

جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
+0800444 0484 232208 01 4081100 | 300
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES



كلية العلوم والتقنيات فاس
+05350.11 | +05350.121 8 +05354441 - 300
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FÈS



المعهد الوطني للبحث الزراعي
المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique

Présenté par :

HARCHI SAAD

Pour l'obtention du diplôme de

LICENCE B.V.P.R

BIOTECHNOLOGIE ET VALORISATION DES PHYTO-RESSOURCES

Thème :

Estimation du progrès génétique des lignées avancées de blé dur (*Triticum durum* Desf.) à partir de l'essai avancé II de rendement

Soutenue publiquement le : **07 /07/2021**

ENCADRE PAR :

- Pr. LAZRAQ Abderrahim
- Dr. FERRAHI Moha

DEVANT LE JURY :

- Pr. LAZRAQ Abderrahim
- D. FERRAHI Moha
- Pr Manni Laila

Année universitaire
2020/2021

Remerciements

- Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail, m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes et m'a donné la volonté et le Courage. Sans sa miséricorde, ce travail n'aurait pas abouti. "El Hamd Wa Chokr Li ALLAH"

Je tiens à travers ce rapport à exprimer mes sincères remerciements aux nombreuses personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce présent travail :

- Ma profonde gratitude à Pr. LAZRAQ Abderrahim Professeur à la FST pour son aide, ses conseils précieux et pour avoir encadré mon stage et, à Dr. Moha FERRAHI pour ses conseils précieux, ses directives pertinentes et pour les précieuses informations qu'il m'a prodiguées avec intérêt et compréhension.
- Mes vifs remerciements à Mr. Harzi Hamid, technicien au Domaine Expérimental de Douyet, Mr. Fechtali Mohamed, technicien de recherche à l'Unité de Recherche, pour leur aide précieuse, leur accueil chaleureux, leur bienveillance, leur perpétuelle collaboration, et pour toutes les informations nécessaires qu'ils ont procurées afin de bien mener ce stage.
- Mes chaleureux remerciements à M. Laila MANNI, membre de jurys et enseignante à la FST, pour sa présence, sa patience, ses remarques, ses suggestions et son soutien.
- Enfin je remercie tous ceux et toutes celles qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce présent travail.

Dédicace

Je dédie ce travail en premier lieu,

A ma mère et mon père qui me sont très chers en témoignage à leur soutien pendant toute ma vie car aucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection.

A ma sœur, et à mon frère,

A toute ma famille,

A tous mes amis,

Et à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Appareil reproducteur du blé dur.....	4
- Figure 2 : Morphologie de grain de blé.....	5
- Figure 3 : Période de contamination des maladies du blé.....	6
- Figure 4 : Cycle développement de septoriose.....	7
- Figure 5 : Répartition aléatoire des pustules.....	8
- Figure 6 : Symptômes de la rouille jaune sur feuilles.....	8
- Figure 7 : Appareil du chlorophylle mètre de model SPAD-502.....	13
- Figure 8 : Appareil de mesure de la température de la plante ‘Thermomètre IR’.....	13
- Figure 9 : POROMETRE de model AP4.....	13
- Figure 10 : Teneur en chlorophylle en fonction des variétés.....	16
- Figure 11 : Température foliaire en fonction des variétés.....	17
- Figure 12 : Conductance stomatique en fonction des variétés.....	17
- Figure 13 : Nombre de plante au m2 en fonction des variétés.....	18
- Figure 14 : Nombre d’épis aux plantes en fonction des variétés.....	18
- Figure 15 : Nombre de grains par épi en fonction des variétés.....	19
- Figure 16 : Poids de mille grains en fonction des variétés.....	20

Liste des tableaux

- Tableau 1 : Matériel végétal de l’expérimentation.....	12
- Tableau 2 : Variance des paramètres physiologique.....	16
- Tableau 3 : Variance du coefficient de corrélation en fonction des paramètres agro-physiologique.....	20
- Tableau 4 : Progrès génétique de nombre de plantes par m ²	21
- Tableau 5 : Progrès génétique de nombre d’épis par plante.....	22
- Tableau 6 : Progrès génétique de nombre de grains par épi.....	23
- Tableau 7 : Progrès génétique de poids de mille grains.....	24
- Tableau 8 : Progrès génétique de la teneur en chlorophylle.....	25
- Tableau 9 : Progrès génétique de la température foliaire.....	26
- Tableau 10 : Progrès génétique de la conductance stomatique.....	27

Liste des abréviations

- INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
- Nb : nombre
- Nep : nombre d'épi par plante
- Nge : nombre de graines par épi
- PMG : poids de mille graines
- TC : Teneur en chlorophylle
- TF : Température foliaire
- CS : Conductance stomatique
- ANOVA : Analyse of variance
- FAO : Food and Agriculture Organization
- ICARDA: International Center for Agriculture Research in the Dry Areas.
- VL : valeur de la lignée
- VMT : valeur moyenne des témoins

Résumé

Le blé dur est considéré comme une culture stratégique au Maroc. A travers le temps le pays a essayé toujours de développer et d'améliorer cette culture. Notre étude s'intègre dans le cadre du programme national d'amélioration de blé dur et a comme objectif d'estimer le progrès génétique de 24 lignées de blé dur installées au domaine expérimental de Douyet du Centre régional de la recherche agronomique de Meknès.

Cette expérimentation a concerné l'étude de 2 types des paramètres, les paramètres agronomiques en parlent sur le nombre des plantes par m², le nombre d'épis par plante, le nombre des grains par épi et le poids de mille grains. Concernant les paramètres physiologiques on a la teneur en chlorophylle, la température foliaire et la conductance stomatique, et l'analyse de la variance de ces paramètres physiologique.

Et d'après nous avons estimé le progrès génétique entre 24 lignées dans chaque paramètre agro-physiologique

On peut découvrir à partir de ces résultats que les composantes du rendement sont variables d'une lignée à l'autre.

Les lignées 1 et 17 sont les plus importantes par rapport aux autres lignées, donc ils sont les plus productives.

Cette étude nous a permis de compléter une base de données pour les divers descripteurs et variables d'évaluation agronomique. En se basant sur ces données, les sélectionneurs vont pouvoir les utiliser comme base dans leur choix des génotypes qui répondent aux critères en accord avec l'objectif du programme d'amélioration.

Mots clés : blé dur, INRA, amélioration génétique, paramètre agronomique, paramètre physiologique

Sommaire

• Introduction	1
• Partie bibliographique	2
I. Généralités sur Les céréales	3
1. Définition du blé.....	3
2. Classification du Blé dur :	3
II. Description morphologique de l'espèce :	4
1. Appareil aérien.....	4
2. Appareil racinaire.....	4
3. Appareil reproducteur	4
4. Grain de blé	4
III. Importance et production du blé dans le monde et au Maroc	5
IV. Les principales maladies qui attaquent le blé	6
1. Oïdium des Blés	6
2. Septoriose :	7
3. Rouille brune.....	7
4. Rouille jaune	8
V. Techniques d'amélioration de rendement :	8
1. Techniques culturales	8
a) <i>Techniques de la sélection</i>	8
b) <i>Technique de l'hybridation et du croisement</i>	8
2. Amélioration génétique du blé dur.....	9
3. Sélection.....	9
• Matériel et Méthodes	11
I. Présentation de la région d'étude	12
1. Caractérisation climatique de la région d'étude.....	12
II. Objectif de l'expérimentation	12
III. Matériel végétale	12
IV. Paramètres étudiés	13
1. Paramètres physiologiques	13
a) <i>Teneur en chlorophylle</i>	13
b) <i>Température foliaire</i>	13
c) <i>Conductance stomatique</i>	13
2. Paramètres agronomiques	14
a) <i>Nombre de plantes par m²</i>	14
b) <i>Nombre d'épis par plante</i>	14
c) <i>Nombre de grains par épi</i>	14

d) Poids de mille grains.....	14
• Résultats et discussion :	15
I. Evaluation du comportement variétal	16
1. Paramètres physiologiques	16
a) Analyse de variance des paramètres physiologiques	16
b) Teneur en chlorophylle.....	16
c) Température foliaire	16
d) Conductance stomatique.....	17
2. Paramètres agronomiques.....	17
a) Nombre de plantes par m ²	17
b) Nombre d'épis par plante.....	18
c) Nombre de grains par épi.....	19
d) Poids de mille grains.....	19
II. Matrice de corrélation	20
• Progrès génétique	21
1. Paramètres agronomiques	21
a) Nombre de plantes par m ²	21
b) Nombre d'épis par plante.....	22
c) Nombre de grains par épi	23
d) Poids de mille grains.....	24
2. Paramètres physiologiques	25
a) Teneur en chlorophylle.....	25
b) Température foliaire	26
c) Conductance stomatique.....	27
• Conclusion	28
• Références bibliographiques	30

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale leur production arrive jusqu'à 2 Milliards de tonnes (**Slama et al, 2005 et FAO, 2007**).

