

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers

Département: Écologie et Génie de l'Environnement (EGE)



# Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité/Option: Phytopharmacie et protection des végétaux

---

## Thème :

Effet des altérations de la semence sur le développement de la  
culture et la qualité du rendement chez le blé

---

Présenté par : Mme KALARASSE Assia

Devant la commission composé de :

Président : Mme OUCHTATI N	M.C.B	Université de Guelma
Examinatrice : Mme CHAHAT N	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur : Mme ALLIOUI N	M.C.B	Université de Guelma

**Juin 2018**

Mes remerciement vont à :

- Mme ALLIOUI Nora, Maitre de conférences au département d'Ecologie et génie de l'environnement à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'univers pour le temps et l'effort consacré pour superviser ce travail.
- Mme OUCHTATI Nadia, Maitre de conférences au département d'Ecologie et génie de l'environnement à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'univers, pour avoir accepté de présider ce jury.
- Mme CHAHAT Nora, Maitre de conférences au département d'Ecologie et génie de l'environnement à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'univers pour bien vouloir faire part du jury et examiner ce modeste travail.
- Mr BenBelkacm Abdelkader pour son aide précieuse pour la fourniture des échantillons qui ont fait l'objet de cette étude.
- Mr Zitouni Ali et Mr Khaladi Omar pour leur aide pour les traitements statistiques.
- La direction du groupe Benamor, qui m'a donné cette occasion pour poursuivre mes études.
- Toute l'équipe de Laboratoire MAB.
- Ghazlene et toute l'équipe de la pépinière Expérimentale CAB Benamor.
- Tous mes enseignants du parcours de Master. Et tous mes collègues de la promotion de Master PPV 2018,

<b>Sommaire</b>	
Titre	Page
Remerciements.	
Liste des abréviations	
Liste de figures.	
Liste des tableaux.	
Introduction.....	1
<b>CHAPITRE 01: Revue bibliographique sur le blé</b>	
<b>1.1 . Importance nutritionnelle et économique du blé .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 . Classification et caractéristiques botaniques du blé .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1. Classification botanique.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2. description de la plante .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Biologie du blé</b>	
<b>1.3.1 Cycle de développement du blé.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2. Exigences du blé.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. Etat de la production du blé dans le monde.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5. Etat de la culture du blé en Algérie.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.1. Production des céréales en Algérie.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5.2. Importation de l'Algérie en Céréales.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6. Contraintes de la production du blé.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.1. Contraintes pédoclimatiques.....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.2. Contraintes techniques .....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.3. Contraintes liées aux politiques agricoles.....</b>	<b>13</b>
<b>1.6.4. Les accidents physiologiques .....</b>	<b>14</b>
<b>1.7. Critères d'appréciation de la qualité de la semence de blé .....</b>	<b>15</b>
<b>1.7.1. Notion de valeur semoulière.....</b>	<b>16</b>
<b>1.7.2. Notion de qualité pastière.....</b>	<b>16</b>
<b>1.7.3. Paramètres d'appréciation de la qualité.....</b>	<b>16</b>
<b>1.7.3.1. Taux de protéines.....</b>	<b>16</b>
<b>1.7.3.2. Masse de Milles grains.....</b>	<b>17</b>
<b>1.7.3.3. Teneur en eau.....</b>	<b>17</b>
<b>1.7.3.4. Poids Spécifique.....</b>	<b>17</b>
<b>1.7.3.5. Moucheture.....</b>	<b>18</b>
<b>1.7.3.6. Mitadinage/vitrosité.....</b>	<b>18</b>

1.8. Facteurs d'altération des semences stockées.....	20
1.8.1. Durée de stockage.....	20
1.8.2. Conditions de stockage.....	20
<b>CHAPITRE 02: Matériels et méthodes</b>	
2.1. Objectif de l'étude.....	22
2.2. Matériel Végétal utilisé.....	22
2.3. Présentation du site des expérimentations.....	24
2.4. Tests réalisés.....	27
2.4.1. Tests réalisés au laboratoire.....	24
2.4.1.1. Tests physicochimiques.....	24
2.4.1.2. Test de germination.....	26
2.4.2. Test de la croissance des plantules.....	28
2.5. Analyses statistiques des résultats.....	28
<b>CHAPITRE 03: Résultats et discussion</b>	
3.1. Les analyses physicochimiques du blé.....	31
3.1.1. Le taux des protéines.....	31
3.1.2. Teneur en Humidité.....	34
3.1.3. Poids de 1000 grains (PMG).....	36
3.1.4. Le poids spécifique (PS).....	39
3.2. Résultats du test de germination.....	41
3.2.1. Taux de germination.....	41
3.2.2. Longueur de la racicule.....	44
3.2.3. Longueur de plantule.....	48
Conclusion.....	51
Références bibliographiques.....	

**Liste des abréviations :**

**AACC:** American association of cereal Chemists.

**CA:** Codex Alimentarius.

**CAB :** Conserverie Amor Benamor.

**CEE :** Communauté économique européenne.

**CIC :** Conseil international des céréales.

**C.R.E.A.B. MIDI-PYRENEES :** Centre Regional De Recherche Et D' experimentation En Agriculture biologique MIDI-PYRENEES

**FAO :** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**GTA :** grain Trade Australien.

**INRA :** Institut national de la recherche Agronomique

**ITCF :** Institut technique des céréales et des fourrages

**ITGC :** Institut Techniques des grandes cultures.

**ONFAA :** Observatoire nationale des Filières Agricole et Agroalimentaires.

**Qx/ha :** Quintaux par hectare.

**PS :** Poids spécifique.

**PMG :** Poids de Milles grains.

**OAIC :** Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.

**TM :** Tonne Métrique :

**USDA :** United States Departement of Agriculture / ministère de l'agriculture aux Etats Unis

**USD:** United States Dollar.

**Liste des figures**

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Production du blé dans le monde en 2017/2018 (en Mt).	<b>10</b>
<b>02</b>	Exportations et importations du blé dans le monde en 2017/2018	<b>11</b>
<b>03</b>	Grain vitreux (à gauche) et grain mitadiné (à droite) observés au microscope optique.	<b>18</b>
<b>04</b>	Relation entre le taux de mitadinage et la teneur en protéines du grain	<b>19</b>
<b>05</b>	Morphologie de grains de blé dur vitreux	<b>22</b>
<b>06</b>	Morphologie de grains de blé dur mitadinés	<b>22</b>
<b>07</b>	Localisation géographique de la zone des expérimentations	<b>24</b>
<b>08</b>	Analyseur de grains INFRATEC 1241	<b>25</b>
<b>09</b>	Dispositif expérimental adopté pour test de germination	<b>27</b>
<b>10</b>	Dispositif expérimental adopté pour le test de croissance des plantules	<b>29</b>
<b>11</b>	Photographie du dispositif du test de la croissance des plantules, réalisé dans des alvéoles	<b>30</b>
<b>12</b>	Teneur en protéines des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>31</b>
<b>13</b>	Teneur en humidité entre les grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>34</b>
<b>14</b>	Poids de 1000 des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>37</b>
<b>15</b>	Poids spécifique des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>39</b>
<b>16</b>	Pourcentage de germination des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>42</b>
<b>17</b>	La longueur des radicules issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>45</b>
<b>18</b>	La longueur de la plantule issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>48</b>

**Liste des tableaux :**

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Classification botanique du blé dur	<b>3</b>
<b>02</b>	Répartition des constituants dans les différentes parties d'un grain de blé	<b>5</b>
<b>03</b>	Stades de développement des céréales	<b>8</b>
<b>04</b>	Importations des céréales en Algérie, en quantité (tonnes) et en valeur (millions USD) de l'année 2015 et 2016	<b>12</b>
<b>05</b>	Caractéristiques des génotypes de blé dur faisant l'objet de l'étude.	<b>23</b>
<b>06</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en protéines des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>33</b>
<b>07</b>	Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le taux des protéines dans les grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>33</b>
<b>08</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en humidité des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>35</b>
<b>09</b>	Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans la teneur en humidité des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>36</b>
<b>10</b>	Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le poids de 1000 grains des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>38</b>
<b>11</b>	Résultats de l'analyse de la variance du poids de milles grains des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>38</b>
<b>12</b>	Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le poids spécifique des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.	<b>40</b>
<b>13</b>	Résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>41</b>
<b>14</b>	Résultats de l'analyse de la variance taux de germination des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>43</b>

<b>15</b>	Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le taux de germination des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>44</b>
<b>16</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la longueur de la racicules issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>46</b>
<b>17</b>	Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans la longueur de la racicule des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>47</b>
<b>18</b>	Résultats de l'analyse de la variance de longueur des plantules issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>49</b>
<b>19</b>	Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans des plantules des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes	<b>50</b>
<b>20</b>	Tableau récapitulatif des résultats	<b>52</b>

# *Introduction*

## **Introduction**

Les céréales occupent, à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche agricole (Slama *et al.*, 2005), et constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins.

En Algérie, la filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole (Djermoun , 2009). Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (Djermoun, 2009). La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 204 à 224 kg /hab/an (Ait-Abdallah-Djennadi *et al.*, 2014). Essentiellement destiné à l'alimentation humaine, le blé dur a pour principaux utilisations : frik, la semoule, les pâtes alimentaires et Couscous.

Selon les statistiques de MADR, La production de blé dur en Algérie en 2013 était 23 323 694 qx sur une superficie 1180 332 ha avec un rendement de 19,8 qx/ha, qui reste loin de subvenir aux besoins de la population. A cet égard, l'Algérie a importé 1 795 596 Tonnes de blé dur en 2016 avec une facture de 549,2 Millions de dollars (ONFAA, 2016).

Cette baisse de rendement et de la production de blé, peut être attribuée à différents facteurs : les contraintes techniques, les maladies (la rouille, fusariose, septoriose et autres), les facteurs pédoclimatiques (stress hydrique, thermique, gel printanières...ect), les ravageurs (insectes, nématodes..) et aux accidents physiologiques (échaudage, moucheture, verse et mitadinage).

Le mitadinage est l'un des accidents physiologiques répandus en Algérie, et qui peut atteindre un taux de 90% (Belaid, 2015). Il a été déclaré comme étant l'un des facteurs majeurs de la dépréciation de la qualité de la récolte du blé ; il se manifeste par un défaut de la teneur en protéines du grain chez le blé dur, et indique le pourcentage des grains non entièrement vitreux et présentant la moindre trace d'amande farineuse (Benbelkacem *et al.*, 1995 ; Hamadache, 2013 ).

Pour satisfaire à la demande de l'industrie, le blé dur idéal doit être vitreux et non farineux, c'est-à-dire présenter très peu de mitadinage : les grains vitreux donne de la semoule et les grains mitadinés donne de la farine donc un faible rendement en semoule et une

mauvaise qualité de la semoule (altération de la couleur et de la granulation), et des pâtes (à cause du faible taux de protéines).

Cette étude consiste à l'évaluation de l'influence du mitadinage sur le développement des plantes et sur la qualité de la récolte ; et a porté sur l'effet du mitadinage sur la germination et la vigueur des grains de blé dur, ainsi que sur la croissance des plantules, en plus de l'impact de ce fléau sur les caractéristiques technologiques des graines de blé et leurs dérivées. Des grains mitadinés et vitreux issus de 13 génotypes de blé dur ont fait l'objet de cette étude, et une série de tests physicochimiques et agronomiques ont été réalisés, au laboratoire et sous serre.

Le présent document est structuré en plusieurs parties : Une introduction, une synthèse bibliographique mettant le point sur les travaux précédents réalisés sur le sujet, une partie qui expose le matériel et décrit les méthodes adoptées pour la réalisation des essais, une partie qui expose les résultats et les interprétations, et en fin une conclusion et des perspectives du travail.

*Chapitre 01 : revue  
bibliographique sur  
le blé*

## Chapitre 01 : Revue bibliographique sur le blé

### 1.1. Importance nutritionnelle et économique du blé

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. Principalement destiné à l'alimentation des hommes (à hauteur de 75 % de la production) dont il assure 15% des besoins énergétiques, le blé sert également à l'alimentation des animaux (15% de la production) et à des usages non alimentaires (Feillet, 2000).

### 1.2. Classification et caractéristiques botaniques du blé

#### 1.2.1. Classification botanique :

Le blé est une céréale qui appartient à la classe des monocotylédones et à l'ordre des glumiflorales, dont le fruit est sec et indéhiscence, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé dur (*Triticum durum*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*), le tableau 01 présente la systématique du blé dur (*Triticum durum*).

Tableau 01 : Classification botanique du blé dur (Feillet, 2000)

<b>Embranchement</b>	Angiospermes
<b>Sous embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Classe</b>	Monocotylédones
<b>Ordre</b>	Glumiflorales
<b>Super ordre</b>	Comméliniflorales
<b>Famille</b>	Graminae et ou Poaceae
<b>Tribu</b>	Triticeae
<b>Sous tribu</b>	Triticinae
<b>Genre et espèce</b>	<i>Triticum durum</i> Desf.

#### 1.2.2. Description de la plante

Un plant de blé se compose de différentes parties, dont les caractéristiques sont décrites comme suit :

- **La racine** : le blé possède deux types de racines : les racines séminales ou primaires (5 à 7 racines) issues de l'embryon et qui sont propres au maître-brin et les racines secondaires ou adventives propres aux talles secondaires (Hamadache, 2013).

- **La tige** : la tige de blé est érigée, cylindrique et pleine. Elle est divisée par des entre-nœuds dont le nombre varie de 5 à 7. Les entre-nœuds sont couverts par les gaines des feuilles.

- **La feuille** : les feuilles sont à nervures parallèles et formées de 2 parties, la partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige, c'est la gaine, et la partie supérieure en forme de lame, c'est le limbe. Les gaines sont attachées au niveau des nœuds et sont emboîtées les unes dans les autres pendant leur jeunesse. A la soudure du limbe et de la gaine peut se trouver une petite membrane non vasculaire entourant en partie le chaume.

- **L'inflorescence** : L'inflorescence est composée d'unités morphologiques de base : les épillets (groupe de fleurs) fixés directement sur l'axe ou rachis. La fleur comprend typiquement : 3 étamines à anthères en forme X, un ovaire d'un seul carpelle portant deux stigmates plumeaux .

L'épillet est constitué par une petite grappe de fleurs enveloppées de leurs glumelles) (Hamadache, 2013).

- **Le fruit** : le fruit est un caryopse (grain soudé aux parois de l'ovaire), C'est un fruit sec indéhiscant (Hamadache, 2013). Il se compose de trois parties :

❖ **L'albumen** : représente 80 à 85 % de la biomasse du grain, constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulosiques sont peu visibles), et de la couche à aleurone.

❖ **Les enveloppes de la graine** : représentent 13 à 17% de la biomasse du grain, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal **ou** testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe.

❖ **Le germe** : représente 3 % de la biomasse du grain, composé d'un embryon (lui-même formé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum.

