelle	28	1.28889	0.04603	
NEP	VARIETES	14	10.57778	0.75556	<.001
	Résiduelle	28	0.62222	0.02222	
NEIP	VARIETES	14	208.000	14.857	<.001
	Résiduelle	28	35.467	1.267	
NGE	VARIETES	14	2372.978	169.498	<.001
	Résiduelle	28	263.289	9.403	
NGP	VARIETES	14	41532.66	2966.62	<.001
	Résiduelle	28	1341.82	47.92	
PBE	VARIETES	14	26.7384	1.9099	<.001
	Résiduelle	28	3.7516	0.1340	
PBP	VARIETES	14	281.506	20.108	<.001
	Résiduelle	28	64.912	2.318	
PGE	VARIETES	14	5.74541	0.41039	<.001
	Résiduelle	28	0.67451	0.02409	
PGP	VARIETES	14	22156.003	1582.572	<.001
	Résiduelle	28	75.399	2.693	

NEFP Nombre d'épi fertiles par plantes, **NEP** Nombre d'épi par plante, **NEIP** Nombre d'épillet par plante, **NGE** Nombre des graines par épi, **NGP** Nombre des graines par plante, **PBE** poids de la biomasse par épi, **PBP** poids de la biomasse par plante, **PGE** poids des graines par épi, **PGP** poids des graines par plante, **ddl** Degré de liberté, **SS** somme des carrés des écarts, **MS** Moyennes des carrés des écarts, **P** probabilité : **<0,05** Significative, **<0,01** hautement significative, **<0,001** très hautement significative

b. Bloc 2

L'analyse de la variance du 2^{ème} bloc a indiqué la présence des différences très hautement significatives entre les différentes variétés étudiées et ce pour les caractères agronomiques ($P < 0,001$). Ceci reflète la variabilité génétique existante entre les lignées étudiées.

Tableau 10 :Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques

Caractère	Source de variation	Ddl	SS	MS	P
NEFP	VARIETES	14	15.91111	1.13651	<.001
	Résiduelle	28	2.62222	0.09365	
NEP	VARIETES	14	15.24444	1.08889	<.001
	Résiduelle	28	0.62222	0.02222	
NEIP	VARIETES	14	194.9778	13.9270	<.001
	Résiduelle	28	7.1556	0.2556	
NGE	VARIETES	14	3205.911	228.994	<.001
	Résiduelle	28	258.222	9.222	
NGP	VARIETES	14	37899.97	2707.14	<.001
	Résiduelle	28	953.76	34.06	
PBE	VARIETES	14	27.1896	1.9421	<.001
	Résiduelle	28	3.5347	0.1262	
PBP	VARIETES	14	152.1314	10.8665	<.001
	Résiduelle	28	19.6389	0.7014	
PGE	VARIETES	14	15.54252	1.11018	<.001
	Résiduelle	28	0.86852	0.03102	
PGP	VARIETES	14	1446.1313	103.2951	<.001
	Résiduelle	28	7.1327	0.2547	

NEFP Nombre d'épi fertiles par plantes, **NEP** Nombre d'épi par plante, **NEIP** Nombre d'épillet par plante, **NGE** Nombre des graines par épi, **NGP** Nombre des graines par plante, **PBE** poids de la biomasse par épi, **PBP** poids de la biomasse par plante, **PGE** poids des graines par épi, **PGP** poids des graines par plante, **ddl** Degré de liberté, **SS** somme des carrés des écarts, **MS** Moyennes des carrés des écarts, **P** probabilité :<0,05 Significative, <0,01 hautement significative, <0,001 très hautement significative

1.2 Site expérimental Marchouch

L'analyse de la variance entre les différentes variétés étudiées appartenant à la station de Marchouch pour les caractères agronomiques a démontré un effet très hautement significatif pour la majorité des paramètres ($P < 0,001$) à l'exception du poids de la biomasse qui présente un effet hautement significatif ($P = 0,002$). Ceci reflète la variabilité génétique existante entre les lignées étudiées.

Tableau 11: Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques.

Caractère	Source de variation	Ddl	SS	MS	P
NEFP	VARIETES	15	10.3333	0.6889	<.001
	Résiduelle	30	5.2917	0.1764	
NEP	VARIETES	15	10.3333	0.6889	<.001
	Résiduelle	30	5.2917	0.1764	
NEIP	VARIETES	15	128.5833	8.5722	<.001
	Résiduelle	30	9.1667	0.3056	
NGE	VARIETES	15	2019.495	134.633	<.001
	Résiduelle	30	240.865	8.029	
NGP	VARIETES	15	47215.98	3147.73	<.001
	Résiduelle	30	2477.96	82.60	
PBE	VARIETES	15	39.4398	2.6293	0.002
	Résiduelle	30	23.4377	0.7813	
PBP	VARIETES	15	2307.550	153.837	<.001
	Résiduelle	30	38.144	1.271	
PGE	VARIETES	15	15.65620	1.04375	<.001
	Résiduelle	30	1.12064	0.03735	
PGP	VARIETES	15	567.6505	37.8434	<.001
	Résiduelle	30	13.1523	0.4384	

NEFP Nombre d'épi fertiles par plantes, **NEP** Nombre d'épi par plante, **NEIP** Nombre d'épillet par plante, **NGE** Nombre des graines par épi, **NGP** Nombre des graines par plante, **PBE** poids de la biomasse par épi, **PBP** poids de la biomasse par plante, **PGE** poids des graines par épi, **PGP** poids des graines par plante, **ddl** Degré de liberté, **SS** somme des carrés des écarts, **MS** Moyennes des carrés des écarts, **P** probabilité : **<0,05** Significative, **<0,01** hautement significative, **<0,001** très hautement significative

2. Caractère morphologique :

2.1 Site expérimental de l'Inra

a. Bloc 1

L'analyse de la variance des paramètres morphologiques des différentes variétés étudiées a démontré un effet très hautement significatif pour tous les paramètres (**P<.001**) sauf la LB qui prouve une variabilité nulle (tableau 11), ce qui revient à dire que les moyennes sont identiques pour ce caractère chez toutes les variétés.

Tableau 12 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques pour le 1^{er} bloc.

Caractère	Source de variation	Ddl	SS	MS	P
HP	VARIETES	14	1693.826	120.988	<.001
	Résiduelle	28	215.028	7.680	
LB	VARIETES	14	0.0720000	0.0051429	
	Résiduelle	28	0.0000000	0.0000000	
LBE	VARIETES	14	77.1853	5.5132	<.001
	Résiduelle	28	10.1933	0.3640	
LCE	VARIETES	14	772.181	55.156	<.001
	Résiduelle	28	54.009	1.929	
LDE	VARIETES	14	830.641	59.332	<.001
	Résiduelle	28	143.289	5.117	
LE	VARIETES	14	83.0458	5.9318	<.001
	Résiduelle	28	13.9049	0.4966	
LFF	VARIETES	14	98.372	7.027	<.001
	Résiduelle	28	45.911	1.640	
LTGI	VARIETES	14	0.1964444	0.0140317	<.001
	Résiduelle	28	0.0062222	0.0002222	

HP hauteur de la plante, **LB** longueur du bec, **LBE** longueur des barbes à l'extrémité de l'épi, **LCE** longueur du col de l'épi, **LDE** longueur du dernier entre nœud, **LE** longueur de l'épi, **LFF** longueur de la feuille flagelle, **LTGI** largeur de la troncature de la glume inférieur, **ddl** Degré de liberté, **SS** somme des carrés des écarts, **MS** Moyennes des carrés des écarts, **P** probabilité : **<0,05** Significative, **<0,01** hautement significative, **<0,001** très hautement significative

b. Bloc 2

L'analyse de la variance pour les paramètres morphologiques entre les différentes variétés (tableau 12) a démontré un effet très hautement significatif (**P <.001**) pour tous les paramètres, on peut donc dire qu'il y a une très grande différence et donc une diversité génétique entre les lignées étudiées pour les caractères morphologiques.

Tableau 13: Analyse de la variance des résultats des paramètres agronomiques

Caractère	Source de variation	Ddl	SS	MS	P
HP	VARIETES	14	2119.832	151.417	<.001
	Résiduelle	28	129.745	4.634	
LB	VARIETES	14	0.1146667	0.0081905	<.001
	Résiduelle	28	0.0120000	0.0004286	
LBE	VARIETES	14	20.8267	1.4876	<.001
	Résiduelle	28	6.4120	0.2290	
LCE	VARIETES	14	307.0378	21.9313	<.001
	Résiduelle	28	10.5529	0.3769	
LDE	VARIETES	14	536.824	38.345	<.001
	Résiduelle	28	48.246	1.723	
LE	VARIETES	14	55.2031	3.9431	<.001
	Résiduelle	28	9.7382	0.3478	
LFF	VARIETES	14	348.366	24.883	<.001
	Résiduelle	28	83.224	2.972	
LTGI	VARIETES	14	0.0791111	0.0056508	<.001

HP hauteur de la plante, **LB** longueur du bec, **LBE** longueur des barbes à l'extrémité de l'épi, **LCE** longueur du col de l'épi, **LDE** longueur du dernier entre nœud, **LE** longueur de l'épi, **LFF** longueur de la feuille flagelle, **LTGI** largeur de la troncature de la glume inférieur, **ddl** Degré de liberté, **SS** somme des carrés des écarts, **MS** Moyennes des carrés des écarts, **P** probabilité :<0,05 Significative, <0,01 hautement significative, <0,001 très hautement significative

2.2 Site expérimental de Marchouch

L'analyse de la variance pour les paramètres morphologiques entre les différentes variétés a démontré un effet très hautement significatif (**P <.001**) pour tous les paramètres, ceci dit qu'il y a une très grande différence et donc une variabilité génétique entre les génotypes étudiées.

Tableau 14: Analyse de la variance des paramètres morphologiques

Caractère	Source de variation	Ddl	SS	MS	P
HP	VARIETES	15	10319.81	687.99	<.001
	Résiduelle	30	454.38	15.15	
LB	VARIETES	15	0.159167	0.010611	<.001
	Résiduelle	30	0.032083	0.001069	
LBE	VARIETES	15	50.7137	3.3809	<.001
	Résiduelle	30	6.8886	0.2296	
LCE	VARIETES	15	908.857	60.590	<.001
	Résiduelle	30	35.849	1.195	
LDE	VARIETES	15	1489.041	99.269	<.001
	Résiduelle	30	181.502	6.050	
LE	VARIETES	15	64.6933	4.3129	<.001
	Résiduelle	30	11.7617	0.3921	
LFF	VARIETES	15	859.853	57.324	<.001
	Résiduelle	30	158.325	5.277	
LTGI	VARIETES	15	144.74000	9.64933	<.001
	Résiduelle	30	0.69500	0.02317	

HP hauteur de la plante, **LB** longueur du bec, **LBE** longueur des barbes à l'extrémité de l'épi, **LCE** longueur du col de l'épi, **LDE** longueur du dernier entre nœud, **LE** longueur de l'épi, **LFF** longueur de la feuille flagelle, **LTGI** largeur de la troncature de la glume inférieur, **ddl** Degré de liberté, **SS** somme des carrés des écarts, **MS** Moyennes des carrés des écarts, **P** probabilité :<0,05 Significative, <0,01 hautement significative, <0,001 très hautement significative

II. Comparaison des moyennes

1. Caractères agronomiques quantitatifs

1.1 Site expérimental de l'Inra

a. Bloc 1

La comparaison des moyennes est une technique statistique qui permet de construire des groupes de génotypes partageant à peu près les mêmes caractéristiques et de déceler le génotype le plus performant.