Le blé dur constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Si la production du blé dur s'est conventionnellement associée à la fabrication de la semoule et les pâtes alimentaires au niveau industriel, en milieu rural l'utilisation du blé dur dans la panification est une pratique courante. Environ 85 pourcents de la production annuelle du blé dur est utilisée en panification. Pour les populations rurales, le pain à base de blé dur (pain et galette) est un composant fondamental du régime quotidien (**Boujnah et al, 2004**).

La céréaliculture est l'activité dominante dans l'agriculture marocaine, tant par les superficies qu'elle occupe que par la population qui en dépend. Sur un total de 8 millions d'Ha cultivés annuellement, 5,3 millions d'Ha sont cultivés en céréales. Les céréales participent pour le tiers du produit intérieur.

Dans le même sens, et au niveau de recherche, L'INRA suit un programme de création variétale afin de créer des variétés résistantes aux maladies et à la sécheresse, pour améliorer la production des céréales notamment le blé à l'échelle nationale, et par conséquent réduire les importations en blé qui pèsent beaucoup sur la balance commerciale du Maroc (**El Harch 2017**).

Les acquis de L'INRA en matière de recherche sur les céréales sont très importants car il fournit la plupart des variétés qui sont inscrites en catalogue officiel, et contribue à la production des semences certifiées et commercialisées en dépassent 76%. Le programme d'amélioration génétique de blé dur à L'INRA travaille en collaboration avec L'ICARDA pour le développement des variétés résistantes productives et de bonne qualité technologique.

Partie

bibliographique

I. Généralités sur Les céréales :

Les céréales sont des espèces cultivées généralement pour leurs grains. La plupart des céréales appartiennent à la famille des graminées (*Poacées*). Ce sont : le blé, l'orge, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Près d'un milliard de tonnes des céréales sont produites, annuellement dans le monde dont le blé et le riz en sont les plus importants. (**Mouille, 1971 et Aboudaou 2011 et Faostat 2005 et Chaib et al. 2015**).

1) « **Blé** » : Le blé est la céréale la plus cultivée et la plus consommée aujourd'hui dans le monde. Domestiqué au Proche-Orient à partir d'une graminée sauvage il y a environ 10.000 ans, il compte actuellement quelque 30.000 formes cultivées. La production mondiale, en progression constante, et les échanges qui se multiplient entre les régions du monde font de cette céréale l'un des principaux acteurs de l'économie mondiale. Le Blé est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*, ce sont des plantes annuelles de la famille des Graminées ou poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le terme **Blé** désigne également le " grain " produit par ces plantes. Le Blé fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz. (**sanah 2015**).

2) Classification du Blé dur :

1. Embranchement : **Spermaphytes**
2. S/Embranchement : **Angiospermes**
3. Super ordre : **Commeliniflorales**
4. Ordre : **Poales**
5. Classe : **Monocotylédones**
6. Famille : **Graminées**
7. Genre : **Triticum sp**
8. Espèce : ***Triticum durum* Desf**

II. Description morphologique de l'espèce :

1. Appareil aérien :

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unités biologiques, les talles, les feuilles et les gaines. La talle est formée d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence. Les feuilles se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux, les oreillettes (Clarke et al. 2002), (Bozzini, 1988).

2. Appareil racinaire :

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives (latérales) qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Bozzini, 1988).

3. Appareil reproducteur :

L'inflorescence du blé est un épi. Ce dernier est constitué d'unités de base, les épillets. L'épillet est une petite grappe d'un à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (inférieure et extérieure). La grappe est incluse entre deux bractées ou glumes, les fleurs sont attachées sur le rachis et sont autogame (Anonyme, 2003).

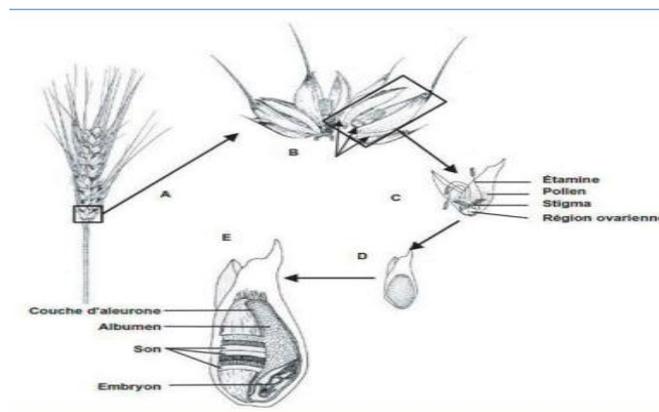


Figure 1 : Appareil reproducteur du blé dur

4. Grain de blé :

Sur le plan morphologique, le grain a une forme ovoïde de coloration blanchâtre à brunâtre avec un sillon sur la face ventrale, il est de taille de 6.5 à 8.5 mm de long et son diamètre de 3 à 4 mm. Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissus le germe (3% du poids du grain), les enveloppes (17%) et l'albumen (80%) (Fredot, 2005).

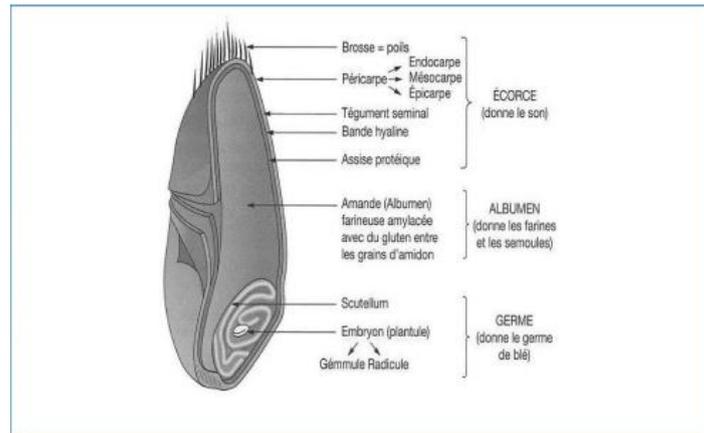


Figure 2 : Morphologie de grain de blé

III. Importance et production du blé dans le monde et au Maroc :

En botanique, le blé dur est l'une des céréales la plus employée dans l'alimentation de l'homme et des animaux. Les grains de blé dur donnent de la semoule pendant la mouture, cette semoule est valorisée dans la fabrication des pâtes alimentaires. De plus, en Afrique du Nord, on utilise aussi cette céréale pour la production de couscous et des pains traditionnels (la galette). Dans le monde, l'Union Européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement. La campagne 2005/2006 est caractérisée par une consommation de 616 millions de tonnes alors que la production est estimée à 600 millions de tonnes, il en résulte une nouvelle baisse des stocks mondiaux qui passent à 136 millions de tonnes. Au cours des 10 dernières années la production mondiale de céréales (hors riz) a été inférieure à la demande à 8 reprises (**Cheftel et Chefte 1992 et Jeantet et al. 2006 et Feillet, 2000 et Anonyme, 2002 et Anonyme, 2006**).

Au Maroc, le blé dur constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques de la population dans l'ensemble du pays. Si la production du blé dur s'est conventionnellement associée à la fabrication de la semoule et les pâtes alimentaires au niveau industriel, en milieu rural marocain l'utilisation du blé dur dans la panification est une pratique courante. Environ 85% de la production annuelle du blé dur est utilisée en panification. Pour les populations rurales, le pain à base de blé dur est un composant fondamental du régime quotidien. Un bon pain de blé dur accompagné de thé à la menthe est une pratique bien ancrée dans les habitudes alimentaires, tout particulièrement en milieu rural. Selon des enquêtes nationales sur la consommation et les dépenses des ménages, en milieu rural, le blé dur se place en premier avec un taux d'autoconsommation de 45,1% suivi par le maïs (32,5%), l'orge (18,1%) et le blé tendre (8,7). D'autant plus, l'essentiel des quantités écrasées du blé dur est réalisé dans la minoterie artisanale traditionnellement active en milieu rural et quartiers populaires urbains (**Boujnah et al 2004 et Haut-Commissariat au Plan, ENCDM et Aït El Mekki, 2006**).

IV. Principales maladies qui attaquent le blé :

Pas de répit tout au long du cycle de vie du blé, les maladies se relayent pour atteindre leur but : affecter fortement le rendement. Néanmoins leurs fréquences et gravité restent inégales. L'essentiel est de contrôler les plus dommageables (Moreau, 2011).

