



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة باجي مختار عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE BIOLOGIE VEGETALE ET ENVIRONNEMENT (LBVE)

THESE EN VUE DE L' OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité : Biologie Végétale et Environnement

Option : Ecophysiologie Végétale

Thème

**Contribution à l'étude de la longévité et de la
qualité technologique au vieillissement naturel
de semences macrobiotiques : cas du genre
*Triticum sp***

Présenté par :

M^{me} SOUSSA Amel épouse Djabelkhir

Membre de Jury:

Pr. LAIFA Aziz	Président	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. BRINIS Louhichi	Directeur de thèse	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. BELKHODJA Moulay	Examineur	Université Ahmed-Benbella-Oran
Dr. BELAHCENE Nabiha	Examinatrice	Université Cherif-Messadia Souk-Ahras
Pr. BEKHOUCHE Fatiha	Examinatrice	Université Badji Mokhtar-Annaba

Année universitaire: 2018–2019

Avant tout, mes remerciements infinis sont adressés à « Dieu le Tout Puissant » de m'avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Mes remerciements vont à :

Monsieur **BRINIS** Louhichi Professeur au département de biologie à la faculté des sciences de l'université de Badji -Mokhtar -Annaba, qui a encadré cette étude au quotidien. Il fut toujours présent, en particulier lorsque je me suis confrontée au doute, je lui suis reconnaissante pour : sa grande disponibilité, son ouverture d'esprit, son dynamisme et son optimisme, ainsi que pour ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou tout simplement humains.

Monsieur **TAHAR** Ali, Professeur au département de biologie, université de Badji -Mokhtar -Annaba, pour sa précieuse aide pour les traitements statistiques.

Je remercie tous les membres de mon jury, du temps et de la disponibilité trouvés pour lire ma thèse et participer à cette soutenance. Je remercie tout particulièrement Messieurs les membres du jury :

- ✓ Le professeur **LAIFA** Aziz de l'Université Badji Mokhtar-Annaba, d'avoir endossé le rôle de président le jury lors de la soutenance ;

Le professeur **BELKHODJA** Moulay de l'université Ahmed Benbella, Oran, le Docteur **BELAHCEN** Nabiha de l'Université Mohamed Cherif Messaadia Souk Ahras, ainsi que Le professeur **BEKHOUCHE** Fatiha

Remerciements

de l'Université Badji Mokhtar-Annaba, d'avoir examiné et évalué ce travail.

Je remercie l'ensemble de l'Institut Technique des Grandes Cultures I.T.G.C. pour m'avoir fournie le matériel végétal nécessaire pour ce travail et pour toute leur aide précieuse.

*Je remercie Madame **DESCLEAUX Dominique**, Professeure et directrice de l'INRA Montpellier France pour son aide ainsi que pour m'avoir accueillie au sein du laboratoire de Diversité et Génome des Plantes Cultivées à INRA de Montpellier.*

*Je remercie également Mme Françoise **SAMSON** ingénieur à l'INRA sup -agro Montpellier pour son aide au laboratoire de qualité technologique.*

Je tiens à remercier le Docteur Beraheil sabri, Pour son aide dans la réalisation de ce travail,

*Je remercie également mon amie la doctorante **NOUR Asma** pour son aide et précieux conseils tout au long de ce travail.*

Je remercie également mes enseignants de parcours pour leurs conseils et encouragements.

Je remercie le personnel technique du Laboratoire Amélioration Génétique des Plantes et mes collègues.

Résumé :

Ce travail avait pour objectif d'étudier l'effet de vieillissement naturel sur la viabilité et la qualité technologique de quatre variétés de blé dur, conservées pendant deux années sous deux conditions de stockage à savoir des conditions favorables dans la chambre froide, température ($-04c^{\circ}$); humidité (12%); et des conditions défavorables (ambiantes), température estimée entre 10 et 36°C;et une humidité relative de 48 à 83%.

Pour ce faire, une étude des paramètres, morphologiques, physiologiques, biochimiques et technologiques a été initiée sur la semence et ce, pendant la phase de germination, croissance et sur la plante entière.

Dans une première phase nous avons étudié l'effet du vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux des semences de quatre variétés de blé dur, Celles-ci ont bien supporté le VA de courte durée par rapport au VA de longue durée où l'effet négatif sur la germination et la croissance des plantules s'est avéré drastique. Toutefois, des différences variétales de comportement ont été enregistrées à l'issue de ce test.

Concernant l'effet de vieillissement naturel sur la viabilité et la qualité technologique de quatre variétés de blé dur sous les deux conditions favorables et défavorables, Les résultats obtenus montre que d'une manière générale, les variétés sont plus sensibles aux conditions défavorables de vieillissement naturel, alors que sans les conditions favorables, l'effet est moins drastique.

En conclusion, l'étude a montré que le vieillissement naturel provoque des mécanismes similaires de réponse chez les quatre variétés mais à des degrés différents.

Mots clés: Vieillissement naturel, Blé dur, Viabilité, Vigueur, Qualité technologique.

Abstract :

The aim of this work was to study the effect of natural aging on the viability and technological quality of four varieties of durum wheat, kept for two years under two storage conditions, namely favorable conditions in the cold room, temperature ($- 04^{\circ}\text{C}$); humidity (12%); and unfavorable conditions (ambient), estimated temperature of $10-36^{\circ}\text{C}$, and relative humidity of 48-83%.

To do this, a study of morphological, physiological, biochemical and technological parameters was initiated on the seed during the germination, growth and whole plant phase.

In a first phase we studied the effect of accelerated aging on the germination and establishment of vigorous young seedlings of four varieties of durum wheat, which supported the short-lived VA relatively well to long-term VA. duration where the negative effect on seedling germination and growth has been drastic. However, varietal differences in behavior were recorded at the end of this test.

With regard to the effect of natural aging on the viability and technological quality of four durum wheat varieties under both favorable and unfavorable conditions, the results obtained show that, in general, varieties are more sensitive to the adverse conditions of natural aging, while without favorable conditions, the effect is less drastic.

In conclusion, the study showed that natural aging causes similar response mechanisms in all four varieties but to different degrees.

Key words: natural aging, durum wheat, viability, vigor, technological quality.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الشيخوخة الطبيعية على القدرة على البقاء والجودة التكنولوجية لأصناف أربعة أنواع من القمح الصلب، يتم الاحتفاظ بها لمدة سنتين تحت ظروف التخزين: ظروف مواتية في الغرفة الباردة ودرجة الحرارة - 04 درجة مئوية الرطوبة 12 %؛ والظروف غير المواتية (المحيطة)؛ درجة الحرارة المقدرة بين 10 و 36 درجة مئوية والرطوبة النسبية من 48 إلى 83 %.

لهذا الغرض ، بدأنا دراسة المعلمات ، المورفولوجية والفيزيولوجية والكيميائية الحيوية والتكنولوجية ، على البذور وخلال مرحلة الإنبات والنمو وعلى النبات بأكمله.

في البداية، درسنا تأثير الشيخوخة المعجلة على إنبات وإقامة شتلات قوية لأربعة أصناف من القمح الصلب، والتي تحملت الشيخوخة المعجلة لفترة قصيرة مقارنة بالشيخوخة المعجلة على المدى الطويل إين كان التأثير سلبي على نمو والشتلات شديدا. ومع ذلك ، تم تسجيل اختلافات الأصناف في السلوك في نهاية هذا الاختبار. البرعم

فيما يتعلق بتأثير الشيخوخة الطبيعية على القدرة على البقاء والجودة التكنولوجية لأربعة أصناف من القمح الصلب تحت ظروف مواتية وغير مواتية على حد سواء ، تظهر النتائج التي تم الحصول عليها ، بشكل عام ، أن الأصناف المخصصة أكثر حساسية للظروف غير المواتية للشيخوخة الطبيعية ، بينما في ظروف مواتية يكون التأثير أقل.

في الختام، أظهرت الدراسة أن الشيخوخة الطبيعية تسبب نفس آليات الاستجابة في الأصناف الأربعة ولكن بدرجات

مختلفة.

الكلمات المفتاحية: الشيخوخة الطبيعية ، القمح الصلب، القدرة على البقاء ، النشاط ، الجودة التكنولوجية.

Liste des figures

Figure	Titre	N° de page
1	Production du blé dur en million de tonnes dans les principaux pays producteurs dans le monde au cours de l'année 2012/2013	8
2	Origines et généalogie du blé (Naville, 2005).	10
3	Cycle de développement du blé (ry <i>et al</i> , 2000)	11
4	photo descriptive d'épillet et fleur de blé	13
5	Principaux accidents climatiques au cours du développement du blé	14
6	Coupe longitudinale présentant les constituants du grain	16
7	Classification et nomenclature des protéines de réserves	35
8	Méthodes de quantification des protéines du grain de blé.	36
9	Structure macroscopique et microscopique d'une pâte alimentaire	42
10	L'essai de germination	46
11	Dispositif expérimental de l'essai de germination et de VA	47
12	Dispositif expérimental de l'essai de croissance	55
13	photos de l'appareil NIRS	60
14	Variation des capacités germinatives de quatre variétés de blé dur, 3J	62
15	Variation des capacités germinatives de quatre variétés de blé dur, 10J	63
16	Effet d'un traitement de vieillissement accéléré (VA) sur la fuite d'électrolytes de quatre variétés de blé dur.	64
17	Effet de vieillissement accéléré sur la croissance des racines de quatre variétés de blé dur	65
18	Effet de vieillissement accéléré sur la croissance des coléoptiles de quatre variétés de blé dur	66
19	Effet de vieillissement accéléré sur le nombre moyen des racines de quatre variétés de blé dur	67
20	Effet d'un traitement de vieillissement accéléré sur la teneur sucres solubles de quatre variétés de blé dur	68
21	Effet d'un traitement de vieillissement accéléré sur la teneur en protéines de quatre variétés de blé dur	69
22	Effet d'un traitement de vieillissement accéléré sur la teneur en proline de quatre variétés de blé dur	71

23	Variation des capacités germinatives 3J de quatre variétés de blé dur. expérimentation2	73
24	Variation des capacités germinatives 10J de quatre variétés de blé dur, expérimentation2	73
25	Variation de la teneur en protéines totales de quatre variétés de blé dur. expérimentation2	74
26	Variation de la teneur en sucre solubles de quatre variétés de blé dur expérimentation2.	75
27	Variation de la teneur en proline de quatre variétés de blé dur. expérimentation2	76
28	Effet de condition de vieillissement naturel sur la croissance des racines de quatre variétés de blé dur. expérimentation2	77
29	Effet de condition de vieillissement naturel sur la croissance de coléoptiles de quatre variétés de blé dur. expérimentation2	78
30	Effet de condition de vieillissement naturel sur nombre moyen des racines de quatre variétés de blé dur, expérimentation2	79
31	Turgescence cellulaire de quatre variétés de blé dur,	83
32	Taux de déperdition d'eau de quatre variétés de blé dur	84
33	Surface foliaire de quatre variétés de blé dur,	85
34	La biomasse de quatre variétés de blé dur	86
35	Variation de la teneur en protéines totales de quatre variétés de blé dur. Expérimentation3	87
36	Variation de la teneur en proline de quatre variétés de blé dur. Expérimentation3	88
37	Variation de la teneur en sucre solubles de quatre variétés de blé dur, expérimentation3	89
38	Variation de la teneur en jaune de quatre variétés de blé dur, NIRS	90
39	Variation de la teneur en protéines totales de quatre variétés de blé dur, NIRS	91
40	spectres de l'analyse avec le logiciel (SAS) de la de la NIRS	92

Liste des tableaux

Tableau	Titre	N° de page
1	Evolution de la production de blé dur en Algérie dans les 5 dernières années exprimée en (qx)	7
2	Production mondiale de blé dur (MT)	8
3	Composition des différentes parties du grain	17
4	Différents divisions de tests de vigueur	21
5	les principales moisissures contaminant les céréales	30
6	Moyens de lutte contre les ennemis de stockage	34
7	Composition du gluten en fonction en pourcentage de matière sèche du blé	43
8	Composition biochimique du couscous moyen industriel et sa semoule (Hebrard, 2002)	44
9	Les géotypes étudiés	32
10	Résultats du test au tetrazolium pour la variété Bousselam	80
11	Résultats du test au tetrazolium pour la variété Setifis	80
12	Résultats du test au tetrazolium pour la variété Megress	81
13	Résultats du test au tetrazolium pour la variété Saoura	81

Liste des abréviations

CF. : conditions favorables

CFD: conditions défavorables

B: Bousselam

S: Setifis

M: Megress

Sw: Saoura

RWC: Relative water content.

RWL: Rate water loss.

TRE : Teneur relative en eau.

ANOVA : Analyses de la variance.

BBC. : le Brillant de Coomassie.

°C. : Degré Celsius.

Do. : La densité optique.

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

G : gramme.

g/Cm²/mn : gramme/Centimètre carré/minute.

h: heure.

ISTA. : International Seed Testing Association.

I.T.G.C. Institut technique des grandes cultures.

MF : matière fraîche.

Mg : milligramme.

µg /g : microgramme/gramme.

ml : millilitre.

mn : minute.

nm : nanomètre.

VN : vieillissement naturel.

VA : vieillissement accéléré.

NIRS : Near infrared spectroscopy

Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie I :Le blé dur

1. Le blé dur	6
1.1. Description générale de la plante du blé dur	6
1.2. Importance et production du blé dur en Algérie et dans le monde.	6
1.3. Origine géographique et génétique du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)	8
1.4. Le cycle de culture de blé dur	10
1.5 La morphologie du blé.....	12
1.6 Les exigences de blé	13
1.7. Composition histologique et chimique de grain de blé dur	15

Partie II: Physiologie de semences

2. Physiologie de semence.....	18
2.1. Germination de semence.....	18
2.2. Facteurs essentiels à la germination.	18
2.3. Longévité des semences.....	19
2.4. Vigueur des semences.....	19
2.5. Tests de vigueur des semences.	19
2.5.1. Vieillessement accéléré	22

Partie III: Le stockage

3. Stockage	24
3.1. Introduction.....	24
3.2. Nécessité du stockage	25

Table des matières

3.3. Structures de stockage	25
3.4. Facteur de détérioration des céréales	28
3.5. La protection des cultures stockées	30
Partie IV : La qualité de blé dur	
4. La qualité technologique de blé dur.....	32
4.1. Les protéines du blé	32
4.2. Les différentes méthodes pour quantifier et évaluer les protéines du grain de blé.....	34
4.3. Les critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur	36
4.4. Les principaux débouchés du blé dur	38
Chapitre II : Matériel et méthodes	
1. Matériel végétal.....	44
2. Conduite et organisation des essais.....	44
3 Expérimentation 01 :	45
4. Expérimentation 02 :	45
5. Paramètres étudiés	48
5.1 Faculté germinative	48
5.2. Longueur des coléoptiles ; des racines ; le nombre moyen des racines.....	48
5.3 Fuite des électrolytes.....	48
5.4 Test topographique aux tetrazolium	49
5.5 Teneur en sucres solubles	50
5.6 Teneur en proline	51
5.7 Teneur en protéines totales.....	52
6. Expérimentation 03 :	53
6.1 Préparation des pots et semis	53
6.2 Conduite de l'essai	54
6.3 Paramètres étudiés.....	55
6.3.1. Surface foliaire (SF « cm2 »)	55

Table des matières

6.3.2 La teneur relative en eau (TRE « % »)	56
6.3.3 Taux de déperdition d'eau (TDE « 10^{-3} g/cm ² /mn »)	56
6.3.4 Biomasse	57
6.3.5 Teneurs en protéines solubles, proline et sucres solubles.....	58
7. Expérimentation 04 :	58
7.1 Analyse dans le proche infra rouge NIRS	58
7.1.1 Intérêt.....	58
7.1.2Principe.....	59
7.1.3 Analyses statistiques	59

Chapitre III : Résultats

Expérimentation 1

1. Test de germination.....	61
2. Conductivité électrique.....	63
3. La longueur des racines, la longueur de coléoptiles, nombre moyen des racines....	64
4. Variation de la teneur en sucres solubles (μ g/100mg MF)	67
5. Variation de la teneur en protéines totales	68
6. Variation de la teneur en proline.....	70

Expérimentation 2

1. Test de germination.....	72
2. Variation de la teneur en protéines totales.....	74
3. Variation de la teneur en sucres solubles (μ g/100mg MF).....	74
4. Variation de la teneur en proline.....	75
5. Cinétique de croissance.....	76
6. Test de vigueur par le tetrazolium (TZ).	79

Table des matières

Expérimentation 3

1. Variation de la teneur relative en eau (%).....	82
2. Taux de déperdition d'eau	83
3. Surface foliaire.....	84
4. Biomasse.....	85
5. Variation de la teneur en protéines totales	86
6. Variation de la teneur en proline.....	87
7. Variation de la teneur en sucres solubles ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$).....	88

Expérimentation 4

1. Indice de jaune.....	90
2. Variation de la teneur en protéines totales	91

Chapitre IV Discussion

Discussion.....	93
Conclusion.....	103
Références bibliographiques.....	107

Annexes

Les blés sont des céréales qui tiennent une place très importante dans l'alimentation de base en Algérie. Le blé dur représente environ 80% des superficies de blé. Il est cultivé approximativement sur 170 millions d'hectares dans le monde (Bohorova et al., 2001 in Hamel, 2010). De cette surface 70 % est localisée dans la région du bassin méditerranéen (Nachit et al., 1998 in Hamel, 2010). La consommation annuelle de blé en Algérie par individu est supérieure à 170 Kg (Anonyme, 2004 in Kellou, 2008), c'est l'une des plus importantes au monde. Pourtant, la demande en blé augmente sans cesse, du fait de l'accroissement de l'urbanisation. De plus, les rendements demeurent faibles à cause de plusieurs facteurs dont, climatiques, génétiques, techniques et ennemis biologiques.

Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (Anonyme a, 2006). Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, à cause des rendements bas et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Chellali, 2007).

La consommation quotidienne est assurée par une seule récolte, quelque fois deux dans l'année d'où la nécessité du stockage. En outre, les grains stockés sont utilisés comme des semences en attendant la saison suivante (Druvefors, 2004). Les graines sont en général stockées dans des conditions physiologiques et environnementales qui favorisent le maintien ou la perte de leur capacité germinative et de leur vigueur.

Si l'autosuffisance alimentaire signifie produire suffisamment, elle suppose une bonne conservation de cette production en vue de sa consommation continue (Seck, 1990).

Cependant, il s'avère que durant le stockage, ces blés peuvent subir des altérations plus ou moins prononcées suite au métabolisme du grain et des déprédateurs. Les dégâts dépassent de loin les 20% en Algérie (Fourar, 1994).

Le stockage des récoltes est « l'art de préserver les qualités originelles des grains et d'empêcher leur détérioration pour une période de temps spécifique, qu'elles soient conservées pour être utilisées sur place ou destinées au transport en vue d'une éventuelle transformation » (Kiaya, 2014).

L'amélioration du rendement et de la qualité du blé dur passe par la création variétale et le choix de critères fiables. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress hydrique (Ait-kaki, 1993), la résistance aux maladies et une bonne qualité technologique restent les plus recherchés (Benbelkacem *et al* , 1998).

Parmi les critères de qualité, la valeur semoulière d'un blé dur est définie comme l'aptitude à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée (Abecassis, 1991), dépend de plusieurs groupes de facteurs ; Les pâtes de semoule de blé dur ne sont pas nécessairement élaborées à partir de grains entiers Par blé dur, on se réfère à une variété de blé et non pas aux procédures de transformation des pâtes. De blé dur, à semoule, à pâtes alimentaire... Pour la confection des pâtes alimentaires, le blé dur représente l'espèce la plus utilisée due à sa richesse en protéines (dont le gluten) qui confère aux pâtes des propriétés visco-élastiques. Ainsi, l'utilisation du blé dur, qui est d'abord transformé en semoule, permet aux pâtes alimentaires de mieux résister à la cuisson, de demeurer plus fermes et plus collantes.

Ainsi, les sélectionneurs de blé dur travaillent le plus souvent avec les industriels afin d'intégrer les paramètres technologiques comme critères de sélection prioritaires dans leurs programmes d'amélioration génétique (Benbelkacem *et al* .,1998; Brinis,1995). Ils se sont en outre dotés d'outils permettant de mesurer l'indice de jaune, l'indice de clarté, la teneur en protéines, le critère de sédimentation et d'autres indices qualitatifs. Ces tests sont toutefois coûteux et sont de ce fait mis en place essentiellement dans les étapes finales de la sélection (Ait Kaki, 2007).

Dans le bassin méditerranéen, et spécialement dans les régions sud de l'Italie dont la principale vocation est la production de pâtes, le blé dur trouve une large utilisation dans la préparation de plusieurs types de pains (Ciaffi *et al.*, 1995). En Algérie, les céréales constituent la base de l'alimentation. Elles représentent à elles seules 73,6 % de l'apport calorique global et fournissent en moyenne 80 % des protéines totales consommées.

La filière blé dur dispose aujourd'hui de nombreux tests fiables d'appréciation de la qualité.

La production d'une culture concurrentielle et à haut rendement commence par la semence. Les attributs de qualité de la semence donnent des informations utiles sur la capacité germinative, la rapidité de croissance des plantules et leur capacité à établir des plantes vigoureuses et productives. La connaissance de ces facteurs est utile pour l'amélioration des conditions de conservation des semences (Aya. ; 2011). Un des facteurs importants dans l'obtention de rendements élevés se situe au niveau de la semence elle-même. Celle-ci doit être conservée dans des conditions favorables de manière à assurer une germination satisfaisante lors des semis. La germination est le premier stade du cycle de vie des plantes pour produire une nouvelle génération. La germination est définie comme étant l'émergence de la radicule et le développement qui amènent la graine au stade auquel son aspect indiquera si elle pourra se développer en une plante normale dans des conditions ambiantes favorables (Bacchetta et al., 2006; ISTA, 2004).

Ce travail aura pour objectif de comparer la viabilité et la qualité technologique de quatre variétés de blé dur sous conditions de vieillissement naturel ; ceci par l'étude de quelques paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.

Le document est présenté en trois chapitres :

Une synthèse bibliographique constitue le premier chapitre, avec une présentation générale du blé et de son importance dans le monde, les espèces apparentées; leur utilisation et leur intérêt tout en mettant l'accent sur les caractéristiques biochimiques des protéines du grain de

blé ainsi que les caractéristiques génétiques des protéines de réserve du blé. Un deuxième chapitre décrit le matériel végétal, des conditions de vieillissement naturel et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail. Nous avons mis au point quatre expériences.

Dans ce chapitre, il est présenté les expérimentations effectuées tantôt au laboratoire amélioration génétique des plantes, tantôt au France, à l'INRA Montpellier sur l'aspect qualité.

La présente contribution se vent enfin, une exploration fine et détaillée tout autant, sur les réponses respectives de quelques génotypes de blé dur, soumis à des conditions de stockage particulières.

L'objectif en est une meilleure connaissance sur les aptitudes physiologiques des semences.

Cet aspect de semences est malheureusement souvent occulté alors qu'il constitue un garant non négligeable pour la réussite des cultures ; en terme de productivité et d'adaptation aux conditions environnementales.

1. Le blé dur :

1.1. Description générale de la plante du blé dur :

Le blé dur est une graminée annuelle de hauteur moyenne (Bozzini, 1998) qui se divise en deux parties : Une souterraine assurant la communication sol/plante, c'est le système racinaire, et une partie aérienne qui permet les échanges plante-atmosphère, notamment les processus de photosynthèse et de transpiration (Soltner, 1990). Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Clarke et *al.*, 2002). Le système aérien est constitué par les talles, tiges cylindriques, dressées habituellement creuses et subdivisées en entre-nœuds (Clarke et *al.*, 2002). L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Soltner, 1998). Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue.

1.2. Importance et production du blé dur en Algérie et dans le monde :

Cook et *al.*, (1991), ont estimé que deux tiers de la population mondiale dépendent du blé dur et du riz pour leur nourriture de base. D'après Feillet, (2000) et Branlard et *al.*, (2012), le blé est l'une des ressources alimentaires principales de l'humanité. La production de blé est aujourd'hui devenue un enjeu important pour nourrir l'humanité.

Les grains de blé dur donnent de la semoule pendant la mouture, cette semoule est valorisée dans la fabrication des pâtes alimentaires (Jeantet et *al.*, 2006). De plus en Afrique du Nord, on utilise aussi cette céréale pour la production de couscous et des pains traditionnels (la galette) (Feillet, 2000). Selon Bencharif et Rastoin, (2007), les céréales constituent la base du modèle de consommation alimentaire algérien, comme dans la plus part

des pays méditerranéens. Le blé dur occupe une place centrale dans l'économie algérienne. Il couvre 1,5 x 10⁶ ha sur les 3,0 x 10⁶ ha consacrés à la céréaliculture (Mazouz, 2006). La production algérienne de blé dur est très instable d'une année à l'autre à cause des conditions climatiques très variables (irrégularités des pluies, sécheresse).

Tableau 1: Evolution de la production de blé dur en Algérie dans les 5 dernières années exprimée en (qx) (D.S.A. Annaba, 2011).

Année	2006	2007	2008	2009	2010
Blé dur	213080	133300	298500	69200	148000

Le CIC (2002) estime que la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur dans le monde est de 18 millions d'hectare, pour une production annuelle moyenne de 27,5 millions de tonnes. La Turquie, la Syrie, la Grèce, l'Italie, l'Espagne et les pays d'Afrique du Nord, sont en effet, parmi les principaux producteurs, avec une production de 8,08 MT par an, moyenne de la période (1994 - 2007) (tableau 2) (Fao stat, 2007). D'après Feillet, (2000), les estimations de la demande mondiale de blé dur s'élèvera à 1 milliard de tonnes en 2020.

Selon les statistiques de Conseil international des céréales CIC, (2013), la production de blé dur continue de décliner dans le sud de l'union européenne. Au Maghreb, la production décline d'environ 100 000 t, à 5,3 million de t. Les productions ont chuté à la cause de la sécheresse qui a frappé les pays. Au total, à l'échelle mondiale, la production se contracte de 1,4 million de t. La demande mondiale en blé dur est en hausse et la baisse de la production entraîne une augmentation des prix des échanges mondiaux.

Tableau 2 : Production mondiale de blé dur (MT) (Fao stat, 2011).

Production	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Algérie	0,46	1,50	0,90	0,49	1,22	0,95	1,81	1,82	1,00	1,00	1,30	2,30	1,10	1,49
Maroc	0,88	1,54	0,80	0,43	1,04	1,03	1,77	2,03	0,75	1,20	1,50	2,60	4,80	4,90
Tunisie	0,80	1,10	1,14	1,10	0,94	0,37	1,31	1,40	1,15	1,10	1,60	0,86	1,40	0,80
Syrie	1,90	2,60	1,00	1,10	2,40	2,30	2,30	2,10	2,10	2,10	2,50	3,00	2,69	2,09
Turquie	2,20	2,40	1,60	2,00	1,60	2,30	2,30	2,40	2,30	2,30	2,70	10,4	12,30	11,2
UE	6,70	8,72	7,20	9,07	7,53	9,52	8,34	11,86	17,3	17,6	18,3	75,6	66,4	60,2
Inde	4,80	5,66	5,80	6,00	10,2	12,4	14,8	16,2	16,2	16,2	19,1	26,2	26,8	23,2
Etats Unis	6,39	9,76	18,0	19,9	22,7	21,8	26,3	24,5	25,6	23,0	26,0	38,0	40,4	40,2
Monde	25,6	31,1	23,7	26,6	24,2	26,8	28,6	33,1	26,2	26,0	33,2	174,4	184,5	153,7

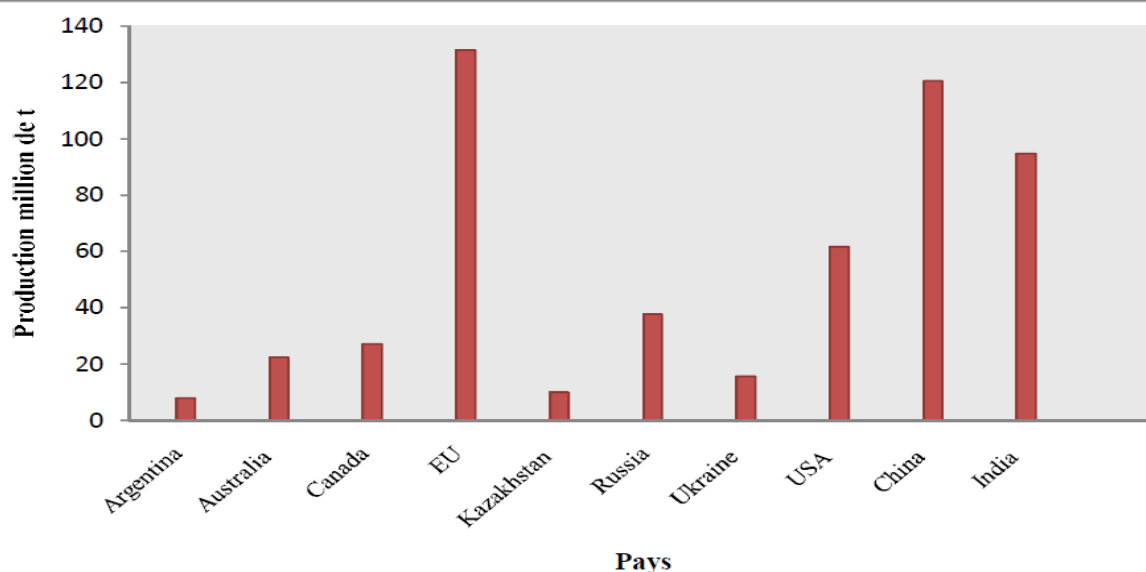


Figure 1: Production du blé dur en million de tonnes dans les principaux pays producteurs dans le monde au cours de l'année 2012/2013 (CIC, 2013).

1.3. Origine géographique et génétique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) :

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de

Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman et Sears, 1981 ; Mouellef, 2010). C'était à une époque où l'homme pratiquait déjà la cueillette et faisait ses débuts comme agriculteur. Cette période coïncidait avec un épisode climatique sec, aboutissant à l'arrêt du mode de vie de 'chasseur-cueilleur', et engendrant la domestication progressive des plantes, associée à la création des premières communautés villageoises (Wadley et Martin, 1993).

Génétiquement, le blé dur est allotétraploïde (deux génomes: AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n = 4x = 28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome(B), à laquelle elle est étroitement apparentée (Wall et *al.*, 1971). Actuellement, deux espèces de blés sont encore cultivées : le blé dur utilisé pour les pâtes ou bien blé à *macaroni* et le blé tendre pour la fabrication du pain. Le blé diploïde ($2x$, $2n = 14$), (AA) ou engrain ou petit épeautre, n'est cultivé que sur de très petites surfaces dans le monde (Fuller, 2007). Ces différentes espèces ont été générées par des événements successifs de polyploïdisation survenant lors de croisements interspécifiques entre trois espèces ancestrales diploïdes. Le blé a été domestiqué par hybridation entre trois espèces d'une graminée sauvage, l'épeautre ou engrain sauvage (Figure.2) (Naville, 2005).

D'après Cook et al., (1991) et Verville, (2003), certains des premiers blés cultivés (primitifs) étaient des diploïdes, l'engrain *Triticum monococcum* ($2n = 14$), le tétraploïde *Triticum turgidum* var. *dicoccum* ($2n = 28$; amidonnier) et l'hexaploïde l'épautre (*T.aestivum* var. *spelta*). Les espèces de blé tirent leur origine génétique de croisements naturels entre *Triticum monococcum*, *Triticum urartu* et des espèces sauvages apparentées appartenant à *Aegilops* (*Aegilops spelloïdes*) (Figure.2) *Triticum monococcum* et *Triticum urartu* sont les premières formes de céréales cultivées, elles sont de constitution génomique $2n = 14$. Ainsi le

génomme A vient de *Triticum urartu*, alors que le génome B vient de l'*Aegilops speltoïdes*. Ces deux génomes, ensemble, forment la constitution génomique du blé dur (*Triticum durum Desf.*).

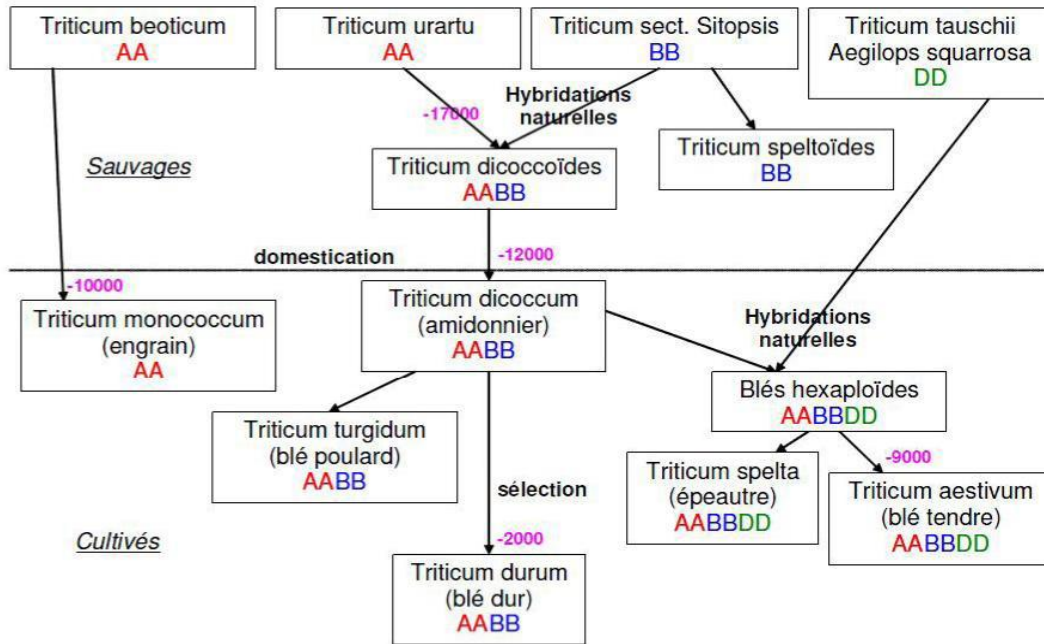


Figure 2 : Origines et généalogie du blé (Navelle, 2005)..

1.4. Le cycle de culture de blé dur :

Le cycle de croissance de blé se compose de plusieurs phases végétatives au cours desquelles la plante passe d'un stage végétatif à un autre ou développe de nouveaux organes. La phase germination commence quand le grain a absorbé environ 25 % de son poids d'eau. Le stade végétatif de la levée est noté lorsque 50 % des plantes émergent de terre (Henry *et al.*, 2000) ; (Figure.3). Le début de la phase tallage se fait à partir de l'apparition de la 4^{ème} feuille. Il est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire, puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle des 2^{ème} et 3^{ème} feuille de la tige principale ou le maître brin. La phase du tallage herbacée est suivie par le stade montaison qui débute dès que l'épi du maître brin atteint une longueur de 1 cm, mesurée à partir de la base de la couronne ou plateau de tallage. C'est le stade épi-1cm qui fait suite à

l'élongation du premier entre nœuds. La montaison est des phases les plus critiques du développement du blé. Les stress hydrique ou thermique au cours de cette phase affectent le nombre d'épis montants par unité de surface (Fisher *et al.*, 1998). La phase de montaison se termine une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle, ce qui correspond au stage gonflement (Figure 3). Le stade épiaison débute par l'apparition de l'épi, hors de la gaine de la feuille drapeau (Figure.3). Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli *et al.*,2005). Selon Abbassenne *et al.*, (1998), les basses températures au cours de cette phase réduisent fortement la fertilité des épis. Après la floraison, débute la phase de remplissage du grain au cours de laquelle le feuillage débute sa sénescence. L'azote et les sucres des feuilles, qui sénescent, sont remobilisés vers le grain (Barbottin *et al.*, 2005). Cette phase se termine une fois le contenu du grain atteint son maximum, le grain se dessèche progressivement, pour murir.