Le grain de blé possède un sillon résultant d'une invagination des téguments vers l'intérieur du grain, sur toute sa longueur et du côté (Feillet, 2000). Le tableau 02 indique la répartition des composants du grain de blé dans les différentes parties :

**Tableau 02:** Répartition des constituants dans les différentes parties d'un grain de blé

(Godon, 1991)

Partie du grain	Amidon Petites glucides	Protéines	Lipides	Cellulose Hemicelluloses Pentosanes	Minéraux
Péricarpe	0.80	3.70	1.40	35.00	9.70
Téguments séminal	0.20	1.50	1.40	7.80	7.30
Assises protéiques	1.40	18.50	22.40	38.90	48.40
Germe	0.70	8.30	15.80	2.00	9.10
Amande	96.90	68.10	59.00	16.30	25.50
<b>Total</b>	100	100	100	100	100

### 1.3. Biologie du blé

#### 1.3.1 Cycle de développement du blé

Le cycle de développement du blé se compose de plusieurs phases (Gate, 1995) :

##### - *La levée*

La date de levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. Le stade levée englobe par conséquent trois étapes successives de nature différente :

- La germination qui correspond à l'entrée de la semence en vie active et au tout début de croissance de l'embryon.
- L'élongation de la coléoptile, premier organe du système aérien à émerger à la surface du sol.
- La croissance de la première feuille qui perce en son sommet le coléoptile.

##### - *Stade 2-3 feuilles*

Ce stade est caractérisé par le nombre de feuilles de la plantule. Après la levée, les ébauches foliaires entassées en position alternée de la base jusqu'au tiers médian de l'apex croissent et émergent les unes après les autres selon un rythme régulier.

##### - *Stade début tallage*

La plante possède trois à quatre feuilles. Une nouvelle tige apparaît sur le maître-brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée. L'émergence de cette première talle hors de la gaine de la première feuille constitue le repère conventionnel du stade début tallage.

- ***Stade plein tallage***

Le stade plein tallage ne se définit pas par des caractéristiques précises. Il s'agit plus d'une période qu'un état particulier dans la mesure où la notion de plein tallage sous-entend que l'on connaît à priori l'abondance du tallage final, variable selon les dates de semis, la température et la variété. Néanmoins, on définit conventionnellement le stade plein-tallage lorsque les plantes portent deux à trois talles (Gate, 1995).

- ***Stade épis à 1 Cm***

Les plantes se redressent, et la tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entre-nœuds auparavant empilés sous l'épi. Les autres tiges plus jeunes vont régresser : leur vitesse de croissance se réduit, elles s'engagent vers la sénescence puis mourront.

- ***Stade 1-2 nœuds***

La talle, tige court-nouée, constituée essentiellement de nœuds empilés à l'origine, grandit par l'élongation des premiers entre-nœuds. Chaque entre-nœud débute sa croissance après le précédent sans attendre que le dernier ait atteint sa longueur définitive.

- ***Stade méiose pollinique***

La méiose pollinique se réalise quand le sommet du jeune épi touche la ligule de l'avant dernière feuille. Ce stade a donc lieu un peu avant le gonflement ; en moyenne le stade méiose pollinique survient 10 jours avant l'épiaison pour le blé (Gate, 1995).

- ***Stade épiaison***

Juste après le stade gonflement, la gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement suite à l'allongement des derniers entre-nœuds de la tige : c'est le stade gaine éclatée. Puis dans le jour ou les jours qui suivent, le sommet de l'épi sort de la dernière gaine qui a alors atteint sa longueur définitive : c'est le début de l'épiaison.

- ***Stade floraison***

A ce stade, la tige et l'épi ont quasiment achevé leur croissance. En général, le poids maximum de l'épi est atteint 3 jours après la floraison.

- *La formation du grain*

Cette période comprend 3 stades essentiels (Gate, 1995) :

- **Le stade grain laiteux** : de la fécondation, stade identifié par la floraison jusqu'au grain laiteux, se mettent en place les enveloppes des futurs grains. Ces enveloppes qui déterminent le poids potentiel des grains ont atteint leur taille maximum à ce stade pour l'ensemble des céréales à paille à l'exception du riz.

- **Le stade grains pâteux** : du stade laiteux au stade pâteux, il y a expansion des cellules de l'enveloppe et remplissage de ces cellules de manière dominante par des sucres qui sont emmagasinés essentiellement sous forme d'amidon. La quantité d'eau contenue dans le grain est stable : c'est le palier hydrique, phase caractéristique du remplissage du grain.

- **La maturité physiologique** : La maturité physiologique a lieu quand il n'y a plus de migration de matière sèche vers le grain. Ce stade succède de peu de jours (2 jours en moyenne), au stade pâteux. A ce stade le poids sec du grain a atteint sa valeur maximum et définitive. Après ce stade, une phase rapide de dessiccation se met en place et le grain devient de plus en plus dur et peut être récolté à la machine : c'est la maturité récolte.

Plusieurs échelles ont été établies pour la notation des différentes phases de développement du blé (Tab. 03).

### **1.3.2. Exigences du blé**

Le blé dur n'a pas les mêmes exigences que le blé tendre. Il a des besoins élevés en ensoleillement, une faible résistance au froid et à l'humidité, et a une sensibilité à certaines maladies cryptogamiques plus grande que chez le blé tendre (Allaoui, 2013) :

- *La température*

La température est le facteur le plus déterminant dans la plupart des processus biologiques de production. Elle affecte le rendement par l'augmentation de la durée et le taux de remplissage. Pour atteindre une croissance optimale et un maximum de rendement, la température optimale du blé se situe entre 15 et 20° C (Doorenbos *et al.*, 1987 ; Dupont et Altenbach, 2003 ; Steduto *et al.*, 2012).

Tableau 03 : Stades de développement des céréales (Cherfia, 2010)

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

**- L'eau**

En plus de ses fonctions d'alimentation, l'eau constitue surtout le milieu intérieur des plantes, véritable matrice vitale de leur fonctionnement (Gate, 1995). Les besoins d'eau correspondant à des bons rendements du blé, sont de 450 à 650 mm selon le climat et la longueur du cycle végétatif (Doorenbos *et al.*, 1987).

**- La photopériode**

Le rayonnement solaire et la durée du jour consolide l'effet positif de la température sur le rendement quand elle n'est pas très élevée et accentue son effet négatif dans le cas contraire (Lasram *et al.*, 2014). La photopériode affecte aussi la durée de chacune des périodes de développement citées. Les variétés du blé diffèrent quant à leur sensibilité à la photopériode (Hamadache, 2013).

**- Le sol**

Le blé dur exige un sol sain, drainant bien mais pas trop sujet au stress hydrique surtout pendant la période de l'accumulation des réserves dans le grain (Abdellaoui *et al.*, 2006). Le sol bien structuré est donc la base essentielle pour obtenir une récolte saine et vigoureuse (Harrad *et al.*, 2006). Le pH optimal se situe dans la gamme de 6 à 8. La culture est modérément tolérante à la salinité du sol (Doorenbos *et al.*, 1987). Les séquences de travail du sol à adopter doivent être fonction du précédent cultural, de la texture du sol, et de la pente (Allaoui 2005).

**- La fertilisation**

L'azote est un élément fondamental pour la croissance et le développement des céréales à paille, c'est un élément constitutif des composés organiques azotés comme les protéines, les vitamines et la chlorophylle. Lorsque l'alimentation azotée est perturbée, les plants sont chétifs, le tallage est faible, les rendements diminuent et la teneur en protéines du grain est réduite (Ait abdallah *et al.*, 2014). Les besoins d'engrais correspondant à de bons rendements vont jusqu'à 150 Kg/ha d'azote, 35 à 45 Kg/ha de phosphore et 25 à 50 Kg/ha de potassium (Doorenbos *et al.*, 1987). Allaoui (2005), recommandent de fractionner l'azote en 2 ou 3 applications.

#### 1.4. Etat de la production du blé dans le monde :

La figure 01 illustre la répartition des grandes zones de production de blé dans le monde. Pour l'année 2016/2017 la production mondiale était de 753.3 TM. Par contre une baisse de 1.1% sera enregistré cette campagne de 2017/2018 avec une production de 744.9 TM. En vert, figurent les régions qui ont connu un bon niveau de production pour cette campagne 2017/2018 et seront moins acheteurs : cas de l'Europe, l'Afrique du nord, la Russie, l'Ukraine et le Kazakhstan. En rouge, des pays comme les Etats-Unis (- 13 Mt) et le Canada (- 7 Mt) enregistrent des baisses de production par rapport à la campagne précédente [1]

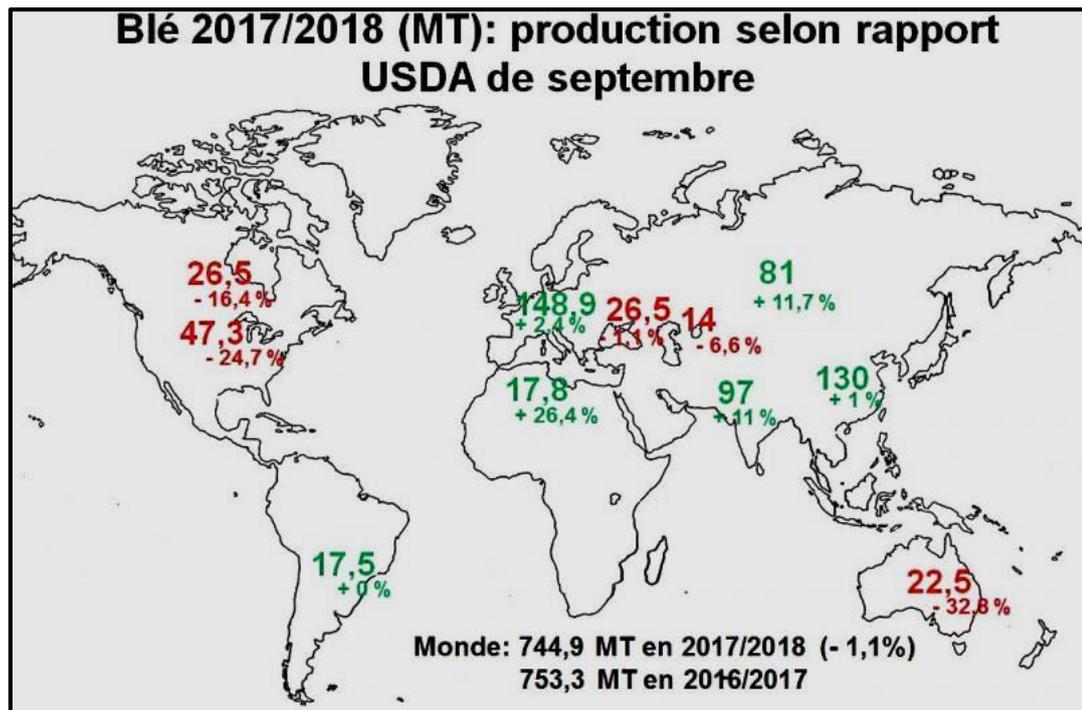


Figure 01: Production du blé dans le monde en 2017/2018 (en Mt).[1]

La figure 02 montre les grands mouvements d'exportation et d'importation de blé dans le monde pour cette campagne 2017/2018. Les pays du Maghreb sont de très gros acheteurs (28 millions de tonnes). Les plus gros exportateurs mondiaux sont la Russie, avec 32,5 Mt exporté, et l'Union européenne avec 28,5 Mt [1].

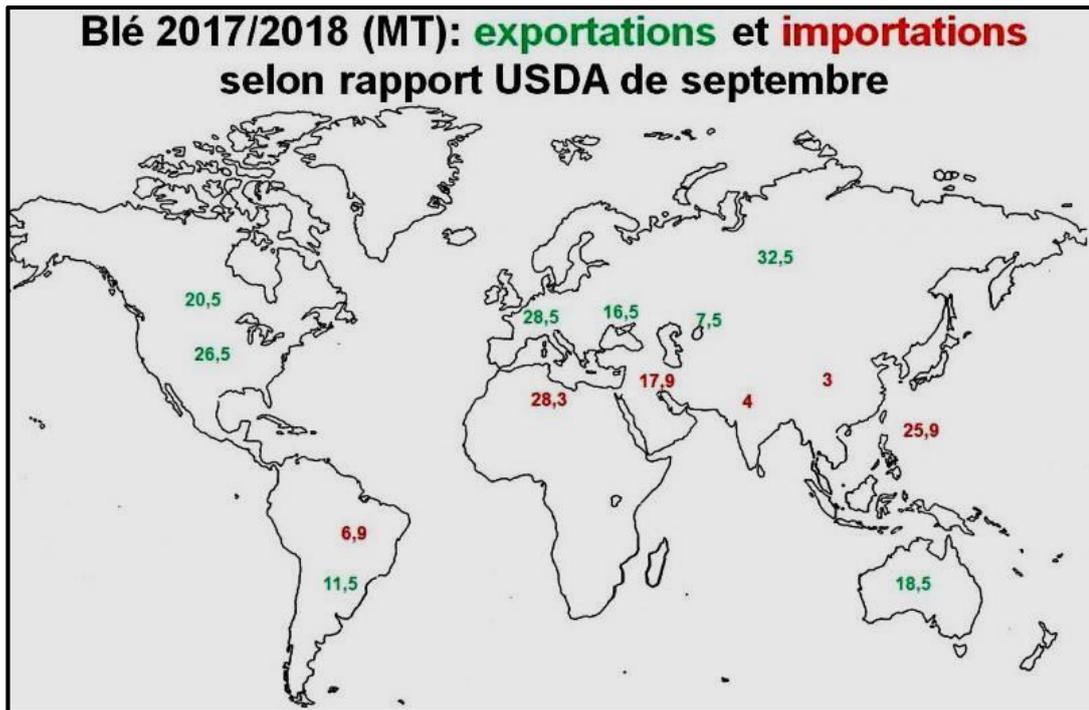


Figure 02 : Exportations et importations du blé dans le monde en 2017/2018 (en Mt) [1]

### 1.5. Etat de la culture du blé en Algérie

Schématiquement, la zone de culture des céréales en Algérie se divise en trois sous-zones selon la pluviométrie annuelle totale et l'altitude (Hamadache, 2013).

- **La zone littorale** où l'altitude est inférieure à 300 mètres et la pluviométrie moyenne annuelle est égale ou supérieure à 600 mm.
- **La zone sub-littorale** où l'altitude est comprise entre 300 et 700 mètres et la pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 450 et 600 mm.
- **La zone des hauts-Plateaux** où l'altitude est supérieure à 700 mètres et la pluviométrie moyenne annuelle est inférieure à 450 mm. C'est la zone où la céréaliculture extensive est dominante.

#### 1.5.1. Production des céréales en Algérie

Zaghouane et Souissi (2014) révèlent que, durant la période 2008-2013, la production céréalière a connu une augmentation remarquable passant de 15.336.140 quintaux en 2007/2008 à 49.109.735 quintaux en 2012/2013 avec un rendement moyen de 10 à 18 qx/ha. Entre 2011 et 2016, la production nationale du blé a atteint 21,4 millions de quintaux (Oaic, 2018).

### 1.5.2. Importation de l'Algérie en Céréales

Les produits céréaliers représentent plus de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires. Les produits céréaliers occupent le premier rang (39,22 %), devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%) (Djermoun, 2009). La courbe d'évolution des importations algériennes des céréales continue à être croissante pour atteindre son maximum en 2015 avec 13,72 millions de tonnes avec une baisse de 3,3 % en 2016. En 2017, en blé dur, le principal fournisseur de l'Algérie en 2015 et 2016 est le Canada avec 1 082 687 tonnes en 2016 contre 770 230 t. en 2015. Suivi par le Mexique soit 556 538 t. en 2016 contre 598 443 t. en 2015 (ONFAA, 2016). Le tableau 03 affiche les importations de l'Algérie en céréales en 2015 et 2016.