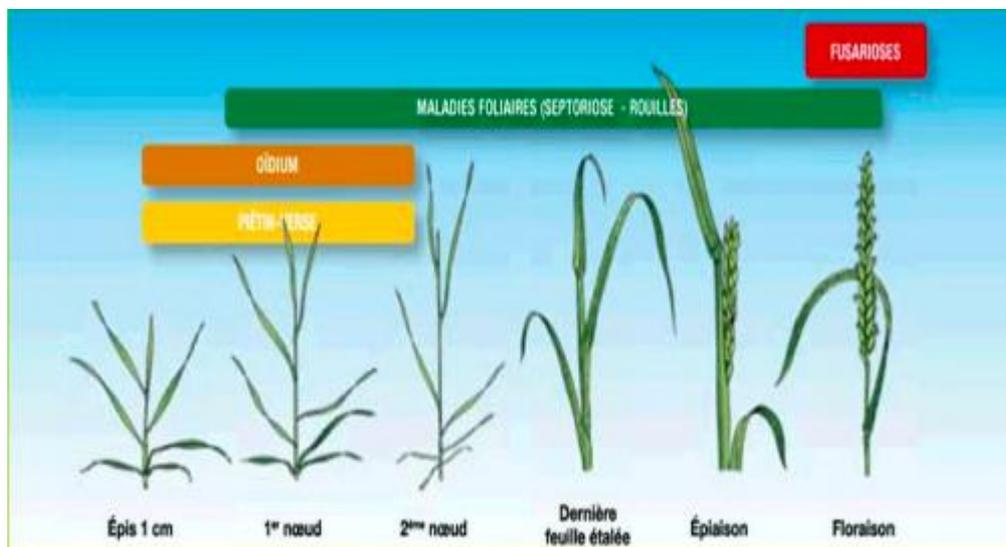


Figure 3 : Période de contamination des maladies du blé

1. Oïdium des Blés :

A) Définition :

Maladie cryptogamique pouvant attaquer le blé sur toute la durée de sa culture. Elle est observée sur les feuilles, tiges et aussi sur les épis. C'est l'une des maladies les plus faciles à reconnaître sur blés. (Feddaoui et Bouchelaghem 2018)

B) Symptômes :

a) Sur feuilles :

- Emission de suçoirs visibles à la loupe.
- Très vite on peut remarquer la présence de touffes blanches qui envahissent peu à peu les feuilles.
- Une forte loupe permet d'observer les spores en chaînes à la surface de la feuille.
- On pourra apercevoir si l'attaque est à un stade avancé, des ponctuations noires sur les touffes blanches.

b) Sur épis :

Les touffes blanches ternissent peu à peu et deviennent grisâtres les dégâts sur épi sont importants. Les symptômes d'attaque sur épi sont visibles sur le bord des glumelles et les barbes.

2. Septoriose :

La septoriose est une maladie foliaire du blé qui peut être provoquée principalement par deux champignons *Septoria tritici* et *Stagonospora nodorum*. Ce champignon provoque souvent de fortes diminutions du rendement. (Feddaoui et Bouchelaghem 2018).

a) Symptômes :

- S'observe plus fréquemment en hiver en début du printemps.
- Tâches à caractère ovale et brunâtre avec des petits points noirs (les pycnides) qui apparaissent au début de la formation de la nécrose. (Ou plusieurs jours après la nécrose pour le cas de *S. nodorum*). Ces tâches sont souvent irrégulières et restent localisées en des endroits comme les bords du limbe ou les espaces internervaires.
- Très souvent, les tâches débutent par un palissement du limbe qui garde une couleur verdâtre imprégnée de brun.
- Après apparition des petits points noirs, les pycnides (points noirs) exsudent une gelée incolore transparente sous forme de tortillons : les cirrhes. A l'opposé *S. nodorum* secrète des cirrhes de couleur rose franche. (Anonyme, 2018).

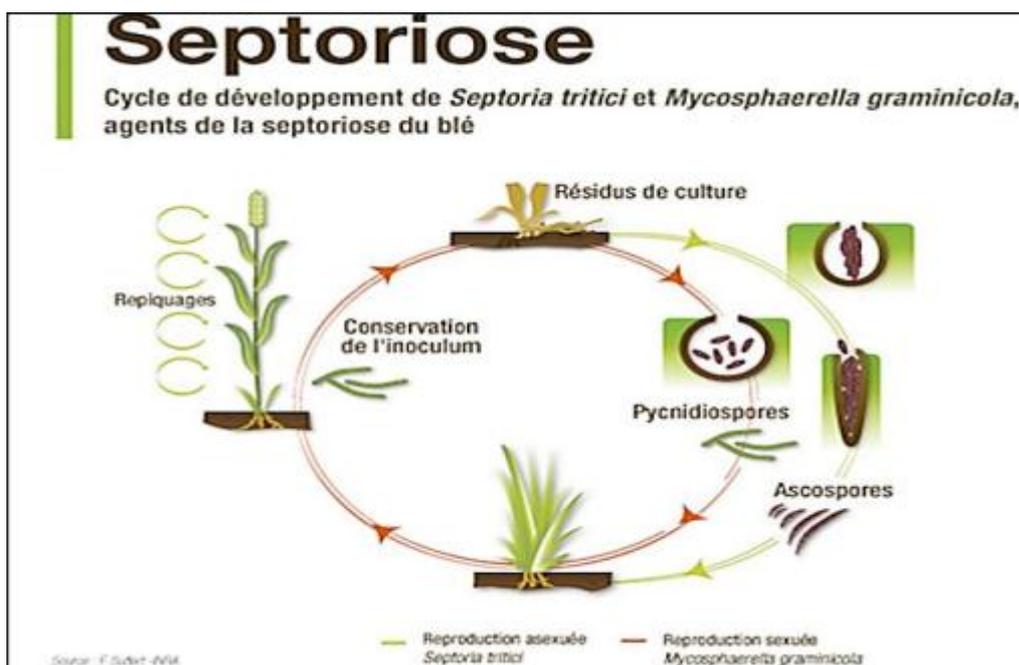


Figure 4 : Cycle développement de septoriose

3. Rouille brune :

Puccinia triticina est spécifique au blé. D'autres *Puccinia spp.* et pathotypes peuvent affecter l'orge, le seigle et le triticale, mais ils ne provoquent pas d'infections croisées.

a) *Définition :*

La rouille brune est une maladie foliaire causée par un parasite obligatoire. Les feuilles sont les principaux organes attaqués, les gaines sont parfois atteintes et en cas très forte infestations les épis peuvent être touchés. (Feddaoui et Bouchelaghem 2018).



Figure 5 : Répartition aléatoire des pustules.

4. Rouille jaune :

Une maladie en forte progression et se propage grâce au vent ce qui lui permet de parcourir de grande distance très rapidement. Si elle n'est pas détectée à temps, elle peut être dévastatrice et causer de grandes pertes. La rouille jaune est causée par une espèce de champignon appelée *Puccinia Striiformis*. Agriculture du Maghreb précise qu'elle peut provoquer jusqu'à 70% de pertes en cas d'infection précoce, d'où l'importance de prendre des précautions.



Figure 6 : Symptômes de la rouille jaune sur feuilles.

V. Techniques d'amélioration de rendement :

1. Techniques culturales :

a) Techniques de la sélection :

Le but de toute amélioration du blé étant une augmentation du rendement en grain à l'hectare, la paille pouvant être considérée comme accessoire, la sélection des lignées pures dans une population mélangée ou issue de croisement doit s'appliquer aux formes qui présentent les caractères méritant d'être considérés comme des facteurs du rendement.

Parmi ces facteurs, les uns sont morphologiques et se rapportent aux organes dont la présence est corrélative de la production du grain ; d'autres sont physiologiques et correspondent à une bonne adaptation au milieu, d'autres enfin sont constitués par la résistance aux intempéries.

b) Technique de l'hybridation et du croisement :

Le croisement entre variétés d'une même espèce constitue certainement le moyen le plus efficace d'obtenir un grand choix de types nouveaux et stables parmi lesquels s'exerce fructueusement la sélection.

On a été amené à adopter comme règle de prendre toujours l'un des géniteurs parmi les sortes locales ou celles qui sont bien acclimatées. Il ne faut pas oublier, en effet, que les caractères physiologiques, les plus importants au point de vue économique (précocité, résistance aux intempéries et aux maladies), qui constituent l'adaptation au milieu physico-chimique et au milieu animé, sont complexes et dépendent de facteurs mendéliens multiples. Si ces facteurs ne se trouvent pas réunis chez l'un au moins des géniteurs, on a peu de chances d'en obtenir le groupement chez les croisés.

2. Amélioration génétique du blé dur :

L'objectif des sélectionneurs est de rassembler dans une plante d'une espèce donnée, le maximum des caractères favorables qu'on pourra nommer à la fin une plante élite. L'amélioration des plantes vise à créer des variétés qui répondent aux besoins de l'agriculteur, mais aussi à ceux de tous les utilisateurs de produit récolté : consommateur, industriel, intermédiaires de la commercialisation, du stockage, de la transformation...etc. L'évolution permanente des conditions climatiques, écologiques, sociales et économiques conduit à un ajustement continu des objectifs. Deux types d'objectifs sont le plus souvent recherchés : le rendement et la qualité. La productivité qui est la capacité potentielle d'une variété à produire des rendements élevés quand les conditions optimales sont réalisées, la productivité est donc étroitement dépendante du milieu, elle est sous la dépendance de plusieurs gènes (**Goacolou et Perdrizet, 1988 et Feldmann et Feyt, 1998 et Gallais et Bannerot, 1992 et Lafon et al., 1998**).

3. Sélection :

La sélection de la tolérance à la sécheresse devrait se concevoir selon une approche synthétique reliant un ensemble de mécanismes dont l'intégration pourrait améliorer le rendement en conditions de déficit hydrique.