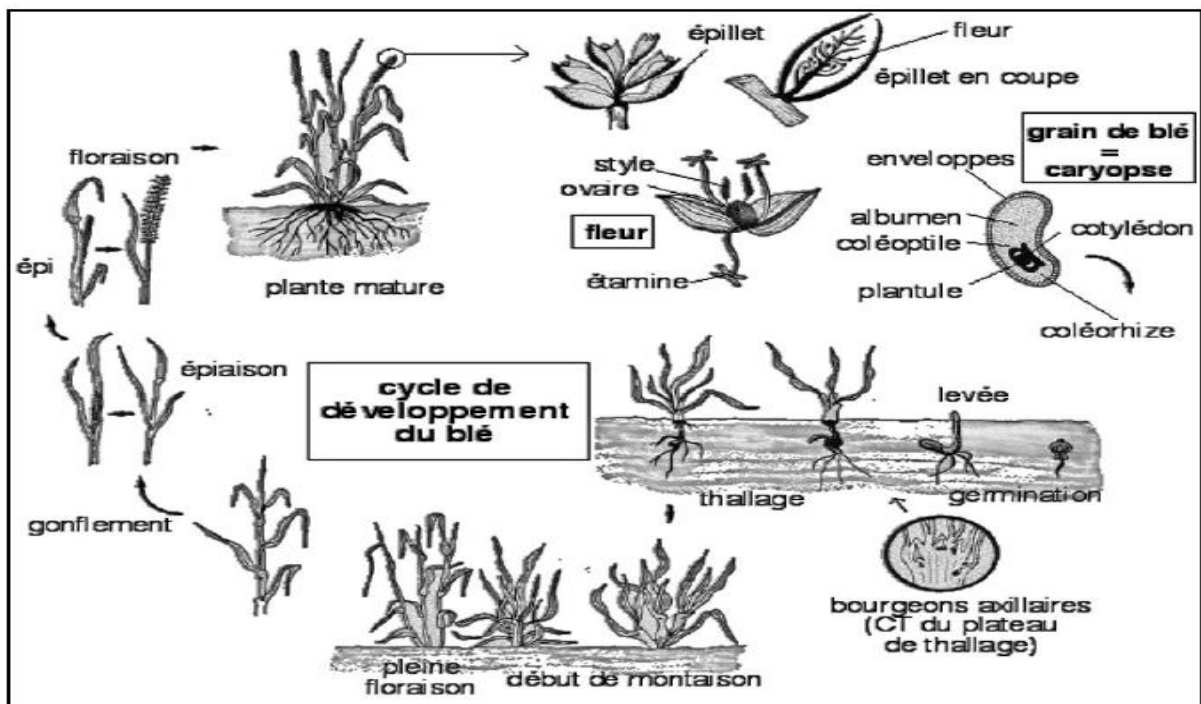


Figure 3. Cycle de développement du blé (Ry *et al.*, 2000).

1.5. La morphologie du blé :

Le blé se présente d'abord comme une plante herbacée, dont l'appareil végétatif se caractérise par un :

1.5.1. Appareil racinaire :

L'appareil racinaire du type fasciculé peu développé. 55% du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm profondeur, 17,5% entre 25 et 50 cm, 14,9% entre 50 et 75%, 12% au-delà. En terre très profonde (sols de limon), les racines descendent jusqu'à 1,50 mètre.

1.5.2. Tige et feuille :

La tige ne commence vraiment à prendre son caractère de tige qu'au début de la phase végétative, la tige en quelque sorte télescopée à partir d'un massif cellulaire qui forme le plateau de tallage. La tige elle-même ou chaume s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre noeud.

Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe.

1.5.3. Épi :

Il est aussi du bourgeon terminal du plateau de tallage.

Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail. C'est l'épiaison.

L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un épillet.

1.5.4. Épillets :

Ne comportent pas de pédoncule il est attaché directement sur le rachis. Les épillets nombreux (jusqu'à vingt-cinq) (figure4).

Ils représentent Petits groupes de fleurs, inséré sur l'axe de l'épi. Il est protégé à sa base par deux glumes (bractées), les fleurs sont protégées par des glumelles et des glumellules.

Après la fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le caryopse ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves (Clément, 1971).

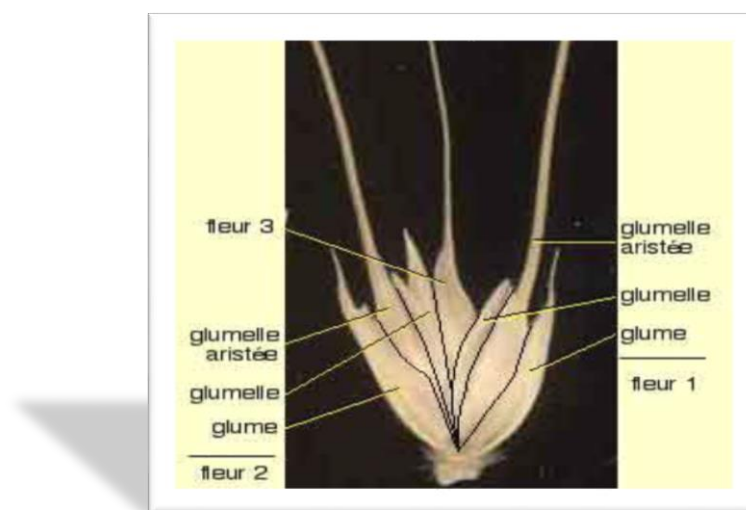


Figure 4. Photo descriptive d'épillet et fleur de blé(Clément, 1971).

1.6. Les exigences de blé :

1.6.1. Le sol :

Les sols les plus favorables à la culture du blé dur sont :

- 1-les sols profonds (plus de 60cm de profondeur).
- 2-les sols suffisamment riches en matières organiques et minérales.
- 3-les sols bien drainés pour éviter tout développement de maladies.
- 4-les sols capables de maintenir une réserve en eau suffisant pour assurer une bonne alimentation au moment de l'accumulation des réserves dans le grain (Zeghida, 2004).

1.6.2. Le climat:

a. La température :

Une température supérieure à 0° (zéro de végétation du blé) est exigée pour la germination des céréales. Cependant l'optimum se situe entre 20°C et 22°C.

La température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison.

b. L'eau :

Pour assurer un rendement intéressant, le blé a besoin d'une quantité importante d'eau. (Chaker , 1997).

Il faut environ 500grammes d'eau pour élaborer 1gramme de matière sèche de blé, un bref calcul montre que pour une récolte de 50qx/ha. Il faut environ 4250 mètres cubes d'eau, soit une pluviométrie de 450mm/an.

c. L'éclairement :

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du tallage.

Quand à l'intensité lumineuse, et à l'aération, elles agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois résistance des tiges à la verse et le rendement (Dominique, 2005).

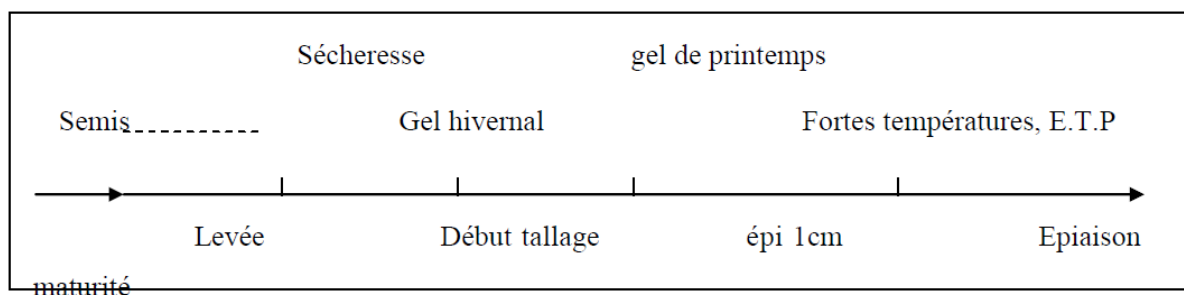


Figure 05 : Principaux accidents climatiques au cours du développement du blé (Soltner, 1990).

1.6.3. La fertilisation:

La fertilisation est raisonnée sur le principe de la restitution au sol des quantités d'éléments (NPK) fertilisants prélevés par les récoltes.

Le blé à besoin de ces trois éléments essentiels et le rôle de chaque élément sur le plant de blé est le suivant :

e. L'azote (N) :

C'est un facteur déterminant du rendement.

- Il permet la multiplication et l'élongation des feuilles et des tiges.
- Il a pour rôle d'augmentation de la masse végétative.

f. Phosphore(P) :

C'est un facteur de croissance qui favorise le développement des racines en cours de végétation.

- C'est un facteur de précocité qui favorise la maturation.
- Il accroît la résistance au froid et aux maladies.
- C'est un facteur de qualité.

g. Potassium(K) :

- Il régule les fonctions vitales de la croissance végétale.
- Il est nécessaire à l'efficacité de la fumure azotée.
- Il permet une économie d'eau dans les tissus de la plante.
- Il assure une meilleure résistance contre la verse et contre les maladies.

1.7. Composition histologique et chimique de grain de blé dur :

1.7.1. Composition histologique :

Le grain de blé comporte trois parties distinctes. Le germe est riche en lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux ; il représente environ 3% du grain. Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et augmenter la durée de conservation. Les enveloppes sont constituées par le péricarpe, le tégument séminal et l'assise protéique. Ils représentent 13 à 15% du poids du grain. Le péricarpe et le tégument séminal sont essentiellement composés de cellulose et de matières minérales. L'assise protéique est riche en lipides, protéines, matières minérales et vitamines. Les enveloppes sont éliminées pendant la mouture, et

constituent le son. L'amande, qui donne la semoule caractéristique du blé, représente 82 à 85% du poids du grain. Elle est composée essentiellement d'amidon, de 10 à 12% de protéines et d'une faible proportion de matières minérales et de vitamines (Bozzini, 1998).

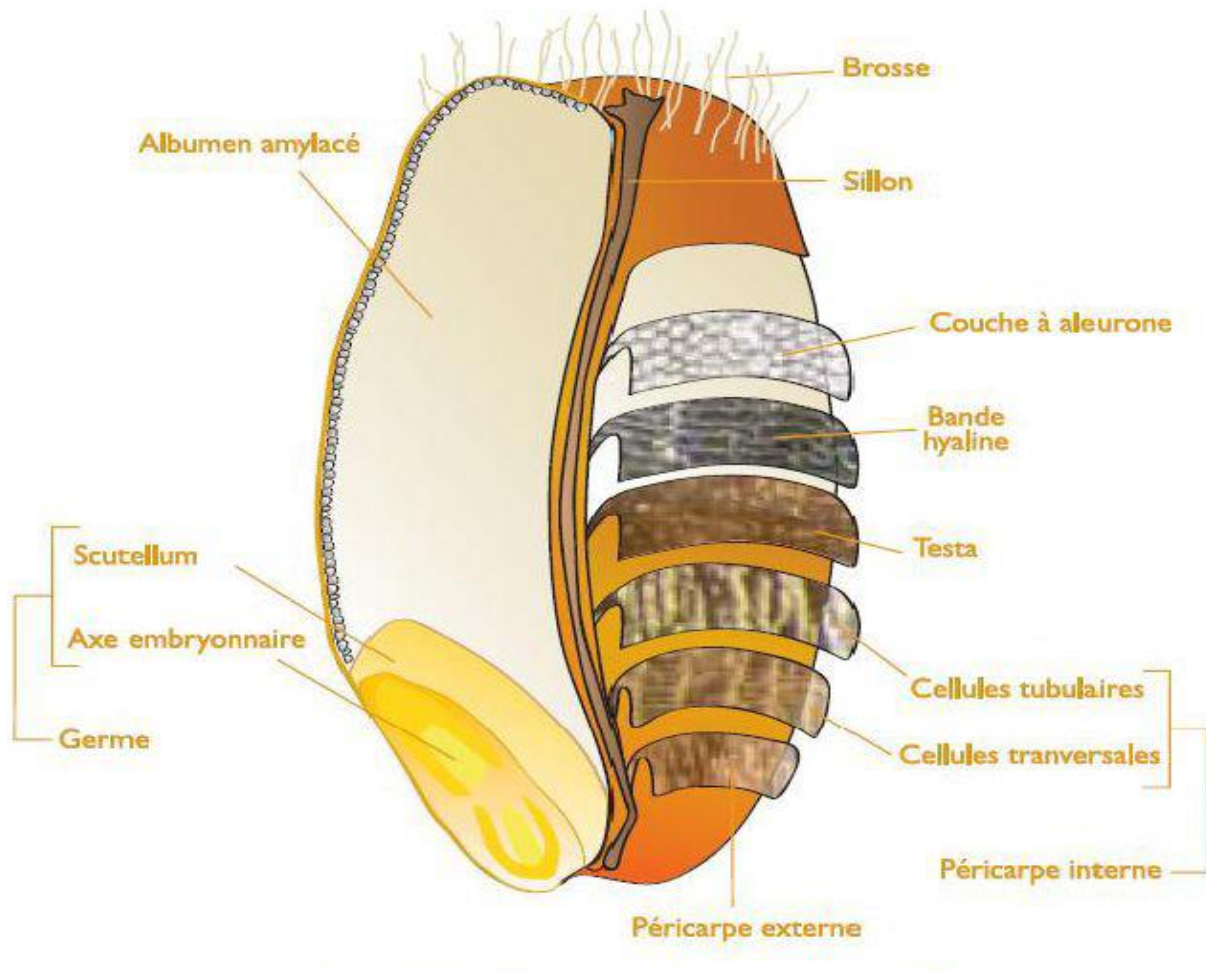


Figure 6 : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain (Paul, 2007).

1.7.2. Composition chimique :

La connaissance de la composition chimique du blé donne une idée sur sa valeur nutritionnelle et technologique, globalement le grain du blé est composé de : l'eau, les glucides, les lipides, les minéraux, les vitamines et les protéines. Toutes les céréales présentent les mêmes constitutions à savoir : enveloppe, amande farineux et germe de la future plantes dont le blé. Ce qui diffère est le pourcentage de la répartition des différents constituants chimiques, que ce soit à l'intérieur des différentes parties de la graine (Tableau 3)

Chapitre 1 : synthèse bibliographique

(Roudant et al 2005). Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%). Les autres constituants, pondéralement sont mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (feuillet 2000). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain. L'amidon se retrouve en totalité dans l'albumen amylicé, les teneurs en protéines du germe et de la couche à aleurone sont particulièrement élevées; les matières minérales abondent dans la couche à aleurone. Les pentosanes sont les constituants dominants de cette dernière et du péricarpe. La cellulose représente près de la moitié de celui-ci, les lipides voisinent ou dépassent les 10% dans le germe et dans la couche à aleurone.

Tableau 3 : Composition des différentes parties du grain (Roudant et al., 2005).

Partie du grain	% du grain	Composition en pourcentage
Enveloppes	9%	Son, cellulose : ≥ 20 .
Assisse protéique	8%	Protide : 20, lipides : 9, minéraux : 16 Vitamines.
Amande ou albumen	80%	Amidon : 72, protides : ≥ 10 , gluten
Germe ou embryon	3%	Protide : 26, lipides : ≥ 10 , glucide : 10, Minéraux : 4.5, vitamines.

2. Physiologie de semence :

2.1. Germination de semence :

La germination est définie comme étant un processus dont les limites sont le but d'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule (Mazliak, 1982). Sur le plan physiologique, c'est une reprise de l'activité métabolique de l'embryon traduite par l'activité respiratoire (Feillet, 2000). Dans le phénomène de la germination on distingue trois phases : Phase I : phase d'imbibition, phase II : elle est appelée aussi la phase de la germination sensu stricto et la phase III : correspond à la croissance de la radicule (Mazliak, 1982), La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle (Bada, 2007). La période d'activation de la graine peut durer une dizaine d'heures.

2.2. Facteurs essentiels à la germination :

La germination des semences de blé est sous l'influence de facteurs internes et de facteurs externes ;

a) Les facteurs internes :

C'est-à-dire : tous les constituants de la graine de blé ; enveloppes séminales (légumes + éventuellement péricarpe) et amande (tissu des réserve + embryon) sont complètement différenciés du point de vue forme. L'intégrité physique : les graines doivent être intactes, complètes et bien constituées, ni cassées, ni brisées (Heller, 2000).

b) Les facteurs externes :

□ **L'eau** : il est nécessaire à la germination parce qu'elle permet à la graine de s'imbiber et aux activités métaboliques de se déclencher, c'est le siège de toutes les réactions

enzymatiques elle doit être disponible en quantité suffisante dans le milieu extérieur (Mazliak, 1982).

□ **La température** : compatible avec la germination, s'inscrit dans une gamme assez large qui va d'un minimum assez bas, exemple : haricot, blé, avoine : 3 - 5 °C à un maximum assez élevé 30 - 40 °C par un optimum assez étal (la température optimale pour la germination du blé se situe entre 15 et 30 °C) (Mazliak, 1982).

□ **L'oxygène** : c'est un facteur essentiel à la germination. D'une manière générale la germination exige un effet d'oxygène, souvent de l'ordre 0,5 %, il y a lieu de tenir compte de l'obstacle mis par les téguments et l'albumen à la diffusion du gaz (Mazliak, 1982).

□ **La lumière** : fait appel à la photosensibilité de l'espèce elle est classée en trois catégories :

- Photosensibilité positive : la germination est favorisée par la lumière.

- Photosensibilité négative : dans ce cas elle est favorisée par l'obscurité.

- Espèces non photosensibles : renferme toutes les plantes à caractères agronomiques (céréales et la plupart des légumineuses) (Mazliak, 1982).

2.3. La longévité des semences :

La durée de vie des semences est très variable selon les espèces, mais les plantes cultivées, et parmi elles les céréales, appartiennent au groupe des semences mésobiotiques, ou à longévité moyenne, c'est-à-dire comprise entre trois et quinze ans.

Récoltées et conservées dans de bonnes conditions, des graines de céréales gardent leur pouvoir germinatif de départ pendant au moins trois ou quatre ans. Au-delà de six ou huit ans, le pourcentage de germination commence à baisser, de façon variable selon les cultivars et les Conditions de maturation. On a pu conserver un pouvoir germinatif durant une trentaine d'années sur certains blés séchés jusqu'à 4 ou 5 p.100 d'humidité (Boyeldieu, 1980).

2.4. Vigueur des semences :

Le concept de vigueur des semences a été l'objet de beaucoup de spéculations et de nombreuses tentatives ont été faites pour le caractériser en terme de composantes de qualité spécifique ou des attributs (Milosevic et *al.*, 2010). Selon (Delouche et Caldwell, 1960), la vigueur des semences est un facteur important non seulement dans des conditions de plantation défavorables, mais aussi dans des conditions favorables. Le terme de vigueur est généralement utilisé pour décrire l'état physiologique de semence qui régit sa capacité à produire une plante rapidement dans le sol et à tolérer une gamme de facteurs environnementaux. Le potentiel ou la qualité de semences est déterminée par des caractéristiques génétiques combinés avec d'autres facteurs tels que la dormance, les dommages mécaniques et la pathogénèse des semences (Perry, 1978).

2.5. Tests de vigueur des semences :

Les tests de vigueur ont été conçus pour mesurer la capacité des semences de germer et de produire des plantes utiles dans des conditions de terrain qui peuvent raisonnablement être connues par la localisation géographique et le type du corps en question (Woodstock,

1973). Pratiquement Plusieurs tests doivent être utilisés, car tous les tests de vigueur disponibles sont moins que satisfaisants dans au moins un de leurs aspects (Perry, 1978).

Tableau 4: Différents divisions de tests de vigueur (Milosevic et *al.*, 2010).

Hampton et Tekrony (1995) divisent les tests de vigueur en deux groupes:	Association des Organisations Américaines aux essais de semences (<i>AOSA</i> , 2002 in Milosevic et <i>al.</i> , 2010).
Les tests recommandés, afin de mieux comprendre la viabilité et plus proche d'orientation relative au pourcentage de germination sur le terrain (test de conductivité et test de vieillissement accéléré).	Tests de stress (test de vieillissement accéléré, le test au froid et la germination à basse température).
Les tests recommandés, qui sont encore en phase de développement (test à froid, la germination à basse température, test de chute contrôlée dans la germination des graines, complexe-test de stress, test de Hiltner, Test de la croissance des semis et le test de tetrazolium).	
	Tests d'estimation et de croissance de semis (classement de semis en fonction de la vigueur et test de croissance de semis).
	Les tests biochimiques (test au tetrazolium et le test de conductivité).

Mcdonald (1975) a regroupé les tests de vigueur en trois groupes:

Tests physiques :

Déterminent les caractéristiques des graines telles que la taille et la masse. Ces tests sont peu coûteux, rapides peuvent être appliqués à grand nombre d'échantillons et sont en corrélation positive avec la vigueur des semences. La caractéristique principale de développement des semences est l'accumulation de matières nutritives, qui est aussi en corrélation directe avec la vigueur, c'est-à-dire avec la taille et la masse des semences.

Tests physiologiques :

En utilisant la germination et les paramètres de croissance. Il existe deux types de ces tests; premier type, lorsque la germination se fait dans des conditions favorables

(germination standard au laboratoire et le test de l'intensité de croissance). Deuxième type, lorsque les grains sont exposés à des conditions environnementales défavorables (test à froid, test de vieillissement accéléré et le test de Hiltner).

Tests biochimiques :

Sont considérés comme des méthodes indirectes d'estimation de la valeur de départ. Ces tests sont le test de (TZ), les mesures conductimétriques, l'activité enzymatique et la respiration.

2.5.1. Le vieillissement accéléré :

Le vieillissement accéléré en tant que test de la qualité des semences a été d'abord exploité par J.C. Delouche (1965) au *Seed Technology Laboratory* de l'université d'état du Mississippi.

Un test de prédiction précoce d'aptitude au stockage de grains de blé serait un outil appréciable de grande application en post-récolte pour les organismes céréaliers.

Le vieillissement accéléré des grains de blé a un impact important sur les propriétés rhéologiques de la farine. L'amidon est un composant quantitativement très important présent dans les grains de blé représentant 80% de sa composition. Le rôle distinct de l'amidon dans la fabrication du pain est unique, qui sert de substrat aux enzymes amylases. Les enzymes présentes dans la pâte produisent des sucres fermentescibles pour la fermentation de la levure et constituent un réservoir pour l'absorption de l'eau et agissent également comme diluants pour le gluten, contribuant ainsi à des propriétés viscoélastiques optimales de la pâte. L'amidon a la propriété principale de coaguler les cellules gaz, ce qui permet de contrôler l'expansion de la pâte lors de la cuisson.

Chapitre 1 : synthèse bibliographique

La quantité totale de gluten dans la farine est de 11 à 14%. Étant donné que la qualité et la quantité de la pâte à pain dépendent de leur composition, le rôle du gluten dans la fabrication du pain est très important malgré leur faible quantité dans la farine. Les caractéristiques du produit final de la farine sont fortement déterminées par les protéines du gluten. Les propriétés viscoélastiques et structurelles de la pâte dépendent fortement des protéines qui forment la matrice gluten.

3. Le stockage :

3.1. Introduction :

La consommation quotidienne est assurée par une seule récolte, quelquefois deux dans l'année (David in Multon, 1982) d'où la nécessité du stockage. Ainsi que les grains stockés sont utilisation comme des semences pour la saison de croissance suivante (Salunkhe et al .1985 in Ominski, 1994).

Le but des technologies de conservation est de préserver par tous les moyens appropriés l'intégrité des principales qualités des grains et graines (Multon, 1982), qui ne peut pas être améliorée pendant le stockage (Chawla, 1984).

Le stockage est une opération qui consiste à entreposer les produits en un lieu déterminé et pour une période donnée. En matière de commercialisation des céréales, le stockage est l'opération qui consiste à placer, pour une période donnée, des céréales dans un magasin suivant des normes et des règles qui permettent la bonne conservation des grains. (Afrique verte, 2004).

Un mauvais stockage entraîne une mauvaise conservation des céréales. La finalité du stockage est la conservation. On ne stocke pas pour le plaisir de stocker mais on stocke pour pouvoir utiliser ensuite. Mais lorsque le produit n'est pas bien stocké, il est mal conservé et plus tard son utilisation ne donne pas les résultats qu'on escomptait (Afrique verte, 2004).

Plus l'humidité est importante des grains à la récolte, plus les conditions sont favorables au développement fongique (Harley, 1996 in Molinié et Pfohl-Leszkowicz, 2003).des bonnes pratiques de conservation consistent à éviter son altération en contrôlant trois principaux facteurs : la température, la teneur en eau du grain et la durée du stockage.

3.2. Nécessité du stockage :

3.2.1. Facteurs de stockage :

-La nature du produit : durable ou périssable. Les céréales, produits durables s'ils ont été récoltés dans de bonnes conditions, paraissent particulièrement aptes au stockage.

-La variété récoltée est une variable essentielle.

-La destination du produit : céréale pour l'alimentation (humaine ou animale), spéculation, semence.

-La quantité récoltée : de ce facteur dépend la part autoconsommée et la part commercialisable.

-La durée de conservation : qui dépend fortement des conditions de stockage. Quantité et durée permettent de déterminer la structure nécessaire. (Ntsam.S, 1989).

3.2.2. La fonction des structures de stockage des céréales:

-Préserver avec le maximum de sécurité contre les dégradations physiques, chimiques et biologiques.

- Empêcher ou minimiser les attaques de l'insectofaune granivore.

-Assurer la régularité de l'approvisionnement des familles ou des marchés jusqu'à la prochaine récolte.

-Apporter une plus-value aux agriculteurs en période de forte demande. (NTSAM, 1989).

3.3. Structures de stockage :

Une structure de stockage est une enceinte appropriée dont la finalité est de contenir et préserver les produits pendant une durée donnée. Le stockage des grains est une opération complexe qui demande la prise en compte de multiples paramètres (température, humidité) lors des différentes étapes, entre la récolte et l'expédition (Niquet, 2006). Dans le cas des céréales, que le stockage soit paysan ou commercial, quatre structures ont été identifiées :

3.3.1. Stockage en gerbe :

C'est la méthode traditionnelle; depuis le moyen âge au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne .on pouvait entasser les gerbes en plein air ou le plus souvent le stockage en grange. En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon. La méthode est particulièrement adaptée aux régions à été humide, aussi a connu un grand développement au XIXème siècle, avec la moissonneuse lieuse (Multon J.L., 1982).

3.3.2. Stockage en épis :

Le stockage en épis est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. C'est le cas de certaines régions d'Indonésie, et surtout d'Afrique noire et d'Amérique tropicale. Mais ce fut aussi le cas dans l'Europe ancienne, le nom de grenier vient du bas latin spicarium, qui désignait un grenier à épis (Godon B., 1991). Le stockage en épis demande bien moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un coût moindre en bâtiments et surtout un contrôle plus facile de l'ambiance du stockage. En effet avec le stockage en épis nous voyons apparaitre deux procédés bien distincts: le confinement et l'aération (Multon J.L., 1982).Par ailleurs plusieurs travaux ont démontré que le stockage en épis se montre plus efficace et facilite les échanges thermiques (Kodio O., 1989).

3.3.3. Stockage souterrain " MATMORA " :

Le stockage souterrain des céréales est une technique largement utilisée en milieu rural dans plusieurs régions céréalières du monde en général (Bartali et Debbarih, 1991). La technique souterraine de stockage des céréales est appelée " MATMORA ". Elle consiste à enfouir le produit dans le sol dans une cavité d'une capacité moyenne de 5 tonnes environ. La "MATMORA" présente une forme cylindrico-conique, cylindrique, sphérique ou amphorique (FAO, 1994 ; Bartali *et al.*, 1989) revêtue d'un enchevêtrement de paille de blé et d'orge où bien par des feuilles de plastique, celles-ci jouent un rôle important dans la réduction des risques de détérioration du grain stocké par les eaux souterraines. Les " MATMORA " sont

situées soit dans la maison soit à l'extérieur, proches ou éloignées de l'habitation, parfois dans un milieu protégé ou fortifié (Kanafani, 1994 ; Bartali et Debbarih, 1991).

3.3.4. Stockage dans des greniers traditionnels (stockage domestique) :

Les grains de blé sont conservés en épis ou en vrac. Ils sont généralement sur élevés pour éviter l'attaque des rongeurs. L'infestation par les insectes est fréquente. Les producteurs essaient d'y faire face en mélangeant les grains avec de la poudre insecticide. Ces greniers ont généralement une forme cylindrique avec un chapeau au-dessus. La capacité varie de 3 à 7 Tonnes. On les retrouvait très souvent au milieu des champs. Dans tous les cas, on peut dire que ces greniers n'assurent pas une bonne protection phytosanitaire (Ndiaye, 1999). Il y a plusieurs types de greniers selon la matière de construction : greniers à base de terre, greniers à armature de bambou et greniers en paille (Kodio, 1989).

3.3.5. Stockage en sac :

Les grains de blé sont stockés dans des sacs fabriqués en toile de jute, doublés par un sac plastique afin d'assurer normalement une très bonne conservation. Il faut que les grains soient secs, que le sac plastique intérieur ne soit pas percé, qu'il n'y ait pas de fumigeant et que le sac soit bien attaché (Ndiaye, 1999 ; Ntsam, 1989). Les sacs doivent être maintenus hors du sol pour éviter la détérioration par la translocation de l'eau et / ou les termites. Des plates-formes basses, des bâches ou des feuilles de plastique peuvent servir à cette fin, mais si il ya un risque de dommages par les rongeurs ou autres animaux, s'il y a un risque de pluie pendant la période de stockage, les sacs devraient être couverts avec des bâches imperméables. Le besoin de méthodes chimiques de lutte antiparasitaire ne doit pas survenir si la période de stockage est courte (FAO, 1994).

3.3.6. Stockage en silos :

Aujourd'hui, le stockage en silos est un moyen généralisé de conservation qui élimine les problèmes occasionnés par l'encombrement et la manipulation superflue des sacs. En

général, les silos sont en métal ou bien en béton armé, de forme cylindrique et disposés en ligne ou en damier.

La méthode de stockage par transilage est la plus populaire. Les silos sont munis de thermocouples qui indiquent les températures du blé aux différents paliers des cellules et d'une télécommande qui avertit, à l'aide d'alarmes ou de voyants lumineux sur le panneau électronique central, de la nécessité de transborder le blé. De plus, les moulins sont équipés d'un système d'aspiration central et de cyclones de séparation pour assurer la récupération des poussières. Des prises d'aspiration sont installées aux endroits critiques (à la tête des silos et au-dessus de tous les transporteurs et machines) comme mesure préventive de pollution et d'explosion. Quant à la méthode de stockage effectuée en atmosphère renouvelée, l'aération est réalisée par un système de ventilation installé à la base même des silos en faisant circuler l'air extérieur ambiant (Bartali, 1995; Boudreau et Ménard, 1992).

3.4. Facteur de détérioration des céréales :

3.4.1. Les vertébrés :

Divers petits vertébrés (rongeurs, tels que souris, rats ; oiseaux) peuvent vivre aux dépens des stocks de grains mal protégés, dont ils peuvent consommer des quantités considérables. En outre leurs déjections peuvent servir de vecteurs à des germes pathogènes (Multon, 1982). Ainsi, ils interviennent dans le processus de contamination en provoquant des lésions physiques dans les tissus végétaux qui favorisent la pénétration des spores (Le Bars, 1982 in Jouany et Yiannikouris, 2002).

3.4.2. Les arthropodes :

Les insectes et les acariens sont les plus petits ravageurs des denrées entreposées. La présence de la plupart des arthropodes, et singulièrement d'acariens, est révélatrice de mauvaises conditions de conservation (Multon, 1982).

Les insectes, endommagent l'enveloppe des grains, ce qui favorise la pénétration des moisissures à l'intérieur de la graine (Molinié et pfohl-Leszkowicz, 2003).

3.4.3. Bactérie :

En plus de certains des mycètes thermophiles, les bactéries sont responsables des étapes finales du chauffage microbiologique qui se produit e grains et graines (Christensen, 1982). De nombreuses bactéries peuvent atteindre plusieurs millions par gramme sur les grains fraîchement récoltés. La population bactérienne est essentiellement constituée par des eubactéries qui renferment ue très forte proportion d'Entérobactérie, notamment de coliforme pigmentés ou « bactérie jaunes », toujours abondantes sur les céréales (Richard-Molard in Multon, 1982).

3.4.4. Moisissures des céréales :

Les moisissures sont l'ennemi le plus difficile à reconnaître dans les céréales stockées car elles sont beaucoup moins visibles que les deux autres grands fléaux : les insectes et les rats. Cependant les spores de moisissures sont présentes partout ! Ces spores très fines sont disséminées par le vent et les insectes et il est impossible d'empêcher leur pénétration dans la zone de stockage (Inge de Groot, 2004).

Préliminaire du produit stocké combiné à une conservation au sec sont les meilleures mesures préventives contre les moisissures. Les produits chimiques ne sont pas nécessaires tant que le produit est séché de façon adéquate et que l'eau et l'air humide n'entrent pas dans le local de stockage.

Certaines moisissures présentes à la récolte ou qui se développent au cours de l'entreposage lorsque l'humidité n'est pas contrôlée produisent des mycotoxines. Ces substances sont toxiques à des seuils très bas pour les humains et la plupart des animaux de ferme. Les mycotoxines les plus contrôlées sont l'aflatoxine, le déoxynivalénol/nivalénol (vomitoxine), la fumonisine, l'ochratoxine A et la zéaralénone. Contrairement aux autres

toxines qui peuvent se développer pendant la croissance des plantes, l'ochratoxine A se développe après la récolte, lors de l'entreposage des grains si la température et l'humidité sont adéquates pour le champignon (St-Pierre *et al.*, 2014).

Tableau 5 : les principales moisissures contaminant les céréales (adapté de Pfohl-leszkowicz, A., 1999 in Molinié et Pfohl-leszkowicz, 2003) .

Champignons	Toxines	Denrées
<i>Claviceps</i>	Alcaloïdes de l'Ergot	Blé et dérivés, seigle
<i>Fusarium</i>	Trichothécènes (DON, NIV, toxine T-2, DAS), Zéaralénone, Fumonisines, Fusarine, Moniliformine	Blé, maïs, orge, riz, seigle, avoine
<i>Aspergillus</i>	Aflatoxines, Stérigmatocystine, Ochratoxine A	Maïs, blé
<i>Penicillium</i>	Patuline, Citrinine, Pénitrem A, Ochratoxine A	Blé, riz, orge

3.4.5. Mycètes de stockage :

Les mycètes causent beaucoup de genre de détérioration ou de dommages dans le grain. Ceux-ci incluent la diminution de la germination, la décoloration, les changements chimiques et alimentaires, le chauffage, le durcissement (Christensen, 1982) et des mauvais goûts qui à comme conséquence le rejet du produit (kinderlerer, 1989).

Mais il faut noter que les principaux moisissures de stockage comportent seulement quelques espèces d'*Aspergillus* qui sont adaptées à une vie sans eau libre et jusqu'à moins degré les espèces de *Penicillium*, qui se développent principalement dans les grains stockées à de basses températures et à une teneur élevée en humidité (Christensen, 1982).

3.5. La protection des cultures stockées :

Pour favoriser une conservation optimale des grains, il est souhaitable que ceux-ci soit propres, entiers, secs, à la bonne température et entreposés dans un environnement propre et étanche. Pour répondre à ces critères, différents éléments sont à considérer (St-Pierre *et al.*,

2014). La connaissance et l'application de certaines règles permettent d'assurer un bon stockage et une bonne conservation.

-La connaissance de la nature du produit :

Le stockage des semences peut être difficile compte tenu la nature des semences. Les semences orthodoxes peuvent survivre avec des teneurs en humidité de 3 à 7% et à des températures aussi basses que -20 ° C pendant une période indéfinie. Par contre, les semences récalcitrantes ou non orthodoxes ne peuvent pas germer lorsqu'elles sont desséchées en dessous de 20 à 40% d'humidité (Hay *et al.*, 2000). D'autres graines ont des caractéristiques intermédiaires de stockage et peuvent être séchées à une teneur en humidité de 12-14%, mais ne peuvent pas être stockées au froid (Hay *et al.*, 2000; Bonner, 2008 ; Kauth *et al.*, 2014).