Pour le Nombre d'épi (NEP) par plantes la plus grande valeur est de 4 épis retrouvée chez les variétés V20, Inter 5, Qafza, CCBT65, Malika et Najia. Tandis que la plus petite valeur, qui est de 3 épis est retrouvée chez Khadija CCBT175, Achar, CCBT144, Inter 33, AV33 et inter 15. On remarque que pour le Nombre d'épi fertiles par plantes, les génotypes ont été divisés en deux classes. la classe (b) rassemblant les variétés ayant le plus grand nombre d'épi fertile (V20, Inter 5, Qafza, CCBT65, Malika, Najia et AV4) et la classe (a) regroupe les variétés ayant 3 épi fertile par plante (Khadija CCBT175, Achar, CCBT144, Inter 33, AV33, Inter 15 et Inter6)

Pour le nombre d'épillet par plante (NEIP) 16 est la plus grande valeur notée chez Malika, tandis que la plus petite valeur 7,33 concerne Qafza.

Concernant le nombre de grains par épi (NGE) Qafza et Malika possèdent le plus grand nombre avec respectivement 37,25 et 39. CCBT65 possède le plus petit nombre qui est de 11,67.

Par rapport au nombre de graines par plante (NGP) 202,32 représente la plus grande valeur révélée chez Qafza par contre 38,33 est la plus petite valeur révélée chez CCBT65.

Le poids de la biomasse par épi (PBE) maximal est de 4,067g, caractérise la variété Inter33 tandis que le poids minimal est de 1,037 caractérise CCBT65.

Relativement aux poids de la biomasse par plante (PBP) les variétés Inter 6, Malika et AV4 se caractérisent par les plus grands poids qui sont respectivement 11,360g, 11,467g et 11,507g. la variété Khadija, quant à elle, représente le poids minimal qui est de 3,5g.

En ce qui concerne le poids des graines par épi (PGE) on note la plus grande valeur chez AV4(1,7633g) et Qafza (1,503g) et la plus petite valeur chez CCBT65 avec 0,3333g.

Par rapport aux poids des graines par plante (PGP) Qafza se distingue des autres variétés par un poids maximal de 91,667g. (Annexe 5).

b. Bloc 2

D'après le tableau dans l'annexe 5 le Nombre d'épi fertiles par plantes (NEFP) varie entre 2 et 4 la valeur maximale est notée chez CCBT144. La valeur minimale est partagée entre Khadija, Qafza, Malika, Najia et AV33.

Le nombre d'épi par plante (NEP) lui aussi varie entre 2 et 4. Les valeurs maximales sont retrouvées chez Achar et CCBT144, tandis que les valeurs minimales sont observées chez Qafza, Malika et Najia.

Inter5 et Malika possèdent le plus grand nombre d'épillet par plante (NEIP) avec une moyenne de 17. Par contre AV33 représente le plus petit nombre qui est de 9,67.

Le nombre des graines par épi (NGE) est variable d'une variété à une autre or le plus grand nombre est de 36 noté chez la variété Inter 15 et chez la variété Qafza. Le plus petit nombre étant 5,33 observé chez Najia.

Pour le nombre de graines par plante (NGP) on remarque une très large différence entre la valeurs maximale et minimale. La variété CCBT65 possède le plus grand nombre qui est de 100 en moyenne. Tandis que la variété Najia possède le plus petit nombre qui est de 10,33.

En revanche la variété Qafza représente le plus grand poids de biomasse par épi (PBE) avec une valeur de 4,013g. La variété CCBT144 quant à elle représente le plus petit poids qui est de 1,150 g.

Le poids de la biomasse par plante (PBP) est maximal chez Qafza et CCBT175 avec 8,947g de moyenne. Et il est minimal chez Malika avec 2,67g.

En ce qui concerne le poids des graines par épi (PGE) il varie entre 0,100g et 1,610 g. le poids le plus élevé est noté chez Inter15 et Qafza tandis que le poids le plus bas est observé chez Najia.

Le poids des graines par plante (PGP) est très variable. Les résultats obtenus montrent que Qafza a le plus grand poids des graines avec une valeur de 24,667g. Par contre Najia possède le plus petit poids qui est de 0,293g.

1.2 Site expérimental de Marchouch

Pour le nombre d'épi fertile par plante (NEFP) ainsi que le nombre d'épi par plante (NEP) la plus grande valeur est de 4 qu'on retrouve chez les variétés Amal, Bandera, Khadija, Malika, CCBT65 et Massira. Tandis que la plus petite valeur, qui est 2,333cm, est retrouvée chez AV33. Pour le nombre d'épillet par plante (NEIP), 19,333 pour Snina est la plus grande valeur. Tandis que 12,33 est la plus petite valeur et elle concerne AV33.

Le nombre de grain par épi (NGE), le plus grand nombre étant 54,33 et le plus petit 27,33 le premier affiché par Najia et Malika et le deuxième affiché par AV33.

Le nombre de grain par plante (NGP) est maximal chez deux variétés ; à savoir Qafza avec 193,7 et Malika avec 190 tandis que le poids minimal est de 68 et concerne AV33.

Relativement au poids de la biomasse par épi (PBE) Arrehane et Najia possèdent la plus grande valeur de 5,6g et AV33 la plus petite valeur 2,56g.

Le poids de la biomasse par plante (PBP) affiche 5,91g comme plus la petite valeur mesurée et ce chez AV33. Alors qu'il affiche 35,9g comme plus grande valeur chez CCBT175

Le poids des graines par épi (PGE), la variété Amal avec 3,087g est la plus grande. Alors que 0,767g observée chez Lina est la plus petite.

Quant au poids de graines par plante Khadija affiche le plus grand poids avec 15,38g tandis que Lina affiche le plus petit poids qui est de 2,33g.

2. Caractères morphologiques quantitatifs

2.1 Site expérimental

a. Bloc 1

Pour la hauteur de la plante (HP) la plus grande valeur est notée chez Inter 15 avec 66,67 cm et chez Malika avec 60cm tandis que la plus petite est retrouvée chez V20 et Khadija avec des valeurs respectives de 43,67cm ainsi que 44,5cm.

On n'a pas eu des résultats pour la longueur du bec (LB) puisqu'elle a prouvé une variabilité nulle.

En ce qui concerne la longueur des barbes à l'extrémité de l'épi (LBE), les plus grandes hauteurs ont été 7,200 cm et 7,175cm retrouvées chez CCBT175 et Av4. Tandis que la plus petite est retrouvée chez Qafza avec 1,100cm de longueur.

Relativement à la longueur du col de l'épi (LCE), Malika possède le plus long col qui est de 18,83 cm à l'opposé de CCBT65 qui affiche la plus petite longueur qui est de 2,47cm.

Pour la longueur de l'épi (LE) Malika affiche la plus grande longueur avec 10,433cm. Achtar quant à elle, affiche la plus petite longueur qui est de 5,167cm.

La longueur de la feuille flagelle (LFF) est très élevée chez Malika avec 15,33cm, et très faible chez Achtar avec 10,07cm.

Pour la largeur de la troncature de la glume inférieure (LTGI) la plus grande valeur est de 0,004 qu'on retrouve chez la variété V20, Achtar, Malika, Najia et AV33. Tandis que la plus petite valeur, qui est 0,002cm, est partagée entre CCBT65 et Inter 6.

b. Bloc 2

Pour la hauteur de la plante HP la variété Malika est caractérisée par la plus grande hauteur avec 80,00cm tandis que V20 présente la plus petite hauteur de 46,33 cm.

Les valeurs de la longueur du bec LB varient entre 0,200 cm et 0,400cm la valeur la plus élevée est observée chez Khadija, CCBT75 et CCBT65 tandis que la plus faible est obtenue chez les autres variétés.

La longueur des barbes à l'extrémité de l'épi (LBE) varie entre 6,567 et 1,76. La longueur maximale est notée chez la variété khadija, Malika et Inter 5. Par contre la longueur la plus basse est observée chez AV4.

Par rapport à la longueur du col de l'épi (LCE) Malika et inter 33 représentent la plus grande longueur avec 19,33cm. tandis que la plus petite longueur 2,87 est retrouvée chez Qafza.

La longueur du dernier entre nœud (LDE) est comprise entre 16,3 cm et 34,67. La valeur maximale est obtenue chez Malika et inter 33 par contre la longueur minimale est observée chez V20.

Concernant la longueur de l'épi (LE) AV4 possède la plus grande valeur avec 11,167cm de longueur. Inter 6 ainsi que Achtar quant à eux ils possèdent les plus petits épis avec à peu près 6,300cm.

Par rapport à la feuille flagelle (LFF) inter33 et Malika représentent la plus longue feuille avec 17,33cm et 15,83 cm par contre CCBT65 représente la plus courte feuille flagelle avec 8,67cm.

largeur de la troncature de la glume inférieure (LGTI) est comprise entre 0,200 et 0,400cm.les plus grandes valeurs sont observées chez les variétés inter 5, CCBT75,Malika,Qafza,CCBT65,CCBT144 et inter 33 .la valeur la plus basse est obtenue chez la lignée inter15.

2.2 Site expérimental de Marchouch

La variété Malika présente la plus grande hauteur de plante (HP)avec 137,33cm tandis que la variété AV33 présente la plus petite hauteur avec 66cm.

Par rapport à la longueur du bec (LB)les variétés Amal, AV33, Lina et Snina présentent la plus grande longueur : 0,3cm. Alors que les variétés Achar, Arrehane, Bandera, BT9A04, CCBT175, CCBT65, Khadija, Malika, Massira, Najia, Qafza et V9 disposent des plus petites longueurs de bec avec 0,2 cm.

En ce qui concerne la longueur des barbes (LBE) à l'extrémité de l'épi Achar, AV33 et Malika représentent les valeurs les plus grandes avec respectivement 6,6cm 6,467cm et 6,5cm. Contrairement à Bandera qui a les plus petites barbes avec 2,417cm.

La longueur du col de l'épi (LCE) est très élevée chez BT9A04 et V9 avec respectivement 24 cm et 23,2cm tandis qu'elle est très faible chez CCBT65 avec 9,9 cm.

Relativement à la longueur du dernier entre nœud (LDE)V9 présente la valeur la plus élevée : 45,33cm à l'opposé de la variété CCBT65 qui est caractérisée par la plus petite longueur :24,67. Arrehane présente la longueur de l'épi (LE) la plus grande avec 15,5 cm, alors que AV33 présente le plus petit épi avec 7,5 cm.

Pour la longueur de la feuille flagelle (LFF)Qafza affiche la longueur maximale avec 26cm tandis que V9 affiche la plus petite longueur qui est de 9,13cm.

La longueur de la troncature de la glume inférieure (LTGI) varie entre 0,267cm et 5, 067.les valeurs minimales sont présentes chez (Achar, Arrehane, AV33, Bandera, BT9A09, CCBT65, Lina, Malika, Massira, Qafza, Snina et V9) et la valeur maximale est présente chez Khadija.

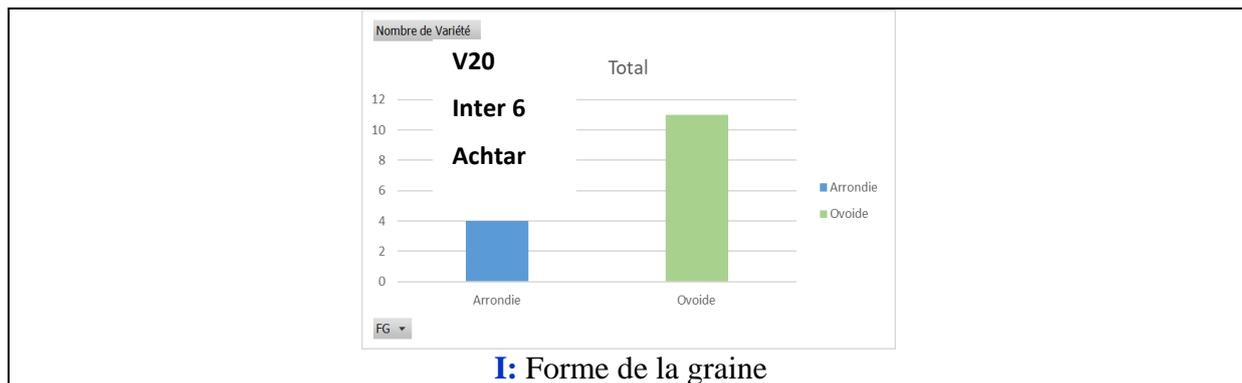
III. Analyses des paramètres morphologiques qualitatives

1. Site expérimental de l'Inra

D'après les résultats obtenus on ressort que les caractères qualitatifs :CG (blanchâtre), GLG (Nulle ou très faible), GLE (Nulle ou très faible), PSEGI(Absente), MSTP (peu épaisse), PAB (barbes présentes), DAB (toute la longueur de l'épi), FEVP (pyramidal), TRPE (Nulle ou très faible), GIEP (très faible) et PSEGI(Absente)sont semblables chez toutes les lignées étudiées.