La difficulté d'identifier et de caractériser les paramètres de la tolérance au stress hydrique chez les plantes, à travers l'observation d'un caractère phénotypique complexe et de faible héritabilité, comme le rendement en conditions de déficit hydrique, a conduit à s'intéresser à des critères morpho physiologiques de la tolérance à la sécheresse.

Des approches analytiques, consistant à isoler et à étudier individuellement un mécanisme de résistance donné, via l'observation d'un paramètre particulier (critère de sélection). Plusieurs critères physiologiques et biochimiques ont été ainsi identifiés dans le but de distinguer les variétés sensibles des variétés résistantes au stress hydrique : accumulation de proline, des sucres, induction de protéines spécifiques, résistance stomatique, fluorescence chlorophyllienne. Le but principal de tout programme de sélection est la production de variétés possédant un rendement élevé et stable (**Monneveux 1991**).

Matériel et méthodes

I. Présentation de la région d'étude :

Le Domaine Expérimental de Douyet, qui relève de « INRA » ou l'Institut National de la Recherche Agronomique, est situé à 34°04N, 5°07W, dont l'altitude s'élève à 416 m. Il s'agit du domaine expérimental implanté en zone Bour favorable de la plaine du Sais (Province de Moulay Yaacoub-Wilaya de Fès-Meknès) dont la superficie totale est de 440 ha.

1. Caractérisation climatique de la région d'étude :

Le climat est de type méditerranéen à hivers froids et étés chauds et secs. L'année 2021 est caractérisée par une mauvaise répartition de pluie et de fortes températures.

II. Objectif de l'expérimentation :

Le but de ce travail est d'estimer le progrès génétique des lignées avancées de blé dur (*Triticum durum* Desf.) de l'essai avancé II de rendement à trois répétitions.

III. Matériel végétale :

Le matériel végétal de notre expérimentation est présenté par 24 lignées à trois répétitions.

Tableau 1 : Matériel végétal de l'expérimentation.

ENT	N° VARIETE	ENT	N° VARIETE	ENT	N° VARIETE
1	1	48	5	49	14
2	2	47	16	50	8
3	3	46	10	51	22
4	4	45	8	52	15
5	5	44	6	53	1
6	6	43	3	54	16
7	7	42	21	55	4
8	8	41	22	56	2
9	9	40	13	57	11
10	10	39	1	58	7
11	11	38	4	59	18
12	12	37	7	60	9
13	13	36	17	61	5
14	14	35	20	62	21
15	15	34	9	63	19
16	16	33	2	64	13
17	17	32	12	65	20
18	18	31	14	66	6
19	19	30	11	67	3
20	20	29	19	68	10
21	21	28	18	69	12
22	22	27	15	70	17
23	FAR	26	V1(OUM)	71	FAR

24	V1(OUM)	25	FAR	72	V1(OUM)
----	---------	----	-----	----	---------

IV. Paramètres étudiés :

1. Paramètres physiologiques :

a) Teneur en chlorophylle :

L'indice de chlorophylle a été déterminé sur les feuilles avec la chlorophylle mètre SPAD 502. Les lectures sont données en unités appelées SPAD (soil plant analysis development).

L'appareil SPAD a l'aspect d'une pince que l'on garde dans la main ; il est plein et léger. Il marque jusqu'à 30 mesures qui peuvent être annoncées une à une. Généralement les valeurs perçues se situent entre 40 et 52 (unité SPAD). Il suffit de fermer la pince vide sur elle-même pour équilibrer l'appareil. Par la suite, trois prises de mesure sont effectuées au niveau de la feuille sur trois points différents (sommet, milieu, et base). La moyenne des trois valeurs s'affiche sur l'écran à la fin (unité SPAD). Sachant que le temps de chaque mesure est de l'ordre de deux secondes. (Sourour et lafala 2016)



Figure 7 : Appareil du chlorophyllemètre de model SPAD-502

b) Température foliaire :

La température des plantes est mesurée à l'aide d'un appareil 'thermomètre infrarouge'



Figure 8 : Appareil de mesure de la température de la plante 'Thermomètre IR'

c) Conductance stomatique :

La conductance stomatique c'est un mécanisme nécessaire pour réguler la diffusion du CO₂ et les pertes en eau. Comme nous venons de le voir, la diffusion de CO₂ et H₂O entre la feuille et l'atmosphère se fait au travers des stomates et de la couche limite.



Figure 9 : POROMETRE de model AP4

2. Paramètres agronomiques :

a) Nombre de plantes par m² :

Le nombre de plantes par m² est déterminé par le comptage du nombre de plantes sur 1 mètre linéaire prélevés aléatoirement de chaque variété du bloc.

b) Nombre d'épis par plante :

Le nombre d'épis par plante est déterminé par le comptage du nombre d'épis dans 3 plantes de chaque variété du bloc.

c) Nombre de grains par épi :

Il est obtenu par comptage direct d'un échantillon de 3 plantes aléatoirement de chaque variété du bloc.

d) Poids de mille grains :

Le PMG est déterminé par comptage et le pesage de 1000 graines prises de la récolte de chaque variété.

Résultats et discussion

I. Evaluation du comportement des lignées de blé dur

1. Paramètres physiologiques :

a) Analyse de variance des paramètres physiologiques :

Le tableau ci-dessous présente l'analyse de la variance des paramètres physiologiques et de rendement.

Tableau 2 : Variance des paramètres physiologique.

Analyse de variance des paramètres physiologiques et de rendement					
	T Foliaire (°C)	CS (mol.m ² /s)	Ch (Spade)	Nbr grain par épi	PMG (g)
Variétés	1.229 NS	0.994NS	1.243 NS	0.739 NS	0.693 NS

b) Teneur en chlorophylle :

Les teneurs en chlorophylle ont été moyennement élevées pour les lignées v1, v2, v4 et v11 avec des moyennes de 42,6 spade ; 42,7 ; 48,76 et 43,46 spade, elles sont riches en chlorophylle par rapport à les autres variétés, par contre les lignées v5, v19 et v24 montrent des valeurs sont faibles a des moyennes de 11,56 ; 22 ,86 et 17,3 spade respectivement.

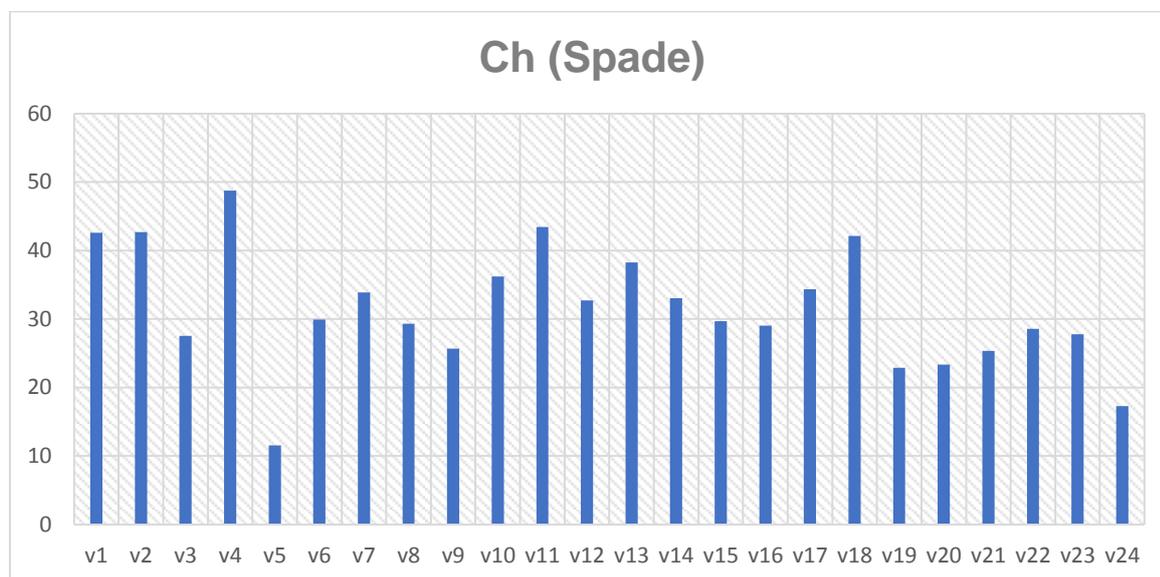


Figure 10 : Teneur en chlorophylle en fonction des lignées.

c) Température foliaire :

Les lignées v1, v4 et v14 représentent la température foliaire la plus élevée avec un maximum chez v1 avec 24,33 °C tandis que la température foliaire la plus faible a été obtenue pour les lignées v3 (20,3 °C) et v24 avec 19,7 °C.