- L'utilisation des pesticides :

Elle devra se faire dans les conditions qui seront prescrites pour assurer une efficacité des traitements alliés à une bonne protection des agents de traitement et des populations environnantes.

- Les conditions d'emballages, de stockage, d'entreposage et la gestion du stockage:

Ce sont des facteurs très importants qui peuvent contribuer à une bonne ou une mauvaise conservation des grains et des graines.

- L'inspection, l'échantillonnage et l'analyse phytosanitaire :

Elles doivent se faire suivantes des règles bien définies. Elles permettent un suivi et bonne connaissance de la situation et de l'état des denrées. Les résultats qui en découlent vont orienter les décisions des actions à pendre (Ndiaye, 1999).

-La durée de conservation :

Dépend fortement des conditions de stockage, la quantité et durée permettent de déterminer la structure nécessaire (Ntsam, 1989).

4. La qualité technologique de blé dur :

La qualité technologique des grains de blé est fortement influencée par les conditions de culture (climat, sol, pratiques culturales) et par la génétique. Les facteurs génétiques jouent principalement sur la composition en protéines tandis que les conditions de culture sont primordiales vis à vis de la quantité et de la proportion des différentes classes de protéines^{1,2}. La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Les produits fabriqués sont surtout les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation) et la semoule (industries de première transformation). La qualité implique donc à répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trenteseaux, 1995).

La qualité de la matière première dépend de celle du produit fini. Ainsi, la connaissance précise des constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique, la définition de leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière : sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs (Benbelkaacem et Kellou, 2000).

4.1. Les protéines du blé :

Sur la base de leur solubilité dans différents solvants, les protéines du blé ont été classées en albumines, globulines, gliadines et gluténines. Les albumines et les globulines appartiennent à la catégorie des protéines dites solubles (dans l'eau et les solutions salines), ce sont essentiellement les protéines nécessaires au métabolisme des cellules (enzymes) ; ces protéines sont peu intéressantes sur le plan technologique. Les gliadines et les gluténines appartiennent à la catégorie des protéines insolubles et constituent les protéines de réserve du grain. Elles sont plus ou moins solubles dans les alcools, les acides et les bases dilués et en présence de détergents. Ce sont ces deux dernières classes qui vont former le gluten. Les gliadines sont réparties en quatre familles : oméga, alpha, beta et gamma ; les gluténines sont

divisées en gluténines de hauts poids moléculaires (SG- HPM ou HMW-GS en anglais) et en gluténines de faible poids moléculaires (SG-FPM ou LMW-GS) (Figure 5).

Les protéines blé peuvent aussi être classifiées sur la base de leur structure quaternaire, on distingue des protéines monomériques comme les gliadines, responsables des propriétés de viscosité et d'extensibilité des pâtes et des protéines polymériques comme les gluténines qui leur confèrent plutôt les propriétés d'élasticité et de ténacité. Les gluténines sont présentes dans le grain mature sous forme d'agrégats de tailles variables qui sont extrêmement importants dans la définition des propriétés technologiques des blés. La quantité et la distribution en taille des protéines polymériques et monomériques peut être mesurée par Chromatographie d'Exclusion Diffusion (Size Exclusion High Performance Liquid Chromatography ou SE-HPLC) et chez le blé tendre, elles ont été corrélées à la qualité boulangère (Dachkevitch et al.; 1989) (Batey et al.; 1991). Chez le blé dur, la quantité de protéines polymériques a aussi été reliée aux propriétés rhéologiques des pâtes crues (Edwards, N et al.; 2007). La quantité de gliadines est fortement influencée par les conditions agronomiques et augmente avec la fertilisation azotée (Bar-L'Helgouac'h, C et al., 2004). Les variations de celle des oméga-gliadines et du rapport SG-HPM sur SG-FPM seraient des indicateurs de la fertilisation soufrée (MacRitchie, F. and Gupta, R. 1993). Le gluten est un élément de qualité du blé, c'est l'ensemble des gluténines et gliadines associés à d'autres constituants (glucides, les lipides, matières minérales), il rassemble 75-80% de protéines de réserves (tableau 7), 15-17% de glucides, 5-8% de lipides, et des éléments minéraux. Il est responsable de l'élasticité, la cohésion, l'extensibilité et la ténacité des pâtes d'où ses Propriétés rhéologiques. Le gluten est un facteur primordial pour la détermination de la qualité fonctionnelle de la semoule (Feillet, 2000). Il contribue à la force de la pâte et l'élaboration des réticulations par le biais de ses fractions gluténines (Nancy et al., 2001 cité par Messabihi, 2008).

Tableau 6 : composition du gluten en fonction en pourcentage de matière sèche du blé

(Dacosta, 1986).

Constituants	Protéines	Glucides	lipides	Matières minérales
Valeur moyennes MS(%)	75 -80%	15 -17 %	5 -8 %	0.6- 1.2 %

4.2. Les différentes méthodes pour quantifier et évaluer les protéines du grain de blé :

Il existe différentes méthodes pour quantifier et qualifier les protéines du grain de blé et des produits céréaliers). La spectroscopie proche infra-rouge (NIRS) ainsi que les méthodes de Kjeldahl et de Dumas vont permettre de quantifier les protéines totales (Azote x 5.7). Les techniques chromatographiques, comme la SE-HPLC ou la RP-HPLC vont permettre de quantifier respectivement les grandes familles des protéines du grains ou individuellement les protéines de réserve.

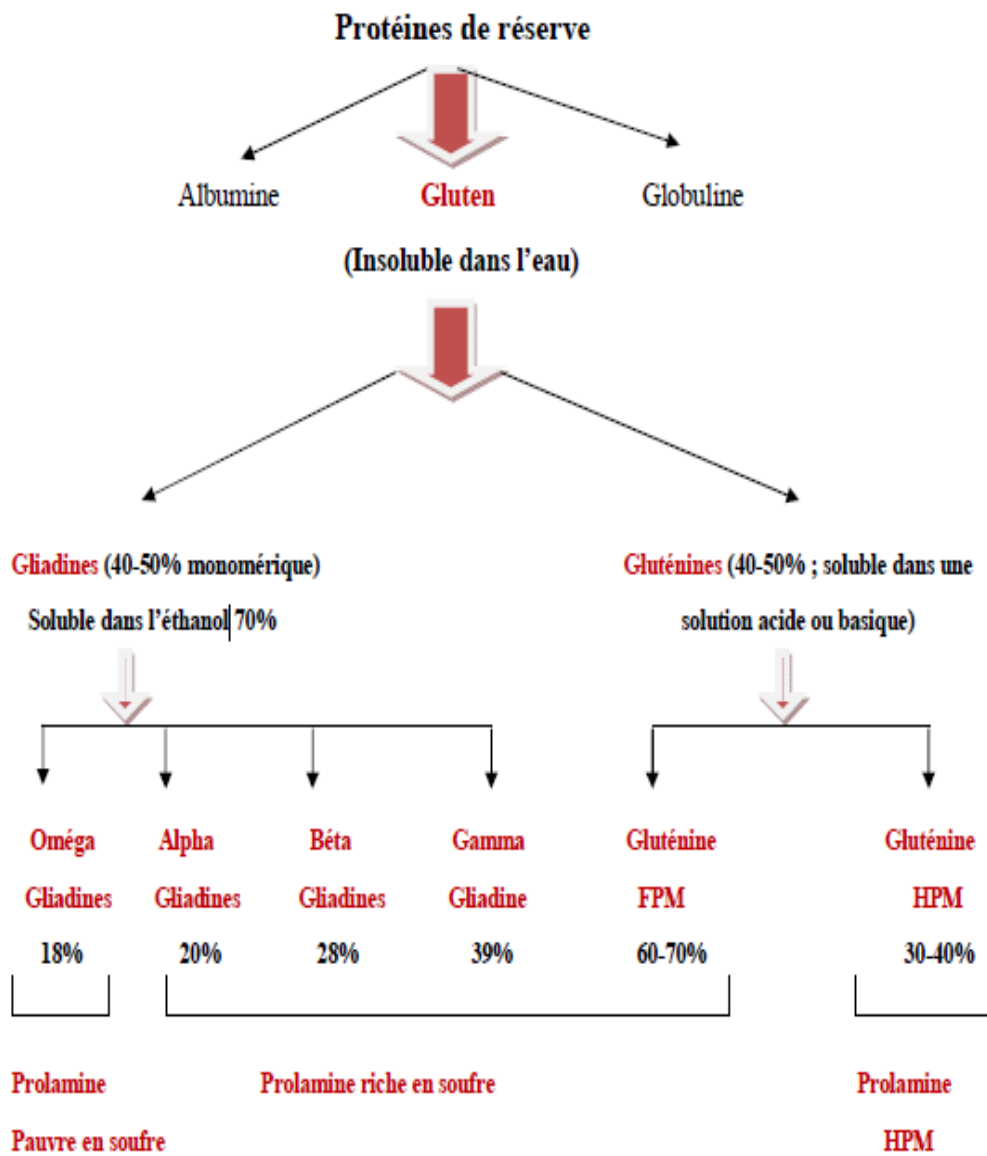


Figure 7 : Classification et nomenclature des protéines de réserves (Shewry et al., 1986).

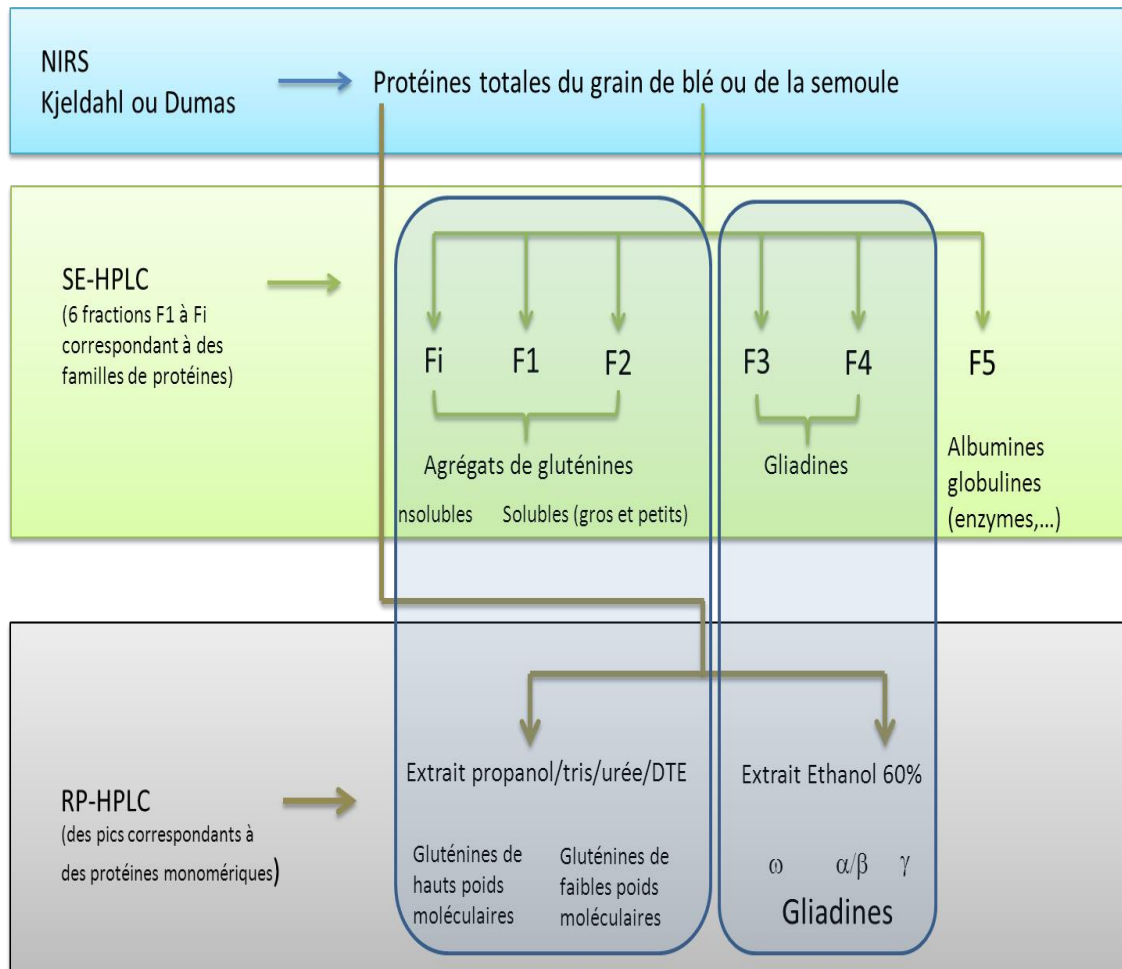


Figure 8: Méthodes de quantification des protéines du grain de blé.

4.3. Les critères d'appréciation de la qualité du grain de blé dur :

Le blé dur est employé depuis longtemps dans les pays méditerranéens pour la fabrication de pains plats traditionnels et d'autres pains de spécialité (Quaglia, 1988). La notion de qualité est complexe, elle est conditionnée par les habitudes alimentaires, les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées (Mebtouche, 1998). La qualité est une somme de caractéristiques qui vont du rendement semoulière jusqu'à l'aptitude à la transformation (Proceddu, 1995), et s'élabore toute au long du cycle de développement pour répondre d'une part aux attentes des industriels, semouliers et pastiers et d'autre part aux critères nutritionnels, organoleptiques et hygiéniques. Donc il serait intéressant de créer des

variétés convenant à la fabrication de pains de fort volume, afin de disposer de débouchés de rechange en cas de surproduction (Liu et al., 1996). Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur. Ils dépendent en partie de la variété et de techniques culturales :

4.3.1. Le taux de moucheture :

Est une tache brune du péricarpe causée par des champignons, se traduit par une diminution de la qualité commerciale des semoules à cause de la présence de points noirs dans les semoules, qui diminuent leur qualité commerciale.

4.3.2. Le taux de mitadinage:

Le taux de mitadinage est un critère d'appréciation déterminant dans le rendement et la qualité de la semoule et des produits dérivés. D'après Matweef (1946) le mitadinage serait dû, en particulier, à l'excès d'eau dans le sol et à un déficit d'azote et qui donne un grain gonflé, blanchâtre, à structure partiellement ou entièrement farineux, diminuant le rendement en semoule.

4.3.3. Le calibrage:

Permet de classer la grosseur des grains en 3 fractions une fraction inférieure 2.2 mm; une fraction inférieure 2.5mm et une fraction inférieure 2.8mm. Outre, le poids spécifique et l'humidité des grains et le taux des protéines. Kellou (2008), a fait un sondage auprès opinion des chefs d'entreprises transformateurs du blé en Algérie dont le but est d'analyser le marché Algérien ; pour les critères techniques de qualité déterminant l'achat de blé, 54% des entreprises jugent que le poids spécifique, l'humidité et les impuretés sont les meilleurs critères déterminants dans leur achat. Abecassis et al. (1996) ont affirmé que le blé dur idéal pour un semoulier doit posséder les caractéristiques suivantes : gros et Vitreux, ayant des enveloppes fines et une faible teneur en matières minérales, riche en protéines, possédant un gluten ferme et élastique et contient beaucoup de pigments caroténoïdes mais peu d'activités

lipoxygénasiques et peroxydasiques. Le taux des protéines est connue comme l'élément important de la qualité, il a une influence directe sur la qualité des pâtes et pain (Sissou, 2008).

4.4. Les principaux débouchés du blé dur :

Essentiellement destiné à l'alimentation humaine, le blé dur a pour principaux débouchés :

4.4.1. Les semoules :

La semoule est définie comme étant le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par un procédé de mouture au cours duquel le son et le germe sont essentiellement éliminés et le reste est broyé à un degré de finesse adéquat (AFNOR, 1991). Selon Grignac (1976), Abecassis (1991) et Kaan (1993), la qualité semoulière est fonction des conditions de culture, de récolte et des caractéristiques intrinsèques des variétés (rapport amande/ enveloppe, friabilité de l'amande et facilité de séparer l'amande des enveloppes). Abecassis, (1996) déclare que les facteurs extrinsèques (impuretés, teneur en eau, grain cassés) sont liés aux conditions de culture et de récolte alors que les facteurs intrinsèques dépendent essentiellement de la nature des blés nettoyés à leur arrivée sur le premier broyeur de la semoulerie. D'autres facteurs de type réglementaire, permettent d'évaluer la pureté des semoules tels que : la teneur en cendres des blés et la répartition minérale dans le grain. La consommation moyenne de semoule est de 52,2 kg par habitant et par an (kellou, 2008), les produits les plus demandés correspondent à des semoules pures de couleur dorée et présentent une granulométrie homogène. Leur composition chimique est étroitement liée à celle de blé dur et au diagramme de mouture (nombre de passages d'extraction). Elle contient 10 à 16,5% des protéines dont 80 à 85% sont des protéines de réserve et 80% de glucides dont 78% sous forme d'amidon (amylose et amylopectine) et 2% sous forme de sucres réducteurs. Des pentosanes avec un pourcentage de 1,5 à 3% sont des arabinoxylanes (polymères de xylose) possédant une propriété de gélification exceptionnelle et des oxydases jouant un rôle

important dans la couleur jaune des pâtes alimentaires (Christèle-Icard, 2000 cité par Barkouti, 2012).

Il existe différentes catégories de semoules, chaque catégorie est obtenue par une succession de plusieurs broyages et classées en fonction de leur grosseur.

En Algérie, les différentes catégories de semoules sont:

1) Semoules grosses (SG) :

La dimension des particules est comprise entre 900 à 1100 μ m, destinées aux usages domestiques.

2) Semoules grosses moyennes : (SGM) :

Comprise entre 550 à 900 μ m, destinées à la fabrication de la galette, du couscous.

3) Semoules sassées super extra (SSSE) :

190 à 550 μ m, destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.

4) Semoules sassées super fines (SSSF) :

de 140 à 190 μ m, ces semoules proviennent des couches périphérique du grain (Madani, 2009).

Les qualités de la semoule peuvent être divisées en deux catégories : celles qui se révèlent sur la semoule même, comme, surtout, sa coloration et celles qui nécessitent sa transformation en pâte compacte, crue ou cuite, pour pouvoir être appréciées. Kovacs, (1995) signale que la valeur semoulière dépendra de la nature des semoules employées et leur l'aptitude à produire des pâtes alimentaires de qualité.

Cette valeur peut être aussi définie comme l'aptitude d'un blé dur à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée. Et peut être appréciée indirectement par détermination du PMG, du taux de mitadinage, de moucheture, par l'homogénéité de la taille des grains et par le taux de cendres. Le PMG est un critère variétal, mais peut subir des fluctuations liées en particulier à l'échaudage ce dernier résulte d'une maturation hâtée et

fournit un grain ridé, riche en son. La présence de grain échaudé a une incidence sur le rendement en mouture (Dexter et Matsuo, 1977).

4.4.2. Les pâtes alimentaires :

Les pâtes alimentaires présentent de nombreuses qualités. En plus de leurs propriétés technologiques favorables (simplicité de fabrication, excellente aptitude à la conservation, et au stockage), les pâtes possèdent de bonne qualité nutritionnelle (Icard et Feillet, 1996). Les propriétés organoleptiques des pâtes sont également un des principaux facteurs de leur qualité; elles concernent non seulement leur aspect à l'état cru mais aussi leur comportement durant et après la cuisson (Feillet et Dexter, 1996).

En Algérie, la consommation de pâtes alimentaires est de l'ordre de 3 kg par an, cette quantité est relativement faible en comparaison à celle de la Tunisie (15.26 kg). Les principales variétés produites par l'industrie sont :

Les pâtes pleines : préparées par extrusion (vermicelles, spaghetti, nouilles, tagliatelles)

Les pâtes creuses extrudées (coudes, coquille, coquillettes). Les pâtes roulées ou découpées (langue de oiseau, lettres, caractères). Ces variétés sont classées en 3 familles qui sont (kellou, 2008) : les pâtes longues, les pâtes courtes et les pâtes potages avec une production de 20%, 45% 35% respectivement. Certains fabricants de pâtes alimentaires mélangent les grains ou semoules de différentes variétés de blé dur pour maintenir une force de gluten et des produits finis à des coûts de production moindres (Dexter, 2008). La structure de la pâte alimentaire semble être un réseau de gluten, composé par des protéines de réserve, gliadines (protéines monomériques) et gluténines (protéines agrégées par des liaisons disulfures) (figure 6). La valeur pastière rassemble deux notions bien distinctes (Madani, 2009), d'une part l'aptitude des semoules à être transformées en pâtes et d'autre part l'aspect des pâtes cuites ;

Les pâtes alimentaires recherchées par le consommateur doivent être claires et de couleur jaune ambré, exempte de gerçures et de piqûres et présente une belle texture

superficielle. La couleur dépend des caractéristiques des blés utilisés (teneur en pigments et en oxydoréductases) et des réactions d'oxydoréduction intervenant au cours des différentes étapes de la fabrication des pâtes, et qui modifie les composantes des semoules de nature protéique, polysaccharides ou lipidique (Trentesaux, 1995 ; Icard et Feillet, 1996).

La qualité culinaire est un critère important associé à la qualité de la semoule (Liu et al.1996). Elle est déterminée par deux paramètres : Tenue à la cuisson et à la sur cuisson qui dépend de la quantité et de la viscoélasticité du gluten et de la teneur en protéines (D'Egidio et al., 1982). D'après Feillet et Dexter, (1996). La qualité culinaire supérieure est liée au rapport élevé gluténines / gliadine ou au pourcentage élevé des protéines insolubles. Elle peut être appréciée par les caractéristiques suivantes :

- Temps minimal, optimal et maximal de cuisson (temps à partir duquel il y a gélatinisation de l'amidon, temps nécessaire pour donner à la pâte la texture recherchée et temps au-delà duquel il y a délitescence dans l'eau de cuisson).
- Gonflement ou absorption d'eau pendant la cuisson (100g de pâtes sèches fixent 160 à 180 g d'eau).

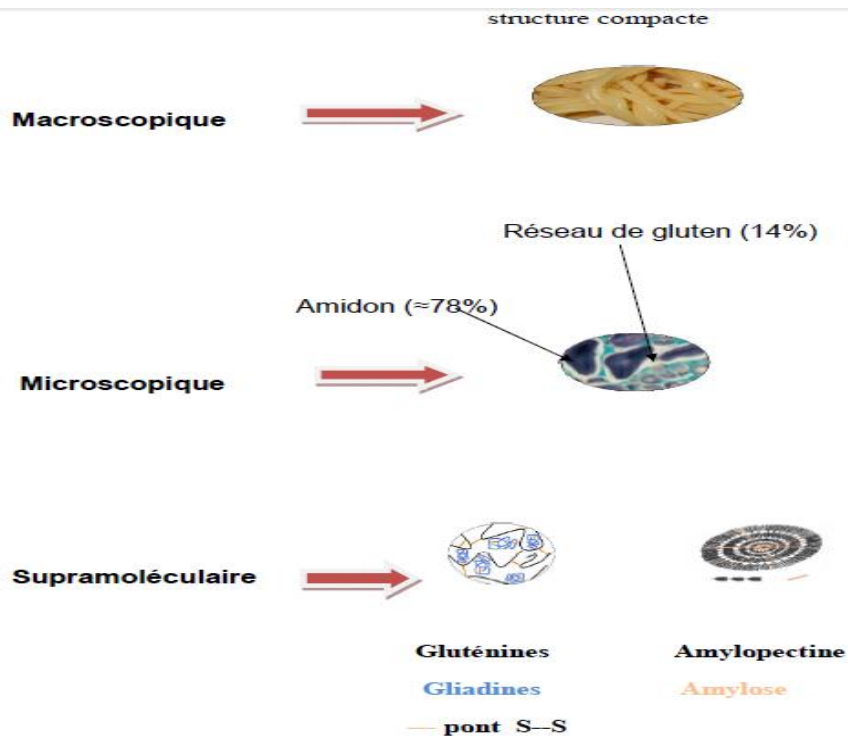


Figure 9 : Structure macroscopique et microscopique d'une pâte alimentaire (Micard et al., 2009).

4.4.3. Le couscous :

Le couscous est parmi les principaux plats chez les familles algériennes surtout dans les régions du Nord (régions kabyles et rurales) (Namoune *et al.*, 2004). Malgré l'actuelle diversification de l'alimentation, ce plat est coutumier et plus apprécié par la population rurale et urbaine du Maghreb et reste le plat des occasions et des fêtes (Guezlane *et al.*, 1986). Le couscous constitue le symbole de l'identité alimentaire des populations du Maghreb. Il a réussi à conquérir la France (Beji-Becheur, 2008). Du fait de sa qualité culinaire et sa technologie particulière, il reste jusqu'ici apprécié par toutes les générations (Yousfi, 2002). Le couscous est préparé à partir d'un mélange de semoule grosse et de semoule fine. Il peut aussi être préparé à partir de la semoule dite «grosse-moyenne» (norme de *codex* 202-1995). Pendant la fabrication de couscous, la semoule doit être hydratée avec de l'eau salée de 4-5 g de NaCl / l (Kaup et Walker, 1986).

D'autre part, Le couscous est caractérisé par des teneurs faibles en protéines solubles (2,2%) et des teneurs élevées en amidon gélatinisé (71,8 %), en comparaison avec la semoule de blé dur (12,7 % et 5,9, respectivement), ces différences sont dues aux changements physico-chimiques induits par le processus de fabrication (Hebrard, 2002). Au plan biochimique la composition du couscous est presque semblable à celle de leur matière première (semoule) (tableau 8). La différence qui existe est au niveau des protéines solubles et l'amidon gélatinisée. Le couscous présente une valeur faible en protéine soluble (2,2) et une teneur élevée en amidon gélatinisée (71,8) par rapport à la semoule (12,7 et 5,9 respectivement) ; d'où le changement physico chimique durant le processus de fabrication (Hebrard, 2002).

Tableau 7 : Composition biochimique du couscous moyen industriel et sa semoule (Hebrard, 2002).

Composition	Semoule	Couscous industriel moyen
Teneur en eau (g / 100 g de produit)	14.5±0.4	9.8±0.3
Teneur en amidon (g / 100 g de matière sèche)	86.2±6.0	85.6±6.0
Teneur en amidon gélatinisée (g / 100 g de matière sèche)	5.9±0.3	71.8±3.6
Teneur en protéines totales (g / 100 g de matière sèche)	13.5±0.5	13.5±0.5
Teneur en protéines solubles (g / 100 g de matière sèche)	12.7±0.6	2.2±0.1
Teneur en pentosanes totales (g / 100 g de matière sèche)	1.7±0.2	1.4±0.1
Teneur en pentosanes solubles (g / 100 g de matière sèche)	0.1	0

En ce qui concerne la qualité, un couscous de "bonne qualité" est un produit jaune ambré, d'une capacité d'absorption d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés (Guezlane, 1993).

1. Matériel végétal :

L'étude s'est portée sur quatre variétés de blé dur (Tableau 8), elle a été menée la campagne agricoles (2012/2013) au niveau de la station expérimentale agricole de l'ITGC de Sétif (SEA-ITGC Sétif).

Tableau. 08: Les génotypes étudiés.

Génotypes	Code
Bousselam	B
Setifis	S
Megress	M
Saoura	SW

2. Conduite et organisation des essais :

Quatre expérimentations contrôlées ont été menées.

- **La première expérimentation** : Effets de vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux de semences de quartes variétés de blé dur.
- **La deuxième expérimentation** : Effets de vieillissement naturel sur la germination et la croissance des plantules de semences de quartes variétés de blé dur.
- **La troisième expérimentation** : Effets de vieillissement naturel sur la plante (stade 7 feuilles). Ces trois essais ont été réalisés au niveau du laboratoire Amélioration Génétique des plantes, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- **La quatrième expérimentation** : Étude comparative des potentialités technologiques des variétés de blé dur par la méthode NIRS après un vieillissement naturel. Cette expérimentation a été réalisée au niveau de l'INRA- Montpellier- France.

3. Expérimentation 01 : Effets de vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux de semences de quartes variétés de lé dur.

3.1. Traitement de vieillissement accéléré :

Le traitement de vieillissement accéléré (VA) se fait selon la méthode de Delouche et Baskin modifiée (Delouche et Baskin, 1973). Les lots de grains (500 grammes) sont placés dans une étuve à 40 °C et en atmosphère de haute humidité relative (100 %) pendant 2, 4, 6 et 8 jours. Ils sont respectivement désignés VA2J, VA4J, VA6J, VA8J.

4. Expérimentation 02 : Effets de vieillissement naturel sur la germination et la croissance des plantules de semences de quarte variétés de lé dur.

L'essai de germination s'est déroulé selon une expérience complètement aléatoire et randomisé, avec trois répétitions (R1, R2, R3) et trois traitements:

- ❖ Traitement sur des semences récentes de blé dur (témoin) **T**.
- ❖ Traitement sur des semences de blé dur sous deux conditions de vieillissement naturel:

- 1.** Conditions favorables dans la chambre froide : température ($- 04c^{\circ}$) ; humidité (40%) **CF**.
- 2.** Conditions défavorables dans les conditions de laboratoire : température entre ($15-38c^{\circ}$) ; humidité (45-85) **CDF**.

Les semences désinfectées préalablement sont placées sur coton imbibé d'eau dans les boîtes de pétries (figure10.). L'essai de germination s'est déroulé dans le laboratoire.

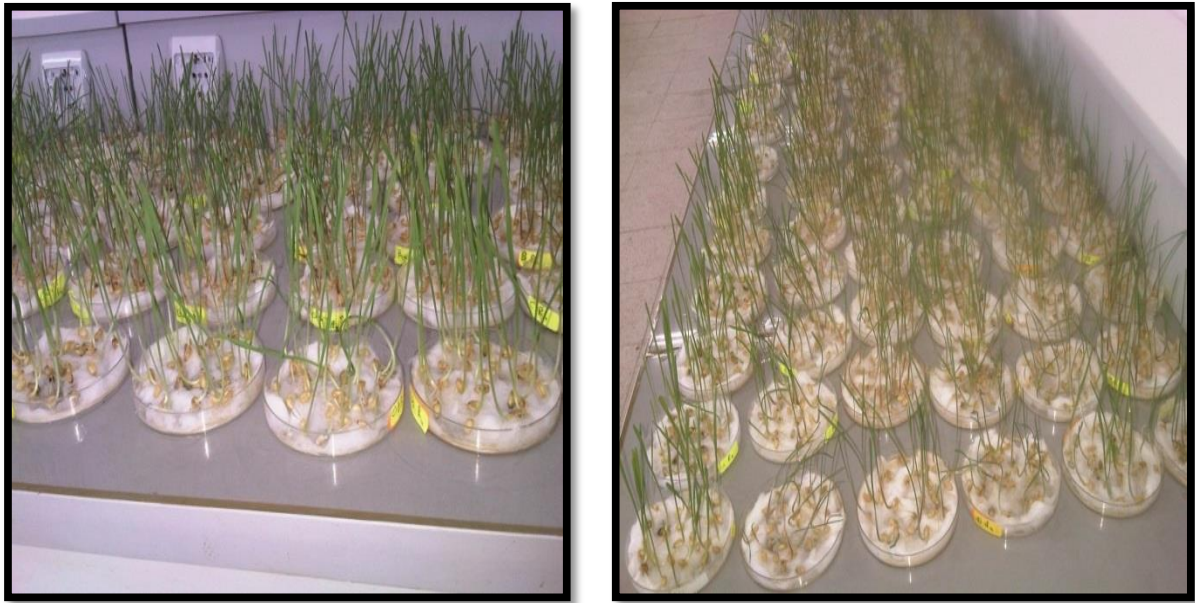


Figure. 10 : L'essai de germination.

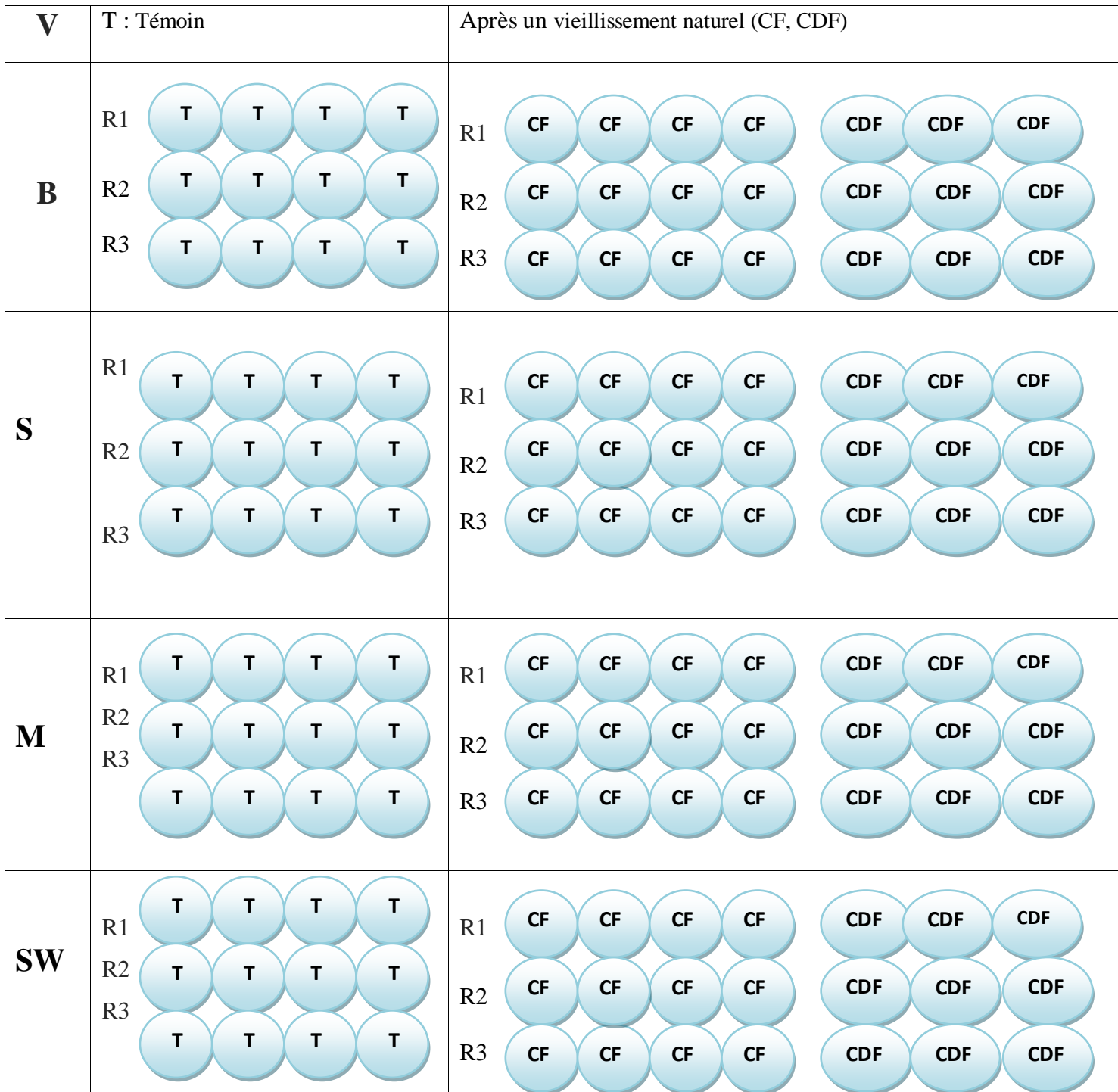


Figure. 11: Dispositif expérimental de l'essai de germination et de VA (T : témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables, R: répétition).

5. Les paramètres étudiés :

5.1. Faculté germinative :

Les graines de chaque variété sont stérilisées pendant 5 min dans l'hypochlorite de sodium dilué pour éliminer toute contamination fongique, puis elles sont rincées abondamment à l'eau distillée. Elles sont ensuite, mises à germer dans des boîtes de pétri sur du coton imbibé d'eau à raison de 25 graines par boîte de chaque traitement pour les quatre variétés de blé dur étudiées (pour chaque traitement, 3 répétitions sont réalisées).