Tableau 15 : Variabilité des paramètres qualitatifs entre les variétés des blocs





Alors que les autres caractères varient d'une variété à l'autre (Tableau 15) est font signe d'une légère diversité génétique :

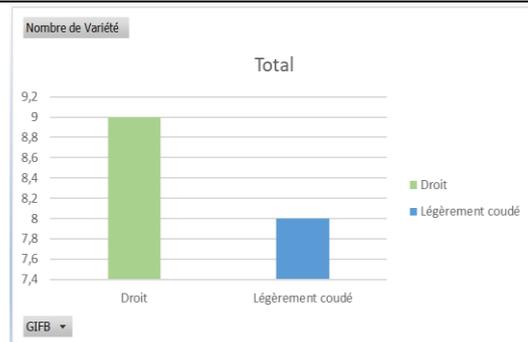
- Pour la glume inférieure : forme du bec (GIFB), les caractères sont partagés de façon régulière entre les variétés. Sept entre elles disposent d'un bec de forme droite et neuf ont une forme légèrement coudée.
- Parmi les variétés étudiées 10 disposent d'une glume inférieure : avec une longueur de bec (GILOB) moyenne, ce caractère est majoritaire par rapport au caractère long qu'on retrouve chez Khadija, Inter15 et Inter 33 et au caractère court trouvée chez CCBT144, Qafza et AV4.
- La glume inférieure forme de la troncature (GIFT) est légèrement inclinée chez toutes les variétés à part Khadija qui présente une forme horizontale.
- La plupart des variétés ont une forme de graines (FG)ovoïde sauf V20, Inter6, et Achtar qui affichent des graines de forme arrondie. Selon Mebatsion et al. (2012), la forme du grain est l'un des paramètres le plus important utilisé dans la classification, l'identification et l'étude de la variabilité des génotypes de blé.
- Relativement au caractère glume inférieure largeur de la troncature (GILT) la majorité des variétés présentent des troncatures étroites à l'exception de Malika et Khadija ; la première présente une troncature de largeur moyenne et la 2eme une troncature nulle ou très étroite.
- Toutes les variétés étudiées disposent d'un épi à compacité (CE) moyenne sauf CCBT144 qui dispose d'un épi de compacité lâche. Il est généralement admis qu'un bon rendement repose sur une bonne compacité de l'épi (Boudour, 2005).
- Le caractère longueur de barbe (LB) moyenne est le plus dominant et concerne la plupart des variétés à part khadija et Qafza, caractérisées par des barbes longues et CCBT144 caractérisée par des barbes courtes.
- Glume inférieure largeur du bec (GILB) : est partagé entre les variétés comme suit :9 parmi elles sont dotées d'un bec de largeur fine et les six autres sont caractérisées par des becs de largeur épaisse.
- A propos du caractère glume inférieure : forme de la glume (GIFG) toutes les variétés présentent des glumes de forme ovoïde sauf Inter 33 qui présente des glumes allongées.

2. Site expérimental de Marchouch

Les résultats obtenus pour la caractérisation qualitative visuel, on ressort que 11 caractères qualitatifs : FG (ovoïde), GLG (Nulle ou très faible), GLE (Nulle ou très faible), GLL (Nulle ou très faible), PSEGI (Absente), MSTP (peu épaisse), PAB (barbes présentes), DAB (toute la longueur de l'épi), FEVP (pyramidal), TRPE (Nulle ou très faible), GIEP (très faible) sont commun à toutes les lignées étudiées donc ne présente aucune variabilité génétique.

Tableau 16 : Variabilité des paramètres qualitatifs entre les variétés provenant de Marchouch





I : Glume inférieure forme du bec

Tandis que les autres caractères présentent une légère variabilité (Tableau 16):

- En ce qui concerne la couleur de la graine ARREHANE est la seule qui présente une couleur rougeâtre et ce contrairement aux autres variétés qui elles présentent une couleur blanchâtre.
- Pour la longueur des barbes l'ensemble des variétés sont dotées des barbes moyennes sauf Khadija, bandera, Qafza et V9 qui se caractérisent par des barbes courtes. La présence des barbes sur toute la longueur de l'épi et avec des longueurs importantes permet l'amélioration du rendement en conditions de sécheresse et ceci par l'augmentation de la surface photosynthétique de l'épi (Slama et al ; 2005) après la sénescence de la feuille étendard (Bouzerzour, 2004).
- La compacité de l'épi : les variétés affichent un épi moyen à l'exception d'Inter 5, Lina, CCBT65, Amal, Massira et Snina qui disposent d'un épi lâche.
- La variété BT9A04 présente un cas particulier car elle a une glume avec une troncature de forme allongée alors que les autres variétés ont une forme ovoïde. Les derniers organes chlorophylliens à savoir (glumes et barbes) jouent un rôle prédominant dans la formation du grain lorsque la dernière feuille devient sénescence (Blum, 1985).
- Relativement au caractère largeur de la troncature de la glume inférieure la plupart des variétés présentent des troncatures étroites à part la variété Malika et khadija ; la 1^{ère} présente une troncature moyenne et la 2^{ème} présente une troncature nulle ou très étroite.
- La forme de la troncature de la glume inférieure est légèrement inclinée pour la majorité des variétés sauf chez khadija et amal qui disposent respectivement d'une troncature horizontale et fortement incliné.
- Parmi les variétés étudiées onze dispose d'un bec de longueur moyenne ce qui reste majoritaire par rapport au caractère long qu'on retrouve chez Najia, khadija, Arrehane et Bandera et au caractère court trouvé uniquement chez Massira.
- Le caractère fin de la largeur du bec est le plus dominant et concerne la plupart des variétés étudiées à part Int5, CCBT175, CCBT65 et Massira caractérisées par un bec de largeur épaisse.
- La forme du bec de la glume inférieure est divisée de façon régulière entre les variétés. Neuf entres elles ont une forme droite et huit ont une forme légèrement coudée.

IV. Analyse de la corrélation

1. Corrélation entre les paramètres agronomique quantitatives

Pour les paramètres agronomiques 14 corrélation sont révélées (Tableau 17) : le PGE ET fortement corrélé avec le PGP ($r= 0.81$), ainsi le NGE a noté une forte corrélation positive avec NGP ($r= 0.86$), ce même paramètre a également montré une corrélation forte positive avec PGP($r=0,52$) et PGE ($r=0,67$).

La plus forte corrélation a été révélée entre NEFP et NEP avec ($r=1,00$).

D'un autre coté le NEFP est positivement et fortement corrélé avec PGP, NGP et NEIP avec respectivement ($r=0,60$), ($r=0,73$) et ($r=0,53$).

Le NEP à son rôle est corrélé fortement et positivement avec PGP ($r=0,60$) et avec NGP ($r=0,73$).

On note aussi l'existence d'une corrélation positive entre NEIP et NGP ($r=0,56$) et également entre NEIP avec NEP($r=0,53$)

Une corrélation positive forte a été observée entre NGP avec PGP ($r=0,60$) ainsi qu'avec PGE($r=0,64$).

Tableau 17 : Corrélation entre les paramètres agronomique quantitatifs

HP	-							
LB	-0.3334	-						
LBE	0.1672	0.0285	-					
LCE	0.2531	-0.2902	-0.1684	-				
LDE	0.6042	-0.3416	0.0974	0.6488	-			
LE	0.1399	-0.0092	-0.1831	-0.1314	0.0838	-		
LFF	0.2915	0.3087	0.1575	-0.0889	-0.0611	-0.0295	-	
LTGI	-0.0069	0.1207	-0.2209	0.1053	-0.0965	0.1328	0.0179	-
	HP	LB	LBE	LCE	LDE	LE	LFF	LTGI

2. Corrélation entre les paramètres morphologiques quantitatives

Le coefficient de corrélation (r) définit le lien qui existe entre deux caractéristiques (variables) quantitatives quelconques. Ce coefficient est compris entre -1 et +1. Il est, en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre deux séries d'observations est nette. La corrélation est considérée au-delà de 0.5 une fois ce seuil est dépassé on considère qu'il y a corrélation forte positive. Si au contraire le coefficient est nul ou presque nul c'est que les deux caractéristiques ne sont pas corrélées. Le signe du coefficient indique si la relation entre les deux séries d'observation est croissante ou décroissante. La détermination des coefficients de corrélations est effectuée pour identifier les variables les plus corrélées.

Pour les paramètres morphologiques deux corrélations sont révélées : LDE est corrélée positivement avec HP ($r=0.6042$), ainsi qu'avec LCE ($r=0,6488$).

Tableau 18 : Corrélation entre les paramètres morphologique quantitatives

NEFP	-							
NEIP	0.5257	-						
NEP	1.0000	0.5257	-					
NGE	0.4123	0.2707	0.4123	-				
NGP	0.7264	0.5509	0.7264	0.8624	-			
PBE	0.1251	0.1901	0.1251	0.3955	0.3149	-		
PBP	0.2679	0.2606	0.2679	0.1150	0.1955	0.4908	-	
PGE	0.4608	0.1109	0.4608	0.6459	0.6365	-0.0487	0.3224	
PGP	0.6001	0.1691	0.6001	0.5240	0.6044	-0.0916	0.1913	0.8149

3. Corrélation entre les paramètres agronomiques et morphologiques quantitatives

Le corrélogramme ci-dessous (Figure22) rassemble à la fois la corrélation entre les paramètres quantitatifs morphologiques, la corrélation entre les caractères quantitatives agronomiques ainsi que la corrélation entre les paramètres morphologiques et agronomiques. Dans ce cas la corrélation est révélée par coloration. Les corrélations positives sont affichées en rouge et les corrélations négatives en bleu.

L'intensité de la couleur est proportionnelle aux coefficients de corrélation. En bas du corrélogramme, la légende de couleurs montre les coefficients de corrélation et les couleurs correspondantes.

Les résultats obtenus dans cette étude démontrent l'absence de toute corrélation significative entre les caractères agronomiques et morphologiques. Et met en valeur les résultats déjà obtenus dans les analyses de corrélation précédentes tant par rapport au caractères quantitatives agronomiques que morphologiques.

On remarque alors l'existence d'une corrélation positive entre la plupart des caractères agronomiques, parmi ces corrélations on relève une corrélation parfaitement positive observée entre NEP avec NEFP et se caractérise par une coloration rouge intense, et 13 corrélations positives fortes.

Tandis que les paramètres morphologiques ne présentent aucune corrélation parfaite mais néanmoins présentent deux corrélations fortes positives entre LDE avec HP et LDE avec LCE.