**Tableau 04:** Importations des blés en Algérie, en quantité (tonnes) et en valeur (millions USD) de l'année 2015 et 2016 (ONFAA, 2016)

Années	Blé dur		Blé tendre		Total céréales	
	Quantités (t)	Valeur Millions (USD)	Quantités (t)	Valeur Millions (USD)	Quantités (t)	Valeur Millions (USD)
<b>2015</b>	1 763 454	782,9	6 741 393	1 612	<b>13 672 346</b>	<b>3 431</b>
<b>2016</b>	1 795 596	549,2	6 430 008	1 240	<b>13 220 157</b>	<b>2 711</b>
<b>variation</b>	<b>+ 1,8 %</b>	<b>-29,8 %</b>	<b>-4,6 %</b>	<b>-23, %</b>	<b>-3,3%</b>	<b>-20,9 %</b>

### 1.6. Contraintes de la production du blé

La faiblesse de la production céréalière en Algérie découle en majeure partie des faibles potentiels des rendements (OAIC, 2018). Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de la limitation des rendements du blé :

#### 1.6.1. Contraintes pédoclimatiques

Les contraintes pédoclimatiques et celles liées aux pratiques culturales peuvent être résumées comme suit (Amrani, 2006 ; Hamadache, 2013 ; OAIC, 2018) :

- L'irrégularité des pluies avec les stades phénologique du blé. Dans la plupart des régions de culture sèche, le manque d'eau pose problèmes presque chaque année.

- Les pluies torrentielles d'automne provoquent souvent une dégradation de la structure des sols et la formation des croutes ; des battances nuisibles à la germination des graines ;
- Les hautes températures précoces peuvent faire chuter le rendement par l'échaudage de 50% ;
- Le froid constitue un facteur limitant de la production du blé dur (- 4 °C entre le stade épi à 1 Cm et un nœud pénalise le nombre de grains par épi) ;
- Les gelés printanières (le gel des épis au stade floraison) ;
- Les sols du Nord de l'Algérie (zones où se concentre la céréaliculture), sont généralement caractérisés par la présence de sels ; les sols des zones céréalières sont pauvres en matière organique et présentent un pH basique ; et ils sont aussi pauvres en phosphore assimilable et en potasse.

#### **1.6.2. Contraintes techniques**

Plusieurs facteurs peuvent être en cause (Allaoui , 2005 ; Amrani, 2006 ; Hamadache, 2013 ; OAIC,2018) :

- L'absence de l'analyse du sol ;
- Le travail du sol sommaire et standardisée avec l'utilisation d'outils non adaptés au sol ;
- Le travail du sol retardé par la sécheresse automnale ;
- Le semis effectué souvent au-delà des délais techniques requis, fréquemment à la volée ;
- Les doses de semis appliquées souvent excessives (avoisinant les 200 kg/ha) ;
- Le faible niveau d'utilisation des engrais, particulièrement pour la fertilisation azotée ;
- Le faible recours à l'irrigation pour la sécurisation de la production ;
- L'absence du choix variétal et de l'identification des variétés selon des potentialités locales et les risques climatiques de la zone ;
- L'absence de traitement des semences autoproduites ;
- L'application non raisonnée des fertilisants, l'application tardive de désherbage et l'absence des traitements phytosanitaires ;
- La faible mécanisation ;

- Le système jachères-blé et tout récemment la monoculture céréalière et les itinéraires techniques associés à ces deux systèmes sont aussi une cause de la faiblesse et de la variation de la productivité du blé dans le temps et dans l'espace ;
- La protection des cultures contre les insectes ravageurs et les maladies cryptogamiques insuffisantes ;
- Les pertes importantes à la récolte.

### **1.6.3. Contraintes liées aux politiques agricoles**

Les politiques économiques suivies par l'Etat, depuis le début des années 1970, ont abouti à une dévalorisation du travail de la terre et de l'investissement agricole au sens large. La réduction des investissements a surtout touché la culture de blé et a favorisé les productions spéculatives (maraichage et aviculture) et l'importation (Hamadache, 2013) :

#### ***- La politique de l'Industrialisation***

L'industrie lourde surtout menée durant les années 1970 a entraîné un exode massif de la main d'œuvre qualifiée des exploitations agricoles publiques vers les complexes industriels implantés souvent en pleine zone agricole (Hamadache, 2013).

#### ***- Contraintes économiques et organisationnelles***

Elles sont liées aux coûts de production élevés résultant de la cherté des facteurs de production et de matériel agricole, mais aussi à la disponibilité insuffisante des intrants en qualité et quantité dans les délais recommandés. La dimension limitée (5 à 10 ha) caractérisant la majorité des exploitations céréalières ne permet pas à celle-ci d'engager des investissements notamment pour l'acquisition d'équipement agricole, d'inciter à bénéficier des différents soutiens financiers qui y sont accordées à la céréaliculture.

### **1.6.4. Les accidents physiologiques**

#### **• La Moucheture**

La moucheture du blé dur, caractérisée par des taches brunes à noires sur le grain de blé à maturité, contribue à déprécier l'aspect des pâtes alimentaires (Samson et Desclaux, 2006). Elle résulte de l'oxydation par l'air de polyphénols. La moucheture semble être favorisée par une humidité élevée entre la floraison et le stade grain laiteux (Hamadache, 2013).

- **La Verse**

La verse physiologique est un accident mécanique presque toujours consécutif à de fortes précipitations accompagnées ou non de vent. Cependant, différents éléments d'ordre génétique, cultural ou climatique peuvent engendrer la verse d'une céréale. On distingue trois catégories de verse : la verse radiculaire, la verse des tiges et la verse nodale (Citron, 2007).

- **L'échaudage**

L'échaudage du grain de blé peut avoir trois origines (Hamadache, 2013) :

- Climatiques (vent chaud et sec durant la phase : stade laiteux-stade pâteux) au palier hydrique ;
- Parasitaire : (attaque des 3 dernières feuilles et de l'épi par les rouilles, la fusariose de l'épi,...) ;
- Attaque des 3 dernières feuilles et du grain en formation par la punaise et autres insectes piqueurs-suceurs (thrips, pucerons).

- **Le mitadinage**

Il s'agit d'un défaut de teneur en protéines du grain chez le blé dur. Le grain du blé dur prend un aspect blanchâtre comme le blé tendre alors que la couleur idéale du grain doit être jaune ambrée. Le fractionnement des apports d'azote (en deux ou trois apports) entre le tallage et le gonflement peut limiter fortement le risque de mitadinage (Hamadache, 2013).

### **1.7. Critères d'appréciation de la qualité de la semence du blé**

L'aptitude des semences à germer et à donner des plantules saines est une fonction physiologique déterminante et traduit l'interaction de ses capacités génétiques endogènes et les conditions environnementales prévalences (Nour et Brinis, 2016). L'utilisation d'une semence certifiée (pure et traitée contre les maladies transmises par la semence) est dans tous les cas recommandée pour l'obtention d'un rendement satisfaisant et une semence de qualité (Hamadache, 2013). Un poids élevé de la semence (PMG) et une teneur élevée en protéines sont souvent synonymes d'une bonne qualité et donnent une bonne vigueur aux plantules au départ.

Selon Lasser *et al.* (2002), la qualité d'utilisation des blés durs résulte d'un grand nombre de facteurs, souvent interdépendants. Elle peut être considérée comme la somme de caractéristiques dont dépendent d'une part la valeur semoulière (aptitude à donner un rendement

élevé en semoule de pureté déterminée) et d'autre part la valeur pastière (aptitude à donner des pâtes alimentaires dont la coloration et la qualité culinaire satisfont les attentes des consommateurs).

### **1.7.1. Notion de valeur semoulière**

La valeur semoulière (parfois appelée valeur meunière) est l'aptitude d'un blé à donner un rendement élevé en semoules de pureté déterminée (Feillet, 2000). La valeur semoulière d'un blé dur dépend de plusieurs paramètres (Abecassis *et al.*, 1990) :

- Du rapport albumen/ enveloppes ;
- De la friabilité de l'albumen ;
- De la facilité de séparer l'albumen et les enveloppes.

Selon Abecassis *et al.*, (1997), parmi les facteurs intrinsèques de la valeur semoulière, le rapport albumen sur enveloppes apparaît déterminant. Il doit être aussi élevé que possible et dépend de l'épaisseur des enveloppes, de la forme du grain et du degré d'échaudage.

### **1.7.2. Notion de qualité pastière**

La qualité pastière des blés durs rend compte de leur aptitude à être transformés en semoules puis en pâtes alimentaires qui possèdent les caractéristiques recherchées : aspect à l'état cru, comportement durant et après la cuisson (Feillet, 2000).

### **1.7.3. Paramètres d'appréciation de la qualité**

#### **1.7.3.1. Taux de protéines**

Dans les grains des céréales, les protides sont représentés essentiellement par les protéines. Leur teneur est relativement faible puisqu'elle varie de 8 à 18 % de la matière sèche. Godon (1991) rapporte que ces protéines sont classées d'après leur solubilité en :

- Albumines (2 à 10% des protéines totales) solubles dans l'eau ;
- Globulines (5 à 20%) solubles dans les solutions salines ;
- Prolamines (40 à 50%) solubles dans les solutions alcooliques ;
- Gluténines (30 à 45%) solubles dans les solutions diluées d'acides ou dans des solvants organiques (détergents) ;
- Les prolamines portent des noms différents selon l'espèce végétale (gliadines du blé, zéïnes de maïs, hordéïnes de l'orge).

### **1.7.3.2. Masse de milles grains**

La masse de milles grains ou le poids de milles grains (PMG) présente deux intérêts principaux :

- **Intérêt agronomique** : la taille du grain est une caractéristique essentiellement variétale, mais elle dépend également des conditions de culture. La masse de 1000 grains est une des composantes du rendement agronomique des céréales. Elle est donc un bon indicateur du mode d'élaboration du rendement et des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement (échaudage, attaques par les maladies ou les insectes). Elle permet également aux agriculteurs de calculer les doses de semences pour répondre à un objectif de densité de semis.

- **Intérêt technologique** : Elle est un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de première transformation : rendement semouliers, meunier ou brassicole (ITCF, 2001). Le PMG 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 floraison combiné aux températures élevées (conditions fréquentes en Algérie) entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage, ce qui se traduit par l'échaudage des grains. Les différences entre les variétés sont significatives (Benbelkacem et Kellou, 2000).

### **1.7.3.3. Teneur en eau**

La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente trois intérêts principaux (ITCF, 2001):

- **Intérêt technologique** : pour la détermination et la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle ;

- **Intérêt analytique** : pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard).

- **Intérêt commercial et réglementaire** : Les contrats commerciaux et les normes réglementaires fixent des seuils de teneur en eau à partir desquels sont appliquées des bonifications et des réfections.

### **1.7.3.4. Poids spécifique**

La masse volumique dite masse à l'hectolitre et appelée communément poids spécifique (PS), est une mesure ancienne qui date de l'époque où l'on mesurait la quantité de grains au volume. Elle présente un intérêt commercial certain ; la masse volumique est toujours prise en

compte dans les contrats commerciaux et dans les transactions bien que son intérêt technique soit très limité (ITCF, 2001).

#### **1.7.3.5. Moucheture :**

La moucheture du blé dur, caractérisée par des tâches brunes à noires sur le grain de blé à maturité, contribue à déprécier l'aspect des pâtes alimentaires. La moucheture du blé dur se caractérise, sur les grains mûrs, par des plages de coloration brune ou noire en d'autres endroits que sur le germe (réglementation CEE 824/2000). Elles sont pénalisantes car on les retrouve dans la semoule et dans les pâtes alimentaires. La dépréciation de la valeur marchande des lots de blés durs peut être très importante avec des réactions de prix, voire des refus de lots présentant des taux de moucheture supérieurs à 5% (Samson et Desclaux, 2006).

Les grains mouchetés révèlent une décoloration distincte brun foncé ou noire du germe entier et de la région environnante (Samson et Desclaux, 2006). Les grains mouchetés sont ceux qui ont le germe et le sillon colorés en brun-noir par des champignons (*Alternaria* et *Cladosporium*) apparus en milieu humide. C'est un assez grave défaut, car les pâtes risquent de présenter un mauvais aspect et d'avoir une mauvaise conservation (Loué, 1970).

#### **1.7.3.6. Mitadinage /Vitrosité**

Le mitadinage, indique le pourcentage de grains non entièrement vitreux et présentant la moindre trace d'amande farineuse ( Benbelkacem *et al.*, 1995). Les zones vitreuses ont une structure continue compactée, avec des granules d'amidon étroitement liés dans une matrice protéique (Fig. 03). Les zones féculentes sont moins compactées, impliquant moins de protéines que dans les zones vitreuses (Dexter et Edwards, 1998).



**Figure 03:** Grain vitreux (à gauche) et grain mitadiné (à droite) observés au microscope optique (Baasandorj, 2014)

Dziki et Laskowski (2005) rapportent que, les grains mitadinés ont une densité inférieure à celle des grains vitreux. Les grains vitreux sont plus durs et ont une teneur en

protéines plus élevée que les amandes farineuses. L'aspect vitré est fortement lié aux conditions agro-climatiques. Les différences de microstructure des amandes farineuses et vitreuses au sein du cultivar sont plus faibles que celles de la microstructure de différents types de blé.

Le même auteur ajoute que des travaux de recherche ont montré que les amandes entièrement amylacées sont significativement plus tendres que les grains de blé dur vitreux, mais que les amandes partiellement vitreuses, considérées comme non vitreuses, sont presque aussi dures que les amandes entièrement vitreuses.

Le taux de vitrosité augmente avec une teneur en protéines plus élevée de l'ordre de 9,5 à 12,5%, mais cette relation est moins évidente dans les échantillons de blé dur à forte teneur en protéines, allant de 12,5 à 14,5% (Fu *et al.*, 2017). La figure 04 illustre bien la relation entre le mitadinage et la teneur en protéines du grain.

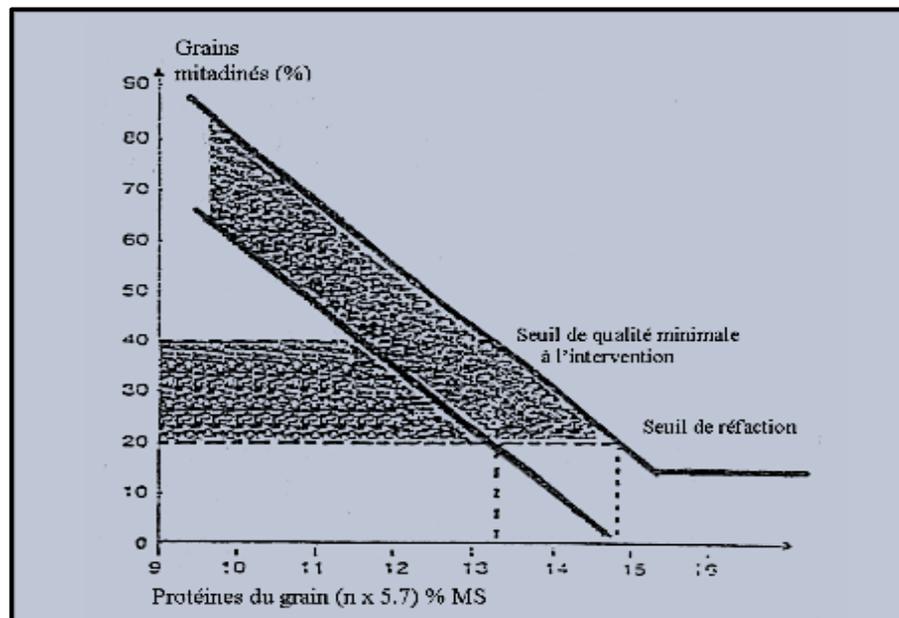


Figure 04 : Relation entre le taux de mitadinage et la teneur en protéines du grain (Gate, 1995).