Après trois et dix jours le pourcentage est calculé par la formule suivante (Mazliak, 1982) :

$$G\% = g / N.g \times 100$$

G : pourcentage de germination.

g : le nombre des graines germés.

N.g : le nombre des graines mises à germer.

5.2. La longueur des coléoptiles ; des racines ; le nombre moyen des racines :

La longueur de la coléoptile et de la racine de chaque plantule issue de la germination est mesurée à l'aide d'une règle graduée pour chaque variété et chaque traitement. Les mesures de ce paramètre sont effectuées après 14 jours de croissance. Le nombre de racines par plantule a aussi été compté.

Neufs répétitions ont été réalisées pour chaque variété, issues des trois traitements.

5.3 Fuite des électrolytes :

L'estimation de fuite d'électrolytes se fait par mesure de la conductivité (conductimètre Thermo Orion) de l'eau d'imbibition de 50 graines en fonction du temps de trempage (Parrish et Leopold, 1978).

5.4 . Test topographique aux tetrazolium :

Le test de tétrazolium est développé en Allemagne dans les années quarante par le professeur Georg Lakor. Dans le but de distinguer entre les semences vivantes de celles qui sont mortes. Il est utilisé aujourd'hui à travers le monde comme une méthode très vivement recommandée pour estimer la viabilité des grains et est devenu un test de routine dans plusieurs laboratoires de semences (Copeland, 1972).

Le test au tetrazolium est basé sur la réduction de la solution incolore chlorure 2, 3, 5-triphenyltetrazolium (*TTC* : 2, 3,5 -*TriphenylTetrazoliumChloride*) en 2, 3, 5-triphenyl formazan de couleur rouge. Cette solution agit comme un indicateur pour la détection des processus de réduction qui ont lieu dans les parties de vie de la graine (*ISTA*, 2009).

Les semences sont coupées longitudinalement, puis elles sont immergées dans 0,1% de la solution de tétrazolium. Plusieurs concentrations de solutions de tétrazolium peuvent être utilisées, et les résultats peuvent être comparés entre eux. La concentration utilisée pour des semences dont les embryons ont été bissectés, comme le blé, est de 0.1%. La préparation de cette solution de 0.1%, en dissolvant 1gr de poudre de tétrazolium dans 1000 ml d'eau distillée (*TetrazoliumTestingCommittee* 1970).

Les graines doivent être recouvertes complètement par la solution et mises à l'obscurité dans une étuve à une température de 20 à 30 °C pendant 30 à 45 minutes. Après avoir retirées et rincer avec de l'eau distillée, les coupes sont ensuite examinées sous une binoculaire et photographier.

L'emplacement, la taille des zones non teintées et parfois l'intensité de la teinture, sont utilisés pour déterminer si certaines semences sont considérées comme viables ou non (*Milosevic et al.*, 2010).

5.5 Teneur en sucres solubles :

Le dosage des sucres solubles a été réalisé selon la méthode de (Schiels et Burnett, 1960), elle est aussi dite méthode à l'anthrone en milieu sulfurique.

Le principe de cette méthode repose sur la condensation des produits de dégradation des sucres neutre. L'acide sulfurique concentré transforme à chaud les glucides en dérivés sulfuriques : Les hexoses produisent les dérivés qui donnent avec l'anthrone une coloration verte présentant un maximum d'absorption à 585 nm.

L'extraction des sucres solubles est faite à froid, en mettant le végétal dans des tubes à essai auquel sont ajoutés 3 ml d'alcool (l'éthanol à 80 %) pendant 48 heures.

La solution en suite passe au bain marie à 70 °C pendant 30 mn une fois l'alcool est disparu, on ajoute 20 ml d'eau distillée dans la totalité de l'extrait.

Le réactif de l'anthrone doit être préparé quatre heures à l'avance avec les proportions suivantes : 0,2 g d'anthrone dans 100 ml d'acide sulfurique pur.

Dans des tubes à essai propres, on prélève de chaque tube 2 ml de la solution à analyser à laquelle on ajoute 4 ml du réactif à l'anthrone, le tout est maintenu à 0 °C dans la glace pendant l'opération ; pour éviter l'éclatement des tubes (car la réaction est exothermique).

Après agitation par agitateur, les tubes placés dans un bain marie à 90 °C pendant 8 mn.

La solution vire alors légèrement au bleu vert pour l'arrêt de cette réaction, les tubes sont refroidis dans un bain glacé et à l'obscurité pendant 30 mn pour éviter l'oxydation des sucres.

L'absorbance est alors lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de (585 nm) après étalonnage de l'appareil par le blanc de gamme composé de (2 ml de l'éthanol à 80 % plus 4 ml du réactif à l'anthrone après agitation, le mélange placé dans un bain marie à 90 °C pendant 8 mn).

La teneur en sucres solubles de chaque échantillon est déduite selon l'équation de la courbe d'étalonnage établie avant le dosage :

$$Y = a X + b$$

Où :

X: quantité de proline exprimée en ($\mu\text{g} / \text{g}$ de MF).

Y : valeur du spectrophotomètre (La densité optique ou l'absorbance).

5.6 Teneur en proline :

La proline est quantifiée selon la technique de Troll et Lindsley (1955) simplifier et mise au point par Dreier (1978) et modifier par Monneveux et Nemmar (1987).

0,1g des échantillons sont placés dans des tubes à essai, auxquels on ajoute 2ml de méthanol à 40 %, on chauffe au bain marie à 85 °C pendant 60 minutes et pour éviter la volatilisation de l'alcool, les tubes sont fermés hermétiquement pendant le chauffage.

Après refroidissement, on prélève 1 ml de l'extrait de chaque tube à essai, qu'on met dans un autre jeu de tubes et auquel on ajoute 1 ml d'acide acétique et 1 ml de réactif préparé par un mélange fait de (120 ml d'eau distillée plus 300 ml d'acide acétique plus - 47 - 80 ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4) plus 25 mg de ninhydrine). Le tout est porté à ébullition à 100 °C pendant 30 mn, la solution vire au rouge.

Après refroidissement, on ajoute 5 ml de toluène par échantillon, qui permet après agitation de distinguer deux phases, une supérieure organique qui contient la proline et l'autre inférieure aqueuse sans proline.

Après avoir récupéré la phase supérieure, on ajoute du sulfate de sodium (Na_2SO_4) à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient. On procède enfin à la détermination

des densités optiques des échantillons à l'aide d'un spectrophotomètre réglé sur une longueur d'onde de 528 nm. Le zéro du spectrophotomètre est réglé grâce au blanc de gamme composé de (1 ml de méthanol à 40 % + 1 ml d'acide acétique + 1 ml du mélange + 25 mg de ninhydrine).

La quantification se fait d'après l'équation de la courbe d'étalonnage suivante :


$$Y = aX + b$$

Où :

X: quantité de proline exprimée en ($\mu\text{g} / \text{g}$ de MF).

Y : valeur du spectrophotomètre (La densité optique ou l'absorbance).

5.7 Teneur en protéines totales :

La méthode utilisée est celle de Bradford (1976) qui utilise le B.S.A. comme standard.

À l'aide d'un mortier les échantillons sont broyés, auxquels on ajoute 5 ml d'eau distillée et on mélange, après filtration, la solution obtenue chaque fois est mise dans un tube à essai avec 5 ml d'eau distillée.

Le réactif de Bradford doit être préparé avec la méthode suivante :

On mélange 100 mg de (BBC) avec 50 ml d'éthanol à 95 %.

On agite pendant 2 heures, puis on ajoute 100 ml d'acide orthophosphorique à 85 % et on ajoute de l'eau distillée pour arriver à 1000 ml. Le tout est conservé dans un flacon sombre au réfrigérateur. On prend 2 ml du réactif que l'on ajoute à 0,2 ml de la solution à analyser. Le tout est agité au vortex.

L'étalonnage de l'appareil s'effectue en prenant 2 ml du réactif de Bradford plus 0,2 ml d'eau distillée. Après 5 mn à 1 heure de temps, on mesure la densité optique (Do.) à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm.

La quantité de protéines totales est déterminée à partir de l'équation suivante :

$$Y = a X + b$$

Où :

X: quantité de proline exprimée en ($\mu\text{g} / \text{g}$ de MF).

Y : valeur du spectrophotomètre (La densité optique ou l'absorbance).

6. Expérimentation 03 : Effets de vieillissement naturel sur la plante (stade 7 feuille).

6.1 Préparation des pots et le semis :

Les essais ont été réalisés à l'université de Badji Mokhtar (Annaba), département de biologie ; laboratoire Amélioration Génétique des plantes. Le semis est réalisé sous serre dans des pots en plastique pour les quatre variétés selon un dispositif aléatoire complet. Ce dispositif comprenant trois traitements :

- ❖ Traitement sur des semences récentes de blé dur (témoin) **T**.
- ❖ Traitement sur des semences de blé dur sous deux conditions de vieillissement naturel:

- 1.** Conditions favorables dans la chambre froide : température ($- 04\text{c}^\circ$) ; humidité (40%) **CF**.
- 2.** Conditions défavorables dans les conditions de laboratoire : température entre ($15\text{-}38\text{c}^\circ$) ; humidité (45-85) **CDF**.

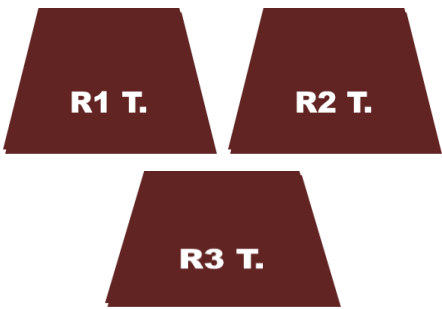
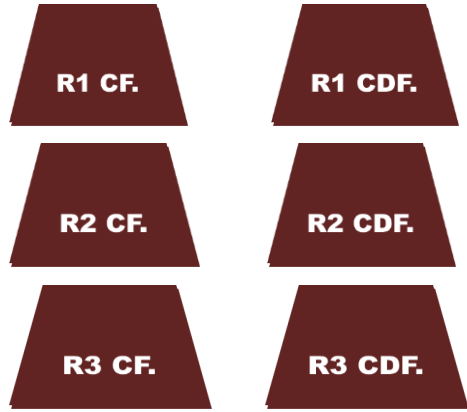
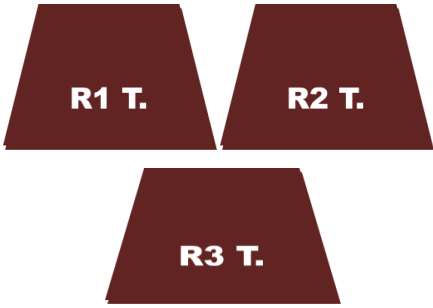
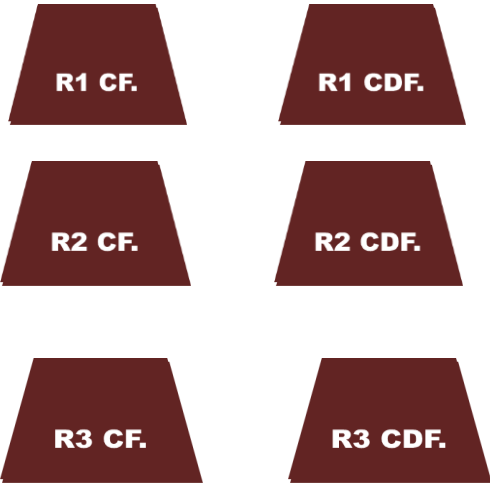
Trois répétitions par traitements à raison de dix grains par variétés.

6.2. Conduite de l'essai :

Les 36 pots (9 pour chaque variété) ont été remplis d'un mélange composé de sable, terreau et de gravier dont les proportions les suivantes : 1-2-1 respectivement.

Avant le semis un arrosage a été effectué à fin d'obtenir une humidité homogène dans tous les pots.

L'arrosage s'effectue deux jours par semaine à raison de 250ml/pots, jusqu'au stade de 7 feuilles pour toutes les plantes.

V	T : Témoin	Après un vieillissement naturel (CF, CDF)
B		
S		

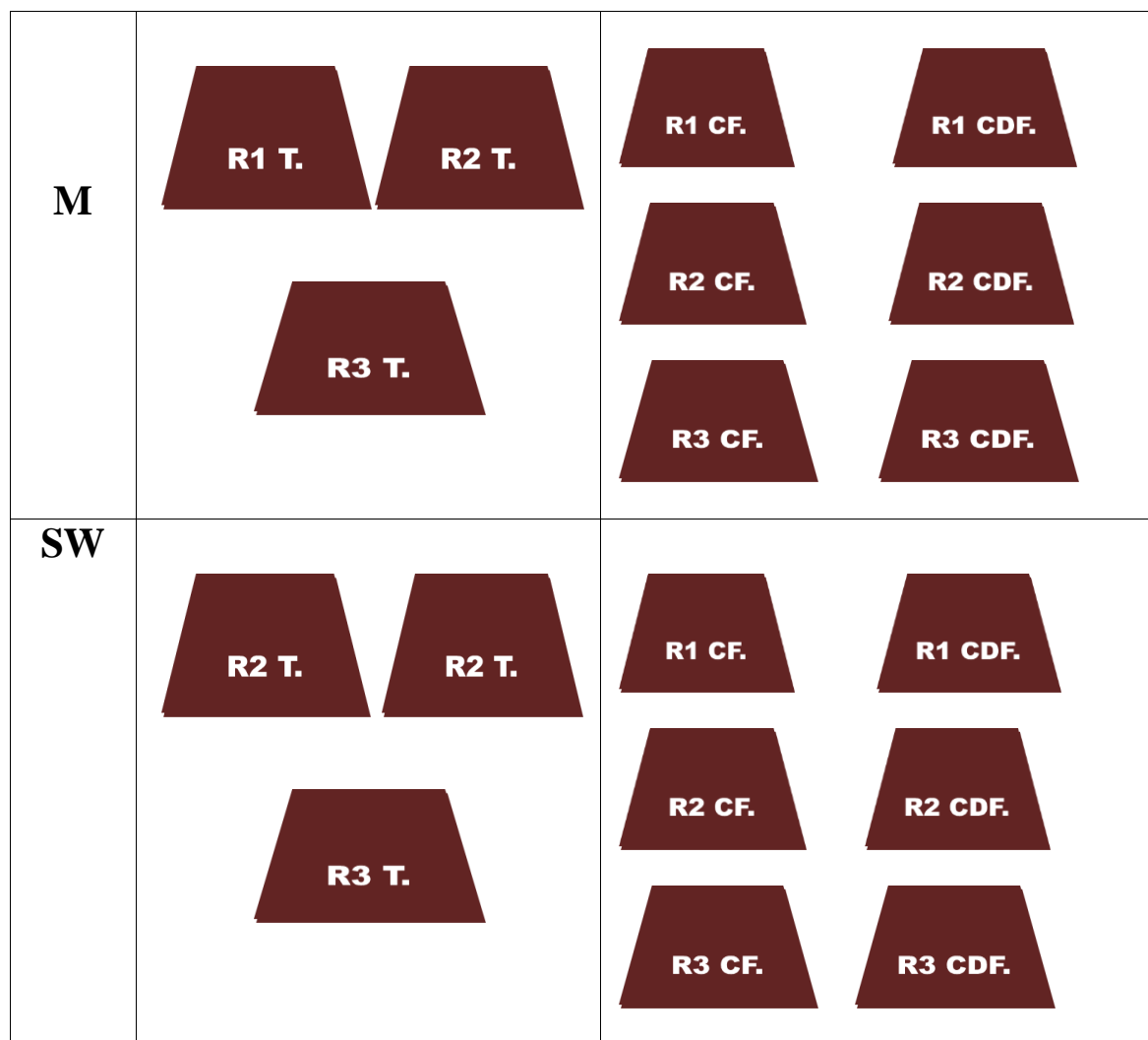


Figure.12: Dispositif expérimental (T : témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables, R: répétition).

6.3. Les paramètres étudiés :

6.3.1. La surface foliaire (SF « cm² ») :

La surface foliaire qui concerne la troisième feuille, est déterminée par la méthode de Paul et *al.*, (1979) qui consiste à :

- prendre la feuille de blé dur sur papier calque et découper les contours de la feuille, ce dernier est pesé (Pf).
- couper un carré de 1cm (S(1cm²)) de coté de ce même papier qui est également pesé (P(1cm²)).

- déduire la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$SF (cm^2) = Pf. S (1cm^2) / P (1cm^2)$$

6.3.2. La teneur relative en eau (TRE « % ») :

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par Barrs, (1968). Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF) .Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés à l'obscurité dans un endroit frais, après 24h les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT).

Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule de Clark et Mac-Caig, 1982) :

$$TRE (\%) = [(PF-PS) / (PT- PS)].100$$

6.3.3. Taux de déperdition d'eau (TDE «10⁻³ g /cm²/mn ») :

C'est une méthode qui permet d'identifier les génotypes de blé adaptés à des conditions défavorables. Elle a été utilisée par Clarke et Mc Caig (1982), Jaradat et Konzak (1983), Clarke et Townely-Smith (1986) et (Clarke et *al.*, 1989). Elle est basée sur la détermination du taux de déperdition d'eau dans des feuilles excisées, appelée pour cette raison par (Clarke et Richards, 1988 *in* Benchallel, 1994) «La transpiration résiduelle» et par (Mushow et Sinclair, 1989 *in* Benchallel, 1994).

Au stade 5 feuilles, on trois deux feuilles pour tous les traitements des quatre variétés de blé dur. Cette méthode aussi consiste à couper les feuilles à la base du limbe. Elles sont collectées dans des sachets en plastique et sont transportées immédiatement au laboratoire et après on pèse ces feuilles (poids frais initial) et après deux heures, les feuilles sont repesées afin de déterminer le poids frais.

Chaque échantillon est ensuite mis à sécher à l'étuve à 80 °C pendant 24 heures. Puis, on le pèse (c'est le poids sec).

Les valeurs de la transpiration cuticulaire sont déterminées par la formule suivante :

$$\text{TDE (g.10}^3\text{- /cm}^2\text{/mn)} = [(\text{P}_i - \text{P}_{2h}) / \text{PS}].[1/\text{SF.120mn}]$$

Avec : P_i : poids initial de la feuille ;

P_{2h} : poids de la feuille (trempée dans l'eau distillée 2h) ;

PS : poids sec de la feuille (48heure à 80C°) ;

SF : la surface foliaire de la feuille.

6.3.4 Biomasse :

Au stade 4-5 feuilles, trois échantillons ont été choisis pour chaque traitement des quatre variétés de blé dur étudiées.

Les plantes sont retirées avec précaution totalement, bien rincées de tous déchets et bien essuyées en utilisant du papier buvard, ensuite on procède à leur pesée (c'est le poids total frais). Les échantillons sont ensuite mis à sécher à l'étuve à 85 °C pendant 24 heures, puis ils sont pesés (c'est le poids total sec). Les biomasses ont été évaluées par la formule suivante :

$$\text{MS \%} = \frac{P_s \times 100}{P_f}$$

P_f

MS% : pourcentage sèche de matière. / P_s : poids sec. / P_f : poids frais.

6.3.5. Teneurs en protéines solubles, proline et sucres solubles :

La quantification de la teneur en protéines solubles est faite selon la méthode de Bradford (1976), celle de la proline selon la méthode de Monneveux et Nemmar (1986) celle des sucres solubles selon la méthode de (Schiels et Burnett, 1960),

Analyse statistique :

L'analyse statistique des données a été réalisée, par le test *t* de *Tukey* et le test d'analyse de la variance à deux critères (ANOVA), à l'aide du logiciel spécifique d'analyse et de traitement des données *MINITAB* version 15.1, pour déterminer les différences significatives entre les moyennes des groupes homogènes.

Les différences sont affichées comme suit :

- Significatives lorsque * $p < 0,05$.
- Hautement significatives lorsque ** $p < 0,01$.
- Très hautement significatives lorsque *** $p < 0,001$.

7. Expérimentation 04 : Étude comparative des potentialités technologiques des variétés de blé dur par la méthode NIRS après un vieillissement naturel. Cette expérimentation a été réalisée au niveau de l'INRA Montpellier France.

7.1 : Analyse dans le proche infra rouge NIRS :

7.1.1 Intérêt :

La spectrométrie dans le proche infra rouge est une technique analytique de plus en plus répandue pour le contrôle rapide de la qualité des céréales.

Le plus souvent non destructive, elle nécessite qu'une préparation rapide de l'échantillon et elle permette la détermination rapide et non coûteuse de plusieurs paramètres.

7.1.2 Principe :

L'analyse en spectrométrie proche infra rouge est non destructive et permet de prédire divers paramètres qualitatifs pastiers et semouliers en n'utilisant qu'une petite quantité de grains. Il s'agit d'une analyse comparative dont le principe repose sur l'absorption de la lumière proche infrarouge par la matière organique ; en utilisant des calibrations dans lesquelles les données spectrales de l'échantillon connu sont mises en corrélation avec leurs valeurs analytiques de référence, la spectrométrie peut prédire pour un lot inconnu, le niveau du paramètre en se basant uniquement sur l'empreinte spectrale de l'échantillon. Cette analyse a été réalisée à l'I.N.R.A. de Montpellier (France), à la station expérimentale de Melgueil où des courbes de calibration pour divers paramètres ont été mise au point.

Les spectres correspondants aux 4 ont été collectés sur grains entiers disposés en grandes cellules avec NIR system.

6500 travaillant par réflectance, de 400 à 2500 nm, avec un pas de 02 nm (**Wehrle et al , 1996, Delwiche , 1998**). Un traitement mathématique (ACP sur spectre) transformant les données brutes en dérivée première a été appliqué sur les données spectrales des échantillons. Une correction d'une éventuelle dérive des spectres (divers procédés mathématiques), a été également appliquée sur les données (**Ripetti-Ballester et al.,2000**) ; d'autre part une étude statistique a été réalisée en utilisant le système SAS (SAS 1985) lié a la NIRS.

Trois répétitions ont été réalisées pour chaque variété, issues des trois traitements.

7.1.3 Analyses statistiques : Logiciel utilisé MINITAB Version 16.

Le logiciel ISI NIR II (**NIRS 2, 1992**) a permis de prédire le taux de protéines, l'indice de jaune.



Figure 13: photos de l'appareil NIRS

Chapitre III : Résultats

1. Faculté germinative :

1.1 Taux de germination après trois jours d'imbibition :

Après trois jours de germination ; les effets du vieillissement accéléré ont été décrits avec les quatre variétés de blé dur (figure.14). Le taux de germination des semences non traitées présentent une bonne faculté germinative pour les quatre variétés de blé dur qui varie de 90% à 95% respectivement pour Saoura et Setifis.

Pendant deux jours de traitement, il n'y a aucun effet de VA sur les semences traitées, alors que c'est presque le même cas pour les semences qui ont subi un traitement de quatre jours de VA avec une chute non importante de potentiel germinatif. La variété Saoura passe de 90% chez le témoin à 86% pour les semences traitées.

Des traitements de VA de plus en plus longs entraînent une plus forte diminution du taux de germination, avec une chute nette après quatre jours de VA.

Une chute de potentiel germinatif obtenue pour les semences de blé dur qui ont subi un traitement pendant six jours de VA, qui passe de 94% chez le témoin à 81% pour la variété Bousselam et qui continue à diminuer jusqu'à 72% pendant le 8^{ème} jours de VA. Une diminution jusqu'à 86% pour la variété Megress qui a présenté chez les semences non traitées un pourcentage de 90%. La variété Saoura est très sensible au VA avec une chute jusqu'à 45%.

Les différences sont très hautement significatives ($P \leq 0.001$) chez les deux facteurs ; variété et VA. L'effet du VA sur les quatre variétés est très hautement significatif ($P \leq 0.001$).

Chapitre III : Résultats

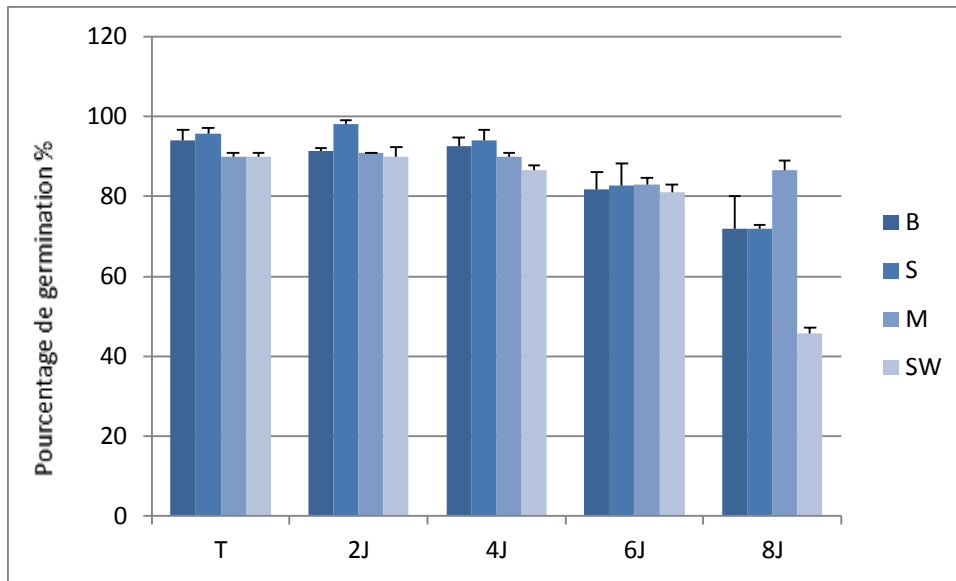


Figure.14 : Variation des capacités germinatives de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress (M), Saoura SW, soumises à un vieillissement accéléré (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

1.2 Taux de germination après dix jours d'imbibition :

Après dix jours de germination ; le temps a fait « son travail de rattrapage », en termes de germination. Les différences sont moindres ; le temps peut résoudre les problèmes de germination en termes de compensation (figure.15).

Du 6^{ème} au 8^{ème} jours de VA ; il ya eu une augmentation de potentiel germinatif pour les quatre variétés de blé dur.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété × niveau).

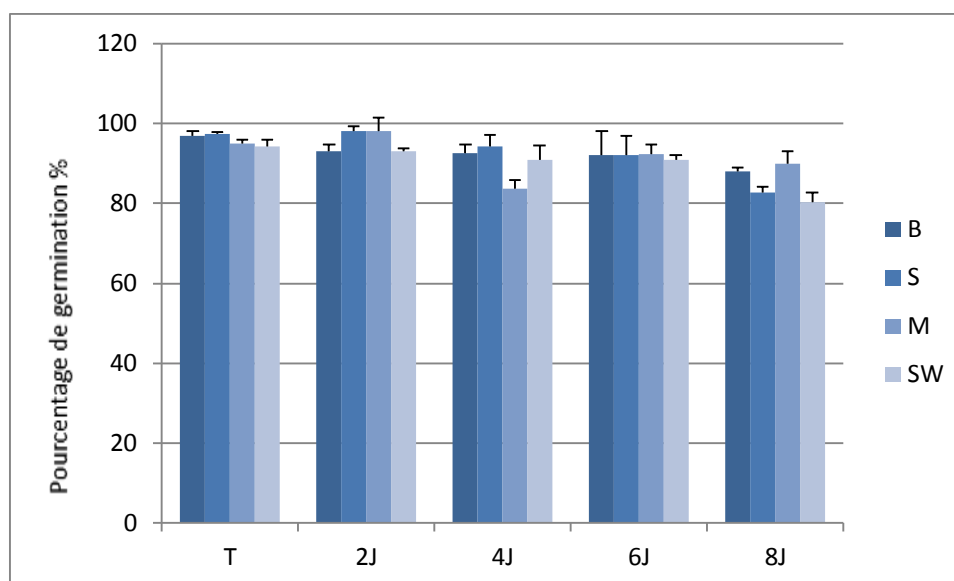


Fig.15 : Variation des capacités germinatives de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress (M), Saoura SW, soumises à un vieillissement accéléré (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

2. Conductivité électrique :

Parallèlement à la chute du pourcentage de germination, on note une augmentation de conductivité du milieu de réhydratation des semences en fonction de la durée du vieillissement accéléré (figure.16). L'effet VA apparaît après quatre jours de traitement.

Après huit jours de traitement, les résultats sont mentionnés sur la figure .16; La variété setifis a entraîné une augmentation de fuite d'électrolytes de 53 μs chez le témoin à 65 μs ;Bousselam de 45 à 63, Megress de 38 à 50, pour Saoura de 54 à 70.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété, le facteur interaction montre des différences non significatives (variété \times niveau).

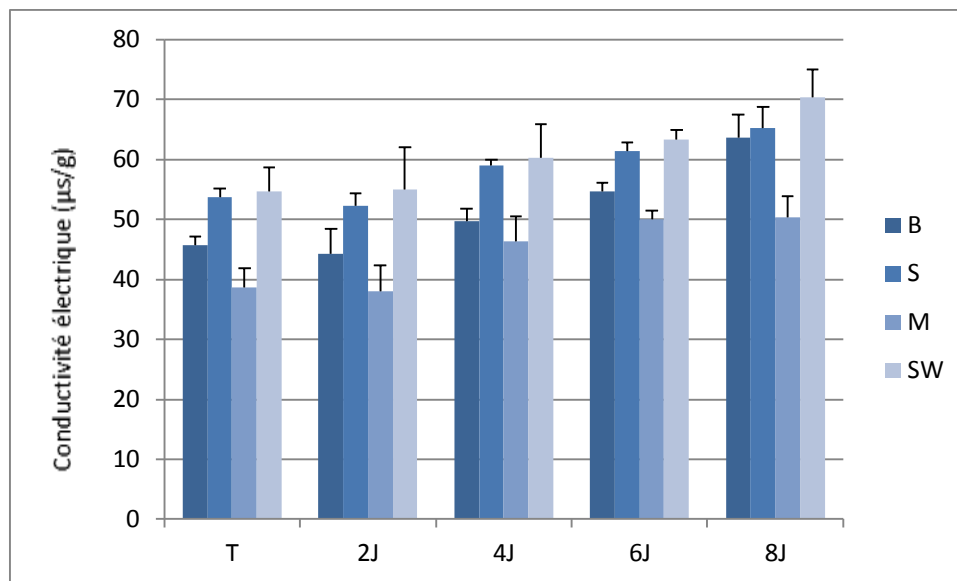


Figure 16. Effet d'un traitement de vieillissement accéléré (VA) sur la fuite d'électrolytes de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress (M), Saoura SW, (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

3. La longueur des coléoptiles ; des racines et le nombre moyen des racines:

3.1. Longueur des racines :

D'après les résultats obtenus (figure.17), le VA affecte la croissance des racines des quatre variétés de blé dur.

La croissance des racines des semences témoins varie entre 125mm et 150 mm respectivement pour Saoura et Setifis. Le traitement de VA de deux jours a perturbé la croissance des racines des semences traitées des deux variétés Megress et Saoura qui diminue de 125mm chez le témoin à 90 mm pour Saoura alors qui passe de 150mm à 108mm pour Megress. Par contre il n'y a aucun effet sur les deux variétés Bousselam et Setifis (figure.17).

Des traitements de plus en plus longs de VA (4J, 6J et 8J) ont influé de manière drastique sur la croissance des racines qui diminue jusqu'à 11 mm pour Saoura après huit jours de traitement et 15 mm pour Megress. Une diminution importante de la longueur des racines des

Chapitre III : Résultats

deux variétés Bousselam et Setifis a été observée dès le 4^{ème} jour de traitement avec une diminution importante de la longueur des racines après huit jours de traitement.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété × niveau).

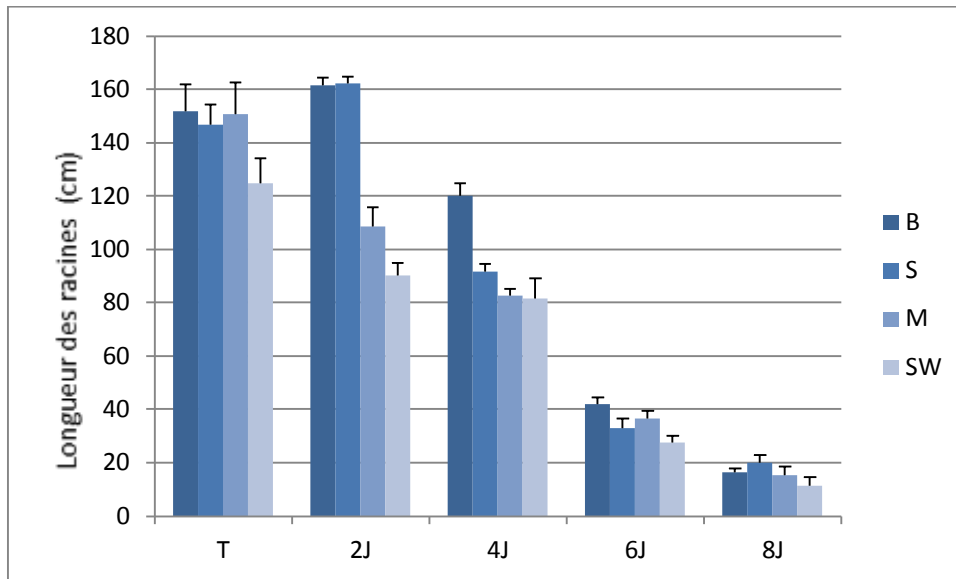


Figure.17 : Effet de vieillissement accéléré sur la longueur des racines de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

3.2. Longueur des coléoptiles :

Chez les quatre variétés de blé dur étudiées, l'effet de VA sur la croissance des coléoptiles est très hautement significatif ($P \leq 0.001$) (figure.18). La croissance de coléoptiles des semences non traitées variée entre 143 mm et 176 mm respectivement pour Saoura et Bousselam.

Après deux jours de traitement de VA ; nous observons une diminution moins importante de la longueur de coléoptiles par rapport au témoin.

Après quatre jours de VA ; la diminution est importante chez les quatre variétés de blé dur qui passe de 176 mm chez le témoin à 138 mm pour Bousselam et qui diminue jusqu'à 36

Chapitre III : Résultats

mm, après huit jours de traitement de VA. Saoura est la variété la plus sensible au VA avec 17mm par rapport au témoin (143mm). La diminution a touché négativement la longueur des coléoptiles de deux variétés Setifis et Megress qui passe de 147mm à 21mm pour Setifis et 172mm à 30mm pour Megress après les huit jours de traitement de VA.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété \times niveau).

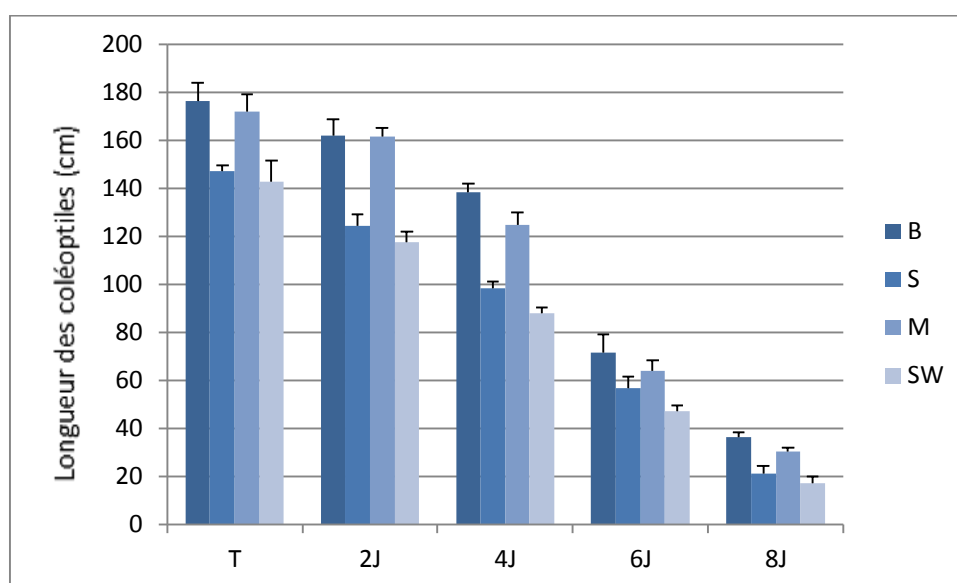


Figure.18 :Effet de vieillissement accéléré sur la croissance des coléoptiles de quatre variétés de blé dur, Boussem (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

3.3. nombre moyen des racines :

Le VA influe d'une manière drastique et négative sur le nombre moyen des racines ; une chute légère du nombre des racines après deux jours d'exposition au VA est enregistrée, suivi par une chute importante dès le 4ème jours de traitement pour les quatre variétés de blé dur. Boussem affiche le nombre élevé des racines chez le témoin (58) et qui est chez la même variété 12 après les huit jours de traitement (figure.19).