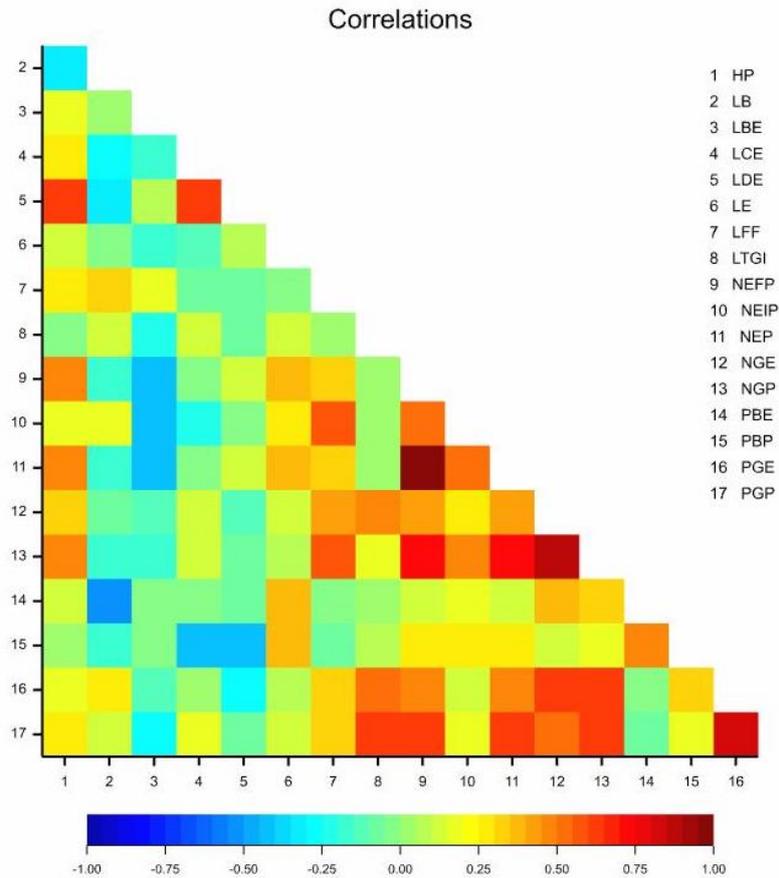


Figure 22 : Corrélogramme des paramètres agronomiques et morphologiques.

A la lumière des résultats obtenus, dans l'analyse de la variance et la comparaison des moyennes on a constaté une grande variabilité entre les différentes variétés pour tous les paramètres agromorphologiques quantitatifs étudiés que ça soit pour Marchouch ou pour les blocs de croisement. Ce qui nous a mené à dire qu'il y a une diversité génétique entre ces variétés. Cette diversité importante peut être expliquée par les conditions climatiques subhumides de la campagne agricole (2020-2021), avec une moyenne pluviométrique de 514 mm qui est relativement élevée. Le type de sol « Vertisol » est caractérisée par une structure compacte, une forte teneur des éléments fins d'argiles et de limons, qui favorisent une forte rétention de l'eau ; une faible porosité.

La comparaison des moyennes des paramètres agronomiques et morphologiques quantitatives nous a permis aussi d'identifier les variétés les plus performantes pour chaque station.

Concernant les blocs de croisement et si on prend en compte les paramètres agronomiques la variété Qafza est la meilleure ; vu que cette variété dispose du plus grand nombre de grains par plante et par épi ainsi que du plus grand poids de grains par plante et par épi. Ceci peut lui conférer un rendement plus élevé. Ainsi on peut dire qu'elle est destinée principalement à la production.

En se basant cette fois ci sur les paramètres morphologiques, Malika est la meilleure puisqu'elle dispose de la plus grande hauteur de plante, la plus grande longueur du col de l'épi, le plus long épi et la plus longue feuille flagelle.

Concernant la station de Marchouch qu'il s'agit des caractères morphologiques ou agronomiques la variété Malika est la plus performante. Elle possède d'une part un nombre

d'épillet et un nombre d'épi élevé, le plus grand nombre de grains par plante et par épi ainsi que le plus grand poids de grains par plante et par épi et d'autre part la plus grande hauteur de plante, la plus grande longueur des barbes grande, une longueur du col de l'épi importante et un long épi. Ce qui nous mène à dire qu'elle aura un rendement en grain très élevée. La variété Khadija a donné lieu à des résultats performants mais pas autant que la variété Malika.

Plusieurs études ont montré que ces paramètres agronomiques et morphologiques cités peuvent jouer un rôle assez important tant pour assurer des rendements élevés en grains que pour assurer la tolérance à différents stress abiotiques et biotiques.

Or d'après Sreenivasulu et Schnurbusch, 2012 le nombre de grains par plante et le poids de grains (PGE, PGP) sont les composantes les plus importantes du rendement. Le nombre final de grains par plante dépend du nombre d'épis fertiles par plante, le nombre d'épillets fertiles par épi et le nombre de grains par épi ceci concorde avec les résultats qu'on a obtenu pour l'analyse de la corrélation qui a montré plusieurs corrélations fortes positives entre ces paramètres agronomiques notamment (NEFP avec PGP et NGP), (NEIP et NGP) et (NGE avec NGP, PGP et PGE).

Allam et al. (2015) indiquent que les variétés de céréales les plus tolérantes à la sécheresse sont les variétés ayant une hauteur de plante élevée. Cette tolérance résulte d'un développement racinaire important en profondeur permettant ainsi l'extraction de l'eau des horizons profond.

Selon les résultats de certains auteurs tels que Nemmar (1980), Al- Hakimi (1992), Berkani (1994) et Mekliche *et al* (2003), une hauteur du col élevée est souvent associée à un caractère de résistance à la sécheresse. La longueur du col de l'épi a été souvent proposée comme critère de sélection des géotypes tolérants au stress hydrique (Fisher et Maurer, 1978), Ce caractère a toutefois un déterminisme génétique plus complexe que celui de la hauteur de la plante (El-Hakimi, 1992). L'importance de ce caractère s'expliquerait par les quantités d'assimilats stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (Gate *et al.*, 1992). Selon Auriou (1978) un col de l'épi long constitue également une protection contre la contamination de l'épi par les spores de *Septoria* à partir des dernières feuilles.

D'après Djekoun et al. (2002) une longueur élevée de l'épi est un paramètre prédictif d'un indice de récolte et d'un potentiel de rendement élevé. De même plusieurs auteurs (Blum, 1985 ; Febrero et al., 1990 ; Monneveux et This, 1997) montrent le rôle important d'un épi long dans la photosynthèse et la transpiration ainsi que à la contribution à la production des assimilats pour le remplissage de grains.

La longueur des barbes chez le blé est un paramètre morphologique qui semble étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique (Hadjichristodoulou, 1985 ; Ali Dib *et al.*, 1990). Selon Bouzerzour (2004), la tolérance au stress hydrique est liée, dans certaines situations, à la présence de longues barbes qui continuent à assurer la photosynthèse bien après la sénescence de la feuille étendard. La présence des barbes contribue pour plus de 7% à l'augmentation des rendements sous stress hydrique. Cependant selon Hanifi -Mekliche et al., (1998) leur présence n'apparaît pas comme un critère d'adaptation à la sécheresse.

V. Analyse de la qualité par électrophorèse en gel de polyacrylamide contenant du dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE) :

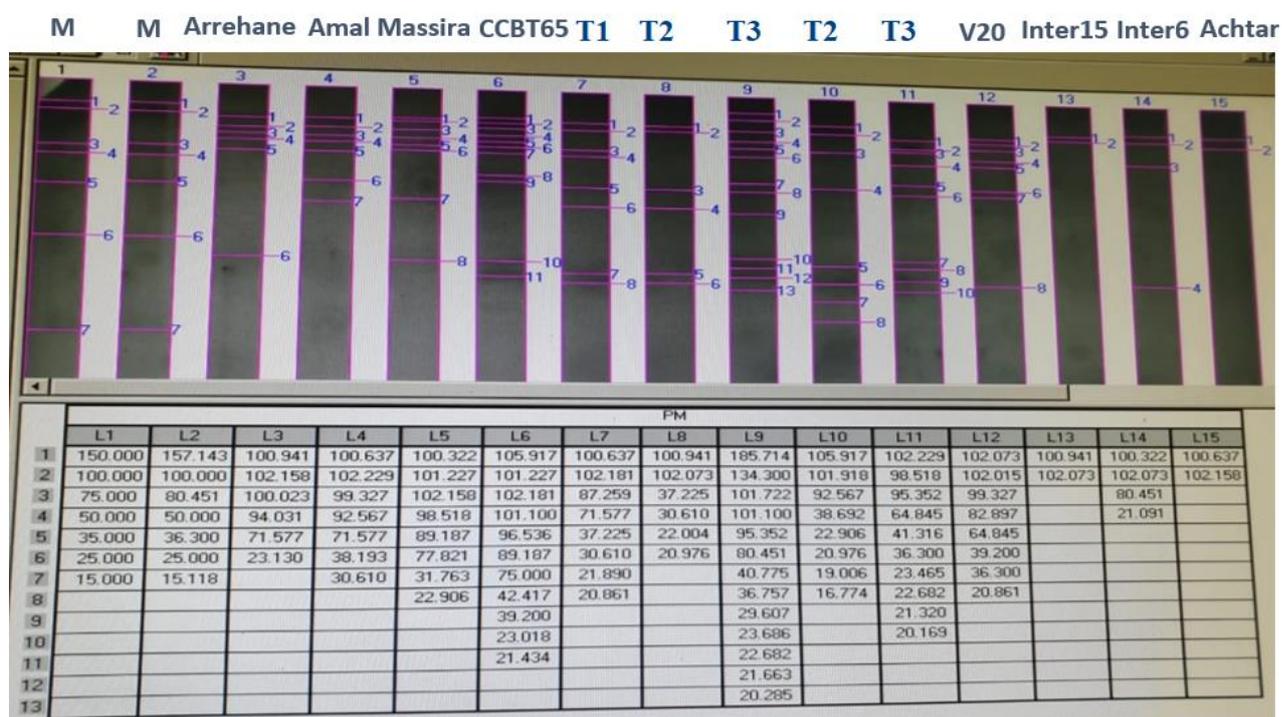
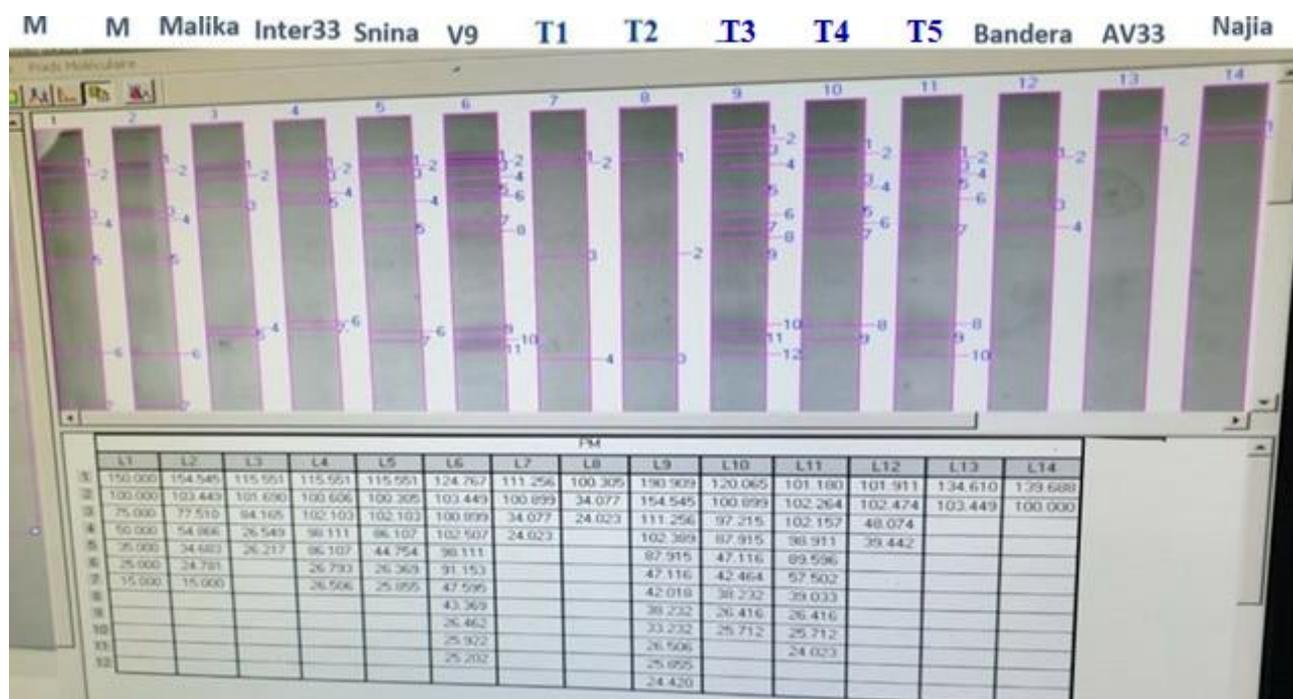


Figure 23 : Profils électrophorétiques.