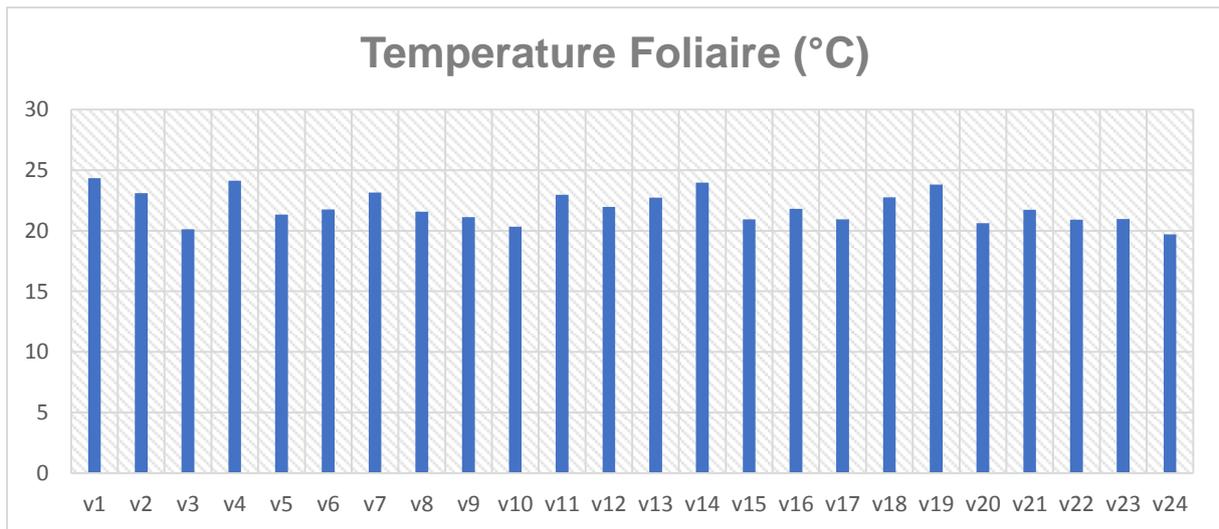


Figure 11 : Température foliaire en fonction des lignées.

d) *Conductance stomatique :*

On constate que la conductance stomatique est plus élevée chez les variétés v8 et v12 avec 5,03 et 4,67 (mol. m²/s) et par contre elle est faible chez les variétés v7, v16 et v20 avec 1,91 ; 1,73 et 1,35(mol. m²/s).

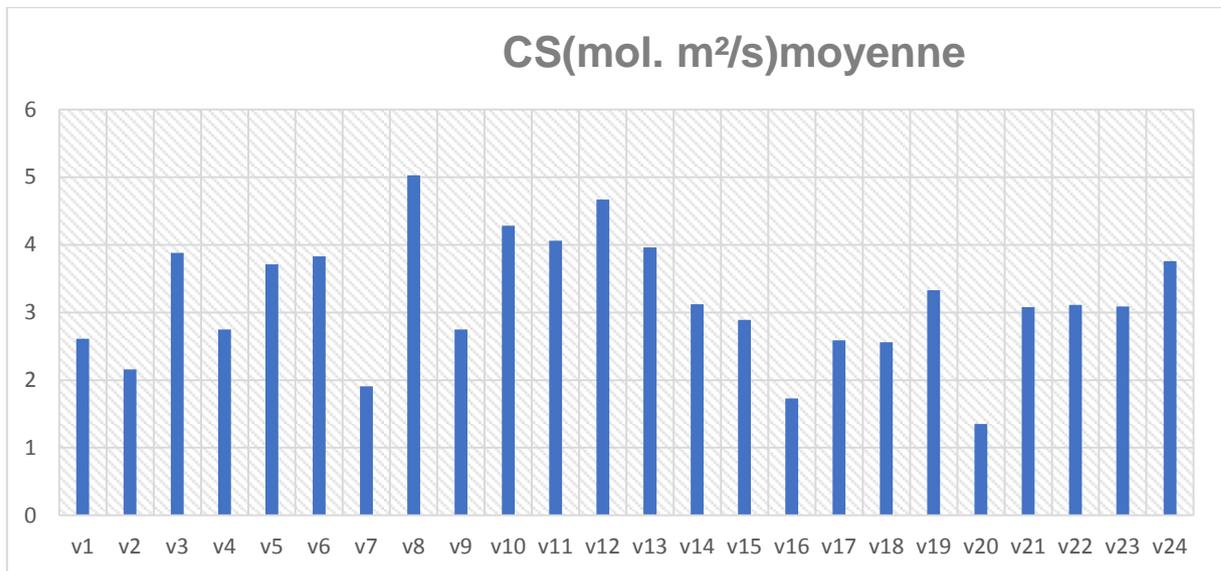


Figure 12 : Conductance stomatique en fonction des lignées.

2. *Paramètres agronomiques :*

a) *Nombre de plantes par m² :*

Le nombre de plantes au m² est moyennement élevé pour les lignées v1, v13, v17, v20 et v21 avec des moyennes de 21 plantes par contre les lignées v6 et v14 sont les plus faibles avec 14 plantes au m².

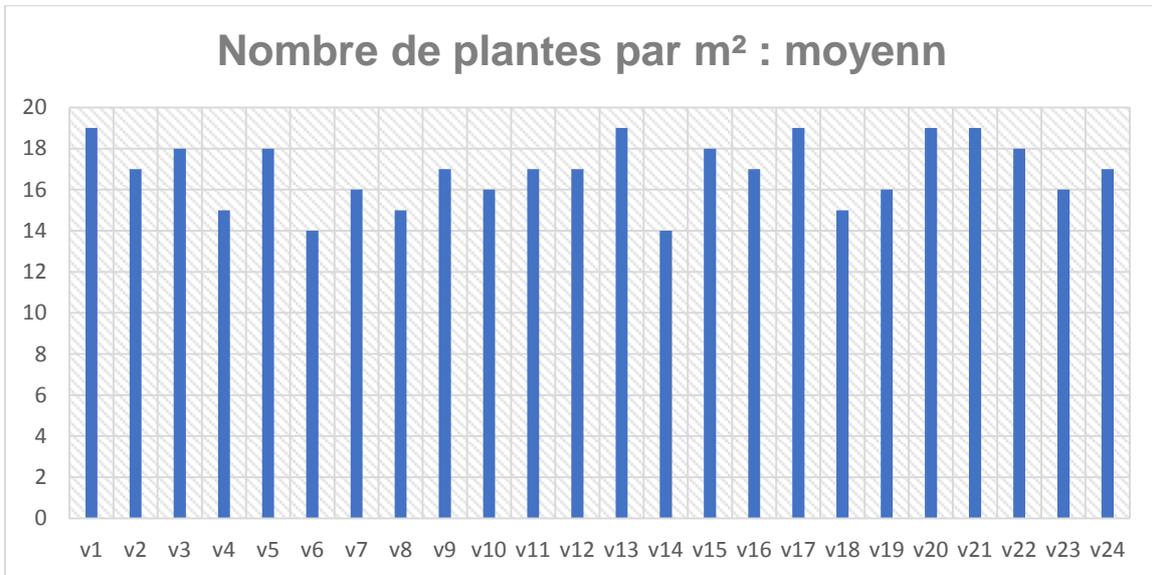


Figure 13 : Nombre de plante au m2 en fonction des lignées.

b) Nombre d'épis par plante :

Les plantes des lignées v1, v15 et v20 représentent le nombre d'épis le plus élevé avec 23 ; 23 ; 24 et les lignées v8, v16, v18 sont un petit peu baissé a moyennes de 17 épis de chaque plante dans ces lignées.

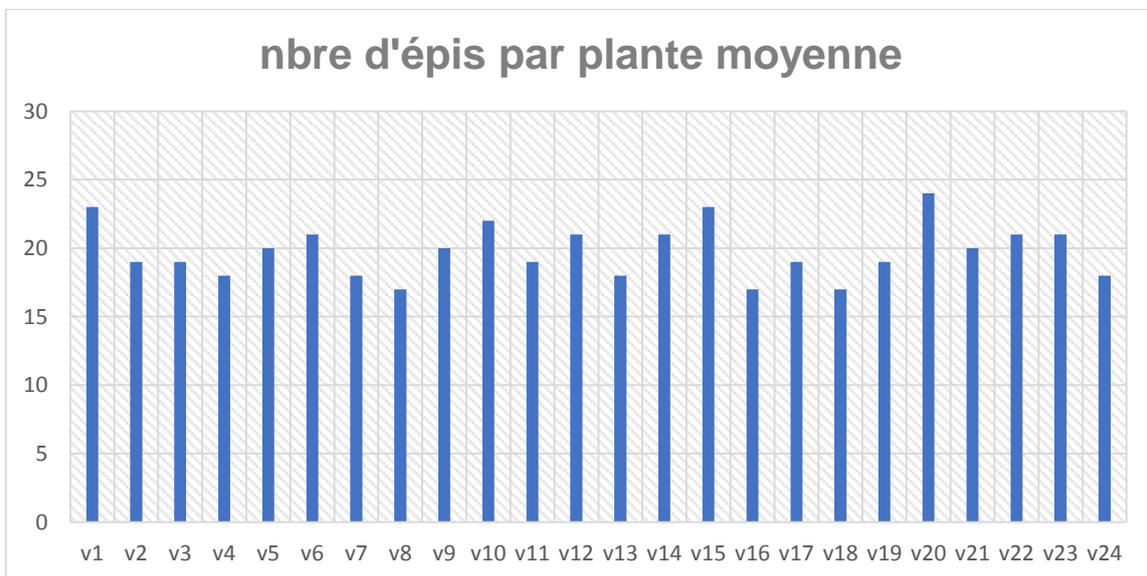


Figure 14 : Nombre d'épis par plante en fonction des lignées.

c) *Nombre de grains par épi :*

La valeur moyenne atteinte par l'ensemble des lignées est de 42,63 grains/épi, elle représente une très bonne fertilité avec une valeur maximale de 48 grains/épi en moyenne donnée par la lignée v2 et une valeur minimale de 39 grains/épi en moyenne pour la lignée v21 qui représente aussi une bonne fertilité. On peut en déduire que dans l'ensemble, les lignées étudiées présentent des données intéressantes en ce qui concerne le nombre de grains par épi (NG/E).