Chapitre III : Résultats

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété \times niveau).

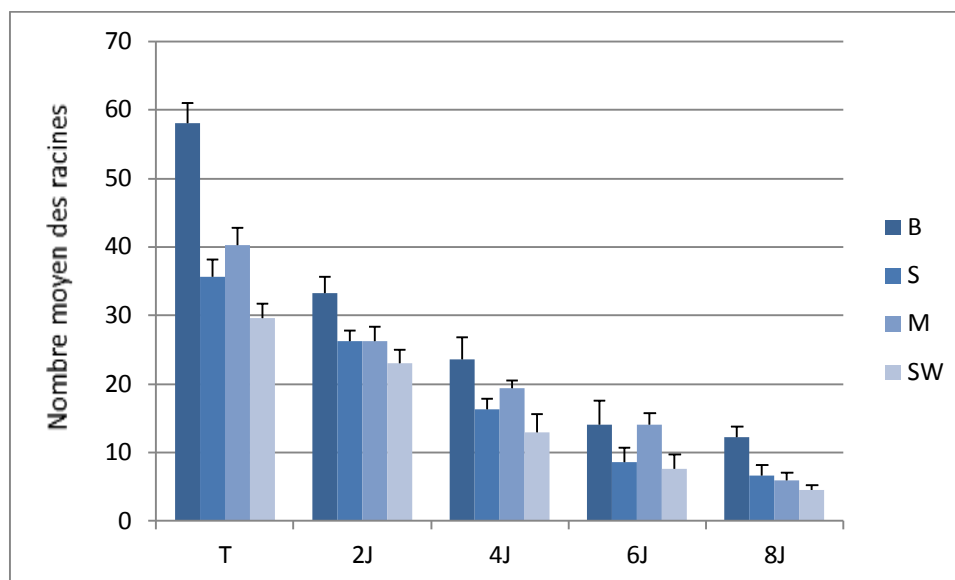


Figure.19 : Effet de vieillissement accéléré sur le nombre moyen des racines de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

4. Variation de la teneur en sucres solubles ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$) :

La teneur en sucres solubles augmente corrélativement au fil du degré de stress de VA chez les quatre génotypes étudiés. Les fortes accumulations des sucres solubles sont observées au quatrième jour de stress, par contre les plus faibles teneurs en sucres solubles sont enregistrées chez le témoin (figure.20).

Sous conditions non stressantes, une accumulation des sucres solubles de moyenne de 6 à $9\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ notée chez les deux génotypes M et B respectivement.

Pour le VA de deux jour, nous remarquons que les génotypes : B, S, M enregistrent des teneurs proches de celles des témoins. Par contre SW enregistrent une teneur plus élevée que chez le témoin. Les teneurs en sucres solubles fluctuent entre une valeur minimale enregistrée

Chapitre III : Résultats

chez le génotype M de $7\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF et une valeur maximale de $11.9\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF enregistrée chez le génotype SW.

Pour le 4^{ème} jour de stress, on note chez l'ensemble des génotypes étudiés des teneurs plus au moins élevées par rapport aux 2^{ème} jour de stress, avec une valeur minimale $14.9\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF chez le génotype B et une moyenne de valeur maximale $33\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF chez le génotype SW. Plus le traitement de VA est long (VA6J, VA8J), plus l'augmentation est plus importante de la teneur en sucres solubles chez les quatre génotypes étudiés, qui atteint une valeur maximale chez le génotype SW avec $47.7\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF après huit jours de traitement et une teneur minimale notée chez le génotype B égale à $23.9\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété \times niveau).

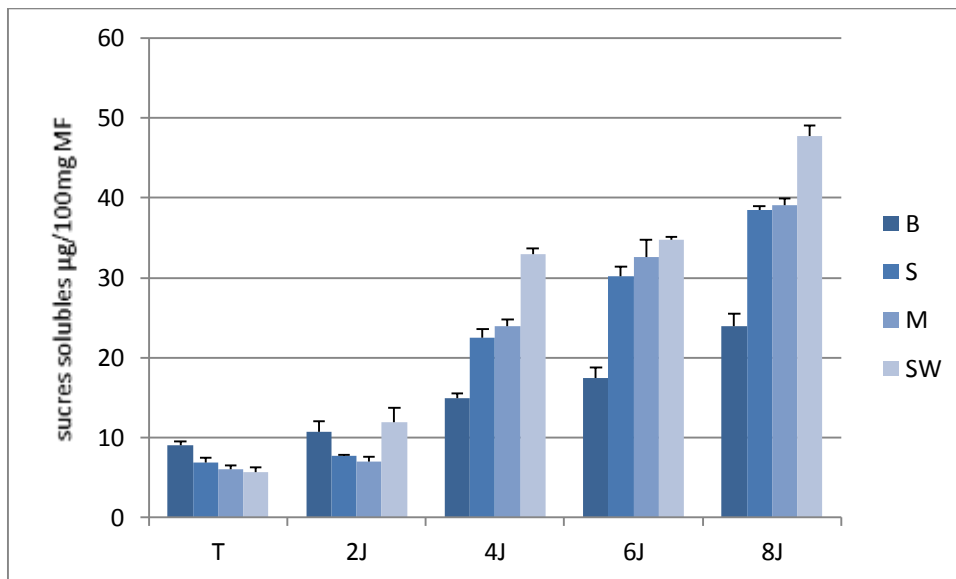


Figure 20 : Effet d'un traitement de vieillissement accéléré sur la teneur en sucres solubles de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

5. Variation de la teneur en protéines totales :

Contrairement à l'augmentation des teneurs en sucres solubles on note une diminution de la teneur en protéines avec le degré de stress de VA chez les quatre génotypes étudiés. Cette

Chapitre III : Résultats

diminution est observée dès le quatrième jour de stress, par contre les plus forte teneurs en protéines sont enregistrées chez le témoin (figure.21).

Sous conditions non stressantes, une accumulation des sucres solubles de moyenne de 13.6 à 20.6 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF notée chez les deux génotypes S et M respectivement.

Après deux jours de traitement, nous remarquons que les génotypes : B, S, M et SW enregistrent des teneurs proches de celles des témoins.

Après quatre jours de stress, on note chez les génotypes B, S, M des teneurs aussi proche de celles des teneurs de 2^{ème} jour de stress. Plus le traitement de VA est long (VA6J, VA8J), plus la diminution est plus importante de la teneur en protéines chez les quatre génotypes étudiés, qui atteint une valeur maximal chez le génotype M 9 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF après huit jours de traitement et une teneur minimale notée chez le génotype SW égale à 3.5 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ MF.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété \times niveau).

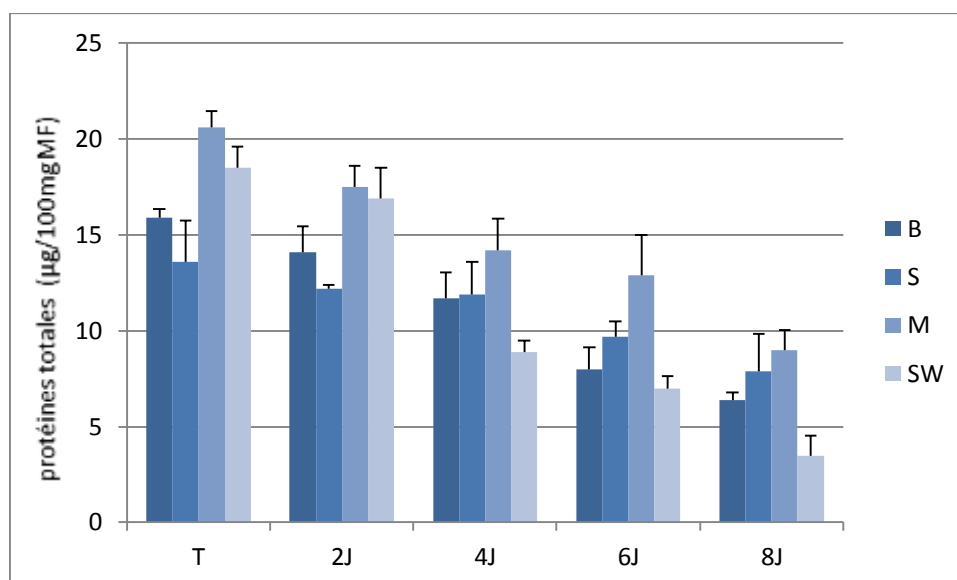


Figure 21 : Effet d'un traitement de vieillissement accéléré sur la teneur en protéines totale de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

6. Variation de la teneur en proline ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$) :

En condition de bonne température et humidité du milieu, on constate que les teneurs en proline restent faibles et relativement proches d'un génotype à un autre, avec un maximum de $28.1\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ enregistré chez le génotype Bousselam et un minimum $16.8\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ noté chez le génotype Megress (figure.22).

Le 2^{ème} jours de VA, on remarque que les différents génotypes testés enregistrent des teneurs en proline très proches des témoins et même élevées par rapport à ce dernier. Les résultats suggèrent que les semences utilisées n'ont pas encore été affectées par ce niveau de VA.

Pour le temps de 4J de VA, on note chez les quatre génotypes testés : B, S, M et SW une augmentation des teneurs en proline proche de celles des témoins, avec des valeurs de l'ordre de (28. à 33.9) $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$, par opposition aux génotypes : M, B ; alors que S et SW enregistrent des teneurs en proline très élevées de l'ordre de (36.9 à 48.3) $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$.

En ce qui concerne le 6^{ème} jour du stress, on observe une évolution très importante de la teneur en proline, le génotype SW affiche la valeur la plus élevée avec $(68.1)\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ et $(37.8)\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ chez le génotype Bousselam qui montre par conséquent une évolution moins importante.

Sous conditions de stress sévère (VA8J), on note une série d'augmentation de la teneur en proline qui est estimée à 45.9, 47.7, 54.7, 79.8 $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ chez les génotypes M, B, S, et SW successifs. Le génotype SW enregistre la teneur maximale.

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenus révèle l'existence de différence très hautement significative entre les niveaux de Vieillesse accélérée, entre les génotypes étudiés et une différence très hautement significative pour l'interaction des deux facteurs (variété \times VA).

Chapitre III : Résultats

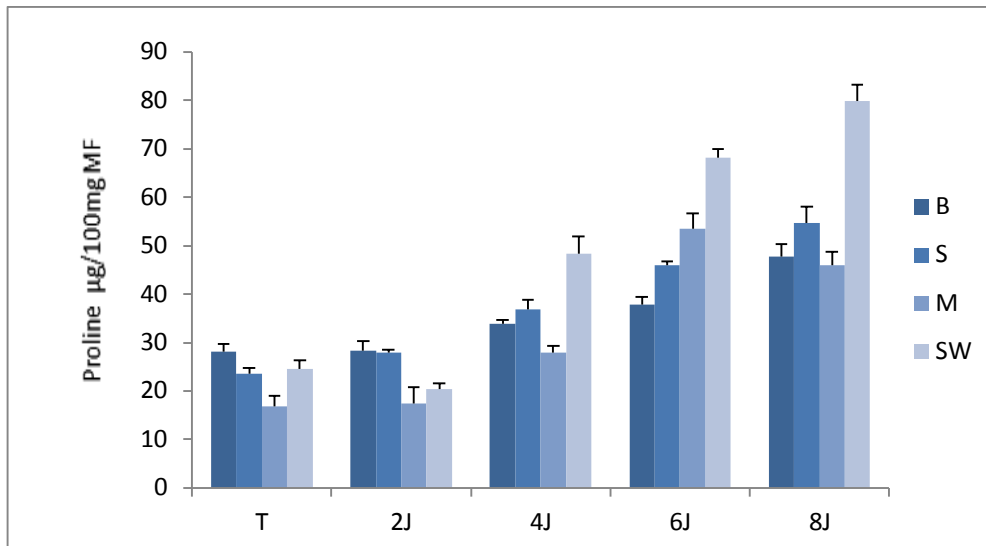


Figure. 22 : Effet d'un traitement de vieillissement accéléré sur la teneur en proline de quatre variétés de blé dur, Bousellam (B), Setefis (S), Megress(M), Saoura (SW), (VA) de 2, 4, 6 et 8 jours.

1. Faculté germinative :

1.1. Taux de germination après trois jours d'imbibition :

Après trois jours de germination ; les effets du vieillissement naturel ont été décrits avec les quatre variétés de blé dur (figure.23). Le taux de germination des semences non traitées varié de 90% à 95% respectivement pour Saoura et Setifis.

La figure montre que, quelle que soit la variété, la capacité germinative des graines stressées est réduite comparativement au témoin et ceci pour les deux conditions de VN.

Sous les deux conditions de VN, toutes les variétés sont affectées et montrent un taux de germination différent de celui du témoin.

Il est à signaler que la variété B est la plus résistante au VN et elle a montré un taux de germination de 94% en conditions favorables et 88.33 % en condition de Vieillissement défavorable. Or, toutes les autres variétés ont montré un taux de germination qui ne dépasse pas 85% en conditions défavorables.

En effet, sous conditions défavorables, la variété, SW se distingue de toutes les autres et montrent un taux de germination plus faible par rapport au témoin avec une moyenne de 67.66%.

En conclure qu'il ya un effet VN sur les quatre variétés de blé dur, les conditions défavorables affiche des résultats aussi faibles que les conditions favorables.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété × niveau).

Après dix jours de germination L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété le facteur interaction révèle des différences non significatives (variété × niveau)(figure.24).

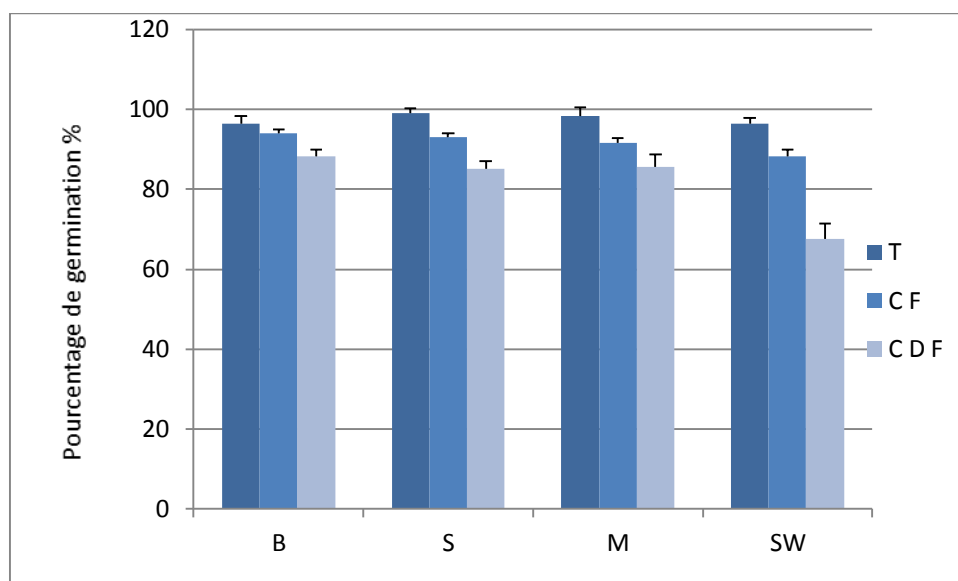


Figure.23 : Variation des capacités germinatives de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress (M), Saoura SW, soumises à un vieillissement naturel, après trois jours d'imbibition.: T : Témoin , CF : conditions favorables ,CDF : conditions défavorables.

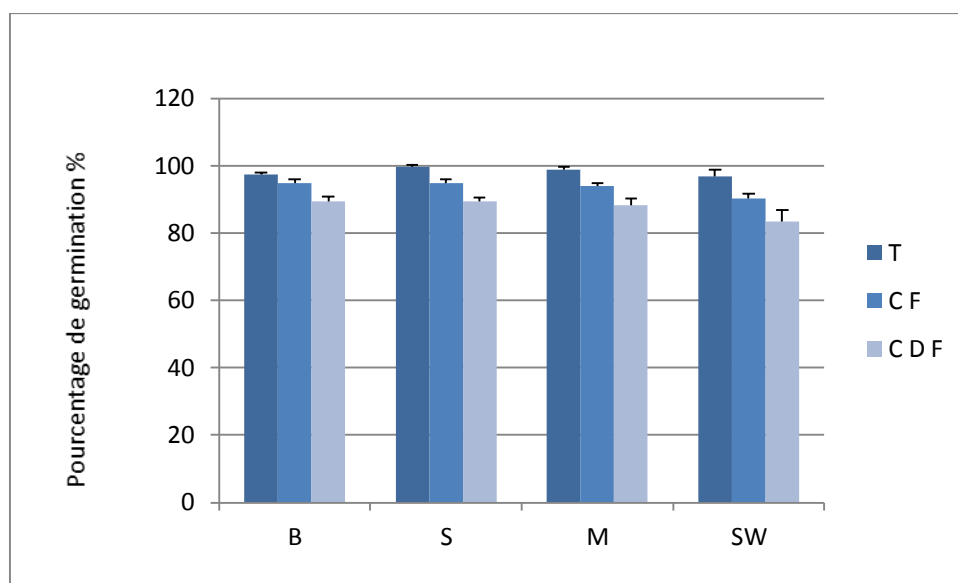


Figure.24 : Variation des capacités germinatives de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress (M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel, après dix jours d'imbibition : T : Témoin , CF : conditions favorables ,CDF : conditions défavorables.

2. Variation de la teneur en protéines totales :

Sous conditions non stressantes, une accumulation des protéines totales de moyenne de 13.56 à 20.64 μ g/100mg MF notée chez les deux génotypes S et M respectivement (figure.25).

Nous remarquons un effet de VN chez les quatre génotypes B, S, M et SW qui enregistrent des valeurs très faibles par rapport au témoin sous les conditions défavorables avec un minimum de 10.92g enregistré chez le génotype SW et un maximum de 11.28 noté chez le génotype B ; alors que sous conditions favorables il n'y a pas un effet de VN.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété \times niveau).

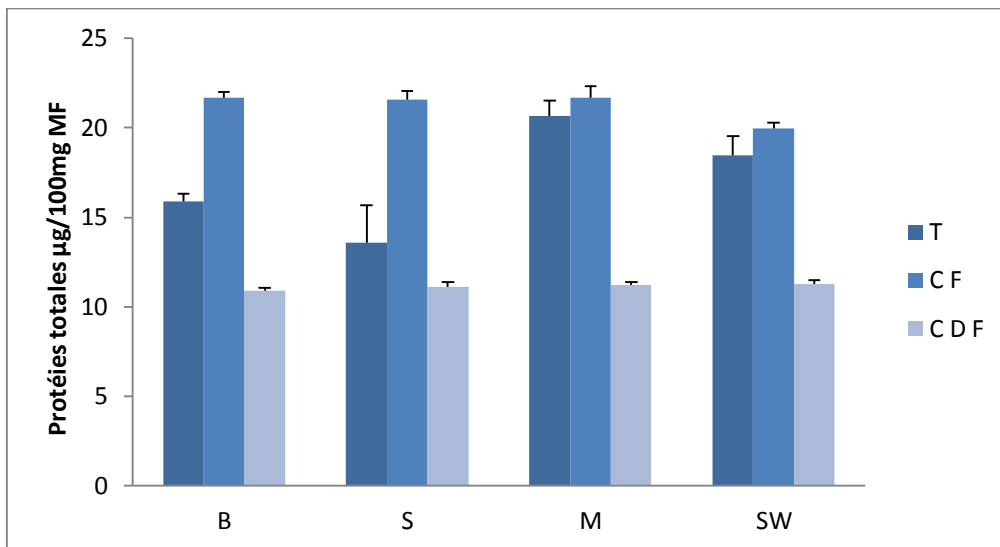


Figure.25 : Variation de la teneur en protéines totales de quatre variétés de blé dur, Bousellam (B), Setefis (S), Megress(M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel:

T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

3. Variation de la teneur en sucres solubles (μ g/100mg MF) :

Sous conditions non stressantes, une accumulation des sucres solubles de moyenne de 5.69 à 8.96 μ g/100mg MF notée chez les deux génotypes SW et B respectivement (figure.26).

Un effet remarquable de VN chez les trois génotypes B, S, et SW qui enregistrent des valeurs élevée par rapport au témoin sous les conditions favorables avec un minimum de 6.03g enregistré chez le génotype SW et un maximum de 13.18 noté chez le génotype B ; alors que chez la variété M une diminution de taux des sucres solubles est affichée avec 5.53g.

Sous conditions défavorables de VN la teneur en sucres solubles est augmentée de plus par rapport aux conditions favorables avec un minimum de 9.77g enregistré chez le génotype M et un maximum de 16.68 noté chez le génotype B.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VN, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété. Le facteur interaction (variété × niveau) affiche des différences non significatives.

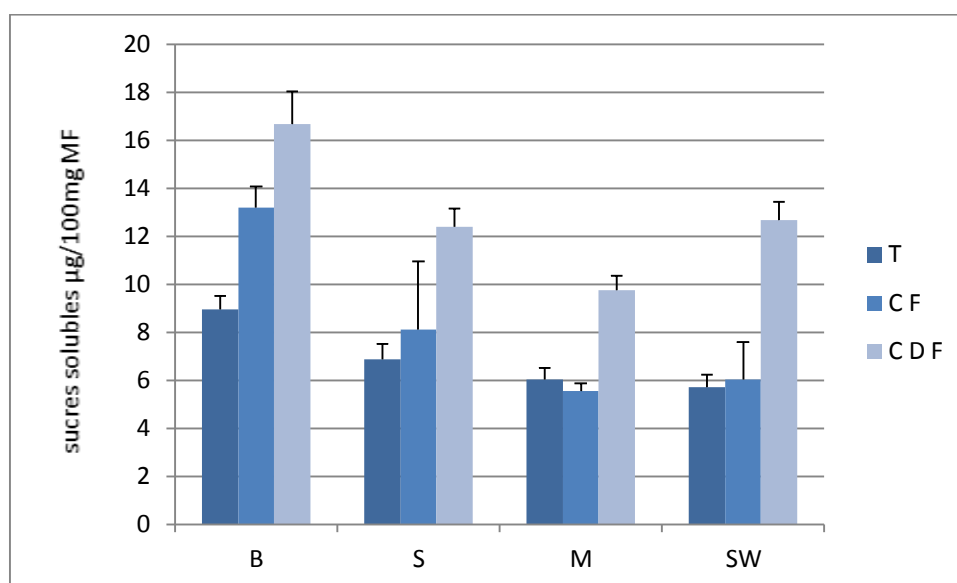


Figure.26 : Variation de la teneur en sucres solubles de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

4. Variation de la teneur en proline :

Sous conditions non stressantes, une accumulation de proline de moyenne de 16.76 à 28.08µg/100mg MF notée chez les deux génotypes M et B respectivement (figure.27).

Un effet remarquable de VN chez les quatre génotypes B,S, M et SW qui enregistrent des valeurs élevée par rapport au témoin sous les conditions favorables avec un minimum de 27.22g enregistré chez le génotype M et un maximum de 36.06 noté chez le génotype S.

Sous conditions défavorables de VN ; la teneur en proline est augmentée de plus par rapport aux conditions favorables avec un minimum de 35.14g enregistré chez le génotype B et un maximum de 54 noté chez le génotype SW.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence très hautement significative. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété × niveau).

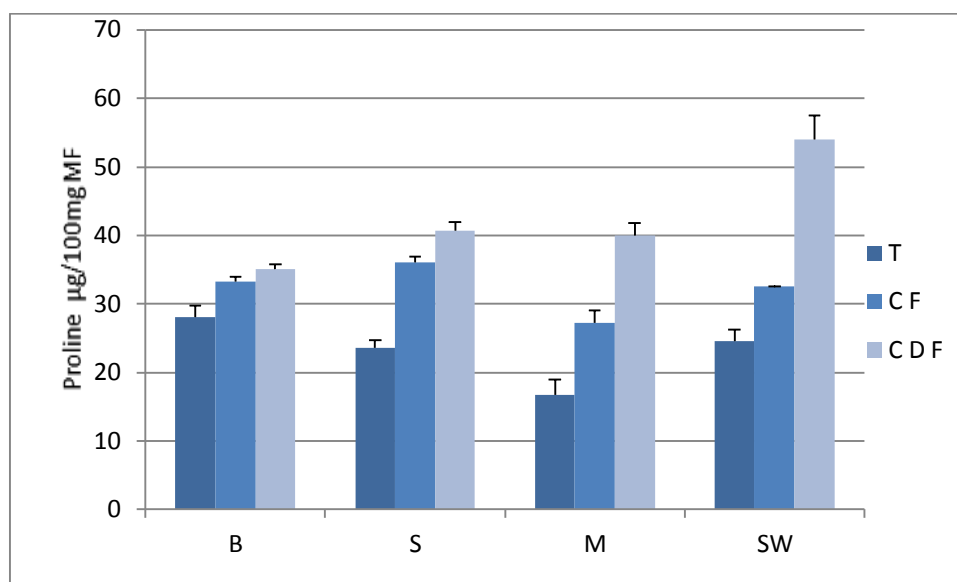


Figure. 27 Variation de la teneur en proline de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B),Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

5. La longueur des coléoptiles ; des racines et le nombre moyen des racines :

5.1. Longueur des racines :

D'après les résultats obtenus, le VN affecte La croissance des racines de la variété S par contre B, M, S et W ne sont pas affectées par le VN (figure.28).

La croissance des racines des semences témoin varie entre 100.16 mm et 150.66 mm respectivement pour Saoura et Setifis. Le VN sous conditions défavorables a perturbé la croissance des racines des semences traitées de la variété S qui diminue de 150.66 mm chez le témoin à 117.5 mm. Alors qu'il n'y a aucun effet sur les trois autres variétés B, M, et SW, le même résultat obtenu sous conditions favorables ; le VN a affecté que les semences de la variété S qui diminue jusqu'à 129.16 mm par rapport au témoin (figure.28).

L'analyse de la variance obtenues aux trois facteurs : variété ; facteur interaction (variété × niveau) et facteurs VN donne des différences non significatives.

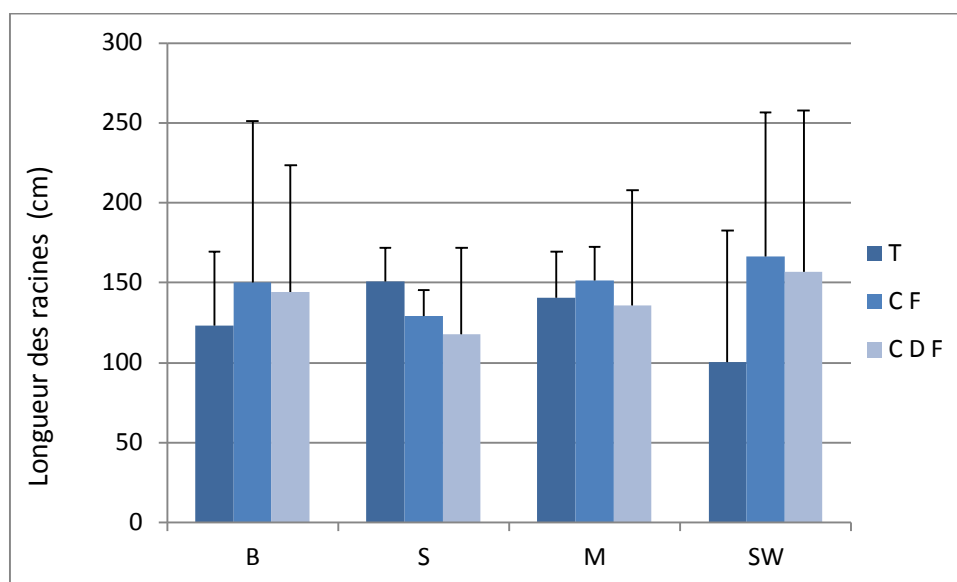


Figure.28 : Effet de condition de vieillissement naturel sur la croissance des racines de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

5.2. La longueur des coléoptiles :

Contrairement à la croissance des racines, la croissance des coléoptiles est affectée négativement par le VN sous les deux conditions favorables et défavorables (figure.29).

La croissance des coléoptiles des semences témoin varie entre 115.16 mm et 156.83 mm respectivement pour SW et B. Une diminution de la longueur des coléoptiles sous conditions

favorables de VN chez les trois variétés B, S, et M de 64 mm à 144 mm pour B et S respectivement.

La longueur des coléoptiles des semences des quatre variétés étudiées après VN sous conditions défavorables est affectée aussi de plus par rapport aux conditions favorables qui variée de 88.16mm à 100.33mm chez S SW respectivement.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA, donne une différence hautement significative. Le facteur variété et le facteur interaction (variété × niveau) donne des différences non significatives.

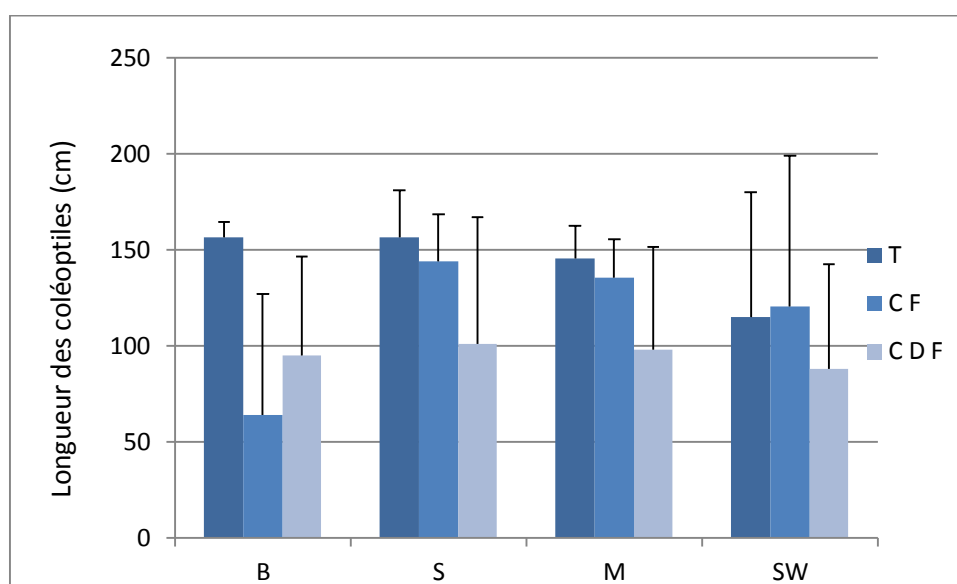


Figure.29 : Effet de condition de vieillissement naturel sur la croissance de coléoptiles de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

5.3. Nombre moyen des racines :

Le VN sous les deux conditions favorables et défavorables affecte le nombre moyen des racines (figure.30). La croissance des racines des semences témoin varié entre 24.66 mm et 48.5 mm respectivement pour SW et M.

Une diminution de nombre moyen des racines sous conditions favorables de VN chez les trois variétés S, M et SW de 18.66 mm à 35 mm pour SW et M respectivement. Bouselam n'est pas affecté par le stress appliqué.

Le nombre moyen des racines des quatre variétés étudiées après VN sous conditions défavorables est affectée aussi de plus par rapport aux conditions favorables qui variée de 21.66 mm à 31.83 mm chez M et B respectivement.

L'analyse de la variance au facteur niveau de VA obtenus aux trois facteurs : variété ; facteur interaction (variété × niveau) et facteurs VN ; donne des différences non significatives.

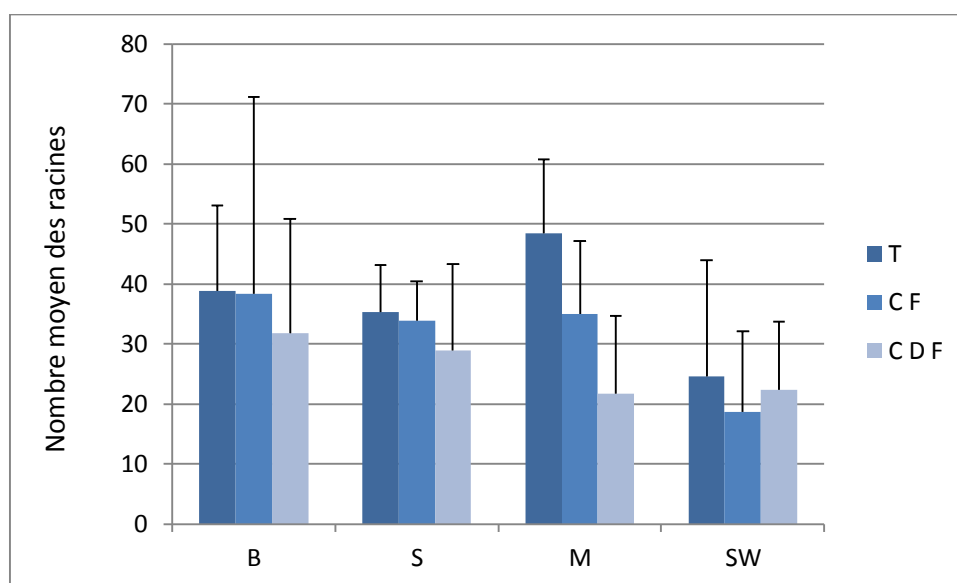


Figure.30 Effet de condition de vieillissement naturel sur nombre moyen des racines de quatre variétés de blé dur, Bouselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

6. Test de vigueur par le tetrazolium (TZ).

Les tableaux ; (3), (4), (5), (6) et (7) affichent les résultats du test au tetrazolium pour les différentes variétés étudiées selon différentes conditions de stockage.

Les semences récentes présentent une grande viabilité et également une forte vigueur, ceci est exprimé grâce aux parties embryonnaires respectives qui ont une forte coloration rouge vif. Saoura présente une coloration faible par rapport aux autres variétés, elle est moins viable et moins vigoureuse.

Concernant les semences stockées dans des conditions favorables, elles ont affiché une vigueur et une viabilité moindre que les semences de récentes, on peut constater que les tissus des régions embryonnaires ne sont pas colorés. Dans ce cas, on les considère comme des tissus morts.

Pour les semences stockées dans des conditions défavorables, elles répondent de manière assez négative au (TZ), la coloration topographique des tissus embryonnaires est presque nulle. Ces graines peuvent être donc considérées comme des semences à faible pouvoir germinatives.

Tableau 10. Résultats du test au tetrazolium pour la variété Bousselam:







	T	CF	CDF
R1			
R2			

Tableau 11. Résultats du test au tetrazolium pour la variété Setifis:

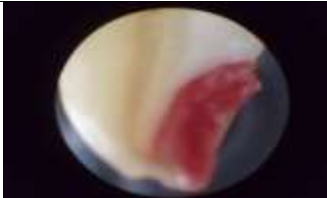
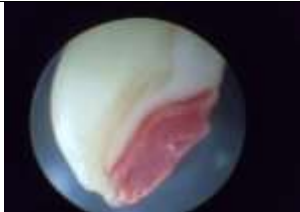




	T	CF	CDF
R1			
R2			

Tableau 12. Résultats du test au tetrazolium pour la variété Megress:


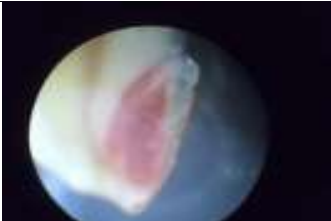
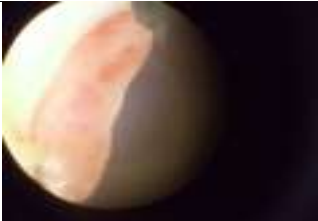


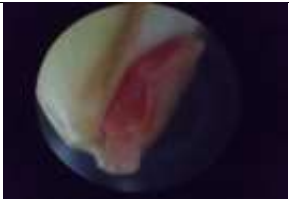





	T	CF	CDF
R1			
R2			

Tableau 13. Résultats du test au tetrazolium pour la variété Saoura:

	T	CF	CDF
R1			
R2			

1. Variation de la teneur relative en eau (%) :

Une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des quatre variétés de blé étudiées a montré que la teneur relative en eau diminue au fur et à mesure que les conditions de VN deviennent difficiles.