D'après la lecture des profils électrophorétiques, il en ressort que :

Les différentes accessions présentent une large variabilité pour les gluténines.

La nouvelle lignée CCBT65 et V9 déterminent le plus grand nombre avec 11 bandes suivi de 8 bandes pour Massira, ainsi que Snina, inter33 et Amal avec 7 bandes. Les autres variétés quant

à elles, sont limitées à moins de 4 bandes et donc démontrent une très faible variabilité en termes de protéines de stockage.

En se concentrant sur le HMW on remarque que :

- CCBT65 présente une bande spécifique N°7 à 89kda.
- Inter33 présente également deux bandes spécifiques à N°3 à 102kda et à nN4 à 98kda.
- La nouvelle lignée V9 présente également des bandes spécifiques à pm=102kda(N°4), à pm=98kda(N°5) qui est commune avec celle d'Inter33 et à pm=91kda(N°6).

On remarque ainsi que les nouvelles variétés présentent une plus grande diversité de protéines de stockage notamment les gluténines, en comparaison avec les variétés existantes ce qui pourrait leur conférer une meilleure qualité technologique.

Une étude plus approfondie sur les paramètres de qualité (taux de protéines, force de gluten et contenu de gluten) pourraient mettre en évidence et donc confirmer ces résultats.

Conclusion générale

Le présent travail est le fruit d'un stage de mémoire effectué au sein de l'institut national de la recherche agronomique à Rabat.

Ce travail a concerné 22 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) et avait pour but la caractérisation agro-morphologique selon le protocole de l'UPOV (Union internationale de protection des obtentions végétales) et l'analyse des protéines de stockage notamment les gluténines par SDS PAGE, afin d'évaluer la diversité génétique inter-variétés et d'identifier les variétés les plus performantes et donc les plus adaptées aux deux stations; la station de Marchouch et la station expérimentale de l'INRA (blocs de croisements) représentatives de l'agrosystème subhumide.

Les résultats obtenus montrent une **variabilité génétique importante** au sein du matériel évalué pour les 2 stations, car l'ANOVA à un facteur a révélé des différences très hautement significatives entre les variétés pour la majorité des paramètres agro-morphologiques quantitatifs.

Les résultats de la comparaison des moyennes par le Test de Bonferroni s'est basé sur deux catégories de paramètres. Les paramètres agronomiques et les paramètres morphologiques, soit 17 au total. Définir la meilleure variété pour chaque paramètre à la fois nous a permis de conclure sur la variété la plus performante et la plus adaptée dans chacune des catégories. Ainsi pour la station expérimentale de l'INRA (les blocs 1 et 2), **Qafza** est la meilleure variété vis-à-vis des paramètres agronomiques et **Malika** est la plus performante vis-à-vis des paramètres morphologiques. Pour la station de Marchouch il s'agit de **Malika** pour les paramètres agronomiques et morphologiques.

L'analyse de la corrélation pour les variétés provenant de Marchouch a montré 14 corrélations positives entre les paramètres agronomiques, dont 13 sont fortes, concernant le **PGE** avec **PGP**, **NGP** avec **PGP** et **PGP**, **NEFP** avec **PGP**, **NGP** et **NEIP**, **NEP** avec **PGP** et **NGP**, **NEIP** avec **NGP** et **NEP** et **NGP** avec **PGP** et **PGE** et dont une seule corrélation est parfaite entre **NEFP** et **NEP**. Cependant les paramètres morphologiques ont révélé uniquement 2 corrélations fortes positives entre **LDE** avec **HP** et **LCE** Aucune corrélation significative n'associe les paramètres agronomiques avec les paramètres morphologiques.

Les résultats de l'analyse de 20 paramètres agro-morphologique qualitatives des deux stations a révélé une légère variabilité entre les variétés.

L'analyse de la qualité par électrophorèse en gel de polyacrylamide contenant du dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE) a montré que les différentes accessions présentent une large variabilité pour les gluténines, ainsi on a pu déduire que les **nouvelles variétés (CCBT65, Inter 33 et V9)** présentent une plus **grande diversité de protéine de stockage** notamment les gluténines, en comparaison avec les variétés existantes (Massira, Snina et Amal) ce qui pourrait leur conférer une meilleure qualité technologique.

Comme perspectives, il serait souhaitable que ce travail soit complété par une étude plus approfondie sur les paramètres de qualité (rendement, taux de protéines, force de gluten, contenu de gluten). Ainsi qu'une caractérisation moléculaire du matériel génétique afin

d'identifier les bases génétiques des différents caractères étudiés. De même l'étude d'un plus grand nombre de génotypes afin de mieux distinguer éventuellement une diversité plus large.

Références bibliographiques

- Abecassis J., 2015.** La filière blé dur. Inra, UMR IATE, diaporama.
- Acevedo, E., 1989.** Improvement of winter wheat crops in Mediterranean environments: Use of yield, morphological traits. Dans : Physiology Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. Les Colloques de l'INRA, 55 : 273-305.
- Allam A., Tirichine A., H Madani, W Benlamoudi., Y Attali., M Anumalla., R Roychowdhury., G.C, Kumar., M, Mazid & R, Ashok Kumar., 2015.** - Utilization of plant genetic resources and diversity analysis tools for sustainable crop improvement with special emphasis on rice. International Journal of Advanced Research, 3 (3): 1155-1175.
- Al Hakimi A., 1992.-** Evolution de la variabilité génétique des caractères d'adaptation : Ji la sécheresse chez les espèces primitives (sauvages et cultivées) de blé tétraploïde. Thèse D.E.A., Montpellier, 166 p.
- Ali Dib T., Monneveux Ph. et Araus J.L., 1992.** Adaptation à la sécheresse et notion d'idiotype chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Caractères physiologiques d'adaptation. Agronomie, 12: 381-393.
- Arguello G., 1991.** Caractères taxonomiques pour la description des variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L. sensu lato). Cours international, Alger du 07 au 25/11/1992 organisé par : CIHEAM-IAM ;OAIC ;ICARDA ;UPOV.H.P.
- Auriau P., 1978.** Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé dur. Ann Argon d'El-Harrach. Vol 8 N°2 ,1- 14.
- Auriau P. Doussinault G. Jahier J. Leconte C. Pierre J. Pluchard P. Rousset M. Saur L. et Trottet M., 1992.** Le blé tendre. In : Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Ed. A. Gallais et H. Bannerot- INRA. Paris. 770p.
- Baldy C., 1992.** Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique du blé en Méditerranée Occidentale. In Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne, diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier, Les Colloques 55, 191-203.
- Bammoun A., 1997.** Contribution à l'étude de quelques caractères morphophysologiques, biochimiques et moléculaires chez 13 variétés de blé dur, *Triticum turgidum* ESP durum, pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'ouest algérien" thèse de Magistère Institut des sciences de la nature, université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène, Algérie.
- Bednarek J., 2012.** Analyse fonctionnelle de TaGW2, une E3 ligase de type RING, dans le développement du grain de blé tendre (*Triticum aestivum*), Université Blaise Pascal – INRA 24, avenue des Landais 63171 Aubière Cedex. N° 593.
- Benmahammed A., Bouzerzourn H., Mekhlouf A. & Benbelkacem A., 2008.** Variation

de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la biomasse et l'efficacité d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var *durum*) conduites sous contraintes hydrique. Recherche Agronomique, INRA 21, 37-47.

- Bennani, S., 2011.** Analyse de l'interaction Génotype × Environnement d'une collection de génotypes améliorés de blé tendre (*Triticum aestivum*) au Maroc.
- Bennani, S., 2019.** Identification de la combinaison optimale des critères de sélection pour l'amélioration du rendement sous différents scénarios de sécheresse chez le blé tendre (*Triticum Aestivum* L.) au Maroc.
- Berkani S., 1994.** Etude du potentiel de production de quelques variétés de blé (*Triticum durum* et *Triticum aestivum*) en Mitidja. Mémoire d'ingénieur. INA. 129p + annexes.
- Biscope P.V., Gallagher J., Littleton E.J., Monteith K.L., Scott R.K., 1975.** Barley and its environment. IV. Sources of assimilate for the grain. J. Appl. Eco. 12: 295-318.
- Bogard M., 2011.** Analyse génétique et écophysologique de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Thèse de Doctorat, Université d'Auvergne : 17P.
- Bonjean, A., Picard, E., 1991.** Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé ; Poitiers : Aubin imprimeur.
- Boudour., 2005.** Etude des ressources phytogénétiques de blé dur (*Triticum durum* Desf) algérien: Analyse de la diversité génétique et des critères d'adaptation au milieu. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mentouri de Constantine. 142p + Annexes.
- Bouzerzour H., 2004.** Stratégies de sélection des céréales en présence d'interaction génotype x milieu. Atelier de formation sur l'obtention variétale des céréales d'hiver. Du 16 au 19 mai 2004.
- Boyardieu J., 1999.** Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale-Blé Tendre Ed : Paris. 20-20.
- Ceccarelli S. Grando S. & Hamblin J., 1992.** Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environment. Euphytica 64, 49- 58.
- Chabi h., DEROUCHE M., KAFI M. et KHILASSI E., 1992.** Estimation du taux chaque variété son époque de survie - Perspectives agricoles. 148, 20-27 p.
- Chennafi H., Aidaoui A., Bouzerzour H. & Saci A., 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. Asian Journal of Plant Sciences 5, 854-860.

Chentoufi, L; Sahri, A; Arbaoui, M; Birouk, A; Roumet, P; Muller, M-H; Belqadi,

H., 2014. Diversité agro-morphologique et gestion variétale par les agriculteurs du blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) dans le Pré-Rif marocain. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. 2 (2), 30-38p.

Cherfia R., 2010. Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). These de Magistère en Biotechnologies végétales. Université Mentouri, Constantine. 118 pages.

Djekoun A., Ykhlef N., Bouzerzour H., Hafsi M., Hamada Y. et KahaliL., 2002.

Production du blé dur en zones semi-arides : identification des paramètres d'amélioration du rendement. III journées scientifiques sur le blé dur 11, 12, 13 février 2002. Univ. Mentouri. Constantine.

Diamond, J., 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication.

Evans L.T., 1993. Crop Evolution, Adaptation and yield. Cambridge University. Press.

Cambridge, UK. ISBN.

FAO., 2021. Situation alimentaire mondiale, <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

consulté le 23/03/2021.

Febrero A, Bort J, Brown RH, Araus JL., 1990. The role of durum wheat ear as

photosynthetic organ during grain filling. In: Advanced trends in photosynthesis. Mallorca

Feillet P., 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN: 1144-7605.

Gate P., 1995 Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.

Godon B. & William C., 1998. Industrie des premières transformations des céréales, Tec et doc, Lavoisier. Paris. G.

Grignac P.H., 1981. Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français. 70.

Guillaume, S., Bergez, J.-E., Justes, E., 2009. Modelling water and nitrogen interactions in durum wheat: A first step towards the conception of joint management strategies for irrigation and nitrogen fertilization. In M.K. Van Ittersum, J. Wolf and H.H. Van Laar (Eds.) Proc. Integrated Assessment of agriculture and sustainable development; setting the agenda for science and policy, Egmond aan Zee, The Netherlands. 10-12 March 2009, Wageningen University and Research Centre, Wageningen.