#### - Fertilisation et Mitadinage

Selon Morel (2007), 70 à 80 % de l'azote sont absorbés entre le redressement et la floraison. Le blé peut absorber, entre le stade de 2 nœuds et gonflement, jusqu'à 7 Kg d'azote par hectare et par jour. Les besoins en azote sont aussi très importants dans les 10 à 15 premiers jours de formation de grain et toute carence azotée dans les jours qui suivent la floraison, réduit la synthèse des protéines, alors que la synthèse des glucides reste normal. Ce phénomène conduit à une texture farineuse du grain, qui devient impropre à l'utilisation en semoulerie :

c'est le mitadinage (Ait Abdallah *et al.*, 2014.). La maîtrise de la fertilisation azotée et minérale et l'utilisation des techniques appropriées contribuent à une qualité supérieure des blés produits par l'agriculteur et ce, afin de permettre au grain l'élaboration de sa vitrosité (Benbelkacem *et al.*, 1995).

Selon Samson *et al.*, (2005) les tests mécaniques ont montré que l'endosperme farineux et vitreux différaient en dureté et en vitrosité. Le vitreux augmentait avec l'apport de fertilisation azotée alors qu'il n'y avait pas de variation entre les différents cultivars.

#### **- Importance du mitadinage dans l'industrie**

Le taux de mitadinage rend compte des proportions d'amande farineuse et vitreuse. L'influence défavorable exercée par un fort taux de mitadinage sur le rendement en semoule n'est guère discutée (Abecassis *et al.*, 1990).

La qualité semoulière ou rendement du grain en semoule dépend de la grosseur et de la régularité du grain et, surtout, de la vitrosité de l'albumen. Un grain à albumen totalement vitreux se brise et donne de la semoule, par contre, un grain farineux ou mitadin s'écrase, donne de la farine et son rendement en semoule est faible (Grignac, 1978).

La vitrosité du noyau est associée à la granulation de la semoule, à la couleur et à la teneur en protéines ; moins le noyau est vitreux, plus la granulation est fine et plus la teneur en protéines est faible. Les grains moins vitreux produiront des particules plus fines (farine), ce qui se traduira par moins de semoule (Dziki et Laskowski, 2005).

La teneur en protéines et la vitrosité du grain peuvent avoir une incidence importante sur la qualité de la mouture du blé dur. Les amandes blanches (mitadinées) à faible teneur en protéines ont un impact très négatif sur la qualité de la mouture et du traitement des pâtes (Fu *et al.*, 2017).

### **1.8. Facteurs d'altération des semences stockées**

#### **1.8.1. Durée de stockage**

Les détériorations provoquées par la durée du stockage se manifestent, par une diminution de la vitesse et du taux de germination, un ralentissement de la croissance des plantules et l'apparition de plantules anormales (Nour et Brinis, 2016).

#### **1.8.2. Conditions de stockage**

##### **- Température et aération**

Une combinaison de basse température de graine et d'humidité faible aide au

contrôle des insectes. La reproduction des insectes est réduite à des températures inférieures à 60 ° F, avec une teneur en humidité de la graine faible. L'aération pendant les périodes de faible température extérieure et d'humidité est recommandée pour réduire la température et l'humidité (Glenn, 2000).

- *Humidité de grain*

En règle générale, les céréales ne doivent pas être stockées à plus de 12% d'humidité. Les insectes et les champignons ne se développent pas bien dans les céréales ayant une teneur en eau de 12% ou moins. Pour que les semences soient entreposées pendant de longues périodes, la teneur en humidité maximale sécuritaire est d'environ 2% inférieure à l'humidité de stockage sécuritaire du grain. Le stockage à sec et à froid est idéal ; par conséquent, un congélateur est excellent pour le stockage des semences (Glenn, 2000).

*Chapitre 02 :*  
*Matériel et*  
*Méthodes*

## **Chapitre 02 : Matériel et méthodes**

### **2.1 Objectif de l'étude**

Cette étude vise à mettre en évidence l'effet du mitadinage sur la vigueur des semences et son impact sur la germination et la croissance des plantules du blé.

Le travail a comporté deux parties :

- Une première partie, réalisée au niveau du laboratoire et a porté sur les analyses physicochimiques de grains de blé mitadinés et non mitadinés (prises pour témoin), et le test de germination,
- La deuxième partie réalisée au niveau d'une pépinière expérimentale sous serre, et a concerné l'essai de la croissance des plantules.

### **2.2. Matériel végétal utilisé**

Cette étude a porté sur 13 génotypes de blé dur d'origine locale, et introduite (récoltes de 2016 et de 2017), fournis par l'INRA de Constantine ; certains génotypes sont homologués, d'autres sont en cours d'homologation. Les caractéristiques des différents génotypes sont indiquées dans le tableau 05.

#### **- Préparation des échantillons**

Pour tous les génotypes étudiés, les grains de blé ont été triés visuellement, en utilisant une pince de laboratoire, et deux lots ont été formés : un lot contenant les grains vitreux (témoin) et un lot de grains mitadinés (Figs. 05 et 06).



**Figure 05** : Morphologie de grains de blé dur vitreux (Photo personnelle)



**Figure 06** : Morphologie de grains de blé dur mitadinés (Photo personnelle)

**Tableau 5 :** Caractéristiques des génotypes de blé dur faisant l'objet de l'étude (INRA, Constantine).

Code	N°	Variétés ou lignées	Caractères
V1	AD25 - 07	MINIMUS/COMB.DUCK_2//CHAM_3/3/RCOL* 2/4/SOMAT_4/INTER_8	Bonne fertilité, semi précoce, bonne adaptation, Modérément résistant aux maladies
V2	ED25 - 03	Sora/2*Plata_12//Somat_3/6/Chen_1/Tez/3/Guil//C it71/...	PMG élevé, semi précoce, bon rendement, qualité moyenne
V3	ED25 - 06	Sooty_9/Rascon_37//Somat_3.1/3/Sooty_9/Rascon _37//...	Bonne adaptation, bon rendement, bonne aptitude à la combinaison
V4	ED25 - 08	BENI MESTINA	bon rendement, bonne qualité, semi précoce, gros grain.
V5	ED25 - 09	SIGUS	Bonne adaptation semi-aride, bon rendement, qualité, semi précoce
V6	PPB KB 03	SORA/2*PLATA_12/3/SORA/2*PLATA_12//SO MAT_3/4/AJAIA_13/...	PMG élevé, semi précoce, bon rendement, qualité moyenne
V7	PPB KB 04	BDRIS/BICUM//LLARETA INIA/3/DUKEM_12/ 2*RASCON_21/4/...	Bonne fertilité, semi précoce, bonne adaptation, Modérément résistant aux maladies, bon rendement
V8	PPB KB 07	USDA595/3/D67.3/RABI//CRA/4/ALO/5/HUI/YA V_1/6/ARDENTE/...	semi tardif, bonne fertilité, haut rendement, Modéré.resist aux maladies
V9	DMD 18	Sora/2*Plata_12//Somat_3/6/Chen_1/Tez/3/Guil//C it71/...	PMG élevé, semi précoce, bon rendement, bonne qualité
V10		WAHA	Précoce, Epi roux/noir, PMG élevé, adapté au semi-aride, qualité moyenne
V11		VITRON	-
V12		GTA DUR	-
V13		CIRTA	-

### 2.3. Présentation du site des expérimentations

Les essais ont été effectués au niveau du complexe Amor Benamor (Fig. 07), situé à la commune d'El Fedjoudj, wilaya de Guelma, situé à une latitude de 36.4641439 et une longitude de 7.4455 [2].



Figure 07 : Localisation géographique de la zone des expérimentations [3]

### 2.4. Tests réalisés

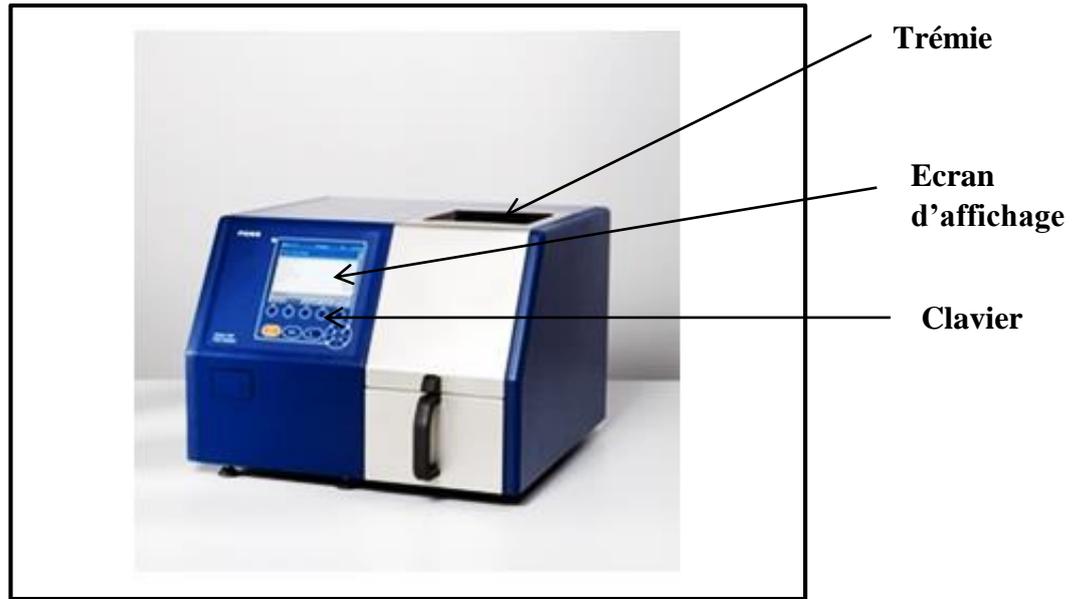
#### 2.4.1. Tests réalisés au laboratoire

Les tests de germination et des analyses physico-chimiques des grains ont été réalisés au niveau du laboratoire des moulins du groupe Amor Benamor, et plusieurs paramètres ont été analysés :

##### 2.4.1.1. Tests physicochimiques

###### ➤ Taux de protéines et d'humidité

Le taux de protéines et d'humidité des grains de blé ont été déterminés par un analyseur spécifique : INFRATEC 1241 (Fig. 08), c'est un instrument d'analyse de grains entiers utilisant la technologie de transmission, par spectroscopie dans le « Proche-Infrarouge » reposant sur l'absorption de la lumière par l'eau et d'autres molécules organiques et inorganiques. L'Infratec est utilisé pour tester de nombreux paramètres (humidité, protéines, huile, amidon, etc.) dans une large gamme de céréales et d'oléagineux. Ce procédé d'analyse est rapide, fiable et facile à réaliser (Foss-France, 2014).



**Figure 08** : Analyseur de grains INFRATEC 1241

(Photo personnelle)

Pour mesurer les différents paramètres, les grains sont placés dans la trémie ou cône sur la partie supérieure de l'appareil, puis l'analyse est lancée à travers le bouton « Analyse » au niveau du clavier. A la fin de l'analyse les résultats s'affichent sur l'écran. Trois répétitions sont réalisées pour ce test et ont concerné les échantillons vitreux et mitadinés.

➤ **Poids spécifique (Masse volumique)**

Le matériel utilisé pour la réalisation de ce test est comme suit :

- Balance analytique : Marque Precisa / Portée : 4200 g, résolution 0.01g.
- Eprouvette graduée de 100 ml,

Ce test est également réalisé en trois répétitions. L'éprouvette vide est pesée et son poids est taré ; puis les graines sont déposées dans l'éprouvette jusqu'au volume de 100 mL, le poids de l'éprouvette avec les grains est mesuré, et les résultats sont exprimés en Kg/Hectolitre selon la formule suivante (*Norme interne Amor Benamor*) :

$$PS (Kg \text{ à } HL) = \frac{PSa (g \text{ par } 100 mL)}{10}$$

Où : - *PS* est le poids spécifique exprimé en Kg/ HL

- *PSa* est le poids spécifique exprimé en gramme par 100 mL.

➤ **Poids de 1000 Grains (PMG)**

La détermination de la masse de 1000 grains a été effectuée par comptage manuel de lots de 100 grains, en utilisant une pince de laboratoire, le poids de 100 grains (exprimé en grammes) est déterminé en trois répétitions, à l'aide d'une balance de précision, le résultat obtenu est multiplié par 10.

**2.4.1.2. Test de germination**

L'essai a été réalisé au sein du laboratoire des moulins du Groupe Amor Benamor, et a été installé selon un dispositif aléatoire complètement randomisé (Fig. 09). Les graines ont été mises en germination dans des boîtes de Pétri à base recouverte d'une couche de coton et une couche de papier buvard.

Pour chaque génotype on compte 6 boîtes, 03 boîtes pour les graines vitreuses (03 répétitions), prises pour témoin et 03 boîtes pour les graines mitadinées. Les graines sont placées sur le papier buvard tapissant les boîtes de Pétri. Chaque boîte comporte 10 graines de blé dur. L'arrosage des boîtes se fait quotidiennement par apport de 10 ml d'eau ordinaire par boîte, et après la détermination de la capacité au champ.

- **Paramètres mesurés**

❖ **Le taux de germination**

Pour chaque génotype, 03 répétitions sont effectuées pour le témoin et le mitadiné ; le taux de germination des graines a été estimé après 07 jours de mise en germination, en comptabilisant le nombre de graines germées par boîte, puis le pourcentage est déterminé par rapport à l'ensemble des graines dans la boîte, selon la formule suivante :

$\text{Taux de germination (\%)} = (\text{nombre de graines germées} / \text{nombre total des graines}) \times 100$
---

V9TR3	V1MR2	V6MR1	V12TR3	V3MR2	V8TR1	V4MR1	V10TR2	V5TR1	V2TR3	V1TR1	V11MR2	V7TR1
V12TR2	V10MR1	V13TR3	V8MR2	V2TR1	V9MR2	V6MR2	V11MR1	V7MR2	V1MR3	V3TR2	V4TR1	V5TR3
V6TR1	V4MR2	V12MR1	V9TR2	V7TR2	V10MR3	V3TR3	V5MR1	V2MR1	V8TR3	V9MR1	V12MR2	V13MR2
V3MR3	V5MR2	V1MR1	V11TR1	V2MR2	V8MR2	V13TR2	V7MR3	V6TR3	V10TR2	V4TR2	V5MR3	V13TR1
V8MR1	V10TR3	V6MR3	V11MR3	V4MR3	V3MR1	V13MR3	V1TR2	V9TR1	V13MR1	V2TR2	V9MR3	V11TR2
V12TR1	V4MR3	V1TR3	V8TR2	V7MR1	V5TR2	V10MR2	V2MR3	V12MR3	V11TR3	V7TR3	V3TR1	V6TR2

V1- V13 : Géotypes  
T : Témoin (Vitreux)  
M : Mitadiné  
R1, R2 et R3 : Répétitions

Figure 09 : Dispositif expérimental adopté pour le test de germination

❖ **La longueur de la racine**

La longueur de la racine des graines germées a été mesurée à l'aide d'une règle graduée après 07 jours de mise en germination puis une moyenne est déterminée par boîte.

**2.4.2. Test de la croissance des plantules**

Le test de la croissance des plantules a été réalisé en milieu contrôlé sous serre au niveau de la pépinière expérimentale de la conserverie Amor Benamor (CAB) installée à El Fedjoudj (W. Guelma).