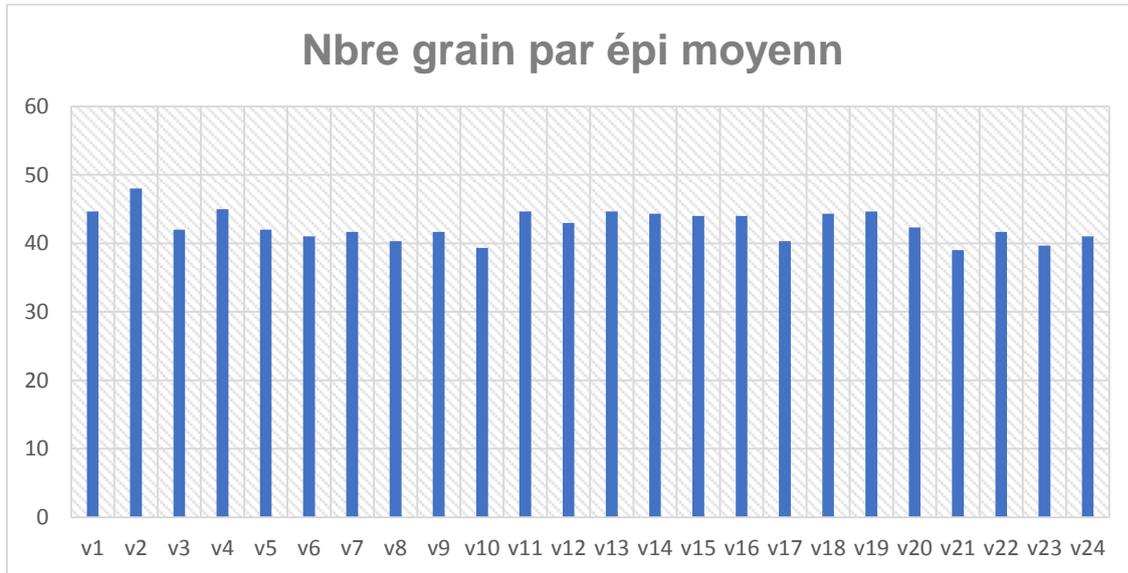


Figure 15 : Nombre de grains par épi en fonction des lignées.

d) *Poids de mille grains :*

Le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après la floraison combinée aux températures élevées entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage, ce qui se traduit par l'échaudage des grains (**Zouaoui, 1993 et Chaker, 2003**).

La valeur maximale atteinte est de 55g représentée par v4, par ailleurs, les moyennes 54g et 52g est représentée par les lignées v18 et v20. La valeur moyenne la plus faible était de 36g enregistré par la lignée v22.

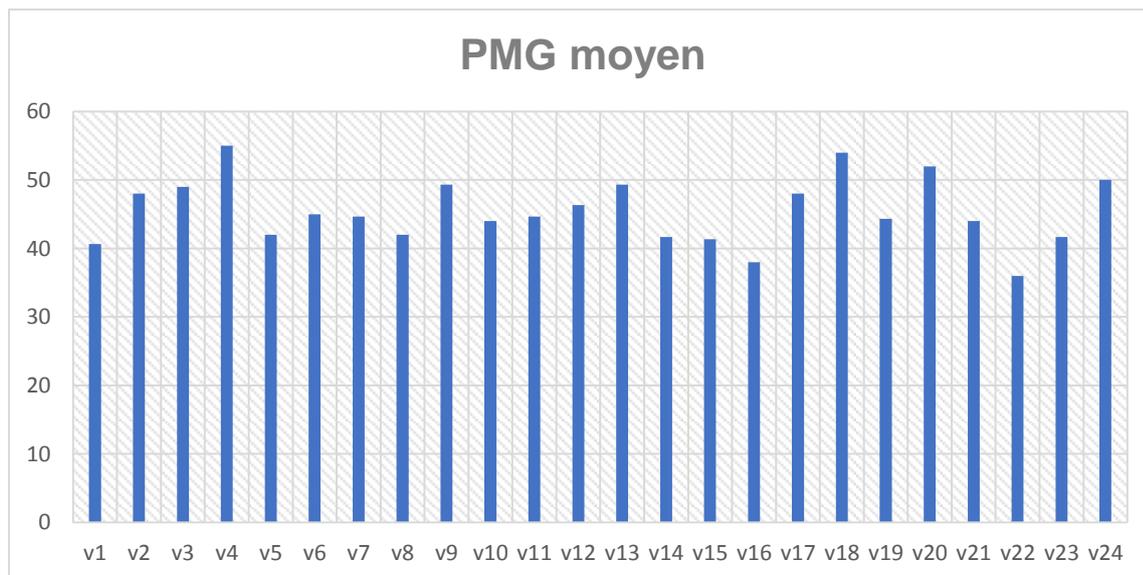


Figure 16 : Variance du poids de mille grains en fonction des lignées.

II. Matrice de corrélation :

La matrice révèle des corrélations positives et négatives pour plusieurs paramètres étudiés. La température foliaire est corrélée positivement avec le nombre de grain par épi et la teneur en chlorophylle avec un coefficient de corrélation 0,669 ; 0,188 ; 0,599 respectivement, et absence de corrélation avec le poids de mille grains.

La teneur en chlorophylle est corrélée positivement avec le nombre de grain par épi et le poids de mille grains avec un coefficient de corrélation 0,505 et 0,260 respectivement, et négativement avec la conductance stomatique avec un coefficient de corrélation -0,103.

Le nombre de grain par épi est corrélé positivement avec le poids de mille grains avec un coefficient de corrélation 0,180 et négativement avec la conductance stomatique avec un coefficient de corrélation -0,285.

Le poids de mille grains est corrélé négativement avec la conductance stomatique avec un coefficient de corrélation -0,114.

- **Tableau 3 :** Variance du coefficient de corrélation en fonction des paramètres agro-physiologique.

Corrélations					
	T. Foliaire (°C)	CS (mol. m ² /s)	Ch (Spade)	Nbr grain par épi	PMG
T. Foliaire (°C)	1	,188	.599**	.669**	,034
CS (mol. m ² /s)	,188	1	-,103	-,285	-,114
Ch (Spade)	.599**	-,103	1	.505*	,260
Nbr grain par épi	.669**	-,285	.505*	1	,180
PMG	,034	-,114	,260	,180	1
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					

- **LE PROGRES GENETIQUE (PG) :**

Il est calculé comme suit :

$$PG = \frac{VL - VMT}{VMT} \times 100$$

VL : Valeur de la lignée

VMT : Valeur moyenne des témoins

1. Paramètres agronomiques :

a) *Nombre de plantes par m² :*

Tableau 4 : Progrès génétique de nombre de plantes par m²

Nbr de plante					
Lignée	Temoin(FAR)	RESULTATS (%)	Lignée	Temoin(OUM)	RESULTATS (%)
L1	19	16	19	17	11,76
L2	17	16	17	17	0
L3	18	16	18	17	5,88
L4	15	16	15	17	-11,76
L5	18	16	18	17	5,88
L6	14	16	14	17	-17,64
L7	16	16	16	17	-5,88
L8	15	16	15	17	-11,76
L9	17	16	17	17	0
L10	16	16	16	17	-5,88
L11	17	16	17	17	0
L12	17	16	17	17	0
L13	19	16	19	17	11,76
L14	14	16	14	17	-17,64
L15	18	16	18	17	5,88
L16	17	16	17	17	0
L17	19	16	19	17	11,76
L18	15	16	15	17	-11,76
L19	16	16	16	17	-5,88
L20	19	16	19	17	11,76
L21	19	16	19	17	11,76
L22	18	16	18	17	5,88

- Témoin FAR :

La valeur maximale de progrès génétique atteinte est de 18,75% représentée par les lignées 1, 13, 17, 20 et 21%. Par ailleurs, la valeur 12,5 est représentée par les lignées 3, 5, 15 et 22. L'absence du progrès génétique chez les lignées 7, 10 et 19. la valeur de progrès génétique la plus faible présentent chez les lignées 6 et 14 avec -12,5%.