Hadji chrisodoulou A., 1987. The effects of optimum heading date and diurnal stability on yield

- consistency of performance of barley and durum wheat in dry areas .j. Agric ; Sci . Camb. 108: 599- 608.
- Hacini N., 2014.** Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. Thèse de Doctorat en sciences, Univ Badji Mokhtar Annaba, 107 p.
- Hamada A M., 2000.** - Amelioration of drought stress by ascorbic acid, thiamin or aspirin in wheat plants. *Indian J plant physiol* 5: 358-364.
- Hanifi - Mekliche L., 1998.** Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*triticum durum* Desf.). L'effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologique. *Annales de l'Institut National Agronomique – El-Harrach*. Vol. 24 N° 1 et 2.
- HAYDEN B., 1990.** Nimrods, Piscators, Pluckers and Planters: The Emergence of Food Production. *J. Anthropol. Archaeol.*, 9(1), 31.
- Hoyt H., 1992.** La conservation des plantes sauvages apparentées aux plantes cultivées (eds), BRG Paris, France. Pp46.
- Jlibene, M., 2005.** La création variétale à l'INRA méthodologie acquis et perspectives.
- Jlibene, M., 2011.** Options génétiques d'adaptation du blé tendre au changement climatique : variétés à résistance multiple : sécheresse, cécidomyie, septoriose, rouille brune et jaune.
- Jlibene, M., 2007.** Amélioration génétique du blé tendre au Maroc à l'aube du 21^{ème} siècle, INRA.
- MAPM., 2017.** Filière de céréale Récupéré sur ministère de l'agriculture et de la pêche maritime : <http://www.agriculture.gov.ma/pages/acces-filieres/filiere-cerealiere>.
- MAPMDREF., 2020.** <http://www.agriculture.gov.ma/pages/acces-filieres/filiere-cerealiere>. Consulté le 12/06/2021.
- MAPMDREF,** *Agricultures en chiffres 2017*, Editions 2018
- Mazouz L., 2006.** Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Thèse de magister. Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 65 pages.
- Mcfadden e.s., sears e.s., 1946.** The origin of *Triticum spelta* and its free-threshing hexaploid relatives. In K.S. QUISENBERRY & L.P. REITZ : *Wheat and Wheat Improvement*, Madison, USA, 19-87.
- Mefti M., Abdelguerfi A. & Chebouti A., 2000.** Etude de la tolérance à la sécheresse chez

quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. Options Mediterraneennes HEAM, 173-176.

Mekhlouf A., Bouzerzour H. & Dehbi F., 2001. Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) Aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In : Proceeding séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides. Oum El Bouaghi, 23, 75-80.

Mekliche A., Boukecha D. et Hanifi - Mekliche L., 2003. Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*triticum durum* Desf.). L'effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologique. Annales de l'Institut National Agronomique – El-Harrach. Vol. 24 N° 1 et 2.

Monneveux P. et This D., 1997. La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, 8(1): 29-35.

Morgan J.M., HARE R.A., FLETCHER R.J., 1986.- Genetic variation in osmoregulation in bread in durum wheats and its relationship to grain yields in a range of field environments. *Aust. J. Agric. Res.* 37, 449 - 457.

Nachit M.M., 1986. Durum wheat improvement. In VARMA Ed., *Cereal improvement program 1986*, ICARDA publ.112 en, Aleppo, pp. 78-101.

Nadjem K., 2012. Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride. Thèse de Magister en Production Végétale et Agriculture de Conservation. Université Ferhat Abbas Sétif, 131 pages.

Naville M., 2005. La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé. Travail réalisé dans le cadre des Projets Personnels Encadrés ENS Cachan. Département Biochimie et Génie Biologique Université Paris XI.

Nedjah I., 2015. Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb), Thèses de doctorat, département de biologie, Université BADJI Mokhtar de Annaba.

Pandey K. K., 1972. Origin of genetic variation: regulation of genetic recombination in the higher organisms. A theory. *T.A.G.*, 42, 250-261.

Payne, P.I., and LAWRENCE, G.J., 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1 and Glu-D1 which code for the high-molecular-weight subunits of the glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.*, 11: 29-35.

Pecetti L., Damania A.B. and Jana S., 1992. Practical problems in large-scale germplasm evaluation. A case study in durum wheat. *PI. Genet. Res. Newsl.* 88/89: 5-10. Richards R.A., 1983.

- Percival j.,1951.** The wheat plant (Duck worth ad Co, London ; 1922). — Wheat in Great Britain (Leighton, Shinfield, Reading, Berks; 1 934).
- Pierre Jonard ,1951.** Les blés tendres cultivés en France- alsace22.
- Pomeranz Y. 1988.** Chemical composition of kernel structures. Wheat: chemistry and technology I, 97-158.
- 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.
- RAYBURN, A. L. and GILL, B. S., 1985.** Molecular evidence for the origin and evolution of chromosome 4A in polyploid wheat. *Can. J. Genet. Cytol.*
- Schut J.W., Oi X. and Stam P., 1997.** Association between relationship measures based on AFLP markers, pedigree data and morphological traits in barley. *Theor. Appl. Genet.* 95: 1161-1168.
- Slama A., 2002.** - Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de Tunis : 225-229.
- Soltner, D., 1988** Les grandes productions végétales. Collection sciences et techniques agricoles.
- Nemmar M., 1980.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur et du blé tendre : accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. Thèse de DEA. Agronomie méditerranéenne, Montpellier, France, 73p.
- Surget A. & Barron C., 2005.** Histologie du grain de blé. *Industrie des céréales*, n.145.
- Sreenivasulu, N., & Schnurbusch, T., 2012.** A genetic playground for enhancing grain number in cereals. *Trends in Plant Science*,17(2), 91 – 101.
- UPOV., 2017.** Union internationale pour la protection des obtentions végétales. Blé code upov : triti_aes Triticum aestivum L. emend. Fiori et Paol.
- Wang G.Z., Miyashita N.T. etTsunewaki K., 1997.** Plasmon analyses of Triticum (wheat) and Aegilops: PCR-single-strand conformational polymorphism (PCR-SSCP) analyses of organellar DNA.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzac, C.F., 1974.** A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*
- Zahor A., 1992.** Manuels scientifiques et techniques, élément d'amélioration génétique des

plantes, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat (Maroc), 218p.

Annexes

Annexe 1 : Protocole de l'UPOV

10. (*)	QN	VG B		60-69		
	Ear: glaucosity	Épi : glaucescence		Ähre: Bereifung	Espiga: glaucescencia	
	absent or very weak	nulle ou très faible		fehlend oder sehr gering	nula o muy débil	(w) Soissons 1
	Weak	faible		gering	débil	(w) Callobre, (s) Panifor 3
	Medium	moyenne		mittel	media	(w) Solehio, (s) Granary 5
	Strong	forte		stark	fuerte	(w) Edgar, (s) Specifik 7
	very strong	très forte		sehr stark	muy fuerte	(w) Waximum 9
11.	QN	VG B		60-69		
	Culm: glaucosity of neck	Tige : glaucescence du col de l'épi		Halm: Bereifung des obersten Internodiums	Tallo: glaucescencia del cuello de la espiga	
	absent or very weak	nulle ou très faible		fehlend oder sehr gering	nula o muy débil	(w) Basilio 1
	Weak	faible		gering	débil	(w) Soissons, (s) CH Campala 3
	Medium	moyenne		mittel	media	(w) Ronsard, (s) Granary 5
	Strong	forte		stark	fuerte	(w) SY Moisson, (s) Lennox 7
	very strong	très forte		sehr stark	muy fuerte	(w) Waximum 9
12. (*)	QL	VG B	(a)	69-92		
	Lower glume: hairiness on external surface	Glume inférieure : pilosité de la surface externe		Hüllspelze: äußere Behaarung	Gluma inferior: velloidad de la superficie externa	
	Absent	absente		fehlend	ausente	(w) Soissons, (s) Triso 1
	Present	présente		vorhanden	presente	(w) Franz, (s) Galera 9

13. (*)	QN	MG B	(+)	75-92		
	Plant: length	Plante : longueur	Pflanze: Länge	Planta: longitud		
	very short	très courte	sehr kurz	muy corta	(w) Fronton	1
	Short	courte	kurz	corta	(w) Apache, (s) Lennox	3
	Medium	moyenne	mittel	media	(w) Solehio, (s) FD 1 24	5
	Long	longue	lang	larga	(w) Antonius	7
	very long	très longue	sehr lang	muy larga	(w) Capo	9

	English		français	deutsch	español	Example Varieties Exemples Beispielssorten Variedades ejemplo	Note/ Nota
14. (*)	QN	VG A	(+)	80-92			
	Straw: pith in cross section	Paille : moelle en section transversale	Halm: Füllung im Querschnitt	Paja: médula en sección transversal			
	Thin	peu épaisse	dünn	delgada	(w) SY Moisson, (s) FD 1 24		1
	Medium	moyenne	mittel	media	(w) Apache, (s) Granary		2
	thick or filled	épaisse ou pleine	dick oder gefüllt	gruesa o maciza	(w) Synchro, (s) Olivart		3
15. (*)	QN	MS B/VG B	(+)	80-92			
	Ear: density	Épi : compacité	Ähre: Dichte	Espiga: densidad			
	very lax	très lâche	sehr locker	muy laxa			1
	Lax	lâche	locker	laxa	(w) Kranich, (s) Lennox		3
	Medium	moyen	mittel	media	(w) Solehio, (s) Granary		5
	Dense	compact	dicht	densa	(w) Cellule, (s) Virgile		7
	very dense	très compact	sehr dicht	muy densa			9
16.	QN	MS B/VG B	(+)	80-92			
	Ear: length	Épi : longueur	Ähre: Länge	Espiga: longitud			
	very short	très court	sehr kurz	muy corta	(s) Olivart		1
	short	court	kurz	corta	(s) Granary, (w) GK Berény		3
	medium	moyen	mittel	media	(w) Rubisko, (s) Sensas		5
	long	long	lang	larga	(w) SY Ideo, (s) Specifik		7

	English	français	deutsch	español	Example Varieties Exemples Beispielssorten Variedades ejemplo	Note/ Nota
	very long	très long	sehr lang	muy larga	(w) Edgar	9
17. (*)	QL	VG B	(+)	80-92		
	Ear: scurs or awns	Épi : arêtes ou barbes	Ähre: Spelzenspitzen oder Grannen	Espiga: aristas o barbas		
	both absent	toutes les deux absentes	beide fehlend	ambas ausentes	(s) Gorda	1
	scurs present	arêtes présentes	Spelzenspitzen vorhanden	presencia de aristas	(w) Apache, (s) Granary	2
	awns present	barbes présentes	Grannen vorhanden	presencia de barbas	(w) Solehio, (s) Sensas	3
18. (*)	QN	MS B/VG B	(+)	80-92		
	Ear: length of scurs or awns	Épi : longueur des arêtes ou des barbes	Ähre: Länge der Spelzenspitzen oder Grannen	Espiga: longitud de las aristas o barbas		
	very short	très courtes	sehr kurz	muy cortas	(w) Homeros	1
	short	courtes	kurz	cortas	(w) Apache, (s) Tybalt	3
	medium	moyennes	mittel	medias	(w) SY Ideo	5
	long	longues	lang	largas	(w) Courtot, (s) Granary	7
	very long	très longues	sehr lang	muy largas	(w) SY Moisson, (s) FD 1 24	9