Les graines ont été semées dans des alvéoles, de type « 32S PS », ayant des dimensions de l'ordre de 5.5 Cm de hauteur, 6 Cm de longueur et 6 Cm de largeur, ces dernières ont été remplies à 2/3 de leurs volumes par la tourbe de type Stender A 280 d'origine allemande, puis les graines sont semées, à raison de 03 graines / alvéole, en 03 répétitions pour le témoin et le mitadiné pour chaque génotype. L'arrosage est effectué par un apport de 20 ml d'eau ordinaire par alvéole tous les 48 h, et ce après la détermination de la capacité au champ. La disposition des génotypes est effectuée selon un dispositif aléatoire complètement randomisé (Fig. 10), et les alvéoles sont placées dans la serre à environ 10 Cm du sol (Fig. 11), à une température de 22° C. Après 21 jours de croissance, la hauteur des plantules a été mesurée à l'aide d'une règle graduée.

**2.5. Analyse statistique des résultats**

Une analyse de la variance a été conduite pour les différents paramètres estimés en utilisant le Logiciel Minitab 2016 ; et le test de Dunnett a servi pour vérifier l'importance des variations dans les valeurs enregistrées entre le témoin (blé vitreux) et le blé mitadiné, et ce pour les différents paramètres mesurés. La moyenne et l'Ecart-type ont été calculés par EXCEL Version 2013.

V13TR2	V8MR3	V3MR1	V1TR2	V10MR1	V7TR2	V4MR1	V9TR2
V11TR1	V1MR2	V8TR2	V8TR2	V2TR3	V7MR1	V10MR3	V6TR1
V5MR3	V2MR2	V13MR2	V13MR2	V1MR3	V11MR3	V3TR2	V7MR3
V12MR3	V11MR1	V3MR2	V3MR2	V10TR3	V9MR1	V5TR1	V1TR3

V5TR3	V4TR3	V11TR2	V8TR1	V4MR3	V13TR3	V6MR3	V13MR1
V12TR3	V5MR2	V8MR1	V2TR1	V9TR1	V12TR1		

V3TR3	V10TR1	V7TR3	V11MR2	V6MR2	V4MR2	V5TR2	V9TR3
V7TR1	V1MR1	V3TR1	V6TR2	V8MR2	V2TR2	V12MR2	V1TR1
V13TR1	V10MR2	V12TR2	V9MR2	V2MR3	V5MR1	V13MR3	V4TR2
V7MR2	V2MR1	V11TR3	V3MR3	V8TR3	V6MR1	V10TR2	V12MR1

**V1- V13** : Génotypes  
**T** : Témoin (Vitreux)  
**M** : Mitadiné  
**R1, R2 et R3** : Répétitions

**Figure 10** : Dispositif expérimental adopté pour le test de croissance des plantules



**Figure 11** : Photographie du dispositif du test de la croissance des plantules, réalisé sous serre dans des alvéoles

*Chapitre 03 :*  
*Résultats et*  
*discussion*

## Chapitre 03 : Résultats et discussion

### 3.1. Les analyses physicochimiques du blé

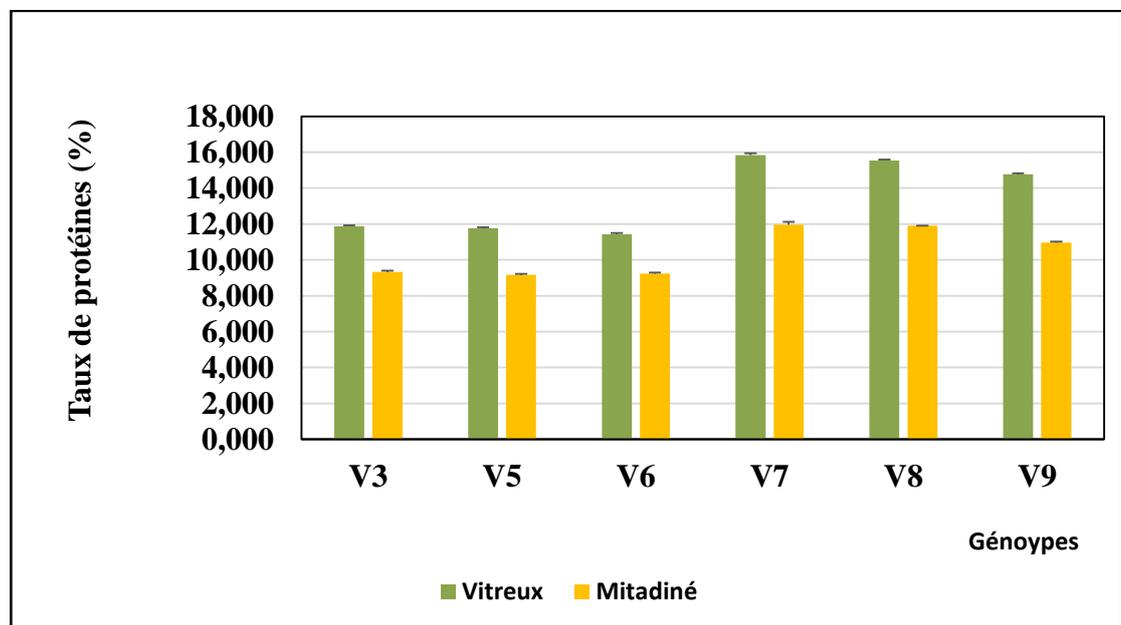
Quatre paramètres physicochimiques ont été analysés dans cette étude : le taux des protéines, la teneur en humidité, le Poids de mille grains (PMG) et le poids spécifique (PS).

#### 3.1.1. Le taux des protéines

L'examen des résultats obtenus pour le taux de protéines des grains (Fig. 12) et , montre que le taux des protéines des grains mitadinés est beaucoup plus faible que celui des grains vitreux pour le même génotype et ceux pour tous les génotypes testés.

Pour les grains vitreux, le taux le plus élevé en protéines (Tab. 07), a été noté chez le génotype V7 (15,833 %), suivi du génotype V8 (15,533 %), alors que le taux le plus faible a été noté chez le génotype V5 (11,767 %).

Pour les grains mitadinés, le taux le plus élevé a été également noté chez le génotype V7 (11,967 %), suivi du génotype V8 (11,967 %), et le taux le plus faible a été enregistré chez le génotype V5 (9,167 %).



**Figure 12 :** Taux des protéines dans les grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.

Pour les grains vitreux, le taux des protéines enregistré était conforme par rapport à la norme algérienne ( $> 11.00\%$ ), alors que pour les grains mitadinés, seuls, les valeurs enregistrées pour les génotypes V7 et V8 étaient conformes à la norme.

La différence entre le taux des protéines des grains vitreux et mitadinés, au sein du même génotype, était plus ou moins importante pour certains d'entre eux ; le taux de réduction le plus élevé, a été noté pour le génotype V9, pour lequel nous avons noté une différence de l'ordre de  $25.73\%$ , alors que le taux de diminution le plus faible était de  $19.24\%$  et a été enregistré pour le génotype V6.

Des résultats similaires ont été obtenus par Kanopka *et al.* (2015) qui ont noté une différence du taux des protéines entre les grains vitreux et les grains mitadinés, mais qui étaient très faibles (de l'ordre de  $0.71\%$  à  $2\%$ ), par rapport aux résultats obtenus dans cette étude.

Samson *et al.* (2004) confirment également ces résultats, et ils ont constaté que les grains entièrement vitreux présentaient toujours une teneur en protéines plus élevée que les grains entièrement farineux (mitadinés). Ainsi, dans une population de 270 grains analysés (148 vitreux et 122 farineux), plus de  $95\%$  des grains farineux contenaient moins de  $9,73\%$  de protéines.

Selon Simões Larraz Ferreira (2011), la différence dans la structure des grains vitreux et mitadinés, peut être attribuée à leur teneur en protéines ; une concentration élevée en protéines, garantit la saturation du lit de granules d'amidon par une matrice de gluten viscoélastique. La perte d'eau du grain sera lente et conduira à une condensation de la matrice. Dans ces conditions, un endosperme dense et vitreux est obtenu. En revanche, lorsque la concentration en protéines du grain est faible, la déshydratation se produit rapidement, car la tension capillaire entre les granules d'amidon est faible. L'invasion de l'air se produit et un endosperme farineux est obtenu.

Le même auteur signale que les hautes températures, qui surviennent durant le stade de remplissage du grain, apparaissent comme un paramètre clef, qui contrôle la texture finale du grain et la qualité des protéines, et ce, à travers leurs effets sur la teneur maximale du grain en eau, et la vitesse de translocation des protéines et de l'amidon vers le grain.

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives entre les génotypes et les traitements (Tab. 06). Le test de Dunnett, a affiché des différences très hautement significatives pour tous les génotypes (Tab. 07).

**Tableau 06 :** Résultats de l'analyse de la variance du taux des protéines dans les grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Sources de variations	DF	SS	MS	F	P
Variétés (Génotypes)	5	86,368	17,2736	3109,25	0,000 ***
Traitement	1	86,800	86,8003	15624,05	0,000 ***
Interaction	5	4,115	0,8229	148,13	0,000 ***
Erreur	24	0,133	0,0056		
Total	35	177,416			

DF : Degrés de liberté

SS : Somme des carrés des écarts

MS : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

**Tableau 07 :** Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le taux des protéines dans les grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

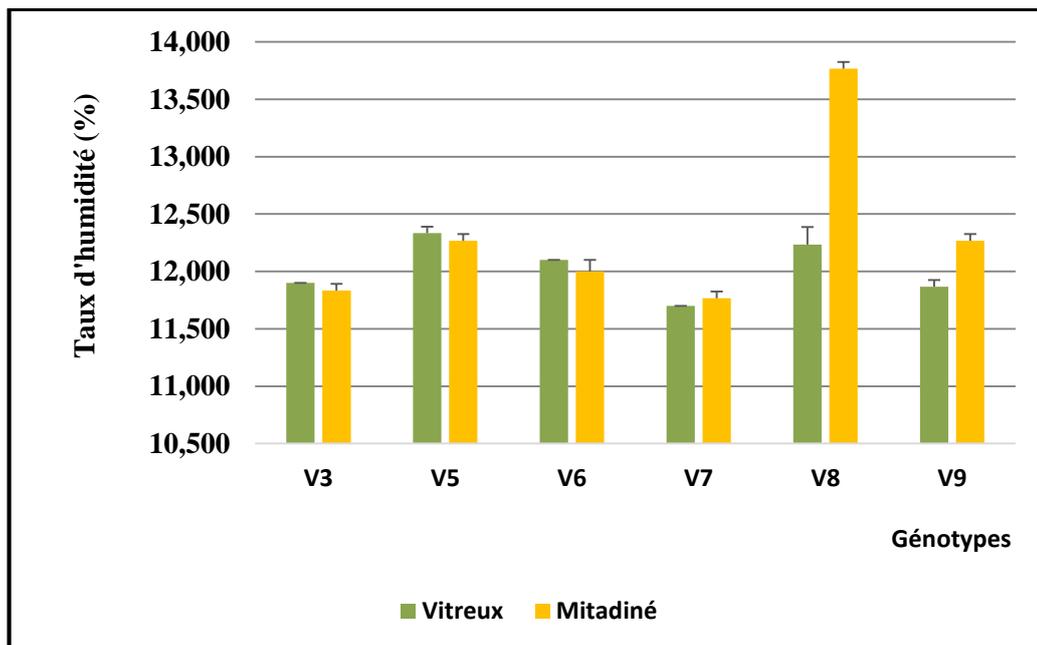
Variétés	Traitements	$\bar{x} \pm \delta$
V3	Vitreux	11,867 ± 0,058
	Mitadiné	9,333 ± 0,058 ***
V5	Vitreux	11,767 ± 0,058
	Mitadiné	9,167 ± 0,058 ***
V6	Vitreux	11,433 ± 0,058
	Mitadiné	9,233 ± 0,058 ***
V7	Vitreux	15,833 ± 0,058
	Mitadiné	11,967 ± 0,153 ***
V8	Vitreux	15,533 ± 0,115
	Mitadiné	11,900 ± 0 ***
V9	Vitreux	14,767 ± 0,058
	Mitadiné	10,967 ± 0,058 ***

$\bar{x} \pm \delta$  : Moyenne et écart-type

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

### 3.1.2. Teneur en Humidité

Les résultats obtenus pour la teneur en humidité des grains (Fig. 13), montrent que, pour certains génotypes, la teneur en humidité des grains mitadinés était légèrement inférieure à celle des grains vitreux (Génotypes V3, V5 et V6), alors que pour d'autres (V7, V8 et V9), la teneur en humidité des grains mitadinés était relativement importante, par rapport aux grains vitreux.



**Figure 13 :** Teneur en humidité dans les grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Le taux d'humidité le plus élevé a été enregistré chez les grains mitadinés du génotype V8 (Tab. 08) pour lequel nous avons noté une moyenne de 13.767 %, alors que le taux le plus faible était pour les grains mitadinés du génotype V7 (11.767 %). Mais, d'une façon générale le taux d'humidité enregistré chez les grains mitadinés et vitreux, est conforme par rapport à la norme CA STAN 178- 1991 (< 14.50 %).

La réduction de la teneur en humidité notée, chez les grains mitadinés des 3 génotypes V3, V5 et V6 par rapport aux grains vitreux des mêmes génotypes, était de l'ordre de 0.54 à 0.83 %. Par contre chez les génotypes V7, V8 et V9, pour lesquels nous avons noté une augmentation dans la teneur en humidité des grains mitadinés par rapport aux grains vitreux, la différence dans les valeurs enregistrées était de l'ordre de 0.57 à 12.53 %.

Des résultats similaires ont été obtenus par Kanopka *et al.* (2015), qui ont signalé que pour certains cultivars de blé, la teneur en humidité enregistrée chez les grains vitreux était légèrement inférieure à celle des grains mitadinés, alors que pour d'autres cultivars la teneur en humidité dans les grains vitreux était plus ou moins similaire à celle des grains mitadinés.

L'analyse de la variance (Tab. 08), a montré des différences très hautement significative entre les variétés et les traitements. En comparant les résultats entre grains mitadinés et vitreux par le test Dunnett, pour le même génotype (Tab. 09), nous avons constaté que les différences entre les valeurs enregistrées pour les grains vitreux et les grains mitadinés, n'étaient pas significatives pour les génotypes V3, V5, V6 et V7, très hautement significatives pour le génotype : V8, et hautement significatives pour le génotype V9.

**Tableau 08 :** Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en humidité des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.

Sources de variations	DF	SS	MS	F	P
Variétés (Génotypes)	5	6,08139	1,21628	257,56	0,000 ***
Traitement	1	0,78028	0,78028	165,24	0,000 ***
Interaction	5	3,02139	0,60428	127,96	0,000 ***
Erreur	24	0,11333	0,00472		
Total	35	9,99639			

DF : Degrés de liberté

SS : Somme des carrés des écarts

MS : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

**Tableau 09** : Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans la teneur en humidité entre les grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Variétés	Traitements	$\bar{x} \pm \hat{\sigma}$
V3	Vitreux	11,900±0
	Mitadiné	11,833±0,058 NS
V5	Vitreux	12,333 ±0,058
	Mitadiné	12,267±0,058 NS
V6	Vitreux	12,100±0
	Mitadiné	12,000±0,100 NS
V7	Vitreux	11,700 ±0
	Mitadiné	11,767 ±0,058 NS
V8	Vitreux	12,233 ± 0,153
	Mitadiné	13,767 ± 0,058 ***
V9	Vitreux	11,867 ±0,058
	Mitadiné	12,267 ± 0,058 **

$\bar{x} \pm \hat{\sigma}$  : Moyenne et écart-type

NS : Différences non significatives ( $P > \alpha = 0.05$ )

\*\* : Différences hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.01$ ).