- Témoin OUM :

La valeur maximale de progrès génétique atteinte est de 11,76% représentée par les lignées 1, 13, 17, 20 et 21%. Par ailleurs, la valeur 5,88% est représentée par les lignées 3, 5, 15 et 22

L'absence du progrès génétique chez les lignées 2, 9, 11, 12 et 16. la valeur de progrès génétique la plus faible présentent chez les lignées 6 et 14 avec -17,64%.

b) *Nombre d'épis par plante :*

Tableau 5 : Progrès génétique de nombre d'épis par plante

Nbr d'épis par plante					
Lignée	Temoin(FAR)	RESULTATS	Lignée	Temoin(OUM)	RESULTATS
L1	23	21	23	18	27,77
L2	19	21	19	18	5,55
L3	19	21	19	18	5,55
L4	17	21	17	18	-5,55
L5	20	21	20	18	11,11
L6	21	21	21	18	16,66
L7	18	21	18	18	0
L8	16	21	16	18	-11,11
L9	20	21	20	18	11,11
L10	22	21	22	18	22,22
L11	19	21	19	18	5,55
L12	21	21	21	18	16,66
L13	18	21	18	18	0
L14	21	21	21	18	16,66
L15	23	21	23	18	27,77
L16	17	21	17	18	-5,55
L17	19	21	19	18	5,55
L18	17	21	17	18	-5,55
L19	19	21	19	18	5,55
L20	24	21	24	18	33,33
L21	20	21	20	18	11,11
L22	21	21	21	18	16,66

- Témoin FAR :

La valeur maximale de progrès génétique de 14,28% donnée par lignée 20, et une valeur minimale de -23,8% pour lignée 8, et on constate une absence de progrès génétique chez les lignées 6, 12, 14 et 22.

- Témoin OUM :

La valeur maximale de progrès génétique de 33,33% donnée par lignée 20, et une valeur minimale de -11,11% pour lignée 8, et on constate une absence de progrès génétique chez les lignées 7 et 13.

c) Nombre de grains par épi :

Tableau 6 : Progrès génétique de nombre de grains par épi

Nbr grain par épi					
Lignée	Temoin(FAR)	RESULTATS	Lignée	Temoin(OUM)	RESULTATS
L1	44,66	39,66	44,66	41	8,92
L2	48	39,66	48	41	17,07
L3	42	39,66	42	41	2,43
L4	45	39,66	45	41	9,75
L5	42	39,66	42	41	2,43
L6	41	39,66	41	41	0
L7	41,66	39,66	41,66	41	1,6
L8	40,33	39,66	40,33	41	-1,63
L9	41,66	39,66	41,66	41	1,6
L10	39,33	39,66	39,33	41	-4,07
L11	44,66	39,66	44,66	41	8,92
L12	43	39,66	43	41	4,87
L13	44,66	39,66	44,66	41	8,92
L14	44,33	39,66	44,33	41	8,12
L15	44	39,66	44	41	7,31
L16	44	39,66	44	41	7,31
L17	40,33	39,66	40,33	41	-1,63
L18	44,33	39,66	44,33	41	8,12
L19	44,66	39,66	44,66	41	8,92
L20	42,33	39,66	42,33	41	3,24
L21	39	39,66	39	41	-4,87
L22	41,66	39,66	41,66	41	1,6

- Témoïn FAR :

La lignée 2 représente la valeur de progrès génétique la plus élevée avec 21,02%, tandis que la valeur de progrès génétique la plus faible a été obtenue pour la lignée 21 avec -1,66%.

- Témoïn OUM :

La lignée 2 représente la valeur de progrès génétique la plus élevée avec 17,07%, tandis que la valeur de progrès génétique la plus faible a été obtenue pour la lignée 21 avec -4,87%.

d) Poids de mille grains :

Tableau 7 : Progrès génétique de poids de mille grains.

PMG						
	Lignée	Temoin(FAR)	RESULTATS	Lignée	Temoin(OUM)	RESULTATS
L1	40,66	41,66	-2,4	40,66	50	-18,68
L2	48	41,66	15,21	48	50	-4
L3	49	41,66	17,61	49	50	-2
L4	55	41,66	32,02	55	50	10
L5	42	41,66	0,81	42	50	-16
L6	45	41,66	8,01	45	50	-10
L7	44,66	41,66	7,2	44,66	50	-10,68
L8	42	41,66	0,81	42	50	-16
L9	49,33	41,66	18,41	49,33	50	-1,34
L10	44	41,66	5,61	44	50	-12
L11	44,66	41,66	7,2	44,66	50	-10,68
L12	46,33	41,66	11,2	46,33	50	-7,34
L13	49,33	41,66	18,41	49,33	50	-1,34
L14	41,66	41,66	0	41,66	50	-16,68
L15	41,33	41,66	-0,79	41,33	50	-17,34
L16	38	41,66	-8,78	38	50	-24
L17	48	41,66	15,21	48	50	-4
L18	54	41,66	29,62	54	50	8
L19	44,33	41,66	6,4	44,33	50	-11,34
L20	52	41,66	24,81	52	50	4
L21	44	41,66	5,61	44	50	-12
L22	36	41,66	-13,58	36	50	-28

- Témoin FAR :

La valeur maximale de progrès génétique de 32,02% donnée par lignée 4, et une valeur minimale de -13,58% pour lignée 22, et on constate une absence de progrès génétique chez la lignée 14.

- Témoin OUM :

La valeur maximale de progrès génétique de 10% donnée par lignée 4, et une valeur minimale de -28% pour lignée 22.

2. Paramètres physiologiques :

a) Teneur en chlorophylle :

Tableau 8 : Progrès génétique de la teneur en chlorophylle

Ch (Spade)						
Lignée	Témoin(FAR)	RESULTATS	Lignée	Témoin(OUM)	RESULTATS	
L1	42,6	27,8	53,23	42,6	17,3	100
L2	42,7	27,8	53,59	42,7	17,3	100
L3	27,56	27,8	-0,86	27,56	17,3	59,3
L4	48,76	27,8	75,39	48,76	17,3	100
L5	11,56	27,8	-58,41	11,56	17,3	-33,17
L6	29,93	27,8	7,66	29,93	17,3	73
L7	33,9	27,8	21,94	33,9	17,3	95,95
L8	29,3	27,8	5,39	29,3	17,3	69,36
L9	25,67	27,8	-7,66	25,67	17,3	48,38
L10	36,2	27,8	30,21	36,2	17,3	100
L11	43,46	27,8	56,33	43,46	17,3	100
L12	32,7	27,8	17,62	32,7	17,3	89,01
L13	38,26	27,8	37,62	38,26	17,3	100
L14	33,06	27,8	18,92	33,06	17,3	91,09
L15	29,67	27,8	6,72	29,67	17,3	71,5
L16	29,03	27,8	4,42	29,03	17,3	67,8
L17	34,33	27,8	23,48	34,33	17,3	98,43
L18	42,13	27,8	51,54	42,13	17,3	100
L19	22,86	27,8	-17,76	22,86	17,3	32,13
L20	23,36	27,8	-15,97	23,36	17,3	35,02
L21	25,33	27,8	-8,88	25,33	17,3	46,41
L22	28,56	27,8	2,73	28,56	17,3	65,08

- Témoin FAR :

La valeur maximale de progrès génétique de lignée 4 représente la valeur le plus élevé avec 75,39% et la lignée 5 est la plus faible avec -58,41%.

- Témoin OUM :

La valeur maximale de progrès génétique des lignées 1, 2, 4, 10, 11, 13 et 18 représente la valeur le plus élevé avec 100% et la lignée 5 est la plus faible avec -33,17%.

b) *Température foliaire :*

Tableau 9 : Progrès génétique de la température foliaire

T. Foliaire (°C)						
Lignée	Témoin(FAR)	RESULTATS	Lignée	Témoin(OUM)	RESULTATS	
L1	24,33	20,96	16,07	24,33	19,7	23,5
L2	23,1	20,96	10,2	23,1	19,7	17,25
L3	20,13	20,96	-3,95	20,13	19,7	2,18
L4	24,13	20,96	15,12	24,13	19,7	22,48
L5	21,33	20,96	1,76	21,33	19,7	8,27
L6	21,76	20,96	3,81	21,76	19,7	10,45
L7	23,16	20,96	10,49	23,16	19,7	17,56
L8	21,56	20,96	2,86	21,56	19,7	9,44
L9	21,13	20,96	0,81	21,13	19,7	7,25
L10	20,33	20,96	-3	20,33	19,7	3,19
L11	22,96	20,96	9,64	22,96	19,7	16,54
L12	21,96	20,96	4,77	21,96	19,7	11,47
L13	22,73	20,96	8,44	22,73	19,7	15,38
L14	23,96	20,96	14,31	23,96	19,7	21,62
L15	20,93	20,96	-0,14	20,93	19,7	6,24
L16	21,8	20,96	4	21,8	19,7	10,65
L17	20,93	20,96	-0,14	20,93	19,7	6,24
L18	22,76	20,96	8,58	22,76	19,7	15,53
L19	23,8	20,96	13,54	23,8	19,7	20,81
L20	20,63	20,96	-1,57	20,63	19,7	4,72
L21	21,73	20,96	3,67	21,73	19,7	10,3
L22	20,9	20,96	-0,28	20,9	19,7	6,09

- Témoin FAR :

La lignée 1 représente le progrès génétique de la température foliaire le plus élevée avec 16,07%, tandis que la valeur du progrès génétique de la température foliaire la plus faible a été obtenue pour la lignée 3 avec -3,95%.