	English	français	deutsch	español	Example Varieties Exemples Beispielssorten Variedades ejemplo	Note/ Nota
19. (*)	QL	VG B	(+)		80-92	
	Ear: color	Épi : couleur	Ähre: Farbe	Espiga: color		
	white	blanc	weiß	blanca	(w) Solehio, (s) Granary	1
	colored	coloré	gefärbt	coloreada	(w) Sertori, (s) Bastian	2
20.	PQ	VG B	(+)		80-92	
	Ear: shape in profile	Épi : forme en vue de profil	Ähre: Form in Seitenansicht	Espiga: forma vista de perfil		
	tapering	pyramidal	pyramidenförmig	piramidal	(w) Solveig, (s) Tybalt	1
	parallel sided	à bords parallèles	parallel	bordes paralelos	(w) Solehio, (s) Granary	2
	slightly clavate	légèrement en massue	leicht keulenförmig	ligeramente claviforme	(w) Homeros	3
	strongly clavate	fortement en massue	stark keulenförmig	muy claviforme	(w) Vulcanus	4
	fusiform	fusiforme	spindelförmig	fusiforme	(w) Apache, (s) FD 1 24	5
21.	QN	VG A	(+)	(a)	80-92	
	Apical rachis segment: area of hairiness on convex surface	Article terminal du rachis : étendue de la pilosité de la surface convexe	Oberstes Spindelglied: Fläche der Behaarung auf konvexer Seite	Segmento apical del raquis: superficie de la vellosidad de la superficie convexa		
	absent or very small	nulle ou très faible	fehlend oder sehr klein	nula o muy pequeña	(w) Soissons	1
	small	faible	klein	pequeña	(w) Solehio, (s) Specific	3
	medium	moyenne	mittel	media	(w) Homeros, (s) Granary	5
	large	forte	groß	grande	(w) Kranich, (s) KWS Bittern	7

	very large	très forte	sehr groß	muy grande	(w) Mv Bodri	9
22.	QN	VG A	(+)	(a)	80-92	
	Lower glume: shoulder width	Glume inférieure : largeur de la troncature	Hüllspelze: Schulterbreite	Gluma inferior: anchura del hombro		
	absent or very narrow	nulle ou très étroite	fehlend oder sehr schmal	ausente o muy estrecho	(w) Courtot	1
	narrow	étroite	schmal	estrecho	(w) Soissons, (s) Tybalt	3
	medium	moyenne	mittel	medio	(w) Solehio, (s) Sensas	5
	broad	large	breit	ancho	(w) Sosthene, (s) KWS Collada	7
	very broad	très large	sehr breit	muy ancho		9
23.	QN	VG A	(+)	(a)	80-92	
	Lower glume: shoulder shape	Glume inférieure : forme de la troncature	Hüllspelze: Schulterform	Gluma inferior: forma del hombro		
	strongly sloping	fortement inclinée	stark abfallend	muy inclinado	(w) Courtot, (s) Amulett	1
	slightly sloping	légèrement inclinée	leicht abfallend	ligeramente inclinado	(w) Solehio, (s) Tybalt	3
	horizontal	horizontale	horizontal	horizontal	(w) Solveig, (s) Lennox	5
	slightly elevated	légèrement échanquée	leicht gehoben	ligeramente elevado	(w) Sosthene, (s) Virgile	7
	strongly elevated	fortement échanquée	stark gehoben	muy elevado		9

	English	français	deutsch	español	Example Varieties Exemples Beispielssorten Variedades ejemplo	Note/ Nota
24.	QN MG A/MS A / VG A	(+)	(a)	80-92		
	Lower glume: length of beak	Glume inférieure : longueur du bec	Hüllspelze: Zahnlänge	Gluma inferior: longitud del pico		
	very short	très court	sehr kurz	muy corto	(w) Solveig	1
	short	court	Kurz	Corto	(w) Kranich, (s) Tybalt	3
	medium	moyen	Mittel	medio	(w) Sotchy CS, (s) Blini	5
	long	long	Lang	Largo	(w) Soissons, (s) Sensas	7
	very long	très long	sehr lang	muy largo	(w) Rubisko, (s) FD 1 24	9
25. (*)	QN VG A	(+)	(a)	80-92		
	Lower glume: shape of beak	Glume inférieure : forme du bec	Hüllspelze: Zahnform	Gluma inferior: forma del pico		
	straight	droit	Gerade	Recto	(w) Solveig, (s) FD 1 24	1
	slightly curved	légèrement coudé	leicht gebogen	ligeramente curvado	(w) Cellule, (s) Granary	3
	moderately curved	demi-coudé	mäßig gebogen	medianamente curvado	(w) Edgar	5
	strongly curved	fortement coudé	stark gebogen	fuertemente curvado	(w) Sertori	7
	geniculate	genouillé	geknickt	acodado	(w) Velocity	9
26.	QN VG A	(+)	(a)	80-92		
	Lower glume: area of hairiness on internal surface	Glume inférieure : étendue de la pilosité de la surface interne	Hüllspelze: Fläche der inneren Behaarung	Gluma inferior: superficie de la vellosidad de la superficie interna		
	very small	très faible	sehr klein	muy pequeña	(w) Lupus	1

medium	moyenne	Mittel	media	(w) Solehio, (s) KWS Scirocco	3
very large	très forte	sehr groß	muy grande	(w) Apache, (s) Lennox	5
spring type	type printemps	Sommerform	tipo de primavera	(s) Lennox	3

Annexe 2 : Définition des stades de développement de l'échelle de Zadoks pour les céréales.

Échelle de Zadoks	Description
00	grain sec
01	début de l'imbibition
03	imbibition complete
05	sortie de la racine
07	sortie du coleoptile
09	feuille juste au sommet du coléoptile
10	première feuille traversant le coléoptile
11	première feuille étalée
12	2 feuilles étalées
13	3 feuilles étalées
14	4 feuilles étalées
15	5 feuilles étalées
16	6 feuilles étalées
17	7 feuilles étalées
18	8 feuilles étalées
19	9 feuilles étalées ou plus
20	maître-brin seulement
21	maître-brin et 1 talle
22	maître-brin et 2 talles
23	maître-brin et 3 talles
24	maître-brin et 4 talles
25	maître-brin et 5 talles
26	maître-brin et 6 talles
27	maître-brin et 7 talles
28	maître-brin et 8 talles
29	maître-brin et 9 talles et plus
30	redressement de la partie aérienne
31	premier nœud décelable
32	deuxième nœud décelable
33	troisième nœud décelable
34	quatrième nœud décelable
35	cinquième nœud décelable
36	sixième nœud décelable
37	dernière feuille visible
39	ligule ou collerette de la dernière feuille juste visible
40	-
41	extension de la gaine de la dernière feuille
45	Gonflement
47	ouverture de la gaine de la dernière feuille
49	premières barbes visibles
50	premier épillet de l'inflorescence à peine visible
53	1/4 de l'inflorescence dégagé
55	1/2 de l'inflorescence dégagée
57	3/4 de l'inflorescence dégagés
59	inflorescence complètement dégagée
60	début de l'anthèse
65	mi-anthèse
69	anthèse complete
70	-
71	stade aqueux du grain
73	début laiteux
75	mi-laiteux
77	fin laiteux
80	-
83	début pâteux
85	pâteux tendre
87	pâteux dur

90	-
91	le grain est dur (difficile à couper avec l'ongle)
92	le grain est dur (ne peut plus du tout être entamé avec l'ongle)
93	le grain se détachant dans la journée
94	surmaturité, la paille est morte et s'affaisse
95	semence dormante
96	semence viable donnant 50% de germination
97	semence non dormante
98	dormance secondaire induite
99	dormance secondaire levée

Annexe 3 : Solution utilisée dans la SDS PAGE.

Solution A	Solution B	Solution C
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 50% propanol-1. ▪ Eau distillée. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 50% propanol-1. ▪ 0,08 M tris HCL. ▪ Ajustation de pH=8. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2% SDS. ▪ 40% glycérol. ▪ 0,02% bleu de bromophénol. ▪ 0,08M Tris HCL Puis nous avons ajuster pH=8.

Tampon de migration :2000ml	Solution de coloration
<ul style="list-style-type: none"> ▪ SDS 0,1% :2g ▪ Tris-Hcl 0,027% :6,845g ▪ Glycine 1,44% :28,819g ▪ Ajuster le pH à 8,3 avec Hcl 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TCA 12% ▪ Eau distillé 65% ▪ Bleu de Coomassie (R250) 0,1%

Annexe 5 : Tableaux de Comparaison des moyennes.

Tableau 1 : Comparaison des moyennes des variétés du bloc 1 pour les paramètres agronomiques

Variété	NEFP	NEP	NEIP	NGE	NGP	PBE	PBP	PGE	PGP
V20	4.000b	4.000b	10.67abc	14.33ab	70.00def	2.153abcd	8.570bc	0.6267abc	1.927a
Khadija	3.000a	3.000a	15.00de	25.67def	79.33ef	1.087ab	3.500a	0.6667abc	2.380a
Inter5	4.000b	4.000b	12.33bcd	17.00abcd	65.67cde	2.223bcd	6.707abc	0.6533abc	2.577a
CCBT175	3.000a	3.000a	9.67ab	18.67abcde	55.67bcd	1.993abc	4.533ab	0.8500bcd	2.523a
Qafza	4.000b	4.000b	7.33a	37.25g	202.32g	1.123ab	4.543ab	1.5033f	91.667b
CCBT65	4.000b	4.000b	9.67ab	11.67a	38.33a	1.037a	6.910abc	0.3333a	0.973a
Inter6	3.667ab	3.667b	13.33cde	24.00bcde	88.67f	3.183de	11.360c	0.9900bcde	3.600a
Achtar	3.000a	3.000a	13.67cde	15.67abc	47.33bc	1.973abc	6.333ab	0.6767abc	2.080a
CCBT144	3.000a	3.000a	12.67bcde	27.33ef	83.67ef	1.987abc	8.617bc	1.3700ef	3.543a
AV4	3.667ab	4.000b	12.33bcd	35.33fg	86.33ef	2.770cd	11.507c	1.7633f	3.753a
Malika	4.000b	4.000b	16.00e	39.00g	151.00f	2.450cd	11.467c	1.3100def	5.247a
Inter33	3.000a	3.000a	12.33 bcd	21.67 bcde	65.33cde	4.067e	6.850abc	1.0100bcde	2.717a
Najia	4.000b	4.000b	12.67bcde	18.00abcde	73.33def	1.853abc	4.883ab	0.5467ab	2.187a
AV33	3.000a	3.000a	14.00cde	26.67def	79.67ef	1.960abc	5.980ab	1.1067cde	3.367a
Inter15	3.000a	3.000a	13.33cde	21.67bcde	55.33bcd	2.397cd	7.050abc	0.9333bcde	2.280a
Min	3.000	3.000	7.000	9.000	3.960	0.9500	3.420	0.2000	0.8000
Max	4.000	4.000	12.33	42.00	223.0	4.300	15.01	1.870	97.00
Moy	3.489	3.511	17.00	22.76	113.60	2.150	7.254	0.9293	8.721

Tableau 2: Comparaison des moyennes des variétés du bloc 1 pour les paramètres morphologiques.