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

### 3.1.3. Poids de 1000 grains (PMG)

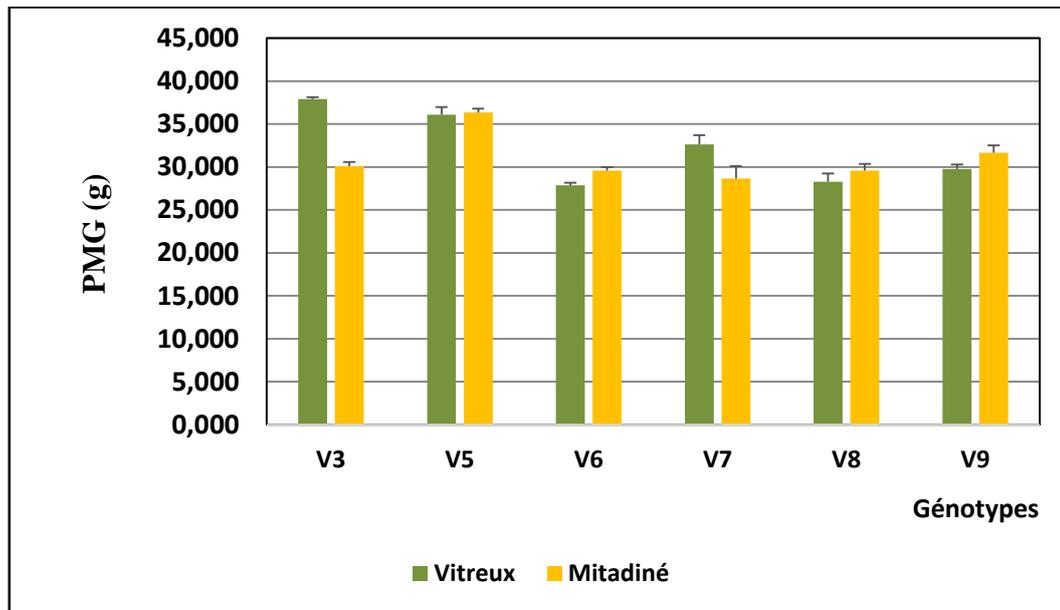
Le poids de 1000 grains dépend de la variété et des conditions de nutrition hydrique et minérale de la plante à la fin du cycle de développement de la culture (C.R.E.A.B, Midi-Pyrénées, 2008).

On considère souvent que la proportion d'enveloppes est d'autant plus grande que le poids du grain est petit. Aucune étude n'a permis de conclure que toutes les variétés à petit grains ont une valeur semoulière systématiquement inférieure. Par contre, un faible Poids de 1000 grains consécutif à l'échaudage a toujours des conséquences désastreuses sur le rendement semoulier (Abecassis *et al.*, 1990).

Selon Arvalis (2013), le PMG est une composante variétale qui peut être diminuée par plusieurs facteurs :

- Les maladies des feuilles et l'épi :
- Les maladies racinaires (piétin échaudage, fusarioses) ;
- Un excès de végétation : trop de grains/m<sup>2</sup> par rapport à la réserve en eau du sol.

La figure 14 montre que le poids de 1000 grains (PMG) des grains vitreux pour les génotypes V3 et V7 est plus élevé que celui des grains mitadinés, alors que pour les autres génotypes (V5, V6, V8 et V9), le PMG des grains mitadinés est légèrement plus élevé que celui des grains vitreux.



**Figure 14 :** Poids de 1000 grains (PMG) des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Le taux de réduction du poids de 1000 grains enregistré entre les grains vitreux et les grains mitadinés, était plus élevé chez le génotype V3 (20.58%), que chez le génotype V7 (12.19%), d'où des différences très hautement significatives ont été enregistrées entre les grains mitadinés et les grains vitreux pour ces deux génotypes (Tab.10). Alors que pour les génotypes V5, V6, V8 et V9, pour lesquels le poids de 1000 grains était plus élevé pour les grains mitadinés, les différences étaient non significatives pour les génotypes V5 et V8, hautement significatives pour le génotype V6 et très hautement significatives pour le génotype V9 (Tab. 10).

**Tableau 10** : Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le poids de 1000 grains des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Variétés	Traitements	$\bar{x} \pm \hat{\sigma}$
<b>V3</b>	Vitreux	37,929 ± 0,229
	Mitadiné	30,123 ± 0,483 ***
<b>V5</b>	Vitreux	36,102 ± 0,900
	Mitadiné	36,356 ± 0,464 NS
<b>V6</b>	Vitreux	27,880 ± 0,314
	Mitadiné	29,587 ± 0,429 **
<b>V7</b>	Vitreux	32,626 ± 1,097
	Mitadiné	28,650 ± 1,460 ***
<b>V8</b>	Vitreux	28,301 ± 0,952
	Mitadiné	29,601 ± 0,774 NS
<b>V9</b>	Vitreux	29,764 ± 0,535
	Mitadiné	31,674 ± 0,851 ***

$\bar{x} \pm \hat{\sigma}$  : Moyenne et écart-type

NS : Différence non significative ( $P > \alpha = 0.05$ )

\*\* : Différence hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.01$ ).

\*\*\* : Différence très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

L'analyse de la variance (Tab. 11) a montré des différences très hautement significatives entre les génotypes et les traitements (vitreux et mitadiné).

**Tableau 11** : Résultats de l'analyse de la variance du poids de 1000 grains, des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.

Source	DF	SS	MS	F	P
<b>Variété</b>	5	265,359	53,0718	85,56	0,000 ***
<b>Traitement</b>	1	10,927	10,9274	17,62	0,000 ***
<b>Interaction</b>	5	116,668	23,3336	37,62	0,000 ***
<b>Error</b>	24	14,886	0,6203		
<b>Total</b>	35	407,841			

DF : Degrés de liberté

SS : Somme des carrés des écarts

MS : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

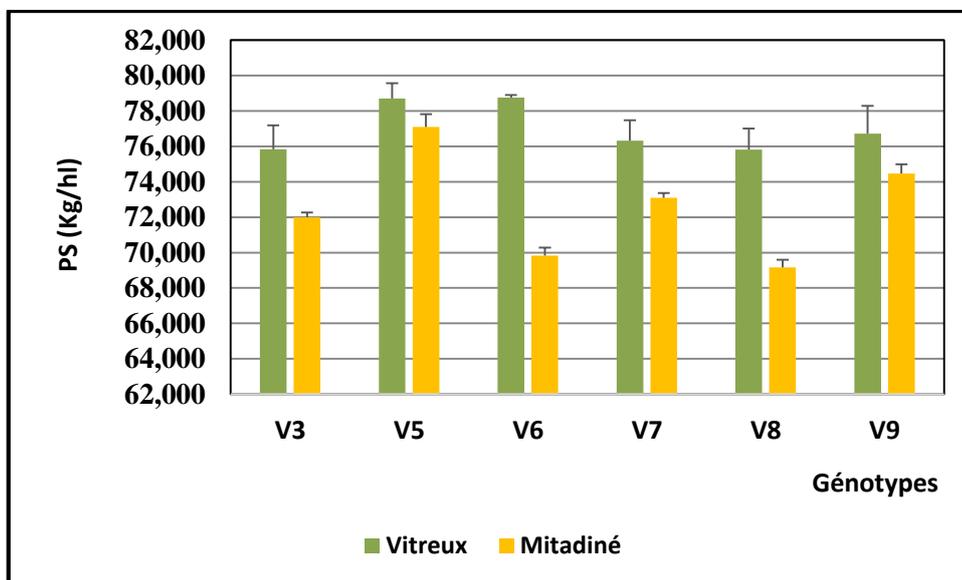
### 1.3.4. Le poids spécifique (PS)

Le poids spécifique est à la fois sous l'influence de :

- L'état de la culture pendant le remplissage du grain (les maladies, les adventices, l'excès d'azote sont pénalisants).
- Le climat de cette époque.
- De la variété dans un même champ, l'écart du poids spécifique entre variétés atteint 5 à 8 points.

Au début de remplissage (grain laiteux), des températures élevées diminuent le poids spécifique ; et après le stade grain pâteux, une dessiccation rapide l'améliore (Arvalis, 2013).

Les résultats relatifs au poids spécifique (Fig. 15) montrent que le poids spécifique des grains mitadiné était inférieur à celui des grains vitreux et ce pour l'ensemble des génotypes testés.



**Figure 15** : Poids spécifique des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.

La différence entre le poids spécifique des grains vitreux et des grains mitadinés pour le même génotype varie entre 1.603 g/L pour le génotype V5 au 8.920 g/L pour le génotype V6, ceci correspond à un taux de réduction de 2.04 % et 11.33%, respectivement pour les mêmes génotypes (Tab. 12).

L'analyse de la variance (Tab. 13), a enregistré des différences très hautement significatives entre les génotypes et les traitements. Le test Dunnett a montré des différences non significatives pour le poids spécifique entre les grains mitadinés et les grains vitreux, pour les génotypes V5 et V9, des différences hautement significatives pour les génotypes V3, V7 et V8, et très hautement significatives pour le génotype V6 (Tab. 12).

Simões Larraz Ferreira (2011), révèle que, le manque d'amidon (qui a pour rôle d'occuper les espaces vides) dans les petits grains par rapport aux gros grains contribuerait à diminuer la densité de l'albumen.

**Tableau 12** : Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le poids spécifique des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Variété	Traitement	$\bar{x} \pm \delta$
V3	Vitreux	75,833 ± 1,365
	Mitadiné	72,000 ± 0,265 **
V5	Vitreux	78,707 ± 0,863
	Mitadiné	77,103 ± 0,710 NS
V6	Vitreux	78,757 ± 0,143
	Mitadiné	69, 837 ± 0,450 ***
V7	Vitreux	76,333 ± 1,155
	Mitadiné	73,100 ± 0,265 **
V8	Vitreux	75,827 ± 1,189
	Mitadiné	69,160 ± 0,426 **
V9	Vitreux	76,720 ± 1,567
	Mitadiné	74,473 ± 0,508 NS

$\bar{x} \pm \delta$  : Moyenne et écart-type

NS : Différence non significative ( $P > \alpha = 0.05$ )

\*\* : Différence hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.01$ ).

\*\*\* : Différence très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

**Tableau 13** : Résultats de l'analyse de la variance du poids spécifique des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.

Sources de variations	DF	SS	MS	F	P
Variétés (Génotypes)	5	99,806	19,961	26,28	0,000***
Traitement	1	175,607	175,607	231,15	0,000***
Interaction	5	59,560	11,912	15,68	0,000***
Erreur	24	18,233	0,760		
Total	35	353,206			

DF : Degrés de liberté

SS : Somme des carrés des écarts

MS : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives

\*\*\* : Différence très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

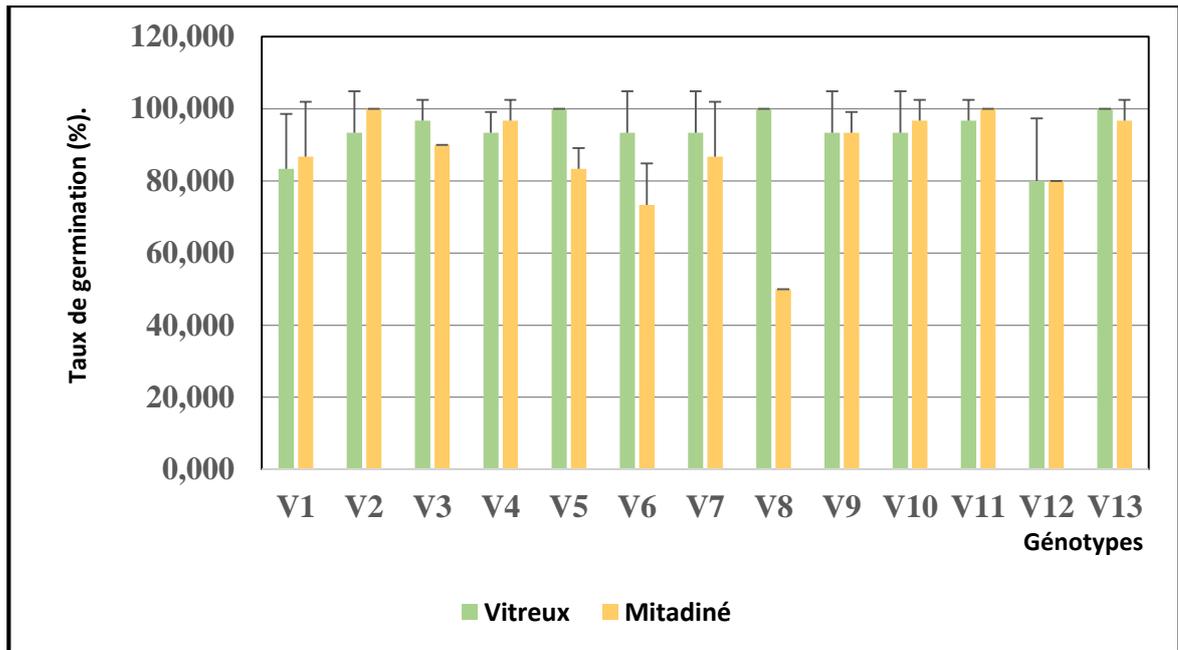
### 3.2. Résultats du test de germination

#### 3.2.1. Taux de germination

Par définition la germination est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Le processus de germination commence dès que la graine sèche est hydratée. La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases.(Bewley, 1997).

La figure 16 montre que le taux de germination pour les génotypes V3 ; V5 ; V6 ; V7 ; V8 ; V13 des grains vitreux est plus faible que celui des grains mitadinés, alors que pour les génotypes V1, V2 ; V4 ; V10 et V11 le taux de germination est plus élevé chez les grains mitadinés que chez les grains vitreux ; cependant, aucune différence entre les grains mitadinés et vitreux n'a été observée pour les génotypes V9 et V12.

Entre autres, la réduction dans le taux de germination entre les grains mitadinés et vitreux était de l'ordre de 0 % (pour le génotype V9) à 50 % (pour le génotype V8).



**Figure 16** : Pourcentage de germination des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.

L'analyse de la variance (Tab. 14 ) a montré une différence très hautement significative entre les variétés et hautement significative entre les traitements. Le test de Dunnett, a affiché des différences non significatives entre le taux de germination des grains mitadinés et vitreux et ce pour l'ensemble des génotypes à l'exception du génotype V5 où la différence était hautement significative et le génotype V8 pour lequel des différences très hautement significatives ont été enregistrées (Tab. 15).

Les différences non significatives enregistrées dans le taux de germination entre les grains vitreux et les grains mitadinés sont probablement attribuées au fait que la composition de l'album en est présentée essentiellement par 70 % d'amidon, et ce sont les réserves de l'albumen qui assurent l'alimentation du jeune embryon en cours de germination ce qui lui permet d'atteindre l'autotrophie (Zemour, 2014).

**Tableau 14** : Résultats de l'analyse de la variance du taux de germination des grains vitreux et mitadinés pour les différents géotypes

Sources de variations	DF	SS	MS	F	P
Variétés (Géotypes)	12	3905,1	325,427	4,09	0,000 ***
Traitement	1	801,3	801,282	10,08	0,003 **
Interaction	12	4248,7	354,060	4,45	0,000 ***
Erreur	52	4133,3	79,487		
Total	77	13088,5			

**DF** : Degrés de liberté

**SS** : Somme des carrés des écarts

**MS** : Carré moyen

**F** : Valeur observée de F de Fisher

**P** : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

\*\* : Différences hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.01$ ).