Les teneurs en eau les plus élevées sont notées chez les témoins, avec une valeur maximale de (96%) enregistrée chez le génotype B et une valeur minimale de (93%) enregistrée chez le génotype S (figure. 31). Par opposition, les teneurs en eau les plus faibles sont enregistrées pour les CDF du VN chez les quatre génotypes étudiés.

Sous conditions favorables de VN, la valeur minimale est observée dans le génotype SW de (92%), alors que la valeur maximale est enregistrée chez le génotype S de (96%). Les autres variétés B et M marquent des teneurs en eau qui fluctuent respectivement entre (94.91) et (93%).

Sous conditions favorables de VN, on note une baisse importante de la TRE chez les quatre génotypes étudiés, avec une TRE minimale égale à (78%) chez le génotype SW et une TRE maximale égale à (78%) chez le génotype S.

L'analyse de la variance au facteur VN, donne une différence très hautement significative. Les résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur interaction (variété \times niveau) sont non significatives.

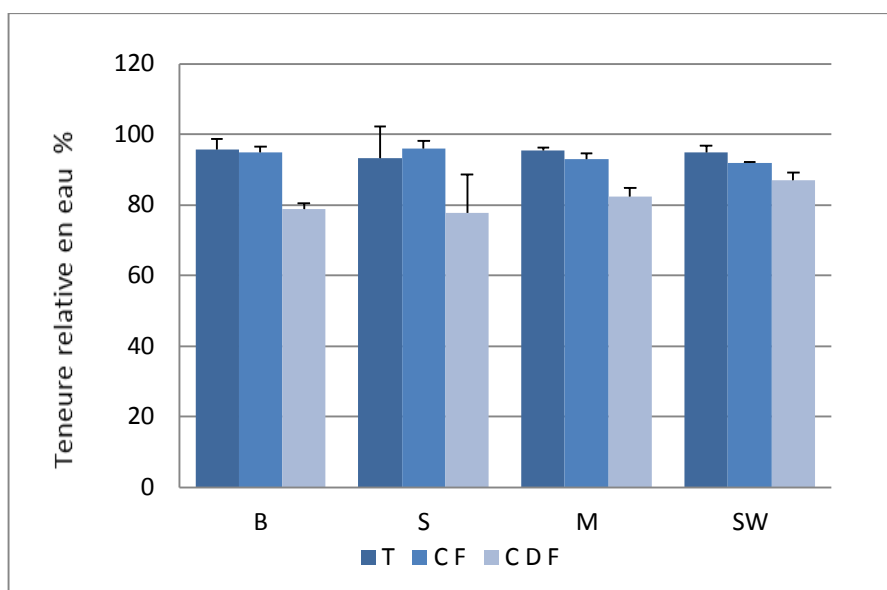


Figure:31 : Turgescence cellulaire de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B),Setifis (S),Megress(M), Saoura SW, soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin , CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

2. Taux de déperdition d'eau :

Sous condition de bonne VN, les valeurs du TDE changent entre une valeur maximale de (7.16) à une valeur minimale de $1.69 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$ enregistrée chez le génotype SW et M successivement (figure.32).

Sous conditions défavorables de VN, les valeurs du TDE situent entre (0.520) et $3.676 \text{ g} \cdot 10^{-3} / \text{cm}^2 / \text{mn}$ enregistrés chez les deux génotypes S et M successivement.

Le témoin affiche les valeurs les plus faibles de TDE après la teneur en TDE augmente après le stress appliqué.

Après VN sous condition favorable, on constate une augmentation importante du TDE chez les quatre génotypes étudiés. les CDF affiche des résultats plus faible que celles de CF est plus élevé que le témoin.

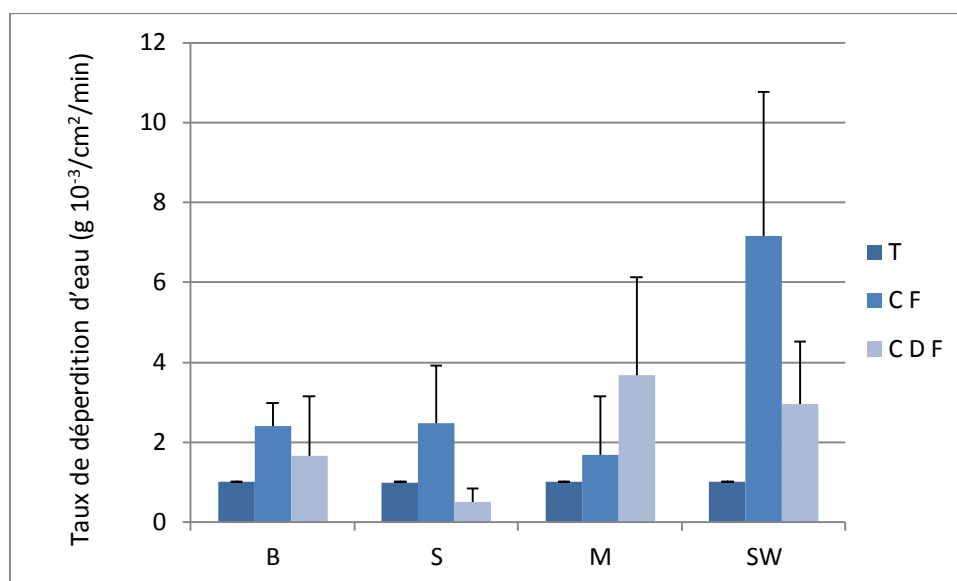


Figure.32: Taux de déperdition d'eau de quatre variétés de blé dur, Boussemam (B),Setifis (S),Megress(M), Saoura SW, soumises à un vieillissement naturel : T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

3. Surface foliaire :

Le résultat obtenu montre une diminution de la taille des feuilles des deux génotypes M et SW après un VN par rapport au témoin. Par contre, Dans toutes les conditions de VN, les variétés B et S présente une surface plus grande par rapport aux témoins qui sont très proches entre eux. Ces résultats montrent que les génotypes M et SW sont affecté par cette contrainte. Les valeurs enregistrées de la SF chez les témoins s'étalent de (24.99) cm²(SW) à (29.14) cm² (M) (figure.33).

Sous conditions favorable, nous avons observé une diminution de la surface foliaire chez les génotypes S, M, SW.

Sous conditions défavorable, on note une augmentation dans la SF avec chez les deux génotypes B et S successivement est la diminution se continue avec les deux variétés M et SW.

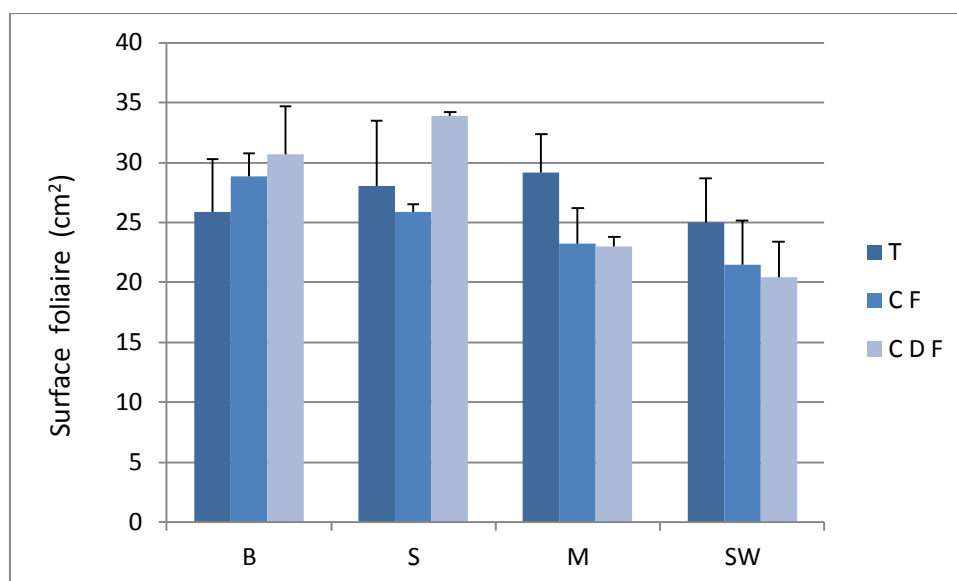


Figure33: Surface foliaire de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B),Setifis (S),Megress(M), Saoura SW, soumises à un vieillissement naturel : T : Témoin , CF : conditions favorables CDF : conditions défavorables.

4. Biomasse :

Sous conditions non stressantes, la biomasse élevée de moyenne de 43,82g notée chez le génotype S. nous remarquons un effet VN chez les trois génotypes S, M, SW qui enregistrent des valeurs faible par rapport au témoin sous conditions favorables, avec un minimum de 17.54g enregistré chez le génotype SW et un maximum de 19.97 noté chez le génotype S ; et une diminution plus importante chez la variété M sous conditions défavorables avec 11.99g (figure.34). La variété B n'est pas affectée par le VN sous les deux conditions.

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenus entre les conditions de VN montre qu'il n'existe pas des différences significatives, le même résultat obtenu pour le facteur variété et pour l'interaction des deux facteurs (variété × VA).

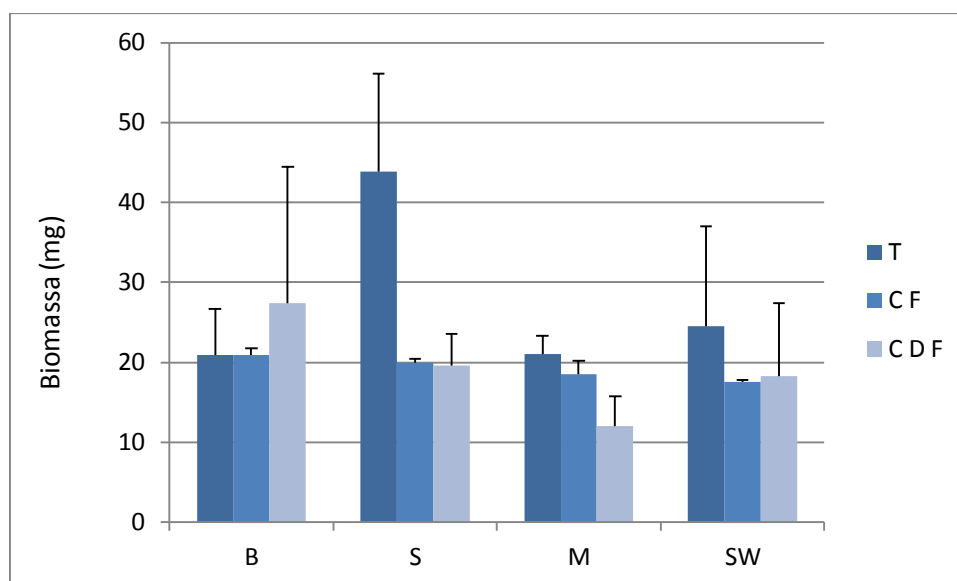


Figure.34: La biomasse de quatre variétés de blé dur, Bousellam (B),Setefis (S),Megress(M), Saoura SW, soumises à un vieillissement naturel : T : Témoin, CF : conditions favorables CDF : conditions défavorables.

5. Variation de la teneur en protéines totales :

Sous conditions non stressantes, une accumulation des sucres solubles de moyenne de 49.06 à 43.11 μ g/100mg MF notée chez les deux génotypes M et B respectivement. (figure.35).

Nous remarquons un effet VN chez les quatre génotypes B, S, M et SW qui enregistrent des valeurs faible par rapport au témoin sous les deux conditions (favorables, défavorables) avec un minimum de 19.82g enregistré chez le génotype SW et un maximum de 21.22g noté chez le génotype B ; alors qu'il ya pas de différence entre les deux conditions de VN.

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenus révèle l'existence de différence très hautement significative entre les conditions de VN, et une différence hautement significative pour l'interaction des deux facteurs (variété \times VA). Alors que pour le facteur variété les différences sont non significatives.

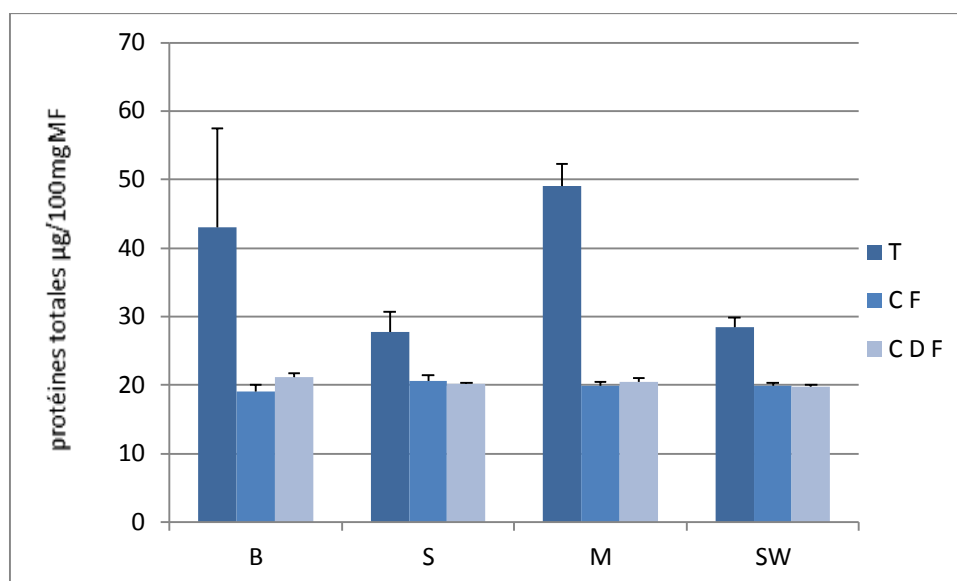


Figure.35 : Variation de la teneur en protéines totales de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

6. Variation de la teneur en proline :

Sous conditions non stressantes, une accumulation de proline de moyenne de 11.54 à 27.7µg/100mg MF notée chez les deux génotypes M et B respectivement (figure.36).

Une augmentation importante du taux de proline des semences soumise à un VN par rapport au témoin qui enregistrent des valeurs en proline élevé sous les deux conditions de VN.

Les teneurs augmentent de plus d'importance sous conditions défavorables chez les deux génotypes B et M avec 52.07 et 31.74 respectivement.

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenus montre que les différences non significatives entre les conditions de VN, et pour le facteur variété ; ainsi que pour l'interaction des deux facteurs (variété × VA).

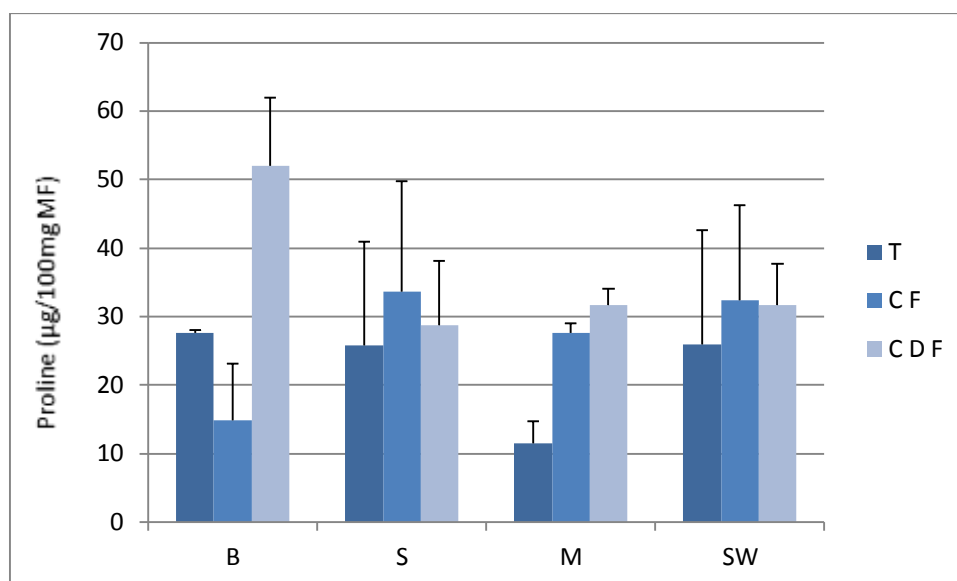


Figure.36 : Variation de la teneur en proline de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

7. Variation de la teneur en sucres solubles (µg/100mg MF) :

En bonne conditions de VN, nous remarquons que les différents génotypes testés enregistrent des teneurs en proline faible par rapport au témoin, avec un maximum de 9.49µg/100mg MF enregistré chez le génotype Bousellam et un minimum 6.95µg/100mg noté chez le génotype Setifis (figure.37).

Sous conditions défavorables de VN, on note une augmentation importante de la teneur en proline qui est estimée avec un minimum de 12.33 µg/100mg MF chez S et. Le génotype M mentionne la teneur maximale avec 16.06 µg/100mg MF.

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenus révèle l'existence de différence très hautement significative entre les conditions de VN, et une différence hautement significative pour le facteur variété. Alors que pour l'interaction des deux facteurs (variété × VA), les différences sont non significatives.

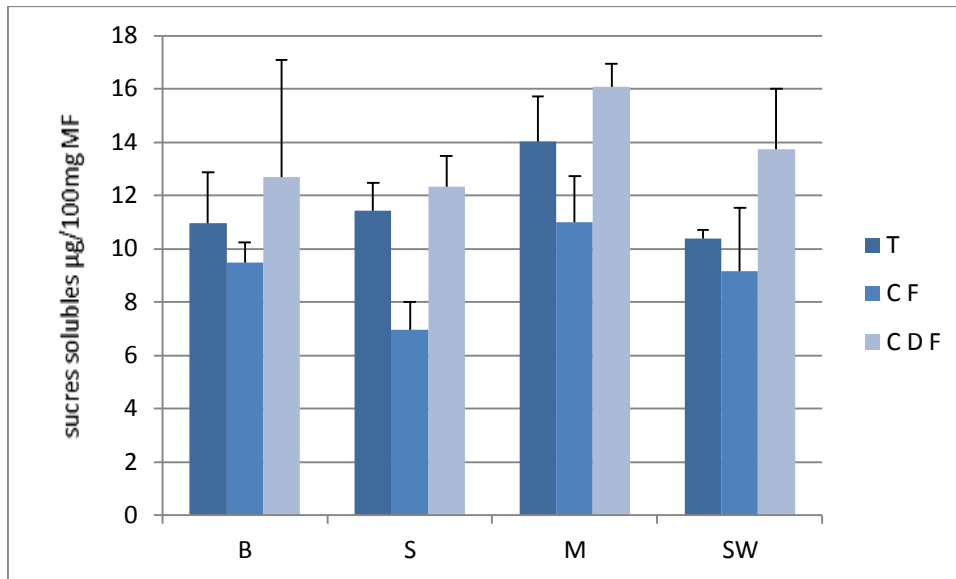


Figure.37 : Variation de la teneur en sucre solubles de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress(M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

1. Variation de l'indice de jaune :

Sous conditions non stressantes, une accumulation de jaune de moyenne de 37 à 43 notée chez les deux génotypes B et M respectivement (Figure 38). Les teneurs en jaune sont proches chez le témoin chez les quatre génotypes étudiés.

Sous conditions favorables de vieillissement naturel, nous remarquons que les quatre génotypes : B, S, M et SW enregistrent des teneurs proches de celles des témoins. Les teneurs en jaune fluctuent entre une valeur minimale enregistrée chez le génotype SW de 42.09 et une valeur maximale de 43.29 enregistrée chez le génotype Setifis.

Sous conditions défavorables de vieillissement naturel, on note chez l'ensemble des génotypes étudiés une diminution des teneurs par rapport aux témoins, avec des valeurs plus proches chez les quatre variétés de blé dur.

L'analyse de la variance donne des différences non significatives. Les mêmes résultats ont été obtenus au facteur variété et au facteur vieillissement naturel.

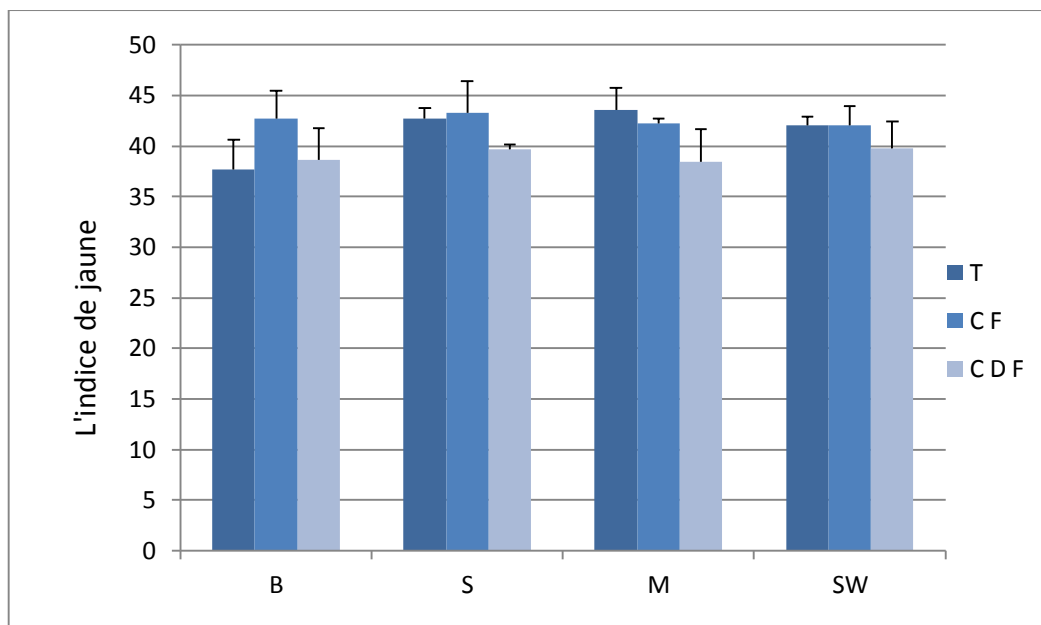


Figure 38 : Variation de l'indice de jaune de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress (M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

2. Variation de la teneur en protéines totales :

L'analyse de l'histogramme nous permet de constater que les variétés ne dépendent pas de la même manière au niveau des deux conditions de vieillissement naturel, quant à l'analyse de la variance. Il en ressort que les différences entre conditions et l'effet de vieillissement naturel sur les variétés sont très hautement significatives pour ce critère. Ce qui confirme que les taux des protéines sont très instables pour les variétés dans les différentes conditions (figure 39).

Les conditions favorables de vieillissement naturel montrent un taux de protéine proche de témoin chez les variétés S, M, et SW avec (16,03), (17,65) et (15,44) $\mu\text{g}/100\text{mg}$. Par rapport aux autres variétés. B se présente avec un taux moins élevé entre (18,2 et 15,23) $\mu\text{g}/100\text{mg}$.

Une diminution importante de taux des protéines chez la variété B par rapport au témoin avec 13.05 ainsi que la variété M avec 14.41 $\mu\text{g}/100\text{mg}$, par contre les deux autres variétés S et SW affichent des résultats aussi proches de témoin avec 16.28, 15.13 $\mu\text{g}/100\text{mg}$ successives.

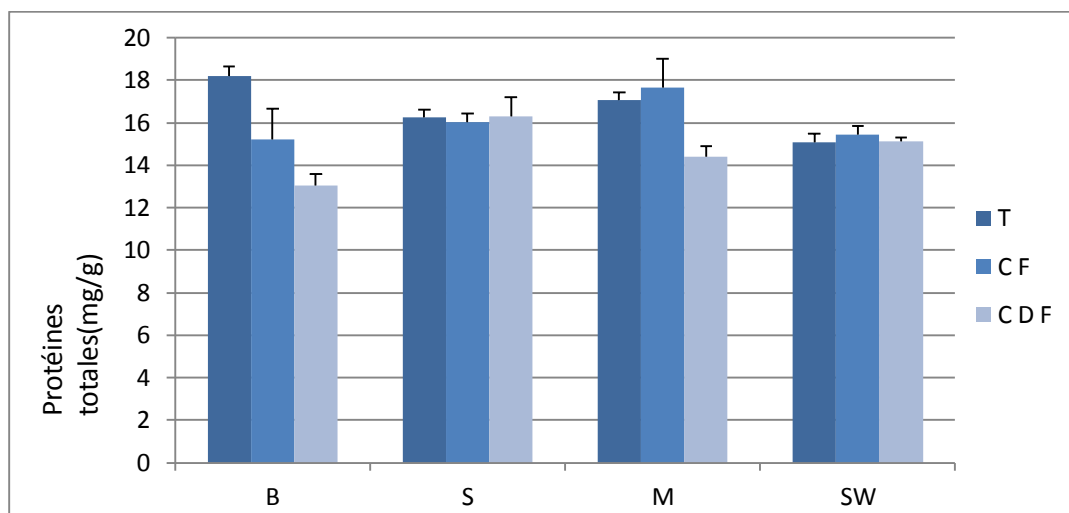


Figure 39 : Variation de la teneur en protéines totales de quatre variétés de blé dur, Bousselam (B), Setifis (S), Megress (M), Saoura (SW), soumises à un vieillissement naturel: T : Témoin, CF : conditions favorables, CDF : conditions défavorables.

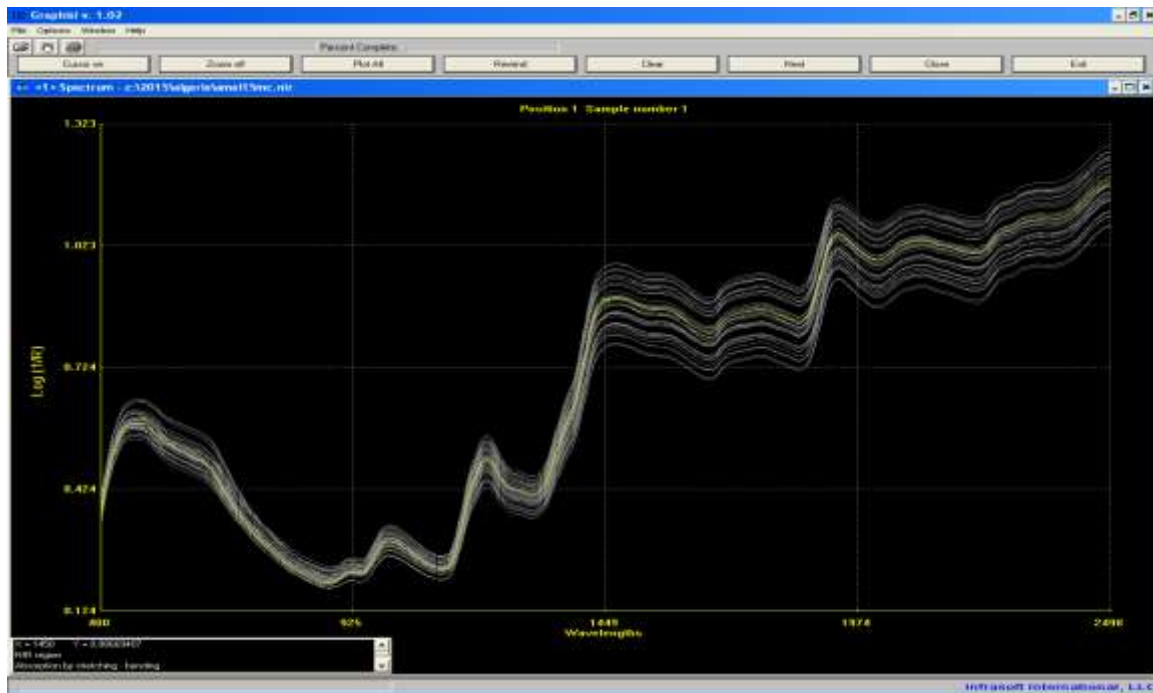


Figure 40 : spectres de l'analyse avec le logiciel (SAS) de la NIRS

Les réponses de quatre variétés de blé dur *Triticum durum* face au stress généré par un vieillissement naturel sous deux conditions, favorables et défavorables pour la longévité et la qualité technologique des semences ont été quantifiées. A cet effet et dans un premier temps, nous avons évalué un certain nombre de paramètres (morphologiques, physiologiques, biochimiques et technologiques) sur les graines stockées.

Nous avons comparé l'effet de vieillissement accéléré sur la vigueur et la viabilité des semences de quatre variétés de blé dur ; Bousselam, Setifis, Megress et Saoura. Celles-ci ont bien supporté le VA de courte durée par rapport au VA de longue durée où l'effet négatif sur la germination et la croissance des plantules s'est avéré drastique. Un effet négatif sur les paramètres biochimiques ; taux de proline, sucres solubles et le taux de protéines totales a été noté. Toutefois, des différences variétales de comportement sont à enregistrer à l'issue de ce test.

D'après nos résultats, Les semences qui ont subi un VA pendant 2J et 4J ont gardé un pourcentage de germination élevé par rapport au témoin, ce résultat est cohérent avec ceux de Teketay, (1997) qui note une baisse moins importante de germination sur graines d'*Acacia tortilis*.

Le vieillissement accéléré de six et huit jours entraîne une réduction de la capacité germinative, qui se traduit par une chute du taux de germination chez toutes les variétés étudiées. Le traitement du VA a provoqué une baisse du pouvoir germinatif et par conséquent de la vigueur des semences chez les variétés de blé dur étudiées. Cette baisse de vigueur, pourrait être expliquée par une perte de l'intégrité membranaire qui engendre une augmentation de fuites d'électrolytes. Ce phénomène déjà observé par plusieurs auteurs et sur différentes espèces végétales (Bailly *et al.*, 1996 ; Corbineau *et al.*, 2002 ; Geol *et al.*, 2003) serait associé à des réactions en chaîne initialisées par des radicaux libres (Mazliak, 1983).

Discussion

Pour beaucoup, d'autres espèces végétales, des traitements de VA plus courts (trois à cinq jours) entraînent une chute du taux de germination. C'est le cas pour le soja, plante à réserves majoritairement lipidiques (Noubhani, 1990).

La croissance des plantules est aussi perturbée par le VA, il se produit d'abord un effet positif sur la croissance des organes aériens, alors que la taille des racines commence à diminuer. Cette différence de comportement entre organes aériens et souterrains pourrait être due à des phénomènes de compensation dans l'utilisation des ressources nécessaires à la croissance.

Des vieillissements plus prolongés conduisent à une diminution de croissance des parties aériennes et racinaires. Ceci confirme les résultats de Chauhan (1985) qui a montré, à l'aide de la méthode de coloration au tétrazolium, que le méristème racinaire est plus endommagé que le méristème caulinaire chez l'orge. Des résultats similaires (ralentissement puis arrêt de l'organogénèse et faible activité méristématique) ont été observés histologiquement chez le tournesol (Gay-Mathieu, 1991). Par ailleurs, le nombre de plantules anormales augmente considérablement avec la durée du VA. Cette augmentation d'anomalies avant toute diminution de la viabilité a déjà été observée chez le blé, le poireau, la laitue (Guy, 1982 ; Toole, Toole et Gorman, 1948 cité par Priestley, 1986). Des anomalies du système racinaire ont également été observées chez le blé, le soja et le tournesol à la suite d'une conservation de quatre ans, comme après un vieillissement accéléré (Ladonne, 1987).

Chez le blé, le vieillissement accéléré entraîne, une baisse de vigueur et un ralentissement de la croissance qui aboutissent à une perte de capacité germinative. Le vieillissement accéléré des semences peut donc être considéré comme un modèle satisfaisant de la détérioration des semences dans des conditions normales de conservation. Ceci confirme les résultats obtenus par Lildiathev, Zelenslty, Kiashlto et Shevchenlto (1984).

Selon d'autres auteurs, l'augmentation de fuite d'électrolytes après traitement au VA, serait due à une forte accumulation des métabolites résultant de la dégradation de macromolécules (Parrish et Leopold, 1978).

Quand les semences commencent à vieillir, elles maintiennent leur pouvoir germinatif pendant un certain temps. Par la suite, elles rentrent dans une période de déclin rapide au cours de laquelle certaines semences ne parviennent pas complètement à germer, tandis que d'autres germent et poussent normalement (Abdul-Baki et Anderson, 1972). C'est pour cette raison que les tests de viabilité, en utilisant différents tests de vigueur des semences, sont très importants, puisque les tests de vigueur donnent des résultats souvent mieux corrélés avec les résultats de germination au champ, dans des conditions environnementales défavorables, que les résultats obtenus par l'application du test de germination standard au laboratoire (Johansen et Wax, 1978).

A la lumière des résultats obtenus au cours de notre étude, nous avons constaté une diminution du taux de germination en fonction de la durée et les conditions de stockage pour toutes les variétés étudiées. Nous avons constaté que les semences stockées dans des conditions défavorables sont les plus affectées ; elles représentent des taux de germination plus bas par rapport aux semences stockées dans des conditions favorables,

D'une manière générale, les céréales sont des produits stockés à long terme (Doumandji et *al.*, 2003), elles présentent un taux plus faible de détérioration par rapport aux semences des légumineuses, qui ont une teneur en huile et en protéines élevées (FAO, 2011).

Toutefois, ces résultats semblent être dissemblables à ceux de Tekrony *et al.*, (2005), qui ont montré une diminution de la germination chez des semences de maïs après huit mois de stockage dans l'entrepôt non contrôlé.

Selon Multon (1982), Le temps de stockage est un facteur qui amplifie les phénomènes de détérioration. Ainsi, Booth *et al.*, (2001) et Srivastava, (2002) croient que la

germination plus faible des graines vieilles est due au processus de vieillissement naturel, même lorsqu'elles sont entreposées dans des conditions de température et d'humidité contrôlées les graines perdent graduellement leur viabilité.

Si l'équilibre de l'humidité entre les graines et l'air ambiant entraîne une augmentation de l'humidité des graines, le processus de détérioration augmente avec la température concomitante à l'intérieur des graines, ce qui entraîne une diminution de la germination et de la vigueur. De même, les graines de faible teneur en humidité stockées dans des conditions défavorables à l'acquisition d'humidité supplémentaire maintiennent habituellement une germination élevée (Edmond, 1962 ; Gane, 1947 ; Kearns et Toole, 1939 ; Toole *et al.*, 1948).

En outre, Sinha (1962) a signalé qu'il existe une corrélation négative entre la germination et la température de stockage.

Nos résultats s'accordent avec de nombreux travaux qui rapportent une réduction de la capacité germinative après de longues périodes de stockage dans des conditions défavorables ; (Govender, 2008). D'autres études ont montré que la germination a une corrélation négative avec la température et la période de stockage chez de nombreuses espèces tels que; *Phaseolus vulgaris* (Rani *et al.*, 2013), *Hordeum vulgare* et *Avena sativa* L. (White *et al.*, 1999), *Triticum durum* (Karunakaran *et al.*, 2001, Nithya *et al.*, 2011) et *Secale cereale* L. (Sathya *et al.*, 2008, 2009).

Nobbe (1876), reconnaissait que les propriétés individuelles des semences, tel que la vitesse de germination et la croissance des plantules, variaient à l'intérieur d'un même lot de semences et que les moyennes des lots de semences variaient aussi très souvent. Cette diminution de la germination pendant le stockage est peut-être due, aussi, à la microflore fongique, visible et non visible, qui peut endommager l'embryon (Christensen, 1969) et épuiser les réserves nutritifs (Christensen, 1973) par production de métabolites toxiques (Harman, 1972 ; Lacey, 1975) (Kashinath, 2008). Serghine Caid *et al.*, (2008), explique cette

Discussion

baisse de vigueur, par une perte de l'intégrité membranaire qui engendre une augmentation de fuites d'électrolytes. La dégradation de la capacité germinative des semences apparaît ainsi comme résultant d'altérations cellulaires, biochimiques et moléculaires (Coin *et al.*, 1995).