Variété	HP	LB	LBE	LCE	LDE	LE	LFF	LTGI
V20	43.67 a	_____	5.067b	7.10bc	18.00abc	8.367def	12.33abc	0.4000c
Khadija	44.00a	_____	4.900b	9.23bcd	24.53cde	6.233abcd	11.67abc	0.3000b
Inter5	47.67ab	_____	5.033b	9.57bcd	22.17bcde	6.900abcde	11.13ab	0.3000b
CCBT175	49.00abc	_____	7.200c	13.43def	28.83°	7.767bcde	12.67abc	0.3000b
Qafza	49.0abc	_____	1.100a	15.07efg	27.53de	7.067abcde	10.07a	0.3000b
CCBT65	50.33abc	_____	4.567b	2.47a	13.33a	6.367abcd	13.67abc	0.2000a
Inter6	52.00abcd	_____	5.000b	11.23cde	24.83cde	6.033abc	13.53abc	0.2000a
Achtar	54.33bcd	_____	5.167b	10.40cd	23.63bcde	5.167a	10.07a	0.4000c
CCBT144	54.67bcd	_____	5.733bc	5.50ab	16.50ab	8.800ef	13.00abc	0.3000b
AV4	55.33bcd	_____	7.167c	11.00cde	24.83cde	8.167cdef	13.00abc	0.3000b
Malika	64.00e	_____	5.433bc	18.83g	26.07de	10.433f	15.33c	0.4000c
Inter33	57.93cde	_____	5.267bc	12.67de	24.50cde	6.833abcde	13.83abc	0.3000b
Najia	59.67de	_____	4.833b	13.33def	26.83de	5.767ab	12.67abc	0.4000c
AV33	60.00de	_____	4.900b	11.07cde	20.50abcd	7.833bcde	11.00ab	0.4000c
Inter15	66.67e	_____	5.333bc	17.50fg	27.50de	5.700ab	14.33bc	0.3667c
Min	40.00	0.2000	5.000	1.900	12.00	5.000	9.000	0.2000
Max	69.00	0.3000	11.00	20.00	31.50	11.00	17.00	0.4000
Moy	53.42	0.2200	7.162	11.23	23.31	7.162	12.55	0.3244

a, b, c, d, e, f, g, h et i représentent les classes générées par la comparaison des moyennes de Bonferroni pour chaque paramètre.

Tableau 3 : Comparaison des moyennes des variétés pour chaque paramètre agronomique du bloc 2.

Variété	NEFP	NEP	NEIP	NGE	NGP	PBE	PBP	PGE	PGP
V20	3.000bc	3.000b	14.00cd	32.33fg	93.67hi	2.847c	8.520de	1.250cde	3.683def
Khadija	2.000a	3.000b	12.67bc	19.67cde	51.67cd	1.540ab	4.467ab	0.787bcd	2.600cd
Inter5	3.333cd	3.000b	17.00f	22.33de	72.00fg	2.530bcd	6.987bcde	1.087cde	3.503de
CCBT175	3.000bc	3.000b	15.67ef	24.67def	75.67gh	2.973cde	8.947 ^e	1.527 e	4.593ef
Qafza	2.000a	2.000a	16.00ef	36.00g	94,58hi	4.013 ^e	8.947 ^e	1.683e	24.667g
CCBT65	3.000bc	3.000b	12.67bc	28.00efg	100.00i	1.887abc	8.020de	1.433 ^e	5.200f
Inter6	2.333ab	3.000b	12.67bc	20.00cde	56.33def	2.237abcd	6.630bcde	1.123cde	2.813cd
Achtar	2.333ab	4.000c	12.33b	9.33ab	18.67ab	1.257a	5.040abc	0.393ab	0.897ab
CCBT144	4.000d	4.000c	10.33a	15.67bcd	51.00cd	1.150a	4.593ab	1.297de	1.787abc
AV4	3.000bc	3.000b	15.00de	17.67bcd	53.00de	2.453bcd	7.367cde	0.757bcd	2.243bcd
Malika	2.000a	2.000a	17.00f	16.00bcd	33.00bc	1.247a	2.673a	2.567f	1.210abc
Inter33	3.000bc	3.000b	15.00de	24.67def	71.67efg	3.053de	8.603de	1.230cde	3.597def
Najia	2.000a	2.000a	12.33b	5.33a	10.33a	2.833cd	6.023bcd	0.100a	0.293a
AV33	2.000a	3.000b	9.67a	11.33abc	19.67ab	2.630bcd	4.720abc	0.383ab	0.800ab
Inter15	2.333ab	3.000b	15.00de	36.00g	72.33fg	2.040abcd	6.127bcd	1.610 ^e	3.750def
Min	2.000	2.000	9.000	5.000	1.340	0.9600	2.130	0.1000	0.2000
Max	4.000	4.000	17.00	46.00	103.0	2.313	11.16	3.000	26.00
Moy	2.622	2.956	13.76	19.51	52.03	4.200	6.494	1.082	4.109

a, b, c, d, e, f, g, h et i représentent les classes générées par la comparaison des moyenne de Bonferroni pour chaque paramètre.

Tableau 4: Comparaison des moyennes des variétés pour chaque paramètre morphologique pour le bloc 2.

Variété	HP	LB	LBE	LCE	LDE	LE	LFF	LTGI
V20	46.33a	0.2000a	6.000d	4.30ab	16.13a	6.900ab	12.17ab	0.3000b
Khadija	60.00cd	0.3000b	6.567d	9.73cd	24.90cde	8.600bcde	13.20ab	0.3667bc
Inter5	68.00de	0.2000a	6.533d	8.33bc	31.57fg	8.833cde	16.27b	0.4000c
CCBT175	60.33cd	0.3000b	5.600bcd	15.67efg	23.47bcd	8.600bcde	12.87ab	0.4000c
Qafza	60.00cd	0.2667b	4.933abcd	2.87a	19.67abc	9.500def	16.67b	0.4000c
CCBT65	56.00bc	0.3000b	4.567abcd	9.83cd	26.50def	8.500bcde	8.67a	0.4000c
Inter6	62.00cde	0.2000a	5.067abcd	11.60cdef	26.33def	6.300a	11.67a	0.3000b
Achtar	48.00ab	0.2000a	6.500d	11.00cde	23.40bcd	6.267a	13.63ab	0.3000b
CCBT144	55.67bc	0.2000a	3.767abc	6.77abc	18.33ab	8.167bcd	15.33b	0.4000c
AV4	56.00bc	0.2000a	3.167a	14.33defg	29.63efg	11.167f	14.50ab	0.3000b
Malika	80.00f	0.2000a	6.000d	19.33g	32.67g	8.167bcd	15.83b	0.4000b
Inter33	60.00cd	0.2000a	3.567ab	19.33g	34.67g	10.267ef	17.33b	0.4000c
Najia	50.33ab	0.2000a	6.267d	9.53bcd	21.50abcd	7.933abcd	11.87ab	0.3000b
AV33	70.00e	0.2000a	5.600bcd	15.63efg	30.50efg	7.067abc	16.33b	0.3000b
Inter15	66.00de	0.2000a	5,733cd	16.57fg	30.27efg	8.100abcd	16.00b	0.2000a
Min	42.00	0.2000	2.100	2.300	14.30	6.000	6.000	0.2000
Max	83.00	0.3000	7.200	22.00	37.50	12.000	21.00	0.5000
Moy	59.91	0.2244	5.324	11.53	25.97	8.291	14.16	0.3378

a, b, c, d, e, f, g, h et i représentent les classes générées par la comparaison des moyenne de Bonferroni pour chaque paramètre.

Tableau 5: Comparaison des moyennes des variétés pour chaque paramètre agronomique de la station de Marchouch.

Variété	NEFP	NEP	NEIP	NGE	NGP	PBE	PBP	PGE	PGP
Achtar	3,333ab	3,333ab	18efg	33,67abc	127,7cde	3,997ab	14,96cde	1,18abc	4,647bc
Amal	4b	4b	17,667defg	42,67cde	151,7defg	2,3a	16,21de	3,087h	12,94h
Arrehane	3,667ab	3,667ab	16,333cde	35abcd	123,3cd	5,6b	22,62f	1,37abcde	4,833cd
AV33	2,333a	2,333a	12,333a	27,33a	68a	2,56a	5,91a	1,073ab	2,59ab
Bandera	4b	4b	18,667fg	36,83bcd	150,7defg	4,19ab	16,44 ^e	1,767cdef	7,25fg
BT9A04	3,667ab	3,667ab	15,333bc	34,67abcd	139,7cde	3,91ab	12,97cde	1,927def	6,973defg
CCBT175	3ab	3ab	16cd	38,33cde	115,3bc	4,08ab	23,03f	1,903def	5,877cdef
CCBT65	4b	4b	16,333cde	38bcd	156efg	4,59ab	35,9g	2,087fg	8,27g
Khadija	4b	4b	16,333cde	41cde	153,7efg	3,83ab	13,11cde	1,983efg	15,387i
Lina	3ab	3ab	17cdef	29ab	89,3ab	3,32ab	11,82bc	0,767a	2,33a
Malika	4b	4b	18,333efg	54,33f	190h	4,09ab	11,47bc	1,597bcdef	14,119hi
Massira	4b	4b	17,333cdef	36,67bcd	154,7efg	2,63a	8,33ab	2,343fg	13,29h
Najia	3,333ab	3,333ab	16cd	54,33f	178,3gh	5,55b	12,56cd	2,003fg	6,223cdefg
Qafza	3,667ab	3,667ab	16,333cde	47,33ef	193,7h	3,67ab	14,41cde	2,573gh	10,833h
Snina	3,667ab	3,667ab	19,333g	40,33cde	147def	4,32ab	14,91cde	1,233abc	4,357abc
V9	3,667ab	3,667ab	14ab	33,67bcd	112,7bc	3,3ab	8,43ab	1,36abcde	4,933cde
Min	2.000	2,00	12.00	25.00	63.00	2.070	5.620	0.7200	2.130
Max	4.000	4.000	20.00	57.00	201.0	8.100	38.50	3.280	15.55
Moy	3.583	3.583	16.46	38.26	139.5	3.871	15.19	1.703	6.860

a, b, c, d, e, f, g, h et i représentent les classes générées par la comparaison des moyenne de Bonferroni pour chaque paramètre.

Tableau 6 : Comparaison des moyennes des variétés du site expérimental Marchouch pour chaque paramètre morphologique.

Variété	HP	LB	LBE	LCE	LDE	LE	LFF	LTGI
Achtar	112 cdef	0,2a	6,6 ^e	17,33fg	40,67efg	8,133ab	21,67bcd	0,367a
Amal	101,33bc	0,4ab	5,2bcde	11,33abc	30abcd	10,367cd	24,67cd	4,333b
Arrehane	95,67b	0,2a	5,767cde	11,83abcd	31,33abcd	12,5 ^e	18bc	0,267a
AV33	66 a	0,3ab	6,467 ^e	13,49bde	26,47ab	7,5a	15,33ab	0,333a
Bandera	93b	0,2333a	2,417a	15,27def	28,8abc	8,533abc	18,77bcd	0,4a
BT9A04	114,67 def	0,2a	5,6cde	24i	43,67fg	9,6bcd	23,83cd	0,4a
CCBT175	103,33bcd	0,2a	5,167bcde	14,77cdef	33,03bcde	10,033bcd	15,83ab	4b
CCBT65	104,67 bcde	0,2a	5,333bcde	9,9a	24,67a	10,1bcd	18bc	0,367a
Khadija	112 cdef	0,2a	4b	21,83hi	36,67cdef	10,333cd	19,8bcd	5,067c
Lina	111,67 cdef	0,3ab	5,4bcde	15,33def	34,33bcde	9,833bcd	22bcd	0,4a
Malika	137,33g	0,2a	6,5 e	10,57aba	37,47defg	9,233abc	24,5cd	0,4a
Massira	99,67 bc	0,2a	4,5bcd	15,67efg	33,83bcde	9,7bcd	22,67bcd	0,4a
Najia	100,67 bc	0,2a	5,067bcde	19,13gh	31,67abcd	9,233abc	21,17bcd	4b
QafZa	116 ef	0,2667a	5,967cde	21,2hi	31,17abcd	9,033abc	26d	0,4a
Snina	97,67b	0,3ab	4,4bc	15,17def	35,53cde	11,367de	23,67cd	0,333a
V9	118 f	0,2a	4,767bcd	23,2i	45,33g	10,233cd	9,13a	0,4a
Min	63.00	0.2000	1.950	9.100	22.00	6.900	2.100	0.2000
Max	139.0	0.4000	7.300	26.00	47.00	13.50	29.00	5.200
Moy	105.2	0.2375	5.197	16.25	34.04	9.733	20.31	1.367a

a, b, c, d, e, f, g, h et i représentent les classes générées par la comparaison des moyenne de Bonferroni pour chaque paramètre.