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

**Tableau 15** : Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans le taux de germination des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Variétés	Traitements	$\bar{x} \pm \delta$
V1	Vitreux	83,333+/- 15,275
	Mitadiné	86,667+/-15,275 NS
V2	Vitreux	93,333+/-11,547
	Mitadiné	100 NS
V3	Vitreux	96,667+/-5,774
	Mitadiné	90+/-0 NS
V4	Vitreux	93,333+/-5,774
	Mitadiné	96,667+/-5,774 NS
V5	Vitreux	100
	Mitadiné	83,333+/-5,774 **
V6	Vitreux	93,333+/-11,547
	Mitadiné	73,333+/-11,547 NS
V7	Vitreux	93,333+/-11,547
	Mitadiné	86,667+/-15,275 NS
V8	Vitreux	100+/-0
	Mitadiné	50+/-0 ***
V9	Vitreux	93,333+/-11,547
	Mitadiné	93,333+/-5,774 NS
V10	Vitreux	93,333+/-11,547
	Mitadiné	96,667+/-5,774 NS
V11	Vitreux	96,667+/-5,774
	Mitadiné	100+/-0 NS
V12	Vitreux	80,000+/-17,321
	Mitadiné	80,000+/-0,0 NS
V13	Vitreux	100+/-0
	Mitadiné	96,667+/-5,774 NS

$\bar{x} \pm \delta$  : Moyenne et écart-type

NS : Différences non significatives ( $P > \alpha = 0.05$ )

\*\* : Différences hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.01$ ).

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

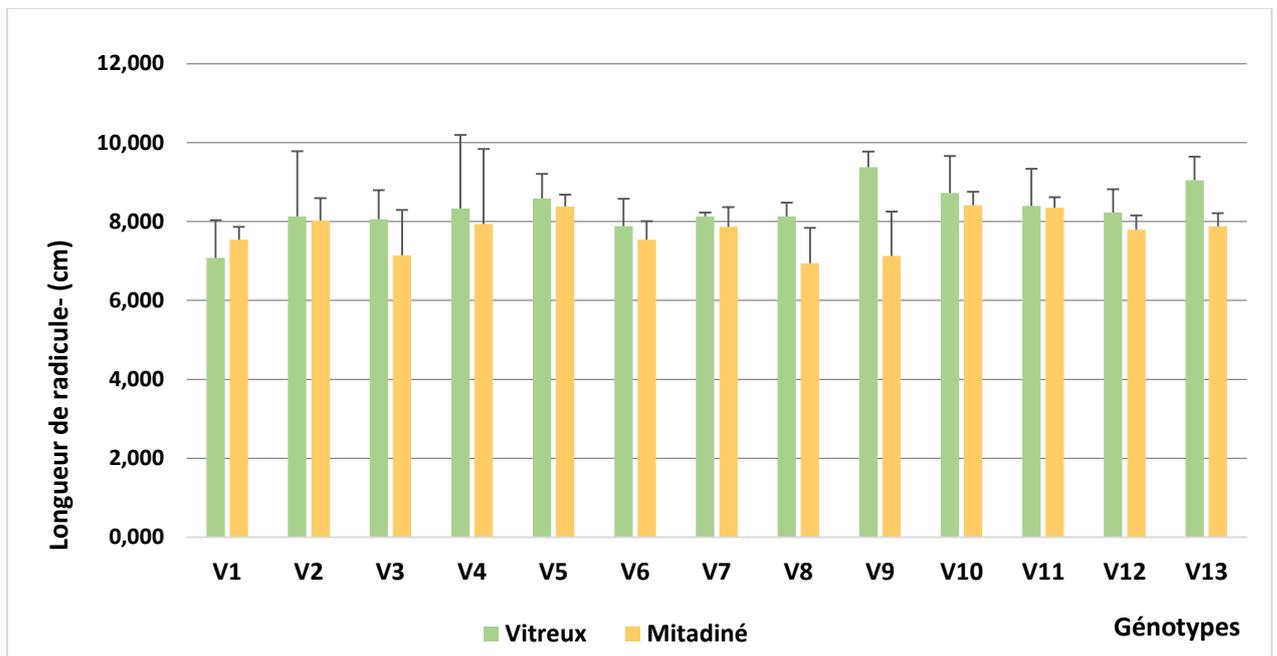
### 3.2.2. Longueur de la racicule

La figure 17, affiche que les racicules issues des grains mitadinés sont légèrement courtes que les racicules issues des grains vitreux à l'exception du génotype V1.

La longueur la plus élevée était de 9.378 Cm pour les grains vitreux du génotype V9 par contre la longueur la plus faible a été notée pour les racicules du génotype V8 des grains mitadinés.

Le taux de réduction de la longueur des racicules issues de grains mitadinés et vitreux est de l'ordre de 0.56 (pour le génotype V11) et de 24% (pour le génotype V9).

Le traitement statistique des résultats, par le biais de l'analyse de la variance (Tab. 16) a affiché des différences non significative entre les génotypes et très hautement significatives entre les traitements. Le test de Dunnett (Tab. 17) a affiché des différences non significatives entre les grains vitreux et les grains mitadinés, pour l'ensemble des génotypes, à l'exception des génotypes V9 et V13 pour lesquels nous avons noté des différences significatives dans la longueur de la racicule entre les grains vitreux et les grains mitadinés.



**Figure 17 :** La longueur des racicules issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

**Tableau 16:** Résultats de l'analyse de la variance de la longueur de la radicules issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Sources de variations	DF	SS	MS	F	P
Variétés (Génotypes)	12	12,1413	1,01178	1,35	0,222 NS
Traitement	1	6,2730	6,27301	8,35	0,006 ***
Interaction	12	8,4953	0,70794	0,94	0,514 NS
Erreur	52	39,0869	0,75167		
Total	77	65,9965			

DF : Degrés de liberté

SS : Somme des carrés des écarts

MS : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

NS : Différence non significative ( $P > \alpha = 0.05$ )

\*\*\* : Différences très hautement significatives ( $P \leq \alpha = 0.001$ ).

**Tableau 17** : Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance de la différence enregistrée dans la longueur de la radicule des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

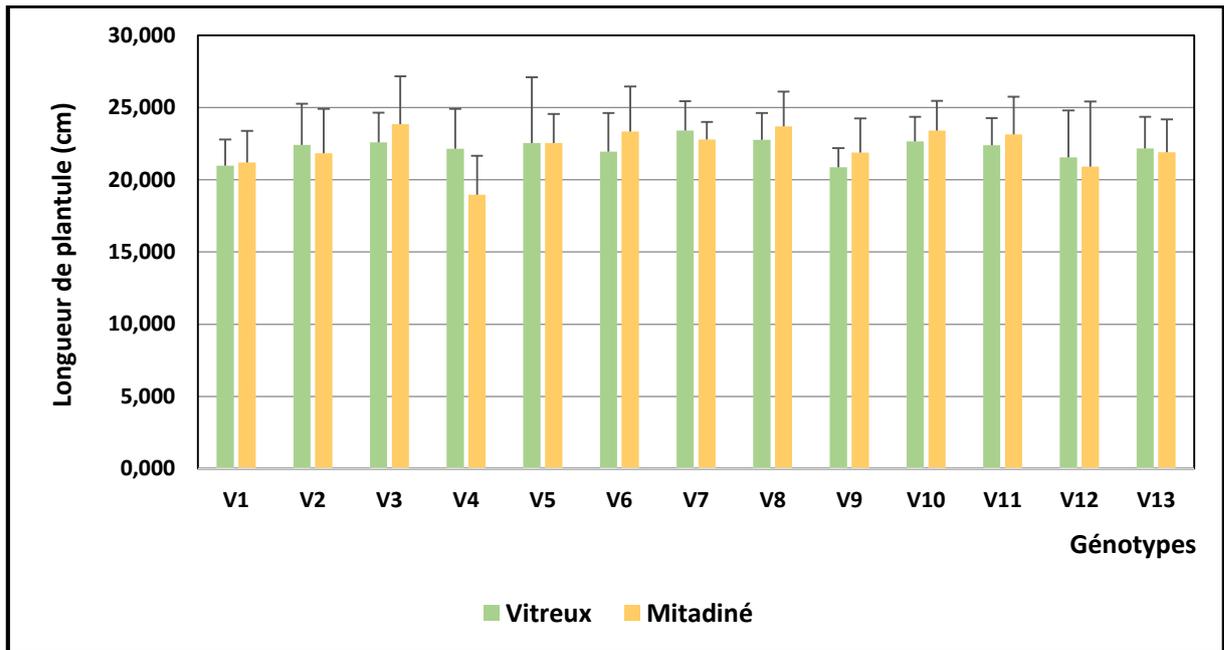
Variété	Traitement	$\bar{x} \pm \delta$
V1	Vitreux	7,080 ± 0,950
	Mitadiné	7,540 ± 0,327 NS
V2	Vitreux	8,127 ± 1,656
	Mitadiné	8,027 ± 0,562 NS
V3	Vitreux	8,053 ± 0,744
	Mitadiné	7,140 ± 1,153 NS
V4	Vitreux	8,333 ± 1,856
	Mitadiné	7,933 ± 1,906 NS
V5	Vitreux	8,587 ± 0,617
	Mitadiné	8,380 ± 0,300 NS
V6	Vitreux	7,880 ± 0,694
	Mitadiné	7,540 ± 0,465 NS
V7	Vitreux	8,133 ± 0,095
	Mitadiné	7,687 ± 0,497 NS
V8	Vitreux	8,127 ± 0,353
	Mitadiné	6,940 ± 0,901 NS
V9	Vitreux	9,378 ± 0,391
	Mitadiné	7,127 ± 1,126 *
V10	Vitreux	8,724 ± 0,936
	Mitadiné	8,413 ± 0,341 NS
V11	Vitreux	8,393 ± 0,939
	Mitadiné	8,347 ± 0,272 NS
V12	Vitreux	8,227 ± 0,590
	Mitadiné	7,787 ± 0,367 NS
V13	Vitreux	9,047 ± 0,594
	Mitadiné	7,880 ± 0,329 *

NS : Différence non significative ( $P > \alpha = 0.05$ )

\* : Différences significatives ( $P \leq \alpha = 0.05$ ).

### 3.2.3. Longueur de plantule

Les résultats relatifs à la longueur des plantules (Fig. 18), ont montré que pour certains génotypes, la hauteur des plantules issues de grains mitadinés était inférieure à celle des plantules issues de grains vitreux, c'est le cas des génotypes V1, V3, V5, V6, V8, V9, V10, V11 et V13, alors que pour les génotypes V2, V4, V7 et V12, la hauteur des plantules issues de grains mitadinés a dépassé légèrement la hauteur des plantules issues de grains vitreux.



**Figure 18** : La longueur de la plantule issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes.

La différence entre la longueur des plantules issues des grains mitadinés et des grains vitreux était de l'ordre de 0.047 Cm pour le génotype V11 et de 2.251 Cm pour le génotype V9, ce qui correspond à un taux de réduction allant de l'ordre de 0.56 % (pour le génotype V11) à 24% (pour le génotype V9).

Les résultats de l'analyse de la variance (Tab. 18) ont affiché des différences non significatives entre les génotypes et les traitements. De même, des différences non significatives ont été notées pour ce paramètre entre les plantules issues de grains vitreux et celles issues de grains mitadinés du même génotype (Tab. 19), et ce pour l'ensemble des génotype testés.

**Tableau 18:** Résultats de l'analyse de la variance de longueur des plantules issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Sources de variations	DF	SS	MS	F	P
Variétés (Génotypes)	1	63,47	63,4683	3,69	0,060 NS
Traitement	12	337,81	28,1508	1,63	0,111 NS
Interaction	12	427,99	35,6655	2,07	0,036 NS
Erreur	52	895,56	17,2223		
Total	77	1724,82			

DF : Degrés de liberté

SS : Somme des carrés des écarts

MS : Carré moyen

F : Valeur observée de F de Fisher

P : Probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

NS : Différence non significative ( $P > \alpha = 0.05$ )

Les différences non significatives enregistrées dans la hauteur des plantules issues de grains mitadinés et de grains vitreux peuvent être attribuées au fait que, au-delà de la phase de germination des graines, la croissance des plantules ne dépend plus de la composition de la graine et la teneurs en réserves emmagasinés, mais elle dépend beaucoup plus des facteurs de l'environnement, et l'approvisionnement en éléments nutritifs, fournis par le sol ou les fertilisants, mis à part les stress biotiques ou abiotiques auxquels les plantes sont soumises.

**Tableau 18** : Résultats du test de Dunnett, montrant l'importance des différences enregistrées dans la hauteur des plantules issues des grains vitreux et mitadinés pour les différents génotypes

Variété	Traitement	$\bar{x} \pm \delta$
V1	Vitreux	20,970±1,823
	Mitadiné	21,200±2,180 NS
V2	Vitreux	22,413±2,855
	Mitadiné	21,843±3,064 NS
V3	Vitreux	22,588±2,066
	Mitadiné	23,860±3,319 NS
V4	Vitreux	22,156±2,764
	Mitadiné	18,967±2,706 NS
V5	Vitreux	22,550±4,555
	Mitadiné	22,538±2,029 NS
V6	Vitreux	21,957±2,663
	Mitadiné	23,350±3,120 NS
V7	Vitreux	23,400±2,051
	Mitadiné	22,786±1,220 NS
V8	Vitreux	22,778±1,851
	Mitadiné	23,700±2,404 NS
V9	Vitreux	20,857±1,339
	Mitadiné	21,883±2,367 NS
V10	Vitreux	22,663±1,701
	Mitadiné	23,413±2,046 NS
V11	Vitreux	22,389±1,883
	Mitadiné	23,143±2,619 NS
V12	Vitreux	21,543±3,254
	Mitadiné	20,920±4,499 NS
V13	Vitreux	22,175±2,182
	Mitadiné	21,900±2,294 NS

$\bar{x} \pm \delta$  : Moyenne et écart-type.

NS : Différence non significative ( $P > \alpha = 0.05$ )

# *Conclusion*

## **Conclusion**

L'autosuffisance alimentaire est un majeur enjeu en Algérie. Pour éviter les importations et la dépendance alimentaire, le développement de la filière céréale est primordial soit en terme de rendement ou de qualité semoulière et culinaire.

Le but de ce travail est l'étude de l'influence du mitadinage sur les paramètres technologiques du blé, sur le taux de germination et sur le développement des plantules du blé dur (*Triticum durum* Desf.). 13 Génotypes ont fait l'objet de l'étude, dont 6 sont des variétés homologuées et inscrites dans le catalogue national : BENI MESTINA, SIGUS, GTA DUR, CIRTA, VITRON et WAHA et 7 Lignées qui sont en cours de sélection.

Le mitadinage est un phénomène physiologique très fréquent en Algérie, qui affecte la qualité technologique des grains, par la diminution des taux de protéines, ce qui a pour conséquences, une dépréciation de la qualité des semoules, et des produits alimentaires à base de semoule (pâtes alimentaires) ; ce phénomène est attribué plus particulièrement, à une altération dans le processus de nutrition azotée chez les plantes (défaut d'apport d'azote,...).