- Témoin OUM :

La lignée 1 représente le progrès génétique de la température foliaire le plus élevée avec 23,5%, tandis que la valeur du progrès génétique de la température foliaire la plus faible a été obtenue pour la lignée 3 avec 2,18%.

c) *Conductance stomatique* :

Tableau 10 : Progrès génétique de la conductance stomatique

Conductance stomatique						
Lignée	Temoin(FAR)	RESULTATS	Lignée	Temoin(OUM)	RESULTATS	
L1	2,61	3,09	-15,53	2,61	3,76	-30,58
L2	2,16	3,09	-30,09	2,16	3,76	-42,55
L3	3,88	3,09	25,56	3,88	3,76	3,19
L4	2,75	3,09	-11	2,75	3,76	-26,86
L5	3,71	3,09	20,06	3,71	3,76	-1,32
L6	3,83	3,09	23,94	3,83	3,76	1,86
L7	1,91	3,09	-38,18	1,91	3,76	-49,2
L8	5,03	3,09	62,78	5,03	3,76	33,77
L9	2,75	3,09	-11	2,75	3,76	-26,86
L10	4,28	3,09	38,51	4,28	3,76	13,82
L11	4,06	3,09	31,39	4,06	3,76	7,97
L12	4,67	3,09	51,13	4,67	3,76	24,2
L13	3,96	3,09	29,12	3,96	3,76	5,31
L14	3,12	3,09	0,97	3,12	3,76	-17,02
L15	2,89	3,09	-6,47	2,89	3,76	-23,13
L16	1,73	3,09	-44,01	1,73	3,76	-53,98
L17	2,59	3,09	-16,18	2,59	3,76	-31,11
L18	2,56	3,09	-17,15	2,56	3,76	-31,91
L19	3,33	3,09	7,76	3,33	3,76	-11,43
L20	1,35	3,09	-56,31	1,35	3,76	-64,06
L21	3,08	3,09	-0,32	3,08	3,76	-18,08
L22	3,11	3,09	0,64	3,11	3,76	-17,28

- Témoin FAR :

On constate que le progrès génétique de la conductance stomatique est plus élevé chez les lignées 8 et 12 avec 62,78% et 51,13% et par contre elle est faible chez les lignées 16 et 20 avec -44,01% et -56,31%.

- Témoin OUM :

On constate que le progrès génétique de la conductance stomatique est plus élevé chez les lignées 8 et 12 avec 33,77% et 24,2% et par contre elle est faible chez les lignées 16 et 20 avec -53,98% et -64,06%.

Conclusion

Le travail a porté sur l'étude de 24 lignées dans le Domaine Expérimental de Douyet, qui relève de « INRA » ou l'Institut National de la Recherche Agronomique, Le but était d'estimer le progrès génétique des lignées avancées de blé dur, pour sélectionner les lignées les plus hautes du rendement

L'analyse de la variance étudiée pour les paramètres physiologique montre que tous les paramètres ont un effet non significatif.

Les résultats obtenus au niveau de l'estimation du progrès génétique de trois répétitions montrent que ces lignées 1 et 17 ont un progrès génétique intéressant sur tous les paramètres agro-physiologique étudiés. Par contre, les lignées 7, 10 et 19 presque égale à celui des témoins, donc il y a une absence du progrès génétique, pour les paramètres agronomiques et les lignées 3 et 22 pour les paramètres physiologiques. Le progrès génétique de nombre de grain par épi est supérieur chez presque toutes les lignées par rapport au témoin 39,66 et 41 ; sauf chez les lignées 6 et 10 qui ont une valeur à peu près égale aux témoins et inférieur aux témoins pour les lignées 21 et 10. Le nombre d'épis par plante chez les lignées 1, 10, 15 et 21 a une valeur supérieure au témoin 20, alors que toutes les lignées ont un nombre presque égal ou inférieur aux témoins.

On constate donc que les lignées 1 et 17 restent les plus importantes par rapport aux autres lignées. Elles présentent aussi un grand développement au niveau de la teneur en chlorophylle. On a quelques lignées intéressantes à sélectionner comme lignée destinée à la production et même comme parents pour les caractères qui intéresseraient le sélectionneur. La caractérisation des différentes lignées étudiées, permet au sélectionneur de trouver un point de départ pour la sélection de lignées de blé dur désirées en fonction des critères visés.

L'analyse des corrélations partielles a montré que presque tous les caractères étudiés sont corrélés positivement deux à deux et a permis de déceler les corrélations existantes entre quelques paramètres agro-physiologique.

Références bibliographiques

1. **Aboudaou, M. (2011)**. Essai d'incorporation du germe du blé tendre dans une farine à tendance biscuitière. École nationale supérieures agronomiques. El Harrach, Alger, Thèse magister
2. **Aït El Mekki A. (2006)**. Les politiques céréalières au Maroc. Les notes d'analyse du CIHEAM. N°. 7, Mars 2006.
3. **Anonyme, (2002)**. Conseil international des céréales. International Grains Council. World Grains Statistics: 13-17 p Anonyme a. 2006. Re : Avant 1830 l'algerie exportait son blé au monde entier mais 132 ans de colonialisme et apres l'algerie importe du blé, á qui la faute ? C'est clair.
<http://newsgroups.derkeiler.com/pdf/Archive/Soc/soc.culture.algeria/2006-02/msg00013.pdf>. (31/05/2008/14:00).
4. **Anonyme, (2006)**. Les marchés mondiaux du blé.
USDA.http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux_2006.pdf.
2(25.05.2008/11:37).
5. **Boujnah M.**, Abecassis J., Bakhella M., Amri A., Ouassou A., Nachit M., Chaurand M., et Jaouhari A. (2004). Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. AL AWAMIA 111. Vol. 1 N. 3. Été 2004.
6. **Boujnah, M.**, Abecassis, J., Bakhella, M., Amri, A., Ouassou, A., Nachit M., Chaurand, M., et Jaouhari, A. (2004). Mise au point de tests directs de laboratoire pour l'évaluation de la valeur boulangère des farines de blé dur. AL AWAMIA 111. Vol. 1 N. 3. Été 2004.
7. **Bozzini, A. (1988)**. Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. & Lintas C. (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16 p.
8. **Chaker, A. (2003)**. Etude de l'effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire. Magistère. Univ. Annaba.
9. **Cheftel, J.C. et Cheftel, H. (1992)**. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. V1. Tec & Doc. Paris .Lavoisier : 381 p.
10. **el harch 2017** : Evolution des ressources génétique de blé dur dans le domaine expérimental de Douyet.
11. **FAO. (2007)**. Perspectives alimentaires. Analyse des marches mondiales. « En ligne » : <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. Date de consultation : 03/01/2013.
12. **Feddaoui , Bouchelaghem 2018** : Enquête épidémiologique des principaux pathogènes prévalent sur certaines céréales depuis 2009.
13. **Feillet, P. (2000)**. Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris. Feldman , P.D. (1976). Nitric Oxide gamma band emission in an aurora. Geophysical Research Letters 3: doi: 10.1029/GL003i001P00009. Issan:0094_8276. Flozwes T.J, (2004). Improving crop salt tolerance. J. Exp. Bot., 55, 307-19
14. **FREDOT, E. (2005)**. « Connaissance des aliments ».
15. **Hamel 2010** : Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques.
16. **Haut-Commissariat au Plan**. Rapport de Synthèse. Enquête Nationale de la consommation et des dépenses des ménages 2000/2001. Direction de la Statistique. <http://www.hcp.ma/pubData/ConsommationDepensesMenages/rapportsSynthese/2000-2001.pdf>
17. **Jeantet, R.**, Croguennec, T., Schuck, P. & Brulé, G. (2006). Science des aliments : BiochimieMicrobiologie- Procédés- Produits. V2. Technologie des produits alimentaires. (éd).TEC & DOC. Paris.

18. **Moreau JM**, Lutte contre les maladies. Livre Blanc « Céréales » ULGGembloux AgroBio Tech et CRA-W, **2011**,10p.
19. **Moulle, C. (1971)**. Les céréales Tome 2. La maison rustique, paris :1-12-13-14-15-16-17- 18-21-22-23-45-46-47 p.
20. **Sanah M**, Inventaire des maladies fongiques sur les céréales dans la région de Constantine, Mémoire de mastère en biologie. Biotechnologie des Mycètes : Fermentation et Production de Substances Fongiques, Département Microbiologie, Université des Frères Mentouri Constantine Algérie, **2015**,04 p.
21. **Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid ED. (2005)**. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62.
22. **Sourour, lafala 2016** : Etude comparative de l'effet du stress hydrique sur le Comportement de quatre génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.).
23. **Zouaoui, G. (1993)**. Etude en F1 et F2 des hybrides issus du croisement de 05 variétés de blé dur : détermination génétique des principaux caractères a intérêt agronomique. Mem. Ing. D'Etat. I.N.R.A El Harrach. Alger. 7p.