A travers les différents tests réalisés dans cette étude, et à la lumière des résultats obtenus (Tab. 20), il en ressort que :

- Pour les paramètres physicochimiques, qui ont porté sur 06 génotypes parmi les 13 génotypes étudiés (V3, V5, V6, V7, V8 et V9), le taux des protéines était le paramètre le plus affecté par le mitadinage, d'où les différences enregistrées entre les grains mitadinés et les grains vitreux étaient très hautement significatifs pour tous les génotypes ; le poids spécifique et le poids de 1000 grains ont été également affectés dans la majorité des génotypes étudiés, et des différences très hautement significatives ont été notées chez les génotypes V3, V7 et V9 pour le poids spécifique et chez le génotype V6 pour le poids de 1000 grains.

- Pour les paramètres agronomiques les différences entre les valeurs enregistrées pour les grains mitadinés et vitreux étaient d'une manière globale non significatives pour l'ensemble des paramètres étudiés, à l'exception du taux de germination qui a enregistré des différences très hautement significatives chez le génotype V8 (Tab. 20).

Tableau 20 : Tableau récapitulatif des résultats

Paramètres estimés		Prot..	Hum.	P.S.	PMG	Germ.	Rad.	Plant.
Génotypes								
V1	Vitreux							
V1	Mitadiné					N.S.	N.S.	N.S.
V2	Vitreux							
V2	Mitadiné					N.S.	N.S.	N.S.
V3	Vitreux							
V3	Mitadiné	***	N.S.	***	**	N.S.	N.S.	N.S.
V4	Vitreux							
V4	Mitadiné					N.S.	N.S.	N.S.
V5	Vitreux							
V5	Mitadiné	***	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.
V6	Vitreux							
V6	Mitadiné	***	N.S.	**	***	N.S.	N.S.	N.S.
V7	Vitreux							
V7	Mitadiné	***	N.S.	***	**	N.S.	N.S.	N.S.
V8	Vitreux							
V8	Mitadiné	***	***	N.S.	**	***	N.S.	N.S.
V9	Vitreux							
V9	Mitadiné	***	**	***	N.S.	N.S.	*	N.S.
V10	Vitreux							
V10	Mitadiné					N.S.	N.S.	N.S.
V11	Vitreux							
V11	Mitadiné					N.S.	N.S.	N.S.
V12	Vitreux							
V12	Mitadiné					N.S.	N.S.	N.S.
V13	Vitreux							
V13	Mitadiné					N.S.	*	N.S.

V1-V13 : Génotypes

Prot.. : Taux de protéines

Hum. : Teneur en humidité

P.S. : Poids spécifique

PMG : Poids de 1000 grains

Germ. : Taux de germination

Rad. : Longueur de la racine

Plant. : Hauteur des plantules

N.S. : Différences non significatives ( $\alpha = 0.05$ )

\* : Différences significatives ( $\alpha = 0.05$ )

\*\* : Différences significatives ( $\alpha = 0.01$ )

\*\*\* : Différences significatives ( $\alpha = 0.001$ )

Des différences inter-génotypes très hautement significatives ont été notées pour tous les paramètres étudiés, à l'exception de la longueur de la racicule et la hauteur des plantules.

Bien que nos résultats n'ont pas montré d'effets du mitadinage sur les paramètres agronomiques, son impact semble être désastreux sur la qualité technologique du blé, notamment, le rendement en semoule et la qualité de la semoule (Texture, couleur, qualité culinaire, ...). A cet effet il serait intéressant en perspectives :

- Elargir cette étude sur d'autres génotypes et d'autres paramètres physicochimiques et agronomiques.
- Revoir les modalités de la fertilisation azotée adoptée par les agriculteurs (doses et quantités d'azote apportées à la culture pendant les différents stades phénologiques, fractionnement d'azote, ...), et ce à travers des études approfondies sur terrain, pour mieux comprendre les causes du mitadinage et chercher les solutions adéquates à ce fléau.

**Références bibliographiques**

**Abdellaoui Z., Fettih S. et Zaghouane O. (2006).** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement d'une culture de blé dur. In Arrue Ugarte J.L. (ed.), Cantero-Martínez C. (ed.). Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; N° 69. CEHEAM : 7 p.

**Abecassis J, Gautier M-F. et Autran J-C. (1990).** Actualités des industries alimentaires et agro-industrielles, La filière blé dur - pâtes alimentaires • Apports complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité. Actualités des industries alimentaires et agro-industrielles : 475 - 482.

**Ait Abdallah- Djennadi F. Hamadou D. Bessai D. Gaagaa Y. (2014).** Effet de la fertilisation azotée de la culture de blé sur l'évolution du rendement et de ses composantes et sur l'amélioration de la teneur du sol en phosphore assimilable dans la région de Khroub. Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures. Numéro 62 : 6 et 7.

**Alaoui S.B. (2005).** Référentiel pour la conduite technique de la culture du blé dur (*Triticum durum*) : 15p., disponible sur URL : [https://www.researchgate.net/publication/280804544\\_Referentiel\\_pour\\_la\\_Conduite\\_Technique\\_de\\_la\\_Culture\\_du\\_ble\\_dur\\_Triticum\\_durum](https://www.researchgate.net/publication/280804544_Referentiel_pour_la_Conduite_Technique_de_la_Culture_du_ble_dur_Triticum_durum) (Consulté le 20 avril 2018).

**Amrani , (2006) Pour réussir votre campagne Agricole... Synthèse des recommandations technique en céréaliculture.** Céréaliculture : revue technique et scientifique de l'Institut Technique des Grandes Cultures. Numéro 47 . 49p

**Arvalis (2013).** Blé dur. Choisir et décider 2013 Variétés et traitements d'automne 36p.

**Baasandordj T.;Ohm J-B et Simsek S (2015)** Effect on dark Hard and Vitreous Kernel Content on Protein Molecular Weight Distribution, and Milling and Breadmaking Quality Characteristics for Hard Spring. *Cereal Chemistry* Vol. 92, No. 6 : 9 p.

**Belaid D. Algerie** (2015) Blés durs de terroir : pilotage de la fertilisation azotée et qualité semoulière du grain. Cultures des céréales en Algérie : aspects techniques et économiques. Collection : SCIENCES ET TECHNIQUES AGRONOMIQUES. 209p.

**Bewley J.D. (1997)** Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, Vol. 9. American Society of Plant Physiologists: 13 p.

**Benbelkacem A., Kellou K. (2000)** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) cultivées en Algérie. In **Royo C. ; Nachit M. ; Di Fonzo N. and Araus J.L.** Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges .CEHEAM. : 7 p.

**Benbelkacem A., sadli F0 et brinis L. (1995)** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie In **Di Fonzo N. ; Kaan F. and Nachit M.**. Durum wheat quality in the Mediterranean region: 6 p

**C.R.E.A.B. MIDI-PYRENEES** Résultats de l'essai Variété de blé dur en agriculture biologique. Campagne 2007-2008 : 12 p.

**Cherfia R. (2010 )**. Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Thèse de magistère. Université Mentouri –Constantine : Option Biotechnologies végétales .p 10

**CIC (2018)** : Rapport sur le marché des céréales - 18 janvier 2018. US Wheat Associates.

**Citron G. (2007)**. Agronomie et régulateurs /A l'abri de la verse .*Perspectives agricoles* • N° 331 • Février : 4 P.

**Dexter J.E. et Edwards N.M. (1998)** The Implications of Frequently Encountered Grading Factors on the Processing Quality of Durum Wheat. Association of Operative Millers – Bulletin : 30p.

**Djermoun A. (2009)** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie* N° 01/Juin : 45 à 53.

**Doorenbos J. Kassam A.H. Bentverisen C.L.M. Branscheid V. Plusjé J.M.G.A. Smith M. Uittengogaard G.O. et Van Der Val H.K. (1987)** Exigence de blé dur. *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* (33). Rome : p 202.

**Dupont F.M. et Altenbach S.B. (2003)** Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. Elsevier *Journal of Cereal Science* 38 : 133–146.

**Dziki D. et Laskowski J. (2005)** wheat kernel physical properties and milling process. *Acta Agrophysica*, 2005, 6(1), 59-71.

**Feillet P. (2000)**. Le grain de blé : composition et utilisation. *INRA*. : 308 p.

**Fu B.X. ; Wan K. ; Dupuis B. ; Taylor D. and Nam S. (2017)** Kernel vitreousness and protein content: Relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality. *Journal of cereal science* : 01 p.

**Gate P. (1995)**. Ecophysiologie du blé. *ITCF* , Tec et Doc : 430 p

**Gleen (2000)**. Seeds and Stored Grains. Agronomy handbook. *Virginia cooperative extension*: 10 p.

**Godon B. (1991)**. Biotransformation des produits céréaliers. Lavoisier, Paris *INRA - Technique et documentation- Lavoisier* : 21.

**Grignac P. (1978)**. Amélioration variétale de blé dur (*Triticum durum* Desf.).*Annale de l'INA* (El –Harrach) : 83 -110.

**Hamadache A. (2013)** Eléments de Phytotechnie Générale-Grandes Cultures– Tome 1 Le blé : 256 p.

**Harrad F. ; Saidi L. et Chaabna S. (2006)**. Etude comparative de deux techniques de travail du sol sur les indices qualitatifs et quantitatifs du sol, incidence sur le développement racinaire et rendement du blé. *ITGC*. : 49 p.

**Konopka I. ; Tańska M. and Konopka S. (2015)**. Differences of some chemicals and physical properties of winter wheat grain of mealy and vitreous appearance. *FAO* : 1p.

**I.T.C.F. (2001)** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux : guide pratique. *Lavoisier*, France : 268 p.

**Lasram A. ; Dellagi H. ; Masmoudi M. M. et Ben Mechlia N. (2014)** Poids des facteurs climatiques au cours du cycle de développement du blé Dur. *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - N° 35* (- Actes du 4ème Meeting International 'Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides' 17-19/12/2013 : 1332.

**Lasserre T.M. ; Feillet P. ; Abecassis J. ; Chaurand M. et Autran J-C. (2002).** Conséquences du fractionnement du blé dur sur la clarté des semoules et des pâtes alimentaires. *ONIC-INRA* : 13p.

**Lempereur, M. ; Chaurand M. ; Abecassis J. et. Autran. C. (1997).** Valeur semoulière des blés durs (*Triticum durum Desf.*) Influence de la taille des grains. *Industries des Céréales* N° 104 : 9 p.

**Loué A. (1970).** Fumure et qualité. Document technique de la SCPA : 24 p.

**Nour A. et Brinis L. (2016).** Effet du stockage sur la vigueur et la viabilité des semences de deux variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 32: 22 -29.

**ONFAA (2016).** Bilan du commerce extérieur algérien des céréales 2016 : 6p.

**Samson M.F et Desclaux D. (2006).** Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur : vers une réduction des taux de moucheture et de mitadin. *Colloque régional du 21 Juin 2006. Campus INRA Montpellier* : 5 p.

**Samson M.F. ; Mabilie F. ; Cheret R. ; Abecassis J. et Morel M-H (2005)** Mechanical and Physicochemical Characterization of Vitreous and Mealy Durum Wheat Endosperm , *AACC* Volume 82, Number 1 : 1p.

**Samson M.F. ; Bonicel J. ; Abecassis J. et Morel M-H (2004)** Grain protein content and composition of durum wheat: changes during grain filling and relation with crop quality. *International Workshop. Modelling quality and their genetic variability for Wheat 18 - 21 July, Clermont-Ferrand, France* : 1 p.

**Simões Larraz Ferreira M. (2011).** Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et de remplissage du grain de blé dur . Thèse de doctorat. Montpellier SupAgro., Sciences des Procédés –Sciences des Aliments. 261 p.

**Steduto P. C. ; Hsio T. ; Fereres E. and Raes D. (2012).** Crop yield response to water  
FAO Irrigation And Drainage Paper 66 : 98.

**Zaghouane Boufnar F. et Souissi M. (2014)** Relation entre la production céréalières et les légumineuses alimentaires et les changements climatiques en Algérie. ITGC N 62 : 59-60.

**Zemour K. (2014).** Etude des effets du déficit hydrique sur le processus de germination chez le blé dur (*Triticum durum* Desf) .Thèse de Magister. Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen. Option : Amélioration de la production végétale et biodiversité. P9.

**Sites Web:**

1. <http://www.sillonbelge.be/1448/article/2017-10-07/production-de-ble-et-les-flux-mondiaux-les-marches-belges-et-francais-tres/> (Consulté le 20/04 /2018).
2. [www.carte-algerie.com/plan-24235-el-fedjoudj.html](http://www.carte-algerie.com/plan-24235-el-fedjoudj.html)- (Consulté le 15 Mai 2018)
3. <https://www.google.com/maps/place/El+Fedjoudj,+Algérie-> (Consulté le 15 Mai 2018).

# *Résumé*

## **Abstract**

In order to deduce the influence of mealy grains on yield and harvest quality in wheat, this study was conducted within the Amor Benamor (Guelma) group and involved 13 durum wheat genotypes (*Triticum durum* Desf , of which 06 are registered: BENI MESTINA, SIGUS, GTA DUR, CIRTA, VITRON, WAHA and 07 lines in the process of approval. Two sets of parameters have been estimated: Physicochemical parameters (Protein levels in grain, Moisture of grain , Specific weight and weight of 1000 grains), and agronomic parameters (germination rate, radicle length and seedling height).

The results obtained showed that the physicochemical parameters, in particular the weight of 1000 grains and the grain protein content are very affected by the mitadinage, and significant differences between the mealy grains and vitreous grains were recorded for all the estimated parameters.

**Key words:** durum wheat, mitadinage, genotypes, germination.

## ملخص

من أجل معرفة تأثير mitadinage على مردود و نوعية محصول القمح، أجريت هذه الدراسة بمجمع عمر بن عمر (قالمة) و استعملت 13 نمط وراثي من القمح القاسي (الحنطة القاسي Desf . هي التي وافقت 06: BENI MESTINA، سيقوس GTA سيرتا، VITRON، WAHA و 07 خطوط قدرت مجموعتين من القياسات الفيزيائية (مستويات البروتين في الحبوب، نسبة الرطوبة، والوزن النوعي من وزن 1000 حبة)، والقياسات الزراعية (معدل إنبات، طول الجذير و ارتفاع الشتلات).

وأظهرت النتائج أن النوعية الفيزيائية والكيميائية، بما في ذلك وزن 1000 حبة ونسبة البروتينات تأثير كبير بنسبة mitadinage، وكانت سجلت فروق ذات دلالة إحصائية بين الحبوب النشوية و **الحبوب vitreuse** لجميع المقاييس.

**كلمات البحث :** القمح القاسي، mitadinage، الوراثة، إنبات،

## **Résumé**

Dans le but de déduire l'influence du mitadinage sur le rendement et la qualité de la récolte chez le blé, cette étude a été menée au sein du groupe Amor Benamor (Guelma) et a porté sur 13 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf., dont 06 sont homologuées : BENI MESTINA, SIGUS, GTA DUR, CIRTA, VITRON, WAHA et 07 lignées en cours d'homologation. Deux séries de paramètres ont été estimés : Paramètres physicochimiques (Taux de protéines dans le grain, Humidité du grain, Poids spécifique et poids de 1000 grains), et des paramètres agronomiques (Taux de germination, longueur de la radicule et la hauteur des plantules).

Les résultats obtenus ont montré que les paramètres physicochimiques, notamment le poids de 1000 grains et le taux des protéines du grains sont très affectés par le mitadinage, et des différences significatives entre les grains mitadinés et vitreux ont été enregistrées pour l'ensemble des paramètres estimés.

**Mots clés :** blé dur, mitadinage, génotypes, germination.