En outre, les résultats obtenus sont variables d'une variété à une autre, les différences de viabilité des semences entre les cultivars de la même espèce ont été signalées pour le maïs, l'orge, le soja et le riz (Strelec *et al.*, 2010). Tipples (1995) et Wilcke *et al.*, (1995) ont également indiqué que les différences variétales influence la viabilité des grains.

La mesure de la croissance des plantes peut être considérée comme excellent test, peu coûteux et fiable pour estimer la vigueur des semences. Nos résultats montrent une réduction de l'élongation des racines et des feuilles des plantules de blé avec l'apparition des plantules anormaux en fonction de la durée du stockage chez toutes les variétés étudiées.

Généralement, lorsque le pourcentage de germination d'un lot de semences diminue, beaucoup de plantules obtenus sont anormaux (Toole *et al.*, 1948 ; Abdul-Baki et Anderson, 1972), ces plantules peuvent présenter des racines et/ou des tiges mal développées (Toole *et al.*, 1948) et avoir des méristèmes de racine nécrotique (Abdul-Baki and Anderson, 1972).

Selon (Coin *et al.*, 1995) le vieillissement naturel entraîne une baisse de vigueur et un ralentissement de la croissance qui aboutissent à une perte de capacité germinative. En effet, les semences détériorées, si elles germent, produisent souvent des plantules qui poussent lentement (Abdul-Baki et Anderson, 1972). Similaires résultats ont été observés chez Lildiatchev *et al.*, (1984), Maeda *et al.*, (1986) et Peñaloza *et al.*, (2005) après un traitement de vieillissement accélère. Par contre, une étude sur les semences des *Jatropha* montre que toutes les plantules étaient normales et aucune modification morphologique n'a été notée en raison des traitements de vieillissement des semences (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2012).

Les résultats du test au tetrazolium viennent confirmer les résultats obtenue par le test de croissance, où nous observons différents tissus qui semblent être morts ou moins viables au

niveau de l'embryon des semences vieilles et en particulier celles stockées dans des conditions défavorables de stockage, cela conduit par conséquent à un ralentissement de la croissance des organes.

L'essai au Tétrazolium (G. Lakon (1942) est un des nombreux essais biochimiques mis au point en vue d'évaluer l'état physiologique des semences. Les différents essais ont été sommairement récapitulés par Moore (1969).

Quoi que l'essai au Tétrazolium repose sur un excellent principe, son utilisation pratique sur une base régulière soulève de nombreux problèmes: difficulté de colorer certaines graines; nécessité de sectionner ou de disséquer les semences pour pouvoir observer les parties colorées; faible corrélation avec les résultats des essais de germination dans certains cas, et notamment en ce qui concerne les semences de faible faculté germinative; interprétation variable de la coloration et de ses différentes nuances; Justice (1972).

L'emplacement, la taille des zones non teintées et parfois l'intensité de la teinture, sont utilisés pour déterminer si certaines semences sont considérées comme viables ou non (Milosevic et al., 2010). Des comparaisons répétées entre les résultats du test de (TZ) et de germination sont souvent nécessaires pour aider à faire les ajustements convenables à l'évaluation des essais (Grabe, 1970).

Le niveau de la conductivité électrique des graines peut refléter l'état de la perméabilité de la membrane cellulaire. Ainsi, nos résultats ont montré une augmentation du taux des fuites des électrolytes chez les semences stockées.

Nos résultats semblent être en accord avec les résultats de (Govender, 2007) qui confirme que les graines les plus vigoureuses ont des faibles taux de conductivité électrique.

Lin (1990) suggère une relation étroite entre la détérioration des membranes biologiques et

Discussion

la perte de vigueur et de germination (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2012). Dans les graines détériorées, le mécanisme de réparation est soit absent soit inefficace (Sung et Jeng, 1994), soit les membranes sont complètement endommagées, ce qui permet le lessivage des quantités d'électrolyte plus importantes (Fessel *et al.*, 2006); provoquant la perte de vigueur (Panobianco *et al.*, 2007 ; Moncaleano-Escandon *et al.*, 2012).

Selon Mazliak (1983), la perte de l'intégrité membranaire est associée à des réactions en chaîne initialisées par des radicaux libres. Parmi ces réactions, les peroxydations lipidiques seraient les principales causes de la détérioration membranaire (Gidrol *et al.*, 1989 ; Castilho *et al.*, 1994 ; Priestly et Leopold, 1983 ; McDonald, 1999 ; Narayana Murthy et Sun, 2000; Serghine Caid *et al.*, 2008). Ces peroxydations lipidiques conduites à la formation des produits de dégradation tels que les alcanes et des aldéhydes (Malondialdéhyde) (Ferrat *et al.*, 2003).

La baisse de la teneur en protéines, parallèlement à l'augmentation des teneurs en proline et en sucres solubles chez les quatre variétés étudiées, s'inscrirait dans l'ensemble des dégradations biochimiques que subirait les grains au cours de leur stockage. Ces mêmes modifications ont été observées sur des semences de pois (Kalpana et Rao, 1994) et de blé (Dell Aquila, 1994 ; Krishnan *et al.*, 2003) vieillies artificiellement. La dégradation des protéines solubles toucherait notamment les gliadines et les gluténines dont le rôle n'est plus à démontrer dans la qualité de panification. L'augmentation de la teneur en proline au cours du vieillissement accéléré pourrait s'expliquer comme une conséquence de la dégradation des protéines ou tout simplement comme une réponse au stress thermique (40 °C) que subissent les graines au cours du traitement.

L'augmentation de la teneur en sucres réducteurs chez les quatre variétés de blé étudiées, serait le résultat d'une dégradation accrue de l'amidon au cours du traitement. Ces sucres seraient initiateurs de réactions d'Amadori et Maillard (Callucci *et al.*, 2004 ; Sun et Leopold,

1995) responsables du brunissement des grains et surtout associées à la perte de viabilité au cours du stockage.

la diminution des teneurs en protéines observée chez les semences stockées peut être la conséquence de la formation des radicaux libres qui vont dénaturer, oxyder ou dégrader ces protéines pour former des dérivés carbonyles (Shacter *et al.*, 1994 ; Alayat, 2015).

Une quantification de la proline a été réalisée à partir des feuilles des plantules de blé. Les résultats montrent une augmentation très significative des teneurs en prolines dans les feuilles des plantules issue de semences vieilles chez toutes les variétés étudiées. La proline est un acide aminé libre considéré comme bioindicateur de stress. Ces molécules sont des solutés du métabolisme cellulaire qui protègent les plantes contre les différents stress abiotiques, par le réajustement osmotique, ce qui maintient la turgescence cellulaire et l'absorption hydrique dans des conditions hyperosmotiques (Benkadour, 2014).

Cette accumulation de proline est due à une perturbation du métabolisme et/ou d'un processus de stockage de l'azote nécessaire à la survie de la cellule (Hanson *et al.*, 1977 ; Sivaranakrishnan *et al.*, 1988 ; Benkadour, 2014).

Par ailleurs nous avons étudié les effets du stockage sur les plantes, en stade 5 feuilles, des quatre variétés de blé. Différents paramètres ont été étudiés au niveau des feuilles dans le but de suivre la progression de l'effet stress, provoqué par le stockage, sur des plantes matures. Quant aux paramètres morphologiques, les résultats présentent une diminution de la biomasse foliaire, ainsi, qu'une réduction de la surface foliaire chez les plantes par rapport au témoin, cette diminution est plus accentuée chez les semences stockées dans des conditions défavorables de stockage.

Clark et Mac-Caig (1982), attirent l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress (Chaffai, 2013). Les résultats concernant ce paramètre montre une très légère diminution non significative en fonction de la

Discussion

durée de stockage chez toutes les variétés étudiées. L'étude de la TRE des feuilles des plantes est utilisée comme critère de sélection indirecte dans l'amélioration génétique pour les variétés (Douib, 2012). Cependant, ce test est appliqué beaucoup plus pour estimer la tolérance des plantes face au stress hydrique ou salin. Il est lié à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'hydratation des tissus (Aoumeur, 2012).

La perturbation du taux des macromolécules telles que les protéines, les lipides, ou encore les glucides et les acides nucléiques est considérée comme un biomarqueur précoce permettant la mise en évidence d'un état de stress chez les organismes vivants (Djekoun, 2012 *in* Cherait, 2015). L'accumulation des sucres solubles et protéines totales est en corrélation positive avec la sévérité du stress (Benkadour, 2014).

Les résultats de la quantification des molécules osmoprotecteurs ont été très variables pour les périodes de stockage ainsi que pour les différentes variétés étudiées. Pour les sucres solubles, nous avons enregistré une augmentation du taux de ces molécules chez les plantes stockées dans des conditions favorables par rapport au témoin. En revanche, des taux plus bas sont enregistrés chez les plantes stockées dans des conditions défavorables chez les quatre variétés. En ce qui concerne les protéines totales et la proline, des résultats analogues ont été notés.

L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotique, hydrique, thermique...) (Blum, 1996 ; CHaffai, 2013). En outre, la turgescence cellulaire (TRE) n'a pas beaucoup évolué entre les plantes issu de semences de court stockage et celles vieilles, chez toutes les variétés.

Plusieurs chercheurs ont montré que les feuilles qui proviennent de plantes stressées perdent plus d'eau que les plantes non stressées (Clark et Mac-Caig, 1982).

Plusieurs auteurs montrent que l'augmentation de la teneur en proline est reliée directement à l'application du stress (Cechin *et al.*, 2006). L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (Blum, 1996).

Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savouré *et al.*, 1995). Lors de notre expérimentation, nous avons noté qu'il y a une augmentation progressive de la teneur en sucres solubles avec l'accentuation de la sévérité du stress (Nouri, 2002)

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Loretti *et al.*, 2001). Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose, et fructose) permettent la résistance aux différents stress (Zerrad *et al.*, 2006).

L'indice de jaune est essentiellement lié à la richesse de la semoule en pigments caroténoïdes présents dans la semoule et de l'activité d'enzymes lipoxygénases (Feuillet et Abecassis, 1976) susceptible de détruire les pigments au cours de la pastification. Et pour une matière première déterminée, il est possible de réduire les pertes de pigment en conduisant la mouture de manière à éviter une contamination des semoules par les germes du grain dont on connaît la teneur très élevée en lipoxygénases ainsi qu'en recherchant des conditions de fabrication qui évitent l'activité de ces enzymes.

La richesse en protéines d'une semoule et les propriétés intrinsèques de celle-ci constitue un paramètre de qualité important. Elle dépend de nombreux facteurs tels que la variété, les conditions de culture, le stade de maturité du grain. La teneur en différentes fractions protéiques d'une variété fluctue moins que la teneur en azote total car moins dépendante des variations environnementale (Royo *et al.*, 2004). La teneur en protéines est un critère de qualité fréquemment utilisé dans les échanges commerciaux.

Le blé est de loin l'aliment qui entre en grande partie et sous diverses formes dans le menu de l'homme. Environ 58% de la récolte est utilisé dans les industries agro-alimentaires (Anonyme, 2005). En Algérie, les dérivés céréaliers, notamment la semoule de blé dur et la farine de blé tendre, représentent l'alimentation de base depuis longtemps (Djermoun A.E.K., 2009).

Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année, alors que la période de consommation est prolongée tout au long de l'année, d'où la nécessité de stockage (Bonjean A. & Picard E., 1990).

La vigueur des graines est définie par l'ISTA (*International Seed Testing Association*) comme étant la somme des propriétés de la graine qui déterminent le niveau de l'activité et de la performance des graines ou lots de graines pendant la germination et l'émergence des plantules. Elle se définit aussi par "la capacité d'une semence vivante de germer sous un large éventail de conditions et de produire une plantule utilisable. (Blondeau et al 1999).

Les résultats de test de germination obtenus montrent une chute du pouvoir germinatif des semences stockées après deux ans sous les deux conditions de stockage. Les semences stockées sous des conditions défavorables sont les plus affectées par rapport à celles qui sont stockées dans des conditions favorables. Nous avons appliqué d'autres tests afin de mieux comprendre les réels symptômes de cette diminution en pourcentage de germination.

Nous avons mesuré la longueur des deux organes des plantules, nous avons remarqué la présence de quelques plantules anormales. Le vieillissement naturel sous conditions défavorables a perturbé la croissance des racines des semences traitées de la variété S, alors que chez les autres variétés aucun effet de stress n'a été constaté.

Contrairement à la croissance des racines, la croissance des coléoptiles est affectée négativement par le VN sous les deux conditions favorables et défavorables.

Les résultats de l'étude de la perméabilité membranaire montrent que le vieillissement naturel a provoqué une augmentation des fuites des électrolytes au niveau membranaire sous les deux conditions.

Le test de tetrazolium illustre la présence des parties mortes et moins viables dans l'embryon des semences stockées sous les conditions de vieillissement naturel défavorables, ces résultats se manifestent par l'absence de la coloration rouge, résultante de la réaction entre la solution du tetrazolium et l'oxygène dégagé à partir des cellules lors de la respiration.

Les paramètres morphologiques révèlent une diminution de la biomasse et une réduction de la surface foliaire chez les plantes issues de semences vieilles.

Une augmentation du taux de déperdition d'eaux et enregistrée après un vieillissement naturel, les semences stockées dans les conditions favorables sont celles affectées de plus par rapport aux semences stockées dans les conditions favorables chez toutes les variétés de blé dur sauf la variété Megress. Sous conditions défavorables de VN, on note une baisse importante de la TRE chez les quatre génotypes étudiés par rapport au témoin

L'étude comparative des potentialités technologiques des variétés de blé dur par la méthode NIRS après un vieillissement naturel, Sous conditions favorables de vieillissement naturel, nous remarquons que les quatre génotypes : B, S, M et SW enregistrent des teneurs proches de celles des témoins.

Sous conditions défavorables de vieillissement naturel, on note chez l'ensemble des génotypes étudiés une diminution des teneurs par rapport aux semences stockées Sous conditions favorables.

Concernant la teneur en protéines, les variétés ne répondent pas de la même manière au niveau des deux conditions de vieillissement naturel. Quant à l'analyse de la variance ; il en ressort que les différences entre conditions et l'effet de vieillissement naturel sur les variétés

sont très hautement significatives pour ce critère. Ce qui confirme que les taux des protéines sont très instables pour les variétés sous les différentes conditions.

Les semences qui subissent un stress imposé, tel le vieillissement accéléré peuvent se comporter différemment dans leur mécanisme d'expression physiologique. Afin de déterminer la vigueur de quatre variétés du blé dur, nous avons établi un protocole expérimental qui consiste à étudier leur comportement à travers des paramètres physiologiques et biochimiques ; le but visé, étant de déterminer l'effet de VA sur la vigueur de semences de blé dur.

Ce test est très révélateur pour connaître l'état de santé, en termes de vigueur, des semences; car le rendement final en dépend. En conclusion, le vieillissement accéléré, est un bon test pour prédire la longévité des semences comme l'ont suggéré Delouche et Baskin (1973). L'ensemble des variétés testées ont été affectées par le VA.

Nous avons comparé l'effet de VA sur la vigueur et viabilité des semences de quatre variétés de blé dur ; Bousellam, Setifis, Megress et Saoura. Celles-ci ont bien supporté le VA de courte durée par rapport au VA de longue durée.

A la lumière des différents résultats présentés, il semble que le stockage a provoqué une perte de la qualité semencière qui se manifeste par une baisse du pouvoir germinatif et donc la capacité des semences à produire des plantes saines.

En effet, nous avons constaté des différences substantielles entre les conditions de vieillissement naturel, ceci pour la plus part des paramètres étudiés.

En perspective du travail nous proposons de continuer l'analyse avec:

- ✓ Autres espèces plus sensibles
- ✓ Des travaux en biologie moléculaire
- ✓ Des travaux de microbiologie

Références Bibliographiques

- Abassenne F., Bouzerzour H. et Hachemi L., 1998. Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi – aride d’altitude. Annales Agronomiques. INA, 18: 24- 36.
- Abdul-Baki A.A. and Anderson J.D., 1972. Physiological And Biochemical Deterioration Of Seeds. Seed Biology, 283-315 p.
- Abecassis J. 1991. La mouture de blé dur. In Godon B. Biotransformation des produits céréaliers. APRIA/INRA. Lavoisier Tec et Doc. Paris. 221p
- Abecassis J., Autranj C., Feillet F., 1996 : La qualité technologique. In: blé dur, brochure de l’institut technique des céréales et des fourrages (ITCF) et l’office national interprofessionnel des céréales.
- Afnor (Association Française de Normalisation) (1991). Contrôle de la qualité des produits alimentaire : céréales et produits céréaliers. Ed. AFNOR.
- Afrique Verte, 2008. Le système semencier national et ses acteurs. AMASSA Afrique Verte Mali.
- Afrique Verte, 2008. Techniques de production de semences améliorées certifiées amassa Afrique Verte Mali.
- Ait Kaki Y, 1993. Contribution à l’étude des mécanismes morpho physiologiques de tolérance au stress hydrique sur 05 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magistère. Université d’Annaba, 130 p.
- Ait kaki Y, 2007. Etude comparative des potentialités technologiques des blés durs algériens anciens et récents : Relation de la qualité de ces blés par différentes stratégies d’études : Critères technologiques (infra rouge), Biochimiques (électrophorèse bidimensionnelle) et moléculaire PCR. Thèse de Doctorat d’Etat en Sciences. Université Badji Mokhtar Annaba 137.
- Alayat A., 2015. Etude de l’Impact Toxicologique de Certains Agents Chimiques sur la Qualité des Céréales : cas du Blé et de l’Orge. Thèse de Doctorat. Université Annaba- Algérie, 231 p.
- Anonyme, 2004. Inventaire myrmécologique de la réserve naturelle volontaire trésor. Rapport de mission 10 au 25 janvier 2004, 15 p.
- Anonyme, 2005 - Données statistiques de la F.A.O. Information statistiques mondiales concernat l’alimentation et l’agriculture

- Aoumeur H., 2012. L'effet stressant du plomb sur la croissance du radis « *Raphanussativus*L. » : Réponses physiologiques, biochimiques et efficacité potentielle de phyto remédiation. Mémoire de Magister. Université d'Oran, 153 p.
- Bacchetta G., Belletti P., Brullo S., Cagelli L., Carasso V., Casas J.L., Cervelli C., Escrib M. C., Fenu G., Gorian F., Güemes J., E. Mattana E., Nepi M., Pacini E., Pavone P., Piotto B., Cristiano Pontecorvo¹, Prada A., Venora G., Vietto L. & Virevaire M., 2006. Manuel pour la récolte, l'étude, la conservation et la gestion ex situ du matériel végétal. Rome, Italie : Bacchetta G., Sánchez B.A., Jiménez-Alfaro B.F.G., Mattana E., Piotto B. & Virevaire M. 217 pp.
- Bada, N. (2007) Variabilité génotypique du blé dur (*Triticum durum* Desf) vis-à-vis de la nuisibilité directe du brome (*Bromus rubens* L) en conditions semi aride . Thèse de Magistère en biologie végétale ? I.S.N. Université d'Annaba, 120 p.
- Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A. & Hassous K. L., 2005. Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. *Pak. J. Agron.*, 4, 360-365.
- Bailly C., Benamar A., Corbineau F., Côme D., 1996. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathionereductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated ageing. *Physiol Plant* 1996;97: 104-10.
- Barbottin A., Lecomte Ch., Bouchard Ch., Jeuffroy M.H. (2005): Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: Genotypic and environmental effects. *Crop Sci.*, 45: 1141–1150.
- Barkouti A., 2012 : Agglomération humide de poudres à réactivité de surface – de la morphogénèse de structures alimentaires agglomérées Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université Montpellier II .185p.
- Bar-L'Helgouac'h, C., Giraud, M. and Cosson, C. 2004.*Perspectives Agricoles*, 303: 20-24.
- Barrs.H, Determination of water deficit in plant tissues. In: water deficit and plant growth. KoslowskiT.Academypress.New York .235_368p.
- Bartali E.H. (1995). Systèmes post récolte des céréales au Maroc
- Bartali, H., Debbarh, A. (1991). Evaluation et amélioration de la technique traditionnelle du stockage souterrain des céréales au Maroc, Hommes, Terre et Eaux, Marocaine des Sciences et Techniques du Développement Rural, 82 : 3-20.
- Batey, I., Gupta, R. and MacRitchie, F. 1991.*Cereal Chem.*68: 207-209.

- Beji-Becheur A., 2008. Couscous connexion: l'histoire d'un plat migrant. Session 2. P : 1-17.
- Ben Kaddour M., 2014. Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. Thèse de Doctorat. Université Annaba- Algerie, 101p.
- Benbelkacem A., Kellou K. 2000. Evolution du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Symposium blé 2000 enjeux et stratégie. Pp192.
- Benbelkacem, A.; Brinis, L.; Nachit, M.M. 1998. Yield stability and physiological traits of Algerian durum wheat in dryland Algeria. Pages 153-155 in Proceedings of the Ninth International Wheat Genetics Symposium, Vol. 2, 2- 7 Aug 1998, Saskatoon, Canada ,A.E. Slinkard, ed..
- Benchallel, L. (1994) Contribution à l'étude des mécanismes pédologiques, morphophysiologiques et biochimiques sous l'influence de 2 herbicides (ILLOXAN - B et ACIDE 2, 4 DICHLOROPHENOXY ACETIQUE 2) chez 2 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister. Université d'Annaba, p. 32.
- Bencharif A., Rastoin J.L., 2007. Concepts et Méthodes de l'Analyse de Filières Agroalimentaires : Application par la Chaîne Globale de Valeur au cas des Blés en Algérie. *Working Paper. 7* : 1-23.
- Blondeau., Gilbert., Claude V., (1999). Les techniques de cultures en mutlicellules. Joliette, Presse de l'Université Laval, 394 p.
- Blum, A. et Pnuel, Y. (1996) Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a mediterranean environment. *Aust. Jour. Agric. Res.* N° 41, 799 – 810 p.
- Bonjean A .et Picard E., 1990. Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Ed.Nathan, 235 p.
- Bonner, F.T., 2008. The storage of seeds. In: Bonner, F.T., Karrfalt, R.P. (Eds.), *TheWoody Plant Seed Manual: Agricultural Handbook 727*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, pp. 85–95 p.
- Booth, D.T., Sowa, S., 2001. Respiration in dormant and non-dormant bitterbrushseeds. *J.Arid Environ.* 48, 35–39 p.
- Boudreau, A., Ménard, G. (1992). Le blé: éléments fondamentaux et transformation. Ed. Presses Université Laval, Paris, pp 25 - 62.

- Boyeldieu J., 1980. Les cultures céréalières. *Nouvelles encyclopédie des connaissances agricoles.*
- Bozzini A. (1988). « Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. » Dans Fabriani G. et C. Lintas (ed). *Durum: Chemistry and Technology.* AACCC (Minnesota), Etats-Unis. p. 1-16.
- Bozzini A., 1988. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In Fabriani, G. et Lintas, C. (éd.) *Durum: Chemistry and Technology.* AACCC (American Association of Cereal Chemists), Inc. St. Paul, Minnesota, Etats-Unis. 1 - 16 p.
- Bradford MM, 1976. Rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254 p.
- Branlard G., Pujos E., Nadaud I., Bancel E., Piquet A., 2012. Nouveaux outils pour une analyse fine de la composition des grains. *Innovations Agronomiques*, 19 : 37-49
- Brinis L., 1995 . Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morpho-physiologiques et biochimiques de traits d'adaptations et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) . Thèse Doct . Es. Sc. Université de Annaba . 156 pages
- Callucci L, Capocchi A, Galleschi L, et al., 2004. Antioxydants, free radicals, storage proteins, purinoindolines and proteolytic activities in bread wheat (*Triticum aestivum*) seeds during accelerated aging. *J Agr Food Chem* ; 52 : 4274-81.
- Castilho RF, Meinicke AR, Almeida AM, Hermes-Lima M, Vercesi AE 1994. Oxidative damage of Mitochondria induced by Fe (II) citrate is potentiated by Ca²⁺ and includes lipid Peroxydation and alteration in proteins. *Arch Biochem Biophys*; 308 : 158-63 p.
- Chaffai A., 2013. La vigueur des semences un préalable dans l'exploration des aptitudes agrophysiologiques, biochimiques et technologiques chez quelques genotypes de blé. These Doctorat. Université Annaba, 150 p.
- Chauhan K. P. S., (1985). The incidence of deterioration and its localisation in aged seeds of soybean and barley. *Seed Science and Technology*, 13, 769-773.
- Chawla, K. 1984. Management of Cereal Grain in Storage. AGRI - FACTS. Practical Information for Alberta's Agriculture Industry. Agdex 736-13, pp. 1-5.
- Chellali B. 2007. Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.

- Cherait A., 2015. Evaluation à l'échelle cellulaire et subcellulaire de la toxicité d'un composé de la famille des dihydropyridines sur un modèle expérimental bioindicateur de stress. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba, 152 p.
- Christensen C.M., 1969. Kaufmann HH. Grain storage: the role of fungi in quality loss. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press,; 153 p.
- Christensen C.M., 1973. Loss of viability in storage: microflora. *SeedSci&Technol*; 1: 547–562 p.
- Christensen, C.M.; Meronuk, R.A.and Sauer D.B. 1982. Microflora. Chapter 9. In: Storage of cereal grains and their products (Christensen C. M. Ed), American Association of Cereal Chemists, St. Paul, pp 219-240.
- Ciaffi, M., Tozzi, L., Cannarella, E., Corbellini, M., Borghi, B., and Lafiandra, D. 1995. Effect of heat stress on gluten proteins and dough technological properties. Pages 277-281 in: *Wheat Kernel Proteins: Molecular and Functional Aspects*. University of Tusci: Viterbo, Italy.
- CIC., 2000- Rapport annuel du Conseil International des Céréales "CIC" pour l'année 2000.
- Clark and Mac- Caig, 1982. Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of triticum genotypes. *Can J. Plant. Sci.* 62 : 571- 576 p.
- Clarke, J.M., Romagosa, I.J., Srivatava, J.P. etMcCaig, J.N. (1989) Relationship of excised leaf water loss rate and yield of durum wheat in diverse environments. *Can. J. Plant Sci.* N° 69, 1075 – 1081 p.
- Clarke, J.M., Townley - Smith, T.F. (1986) Heritability and relationship to yield of excised leaf water retention in *durum* wheat. *Crop. Sci.* N° 26, 289 – 292 p.
- Clarke, J.M., W.A. Norvell, F.R. Clarke et T.W. Buckley. 2002. « Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. » *Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie*, 82:27-33.
- Clement-Grandcourt et Prat., 1971. Les céréales.Ed.J.B.Bailliers et Fils, 360 p.
- Coin, A., L. Vaissiere, M. Noiroti, A. Charrierz, S. Hamon, 1995. Effets comparés du vieillissement naturel et accéléré sur les semences d'orge (*Hordeumvulgare* l.) .*SeedSci. & Techno.*, 23: 673-688 p.
- Cook J., JohnsonV.A., Allan R. E., 1991. Le blé.In :Greef.M.W.(Eds). Méthodes traditionnelles de sélection des plantes: un aperçue historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développemnt économiques, Belgique, pp 27-38.

- Corbineau F., Gay-Mathiey M., Vinel D., Côme D., 2002. Decrease in sunflower (*Helianthus annuus*) seed viability caused by high temperature as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition. *Physiol Plant*; 116: 489-96.
- Dachkevitch, T. and Autran, J. 1989. *Cereal Chem* 66: 448-456.
- Dacosta Y. (1986). Le gluten de blé dur et ses applications. APRIA, Paris, 130p.
- D'egidio M. G., DE Stefanis E., Fortini G., Galterio S., Nardi S., Sgrulletta D., Bozzini A. 1982. Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products. *Cereal Foods World*. 27. pp.367-368.
- Dell Aquila A., 1994. Wheat seed aging and embryo protein degradation. *Seed Sci Res* ; 4 : 293-8.
- Delouche JC, Baskin CC. Accelerated ageing techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci Technol* 1973 ; 2 :427-52.
- Delouche, J. C. 1965. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. *Agron. Abstr.* 1965: 40.
- Delouche, J.C. 1971 .Determinants of seed quality. proceeding, 1971 Mississippi Short course for seedsmen, 14,53,68. seed technology laboratory , Mississippi state University, state college, Mississippi.
- Delouche, J.C. et Caldwell, W.P. (1960) Seed Vigour and Vigour tests. *Proceedings of the Association of official Seed Analysts* N° 50, 124 – 129 p.
- Delwiche S .R. 1998. Protein content of single kernels of wheat by Near- infrared reflectance spectroscopy .*Journal of cereal science* 27. pp241-254.
- Desclaux et al 2005 Amélioration de la valeur technologique et commerciale du blé dur vers une réduction des taux de mouture et de mitadin, rapport de projet de recherche INRA Montpellier .France
- Dexter J.E., Matsuo R.R. 1977. Changes in semolina proteins during spaghetti processing. *Cereal Chem.* N° 54. pp.882 - 894.
- Dexter JE, Preston K R, Martin N D.G et Gander EJ, (1994): the effects of protein content and starch damage on the physical dough properties and bread making quality of Canadian durum wheat *J. cereal science*
- Dexter JE., 2008 : Historique de l'amélioration du blé dur au Canada et sommaire des recherches récentes de la commission canadienne des grains sur certains facteurs associés à la transformation du blé dur. Laboratoire de recherches sur les grains, Commission canadienne des grains, 1404-303, rue Main Winnipeg (Manitoba) R3C 3G8 Canada, 18p.

- Djermoun A.E.K., 2009 - Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009. 45 à 53p.
- Douib Amina., 2012. Contribution à l'étude de quelques marqueurs physiologiques de tolérance au déficit hydrique chez le blé dur : taille de semences en tant que critère de sélection. Thèse de magister, Université Badji Mokhtar –Annaba.
- Doumandji, A.; Doumandji-mitiche, B. ;Salaheddine, D. (11-2003). Cours de technologie des cereales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, pp. 1-22.
- Dreier, W. (1978) Possibilité d'une élaboration d'un test de présélection des variétés des plantes ayant une haute tolérance ou résistance aux sels, sur la base de la relation entre la teneur de proline des tissus végétaux et la résistance aux sels. Journée d'études et de recherche agronomique du 22 - 30 Mars, I.N.A. El Harrache, Algérie.
- Druvfors, u.a. 2004. yeast bio control of Grainespoilademoulds mode of action of pichia anomala .doctoral thesis .university of agricultural sciences ,Uppsala ,sweden ,department of microbiology .agrarian. p. 466-44.
- Edmond J.B., 1962. Studies of storage of vegetable seed under warm-humid conditions. *Miss. S!Univ. Tech. Bail. 50, 24 p.*
- Edwards, N. M., Gianibelli, M. C., McCaig, T. N., Clarke, J. M., Ames, N. P., Larroque, O. R. and Dexter, J. E. 2007. *J. Cereal Sci. 45:140-149.*
- FAO, 1994. Annuaire de la production. FAO, Rome, Italie.
- FAO, 2007. Système des semences de qualité déclarée. Étude Fao production végétale et protection des plantes. Rome, 290 p.
- FAO, 2011. Les semences dans les situations d'urgence. Étude Fao production végétale etprotection des plantes. Rome, 83 p.
- Feillet P. 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. *INRA. Paris.*
- Feillet P., Dexter J.E. 1996. Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production. In "Monograph on Pasta and Noodle Technology", Matsuo R.R., Minnesota, A.A.C.C. N°95. pp132.
- Feillet.P., 2000. Le grain de blé, composition et utilisation. *Edition INRA, Paris, 308 p*
- Feldman M., ER. Sears. 1981. The wild gene resources of wheat. *Sci. Am.244 : 98–109.*
- Ferrat L., Pergent-Martini C and Roméo M., 2003. Assessmentofthe use of biomarkersin aquatic plants for the evaluation of environmental quality : application to seagrasses. *Aquat. Toxicol, 65, 187–204 p.*

- Fessel, S.A., Vieira, R.D., Cruz, M.C.P., Paula, R.C., Panobianco, M., 2006. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 41, 1551–1559 p.
- Fisher MJ., RC. Paton, K. Matsuno.1998. Intracellular signaling proteins as smart agents in parallel distributed processes. *Bio-Systems*50: 159-171.
- Fourar R., 1994 - Variabilité de la sensibilité varietale du blé tendre à *Sitophilusoryzae*(L) (*Coleoptera* : *Curculionidae*) dans le grain et de *triboliumconfusum* J. Duval ((*Coleoptera* : *Tenebrionidae*) dans la farine. Analyse des relations eco-physiques insecte-grain. Memoire deMagiter Ins. D'EL HARRACH, ALGER
- Fuller, D. Q. (2007) Contrasting Patterns in Crop Domestication and Domestication Rates : Recent Archaeobotanical Insights from the Old World. *Annals of Botany* N° 100, p. 903 - 924.
- Gay-Mathieu C., (1991). Recherche des processus impliqués dans la perte de l'aptitude à germer des semences de tournesol (*Helianthics annuus* L.) sous l'influence d'une température trop élevée. Thèse de doctorat de 1 'Université Pierre et Marie Curie, Paris, In Coin, A. Effets comparés du vieillissement naturel et accéléré sur les semences d'orge (*Hordeum vulgare* L.),685.
- Gidrol, X., Noubhani, A. et Pradet, A., 1990. Biochemical changes induced by acceleratedaging in sunflower seeds. II. RNA populations and protein synthesis. *PhysiologiaPlantarum*, 80,598-604 p.
- Godon B., 1991 - Biotransformation des produits céréaliers. Ed.Tec et Doc. Lavoisier Paris 688p.
- Goel A., Sheoran S.I., 2003. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cottonseeds under natural ageing. *Biol. Plantarum*46 (3) 429-434
- Govender V., Aveling T.A.S., Kritzinger Q., 2008. The effect of traditional storage methods on germination and vigour of maize (*Zea mays* L.) from northern KwaZulu-Natal and southern Mozambique. *South African Journal of Botany* 74 (2008) 190–196 p.
- Grabe, D.F. (1970). Tetrazolium test hand book. For agricultural seed contribution N° 29: Hand book on seed testing. Proceedings of the Association of official Seed Analysts, 62 p.
- Grignac, P. (1981). Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen. Séminaire scientifique. Bari (Italie). Pp : 185-194

- Guezlane L., 1993. Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse de Doctorat d'Etat. INA, El Harrach, Algérie. 89 pages.
- Guezlane L., Selselat-Attou G. et Senator A., 1986. Etude comparée du couscous de fabrication industrielle et artisanale. Industrie des Céréales. Vol. 43. P : 25-29.
- Guy R., (1982). Influence du stockage SUT la durée de germination des semences. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture, 14, 99-101.
- Hamel Lyliia, 2010. Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques, thèse de magister ;Université Mentouri Constantine, 11P
- Harman GE., Nash G., 1972. Deterioration of stored pea seed by *Aspergillus ruber*: evidence for the involvement of a toxin. Phytopath; 62: 209–212 p.
- Hay, F., Probert, R.J., Marro, J., Dawson, M., 2000. Towards the ex situ conservation of aquatic angiosperms: a review of seed storage behaviour. In: Black, M., Bard-ford, K., Vazquez-Ramos, J. (Eds.), Seed Biology: Advances and Applications. CAB International, Wallingford, UK, 161–177 p.
- Hebrard A., 2002 : Granulation de semoules de blé dur. PhD thesis, ENSA Montpellier
- Heller R., Esnault R. et Lance C., 2000. Physiologie végétale II, développement. 6 Ed., Edit.Dunod.366p.
- Henry Y., J. Buyser. 2000. L'origine du blé. Pour la Science 26 :60-62.
- Icard C., Feillet P. 1996. Effets des phénomènes d'oxydoréduction au cours de la fabrication des pâtes alimentaires. Cahier Scientifiques. Vol 114. Ind. Alim. Agr. pp. 5 -17.
- Inge de Groot, 2004, Protection des céréales et des légumineuses stockées, Deuxième édition : Fondation Agromisa, Wageningen.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2004. International rules for seed testing. Eds 2004.
- ISTA., 2009. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Switzerland.
- Jaradat, A. et Konzak, C.F.,1983. Screening of wheat genotypes for drought tolerance. Excised leaf water retention. Cer. Res. Commu. N° 11, 196 – 197 p.

- Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. & Brulé G. 2006. Science des aliments : Biochimie-Microbiologie- Procédés- Produits. V2. Technologie des produits alimentaires. (éd).TEC & DOC. Paris.
- Jouany, 3.-P., Yiannikouris, A., 2002. Les mycotoxines dans les aliments des ruminants, leur devenir et leurs effets chez l'animal. INRA Productions Animales, février 2002, 15 (1), pp. 3-16.
- Justice, O.L., (1972). Essentials of seed testing.In seed biology Vol.3 (Ed.T.T.Kozlowski).Academic Press New York and London, 301-370.
- Kaan, F., Branlard, G., Chihab B., Borries, C., Monneveux, P. (1993).Prebreeding and breeding durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.) for quality
- Kalpana R, Rao KVM. 1994. Absence of the role of lipid peroxidation during accelerated ageing of seeds of pigeon pea (*cajanuscajan*(L) Mill) cultivators. *Seed SciTechnol*; 22 :253- 60 p.
- Kanafani-Zahar, A., 1994. Mūne: La conservation alimentaire traditionnelle au Liban, éd. Maisons des sciences de l'homme, Paris, p. 32, 45.
- Karunakarana C., Muira W.E., Jayasa D.S., Whiteb N.D.G., Abramsonb D., 2001. Safestorage time of high moisture wheat. *Journal of Stored Products Research* (37): 303±312 p.
- Kashinath B. &Subrata R., 2002. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybeanseeds by fungi in storage. *Mycopathologia*; 155: 135–141 p.
- Kaup S.M. et Walker C.E., 1986. Couscous in North Africa. *Cereal Foods World*, Vol. 31. P : 179-182.
- Kauth P.J., Biber P.D., 2014. Moisture content, temperature, and relative humidity influenceseedstorage and subsequent survival and germination of *Vallisneriaamericana* seeds. *Aquatic Botany* 120 ; 297–303 p.
- Kearns. and Toole, E.H., 1939. Relation of temperature and moisture content to longevityof Chewing's fescue seeds. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 670, 27 p.
- Kellou R., 2008. Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Aude coop. Thèse de Master of Science du CIHEAM – IAMM n° 93.
- Kiaya v., 2014. Post-harvest losses and strategies to reduce them. Technical paper on Post- Harvest Losses. ACF.

- Kinderlerer, J. L. 1989. Volatile metabolites of filamentous fungi and their role in food flavour. *Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement*, pp. 133S-144S.
- KODIO O., 1989 - Structures paysannes de stockage. P 19 In *Céréales en régions chaudes : Conservation et transformation*. Activité scientifique AUPELF
- Kovacs M. I. P., Poste L.M., Butler G., Woods S. M., Leisle D., Noll J. S., Dahlke G. 1995. Durum Wheat Quality: Comparison of Chemical and Rheological Screening Tests With Sensory Analysis. *Journal of Cereal Science*, N° 25. pp.65 - 75.
- Krishnan P, Nagarajan S, Dadlan M, Moharir AV., 2003. Characterisation of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated aging conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. *Seed Sci Technol* ; 31 : 541-50.
- Lacey J., 1975. Moulding of grains in relation to mycotoxin formation. *Inter J Experimental Studies*; 8: 183-186 p.
- Ladonne, F. (1987). Etude critique de quelques méthodes d'évaluation de la qualité germinative des lots de semences. *Thèse de l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon*.
- Le Bars J., 1982. Facteurs de l'accumulation d'acide pénicillique dans les denrées d'origine végétale. *Sci. Aliments*, 2 (hors série II), 29-33.
- Lildatchev B. S., Zelensky G. V., Kiashko Yu.G., et Shevchenko Z. N., (1984). Modeling of seed ageing. *Seed Science and Technology*, 12,385-393
- Lin, S.S., 1990. Alteração da qualidade fisiológica, germinativa e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 2, 1-6.
- Liu C.Y., Shepherd K.W., Rathjen A.J., 1996: Improvement of durum wheat pastamaking and breadmaking qualities. *Cereal Chemistry* 73: pp 155-166.
- Loretto E., De Bellis L., Alpi A. & Perata P., 2001. Why and how do plant cells sense sugars? *Ann Bot* 88 : 803 - 812 p.
- MacRitchie, F. and Gupta, R. 1993. *Austr. J. Agric. Res.* 44: 1767 – 1774.
- Madani M., 2009 : qualité technologique de quelques céréales (blé tendre, blé dur, orge et triticale) C/S du laboratoire de technologie de l'ITGC. 20p.
- Maeda, J.A., Razera, L.F., Lago, A.A., Ungaro, M.R.G., 1986. Discriminação entre lotes de sementes de girassol através do teste de envelhecimento rápido. *Bragantia* 45, 133- 141.

- Matweef M. 1946. Valeur industrielle des blés durs Tunisiens et méthodes utilisées pour appréciation. Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie. Vol, 19, pp. 4 -23.
- Mazliak P., 1983. Plant membrane lipids: changes and alterations during aging and senescence. In : Lieberman M, ed. Post Harvest Physiology and Crop Preservation. New York : Plenum Press , 100.
- Mazliak, P., 1982. Physiologie Végétale - nutrition et métabolisme. Biochimie des cultures tropicales. MERNION. 59 – 60 p.
- Mazouz, L. 2006. Etude de la contribution des paramètres phéno morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum Desf*) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Mémoire de Magister. Université -Batna.
- Mcdonald, B.M.Jr. (1975) A review and evaluation of seed vigour tests. Proceedings of the Association of official Seed Analysts N° 65, 109 – 130 p.
- Mebtouche K., 1998 : Caractérisation technologique de quelques lignées de blé dur In : Céréaliculture N°32. Revue technique et scientifique de l'ITGC. Alger, pp 27-33.
- Messabihi M., 2008. Ionisation d'un blé dur : incidences biochimiques et physiologiques, mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie, Technologie alimentaire et nutrition humaine, 70p.
- Micard V., Abecassis J., Hemery Y., Lullien-Pellerin Y., Petot M., Rouau X., 2009 : Produits Céréaliers Influence des procédés sur leurs propriétés nutritionnelles, « De l'assiette au champ : Le retour de la qualité » ; UMR IATE (MTP SupAgro-INRA-UMRI- CIRAD) 22 Octobre 2009-Montpellier.
- Milosevic, M., Vujakovic, M. et Karagic, D., 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. Genetika Vol. 42, N° 1, 103 – 118 p.
- Molinié, A. & Pfohl-leszkowicz, A. 2003. Les mycotoxines dans les céréales : les points importants de contrôle de la production au stockage, le devenir dans les produits dérivés. Laboratoire de Toxicologie et sécurité alimentaire- Auzeville-Tolosane. Note de l'ASEDIS-SO N° spécial Mycotoxine (2003), 9 pages.
- Moncaleano-Escandona J., Silva B. C.F., Silva S.R.S., Granjab J.A.A., Claudjane M., Alvares J.L., Pompellib M.F., 2012. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. Industrial Crops and Products.
- Monneveux, P. et Nemmar, M., 1987. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur

(*Triticum durum* Desf.) 136; Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie. N°6, 583 – 590 p.

- Mouellef A, 2010. Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire de magistère. Univ Mentouri. Constantine.
- Multon J.L., 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Céréales oléagineuse, protéagineus, aliments pour animaux Ed Techn et document, Lavoisier /A.P.R.I.A., Paris, Vol 1, 576 p . (AAC). Pub. Division analyse du marché, Bulletin bimensuel, vol. 13 : 2000.
- Namoune H., Kezih R., Feliachi K., Guerfi N. et Hamza N., 2004. الدهون بعض أثر استعمال . خلال عملية الطهي على نوعية الكسكسي. المؤتمر العلمي الرابع للعلوم الزراعية. أسبوط . مصر
- Narayana Murthy UM., Sun WQ., 2000. Protein modification by Amadori Maillard reactions during seed storage : roles of sugar hydrolysis and lipid peroxydation. *J Exp Bot*; 51: 1221-8 p.
- Naville M., 2005. La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé, Paris: Université Paris XI, Paris, 20p.
- Ndiaye D.S.B., 1999. Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux. Aide au Développement Gembloux & Atelier Autrichien de Développement, 61 p.
- Niquet G., 2006. Stockage à la ferme des grains issus de l'agriculture biologique. Office national interprofessionnel des céréales. Institut du végétal ARVALIS, 1- 4 p.
- NIRS 2, version 3.00 révisée 1992 , Logiciel de routine , opération de calibration et Network System Management pour Instruments d'analyse en proche infra rouge.
- Nithya U., Chelladurai V., Jayas D.S., White N.D.G., 2011. Safe storage guidelines for durum wheat. *Journal of Stored Products Research* (47); 328-333 p.
- Noubhani A., (1990). Dégradations cellulaires et modifications de l'expression du génome au cours du vieillissement accéléré des semences. Thèse de doctorat de l'université de Bordeaux II, In Coin, A. Effets comparés du vieillissement naturel et accéléré sur les semences d'orge (*Hordeum vulgare* L.),685.
- Nouri L., Ykhlef N. & Djekoun A., 2002. Adjustment osmotique et comportement hydrique chez certaines variétés de blé dur : relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire' IIIème journées Scientifiques sur le blé'.(éd). Univ. Mentouri. Constantine.

- Ntsam S., 1989. Pourquoi stocker ? Céréales en régions chaudes. *AUPELF-UREF, Edition John LibbeyEurotext, Paris*, 3-8 p.
- Ominski, K.H., Marquardt, R.R., Sinha, R.N. and Abramson, D. 1994. Ecological aspects of growth and mycotoxin production by storage fungi. In: Miller, J.D. and Trenholm, H.L. ed., *Mycotoxins in grain*. St. Paul, MN, Eagan Press, 287-314.
- Panobianco, M., Vieira, R.D., Perecin, D., 2007. Electrical conductivity as an indicator of pea seed aging of stored at different temperatures. *Sci. Agric.* 64, 119–124 p.
- Parrish DJ, Leopold AC. On the mechanism of ageing in soybean seeds. *Plant Physiol* 1978 ; 61 : 365-8.
- Paul C. (2007). Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement Alimentation et Céréales-INRA 07, pp 1-4.
- Paul, M.H., Planchon, C. et Ecochard, R., 1979. Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement à la productivité chez le Soja. *Ann. Amelio. Plantes* Vol. 29, N° 5, 479 – 492 p.
- Peñaloza, P., Ramirez-Rosales, G., McDonald, M.B., Bennett, M.A., 2005. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated aging and the seed vigour imaging system. *J. Biotechnol.* 8, 299–307 p.
- Perry D. A., 1977. A vigour test for seeds of barley (*Hordeum vulgare*) based on measurement of plumule growth. *Seed Science and Technology*, 5, 709-719 p.
- Perry, D.A. (1978) Report of the Vigour test committee 1974 - 1977. *Seed Science and Technology* N° 6, p. 159 - 181.
- Perry, D.A., 1978. Report of the Vigor test committee 1974 - 1977. *Seed Science and Technology* N° 6, 159 – 181 p.
- Porceddu E., 1995: Durumwheat quality in the Mediterranean Countries, Options Méditerranéennes, Série A : N°22, Zaragoza (ESP), University of Tuscia. Dept. Of Agrobiolgy and Agrochimistry, Viterbo, Italy, pp 11-21.
- Priestly DA., Leopold AC., 1983. Lipid changes during natural aging of soybean seeds. *Physiol Plant* ; 59 : 467-70 p. technology. Volume I., 97-158.
- Production - A Review *.Euphytica*, 20:152-170 p.

- Quaglia G.B., 1988 : Other durum wheat products. In : *Durum: Chemistry and Technology*, G Fabriani and C Lintas, eds. American Association of Cereal Chemists, St.Paul, MN. pp 263-282.
- Rani P.R., Chelladurai V., Jayas D.S., White N.D.G., Kavitha-Abirami C.V. , 2013. Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. *Journal of Stored Products Research* (52), 78-85 p.
- Ripetti-Ballester V, Compan F, Compan M, David J, Desclaux D, Poirier S, Poux G, Raynaud C, Roumet P., 2000. Prédire les caractéristiques de la qualité du grain de blé dur par spectroscopie infrarouge. In : *Comptes-rendus du Colloque ITCF*. Novembre 2000, Montpellier, France, non paginé
- Roudant H., Lefrancq E., 2005 : Alimentation théorique, Série science des aliments, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitane. 305 p.
- Royo C., Aparicio N., Blanco R. and Villegas D., 2004. Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. Volume 20, Pages 419-430.
- Salunkhe, D.K., Kadam, S.S and Chavan, J.K. (1985). *Postharvest Biotechnology of Food Legumes*. Florida: CRC Press. Saskatchewan Agriculture and Food. 2002. 2001 special crop reports.
- Sathya, G., Jayas, D.S., White, N.D.G., 2008. Safe storage guidelines for rye. *Canadian Biosystems Engineering* 50, 31-38 p.
- Sathya, G., Jayas, D.S., White, N.D.G., 2009. Safe storage guidelines for canola as the seeds slowly dry. *Canadian Biosystems Engineering* 51, 329-338 p.
- Schields, R. et Burnett, W. 1960 Determination of protein bound carbohydrate in serum by a modified anthrone method. *An. Chem.* N° 32, 885 – 886 p.
- Seck D., 1990. Importance économique et Développement d'une approche de lutte Intégrée contre les insectes ravageurs Des stocks de maïs, de mil Et de niébé en milieu paysan. *Actes du Séminaire International-Abidjan Côte d'Ivoire*. 155-160 p, 276 p.
- SerghiniCaid, H., 2008. Altérations accompagnant le vieillissement accéléré de blé tendre. *Cahiers Agricultures*, 17(1): 39-44 p.
- Shacter E., Williams JA., Lim M and Levine RL, 1994. Differential susceptibility of plasma proteins to oxidative modification: examination by Western blot immunoassay. *Free Rad. Biol. Med.*, 17, 429–437 p.

- Shewry P.R., Taham A.S., Forde J., Keis M., and Miflin B.J. 1986. The classification and nomenclature of wheat gluten proteins : a reassessment. *Journal of Cereal Science* 4 : 97-106.
- Sivaramakrishnan S., Patell V.Z., Flower D.J., Peacock J. M., 1988. Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid-season drought stress. *Physiol. Plant*, 74: 418–426 p.
- Soltner D, 1998. Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.
- Soltner D., 1990. Les grandes productions végétales. 19^{ème} édition, Ed. Collection sciences et techniques agricoles, France, 464 p.
- Srivastava, L.M., 2002. Seed development and maturation. In: *Plant Growth and Development—Hormones and Environment*. Academic Press, Massachusetts, 431–446 p.
- St-Pierre, N., V. Bélanger et Brégarde A., 2014. Ventilation et conservation des grains à la ferme. Réseau Innovagrains et Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 58 p.
- Strelec I., Popović R., Ivanišić I., Jurković V., Jurković Z., Ugarčić-Hardi T., Sabo M., 2010. Influence of Temperature and Relative Humidity on Grain Moisture, Germination and Vigour of Three Wheat Cultivars During One Year Storage. *Poljoprivreda, Preliminary Communication* 16: (2) 20-24 p.
- Sun WQ, Leopold AC., 1995. The Maillard reaction and oxidative stress during ageing of soybean seeds. *Physiol Plant* ; 94 : 94-105.
- Sung, J.M., Jeng, T.L., 1994. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated ageing of peanut seed. *Physiol. Plant* 91, 51–55 p.
- Teketay D., Granstrom A, 1997. Germination ecology of forest species from the high lands of Ethiopia. *Journal of Tropical ecology* 14: 793-803
- Tekrony et al., 2005. D.M. Tekrony, T. Shande, M. Rucker and D.B. Egli, Effect of seed shape on corn germination and vigour during warehouse and controlled environmental storage, *Seed Science and Technology* 33 (2005), pp. 185–197.
- Tetrazolium Testing Committee, 1970. Tetrazolium Testing Handbook. For Agricultural seeds. Contribution N° 29 to the Handbook of Seed Testing. Eds. Association of Official Seed Analysts. p.62.
- Tipples, K.H., 1995. Quality and nutritional changes in stored grain. *Stored Grain Ecosystems*. Marcel Dekker, New York, 325±352 p.

- Toole, E. H., Toole, V. K. et Gorman, E. A., (1948). Vegetable-seed storage as affected by temperature and relative humidity. US. Department of Agriculture Technical Bidletin, 972, 1-24
- Trentesaux E. 1995. Evaluation de la qualité du blé dur. Durum wheat quality in the Méditerranéen Region. Seminaires Méditerranéen N° 22.
- Troll W., Lindsey G, 1955. A photometric method for the determination of proline. J Biol Biochem, 215, 655-660 p.
- Verville J.L., 2003. Le blé, le seigle et le triticale. 18p.
- Wadley G., Martin A., 1993. The origins of agriculture – a biological perspective and new hypothesis. Australian Biologist, 6, 96-105.
- Wall A.M., Ripley R. & Gale M.D. (1971). The position of a locus on chromosome 5B of *Triticum aestivum* affecting homoeologous meiotic pairing. Genet Res. 18: 329 - 339 p
- Wehrle, K., Seibel, W., Gerstenkorn, P. et Kuhn, M. (1996). Méthodes rapides d'évaluation qualitative du blé dur. Première partie : Etudes par spectroscopie NIR. *Getreide mehl und brot*, 50(3) : 181-185.
- White, N.D.G., Hulasare, R.B., Jayas, D.S., 1999. Effects of storage conditions on quality loss of hull-les and hulled oats and barley. Canadian Journal of Plant Science 79, 197e201.
- Wilcke, W.F., Meronuck, R.A., Lang, J.P., Morey, R.V., 1995. Dry matter loss in storage for sound and diseased wheat. ASAE Paper No. 95-6132 p.
- Yousfi L., 2002. Influence des conditions de fabrication et des modes de préparation sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Thèse de magister. Université Mentouri Constantine, Algérie. 140 pages.
- Zerrad W., Hillali S., Mataoui B., El Antri S., et Hmyene A., 2006. Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Biochimie, substances naturelles et environnement. Congrès international de biochimie. Agadir- Maroc.

Annexes 01 : Expérimentation 01

Effets de vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux de semences de quatre variétés de blé dur.

Tab.01 : Comparaison des moyennes de germination après trois jours d'imbibition des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	1011,65	1011,65	337,22	38,69	0,000
VA	4	4905,50	4905,50	1226,37	140,69	0,000
VAR*VA	12	1884,77	1884,77	157,06	18,02	0,000
Error	40	348,67	348,67	8,72		
Total	59	8150,58				

Tab.02 : Comparaison des moyennes de germination après dix jours d'imbibition des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	78,983	78,983	26,328	3,88	0,016
VA	4	890,833	890,833	222,708	32,83	0,000
VAR*VA	12	346,100	346,100	28,842	4,25	0,000
Error	40	271,333	271,333	6,783		
Total	59	1587,250				

Tab.03 : Comparaison des moyennes de fuites des électrolytes des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	2334,85	2334,85	778,28	63,62	0,000
VA	4	1917,57	1917,57	479,39	39,19	0,000
VAR*VA	12	119,90	119,90	9,99	0,82	0,632
Error	40	489,33	489,33	12,23		
Total	59	4861,65				

Tab.04 : Comparaison des moyennes de LMC des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	12197,0	12197,0	4065,7	166,40	0,000
VA	4	149704,1	149704,1	37426,0	1531,76	0,000
VAR*VA	12	2082,6	2082,6	173,5	7,10	0,000
Error	40	977,3	977,3	24,4		
Total	59	164961,0				

Tab.05 : Comparaison des moyennes de LMR des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	8426,9	8426,9	2809,0	88,10	0,000
VA	4	154931,1	154931,1	38732,8	1214,83	0,000
VAR*VA	12	8552,9	8552,9	712,7	22,35	0,000
Error	40	1275,3	1275,3	31,9		
Total	59	173186,2				

Tab.06 : Comparaison des moyennes de NMR des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	1306,98	1306,98	435,66	93,02	0,000
VA	4	8724,93	8724,93	2181,23	465,74	0,000
VAR*VA	12	593,60	593,60	49,47	10,56	0,000
Error	40	187,33	187,33	4,68		
Total	59	10812,85				

Tab.07 : Comparaison des moyennes de la teneur en protéines totales des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	160,234	160,234	53,411	32,97	0,000
VA	4	859,558	859,558	214,890	132,63	0,000
VAR*VA	12	133,684	133,684	11,140	6,88	0,000
Error	40	64,807	64,807	1,620		
Total	59	1218,282				

Tab.08 : Comparaison des moyennes de la teneur en sucres solubles des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	990,69	990,69	330,23	284,33	0,000
VA	4	8017,57	8017,57	2004,39	1725,78	0,000
VAR*VA	12	1002,69	1002,69	83,56	71,94	0,000
Error	40	46,46	46,46	1,16		
Total	59	10057,41				

Tab.09 : Comparaison des moyennes de la teneur en proline des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	2171,30	2171,30	723,77	141,94	0,000
VA	4	11596,45	11596,45	2899,11	568,57	0,000
VAR*VA	12	2658,69	2658,69	221,56	43,45	0,000
Error	40	203,96	203,96	5,10		
Total	59	16630,40				

Annexes 02 : Expérimentation 02

Effets de vieillissement naturel sur la germination et la croissance des plantules de semences de quatre variétés de blé dur.

Tab.01 : Comparaison des moyennes de germination après trois jours d'imbibition des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
age	2	1586,17	1586,17	793,08	205,40	0,000
variete	3	469,64	469,64	156,55	40,54	0,000
age*variete	6	404,28	404,28	67,38	17,45	0,000
Error	24	92,67	92,67	3,86		
Total	35	2552,75				

Tab.02 : Comparaison des moyennes de germination après dix jours d'imbibition des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
age	2	704,389	704,389	352,194	124,30	0,000
variete	3	113,444	113,444	37,815	13,35	0,000
age*variete	6	42,056	42,056	7,009	2,47	0,053
Error	24	68,000	68,000	2,833		
Total	35	927,889				

Tab.03 : Comparaison des moyennes de LMC des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	10587	10587	3529	1,45	0,236
TRAIT	2	27748	27748	13874	5,71	0,005
VAR*TRAIT	6	20323	20323	3387	1,40	0,232
Error	60	145686	145686	2428		
Total	71	204344				

Tab.04: Comparaison des moyennes de LMR des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	1925	1925	642	0,14	0,934
TRAIT	2	2615	2615	1308	0,29	0,749
VAR*TRAIT	6	18517	18517	3086	0,69	0,662
Error	60	270218	270218	4504		
Total	71	293276				

Tab.05 : Comparaison des moyennes de NMR des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	2337,7	2337,7	779,2	3,01	0,037
TRAIT	2	1354,7	1354,7	677,4	2,61	0,082
VAR*TRAIT	6	1229,6	1229,6	204,9	0,79	0,581
Error	60	15558,0	15558,0	259,3		
Total	71	20480,0				

Tab.06: Comparaison des moyennes de la teneur en protéines totales des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
age	2	619,075	619,075	309,538	486,33	0,000
variete	3	28,070	28,070	9,357	14,70	0,000
age*variete	6	63,972	63,972	10,662	16,75	0,000
Error	24	15,275	15,275	0,636		
Total	35	726,392				

Tab.07: Comparaison des moyennes de la teneur en sucres solubles des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
age	2	237,569	237,569	118,784	89,48	0,000
variete	3	174,863	174,863	58,288	43,91	0,000
age*variete	6	27,588	27,588	4,598	3,46	0,013
Error	24	31,860	31,860	1,328		
Total	35	471,880				

Tab.08: Comparaison des moyennes de la teneur en proline des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
age	2	2213,47	2213,47	1106,73	391,60	0,000
variete	3	377,44	377,44	125,81	44,52	0,000
age*variete	6	536,17	536,17	89,36	31,62	0,000
Error	24	67,83	67,83	2,83		
Total	35	3194,91				

Annexes 03 : Expérimentation 03

Effets de vieillissement naturel sur la plante (stade 7 feuille).

Tab.01: Comparaison des moyennes de la RWC des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	24,96	24,96	8,32	0,42	0,742
TRAIT	2	1334,25	1334,25	667,12	33,52	0,000
VAR*TRAIT	6	175,54	175,54	29,26	1,47	0,230
Error	24	477,65	477,65	19,90		
Total	35	2012,40				

Tab.02 : Comparaison des moyennes de la teneur en protéines totales des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	297,38	297,38	99,13	5,18	0,007
TRAIT	2	1725,78	1725,78	862,89	45,12	0,000
VAR*TRAIT	6	589,81	589,81	98,30	5,14	0,002
Error	24	458,97	458,97	19,12		
Total	35	3071,94				

Tab.03 : Comparaison des moyennes de la teneur en proline des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	324,4	324,4	108,1	1,03	0,397
TRAIT	2	1101,0	1101,0	550,5	5,24	0,013
VAR*TRAIT	6	1886,8	1886,8	314,5	3,00	0,025
Error	24	2519,5	2519,5	105,0		
Total	35	5831,7				

Tab.04 : Comparaison des moyennes de la teneur en sucres solubles des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	60,932	60,932	20,311	5,46	0,005
TRAIT	2	125,386	125,386	62,693	16,84	0,000
VAR*TRAIT	6	12,187	12,187	2,031	0,55	0,768
Error	24	89,330	89,330	3,722		
Total	35	287,835				

Tab.05 : Comparaison des moyennes de la biomasse des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
VAR	3	552,61	552,61	184,20	2,95	0,053
TRAIT	2	550,34	550,34	275,17	4,41	0,023
VAR*TRAIT	6	910,80	910,80	151,80	2,43	0,056
Error	24	1499,02	1499,02	62,46		
Total	35	3512,7				

Annexes 04 : Expérimentation 04

Étude comparative des potentialités technologiques des variétés de blé dur par la méthode NIRS après un vieillissement naturel.

Tab.01 : Comparaison des moyennes de la teneur en jaune des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DDL	Type I SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
VAR	3	25.66228275	8.55409425	1.59	0.2172
TRAIT	2	73.05824450	36.52912225	6.80	0.0046
VAR*TRAIT	6	43.51457417	7.25242903	1.35	0.2743

Tab.02: Comparaison des moyennes de la teneur en protéines totales des quatre variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée:

Source	DDL	Type I SS	Moyenne quadratique	Valeur F	Pr > F
VAR	3	8.20977333	2.73659111	5.32	0.0059
TRAIT	2	23.84400172	11.92200086	23.16	<.0001
VAR*TRAIT	6	34.43243050	5.73873842	11.15	<.0001

Effets de vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux de semences macrobiotiques : cas de blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Effects of accelerated ageing on germination and establishment of vigorous young seedlings from macrobiotic seeds: case of durum wheat

Amel Soussa* & Louhichi Brinis

Laboratoire Amélioration Génétique des Plantes, Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba, 23000, Algérie.

Soumis le 19/05/2015

Révisé le 04/09/2016

Accepté le 08 /09/2016

ملخص

معالجة الشبخوخة المتسارعة ليدور القمح الصلب الجزائري استعملت من اجل التنبؤ بقدرة التخزين لستة اصناف المزروعة في الجزائر : معالجة الشبخوخة المتسارعة لمدة يومين Bousellam Setefis، Megress، Ofanto، Chen's و Saoura وتبين النتائج ان البذور التي عانت من معالجة الشبخوخة المتسارعة لمدة يومين لديها امكانات إنتاشيه مرتفعة مقارنة مع من عانوا من معالجة اربعة ايام، انخفاض النسبة المئوية للإنتاش كانت اكثر اهمية ، ما عدا صنفين Bousellam Setefis . الفرق في هذه الحالة مرتفع جدا ومعنى هبوط كبير بدرجة عالية في متوسط عدد الجذور لوحظ لدى ستة انواع من القمح الصلب بالمقارنة مع الشهود بعد اربعة ايام من المعالجة Bousellam تسجل اعلى نتيجة ممكنة. فيما يخص طول متوسط السويقات وطول متوسط الجذور ، انخفاض غير هام للنمو بالمقارنة مع الشاهد لوحظ. القدرة على النمو أفضل لدى الصنف Bousellam هذه الاخيرة مميزة مقارنة بالأصناف الاخرى في هذا الصدد الامكانية الإنتاشية عالية جدا وتعبير عن قدرة اعلى على الحفاظ والتخزين. نمو مرتفع جدا للجذور والسويقات عن متوسط عدد الجذور تدل على ذلك

الكلمات المفتاحية : بذور ، فيزيولوجيا ، تخزين ، الشبخوخة المتسارعة ، الجزائر

Résumé :

Un traitement de vieillissement accéléré (VA) des semences de blé dur Algérien a été utilisé dans le but de prédire l'aptitude au stockage de six variétés largement cultivées en Algérie : Bousellam, Setefis, Megress, Ofanto, Chen's et Saoura. Les résultats obtenus montrent que les semences qui ont subi un traitement de vieillissement accéléré pendant deux jours possèdent des potentialités germinatives élevées par rapport à celles qui ont subi un traitement de quatre jours. La chute du pourcentage de germination a été plus importante, à l'exception de deux variétés Bousellam et Setefis. La différence a été de ce fait très hautement significative. Une chute très hautement significative du nombre moyen des racines est notée chez les six variétés de blé dur par rapport aux témoins ; Bousellam après quatre jours de traitement affiche le meilleur résultat. Concernant la longueur moyenne des coléoptiles et la longueur moyenne des racines , une baisse non significative de croissance par rapport au témoin a été observée ; l'aptitude à la croissance est meilleure chez la variété Bousellam. Cette dernière semble néanmoins se distinguer des autres variétés, en ce sens que le pouvoir germinatif est plus élevé et traduit une aptitude plus élevée à la conservation et au stockage. Des croissances plus élevées des coléoptiles et racines ainsi que le nombre moyen des racines, le prouvent.

Mots clés : *semence-physiologie-stockage-vieillessement accéléré-Algérie.*

Summary

A treatment of accelerated ageing of Algerian durum wheat was used in order to predict the ability to storage of six varieties widely cultivated in Algeria, Bousellam, Setefis, Megress, Ofanto, Chen's et Saoura. The results that have been obtained show that seed that have undergone ageing treatment for two days have high abilities of germination as compared to that have undergone treatment for four days, decrease of rate of germination was more important except for two varieties, Bousellam et Setefis. Difference was as fact very highly significant. A decrease highly significant of the mean number of roots was noticed for durum varieties as compared to the check, Bousellelem after four days of treatment, showed the best result. Concerning the mean of shoot length, and mean root length, a decrease not significant of growth as compared to the check was observed ; the ability to grow this better for Bousellelem. This last one seem show ever to be some how different to the other varieties, in this sense that germination power is more easy and translate an ability higher to conservation and to storage. Growths higher of shoots and roots and mean roots number demonstrate that.

Key words: *seed- physiology- storage- accelerated ageing- Algeria*

* Auteur Correspondant : soussa-amel@hotmail.fr

Introduction

La production d'une culture concurrentielle et à haut rendement commence par la semence. Les attributs de qualité de la semence donnent des informations utiles sur la capacité germinative, la rapidité de croissance des plantules et leur capacité à établir des plantes vigoureuses et productives. La connaissance de ces facteurs est utile pour l'amélioration des conditions de conservation des semences [1]. Un des facteurs importants dans l'obtention de rendements élevés se situe au niveau de la semence elle-même. Celle-ci doit être conservée dans des conditions favorables de manière à assurer une germination satisfaisante lors des semis. La germination est le premier stade du cycle de vie des plantes pour produire une nouvelle génération. La germination est définie comme étant l'émergence de la radicule et le développement qui amènent la graine au stade auquel son aspect indiquera si elle pourra se développer en une plante normale dans des conditions ambiantes favorables [2, 3]. Certains auteurs considèrent la germination comme l'émergence et le développement de la plantule à travers l'émission et l'élongation de la radicule d'une certaine longueur exprimée en mm [4, 2, 5, 6, 7]. Une des qualités majeures de la semence, est sa capacité germinative ou le potentiel de la semence à germer et à produire des plantules vigoureuses dans les conditions favorables. La consommation quotidienne est assurée par une seule récolte, quelque fois deux dans l'année d'où la nécessité du stockage. En outre, les grains stockés sont utilisés comme des semences en attendant la saison suivante [8]. Les graines sont en général stockées dans des conditions physiologiques et environnementales qui favorisent le maintien ou la perte de leur capacité germinative et de leur vigueur. La vigueur des graines est définie comme étant la somme des propriétés de la graine qui déterminent le niveau de l'activité et de la performance des graines ou lots de graines pendant la germination et l'émergence des plantules [3]. Elle se définit aussi par la capacité d'une semence vivante de germer sous un large éventail de conditions et de produire une plantule utilisable [9]. Un test de prédiction précoce d'aptitude au stockage de grains de blé serait un outil appréciable de grande application en post-récolte pour les organismes céréaliers. Cette contribution fait une synthèse de travaux de recherche visant à sélectionner la variété la plus apte au stockage, de même qu'elle discute la capacité germinative des graines de blé dur et

son pouvoir à donner des plantules normales et vigoureuses.

1. Matériel et méthode

1.1 Matériel végétal

L'expérimentation a été réalisée dans le laboratoire d'Amélioration Génétique des Plantes, Université Badji Mokhtar, Annaba-Algérie en 2013. Les semences de blé dur ont été fournies par les services de l'Institut Technique des Grande Cultures, Alger, Algérie. Les grains sont issus de la récolte de la campagne agricole 2012-2013. Ils ont été conservés avant leur utilisation au laboratoire dans des chambres froides. Ils ont ensuite été soumis à un vieillissement accéléré.

Différents tests existent pour mesurer la vigueur. On peut soumettre les semences à des conditions extrêmes et ensuite mesurer le taux de germination, un test au Tétrazolium permet de détecter les tissus vivants. Le plus facile à réaliser étant le test du taux de croissance de la plantule qui peut s'effectuer en même temps que le test de germination.

1.2 Traitement du vieillissement accéléré

Avant de subir un VA, les semences ont été pesées afin de déterminer leur poids de mille grains, pour ensuite déterminer la viabilité des semences par la méthode d'essai au Tétrazolium. Cette méthode consiste à colorer en rouge les cellules vivantes par réduction d'un sel de Tétrazolium incolore et formation de formazan rouge. Ensuite les semences sont mises à un vieillissement accéléré (VA). Les lots de grains (500 grammes) sont placés dans une étuve à 40 °C et en atmosphère de haute humidité relative (100 %) pendant deux, quatre jours. Ils sont respectivement désignés VA2J, VA4J [10].

1.3 Essai de germination

Les semences sont désinfectées à l'hypochlorite de sodium et rincées à l'eau distillée stérile. L'essai porte sur quatre répétitions de 100 graines pour chaque variété. Les semences sont mises à germer à 25 °C. 25 semences ont été réparties au hasard dans 16 boîtes de pétri en plastique de 90 mm de diamètre, sur une couche de coton imbibé d'eau, pendant 10 jours. Le pourcentage de germination est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de grains.

1.4 La croissance des plantules

La croissance des différents organes a été mesurée 14 jours après l'émergence de la

radicule à travers les enveloppes avec neuf répétitions. La longueur de la racine la plus longue et du coléoptile est exprimée en mm. Le nombre de racines par plantule a aussi été dénombré.

1.5 Test statistique appliqué

Le test Anova (Analysis of variance) a été réalisé pour comparer l'effet du vieillissement accéléré sur les six variétés. Le logiciel utilisé est le logiciel d'analyse et de traitement statistique des données Minitab 16.

2 Résultats et discussion

2.1 Poids de mille grains

Les valeurs de poids de mille grains des variétés de blé dur analysées sont comprises entre 45g et 70g respectivement pour Saoura et Bousellam avec une moyenne de 56 et un écart type de 8.09 (Fig. 1). L'analyse de la variance pour ce paramètre indique un effet très hautement significatif de la variété avec $p=0.000$. La comparaison des moyennes a révélé cinq groupes différents.

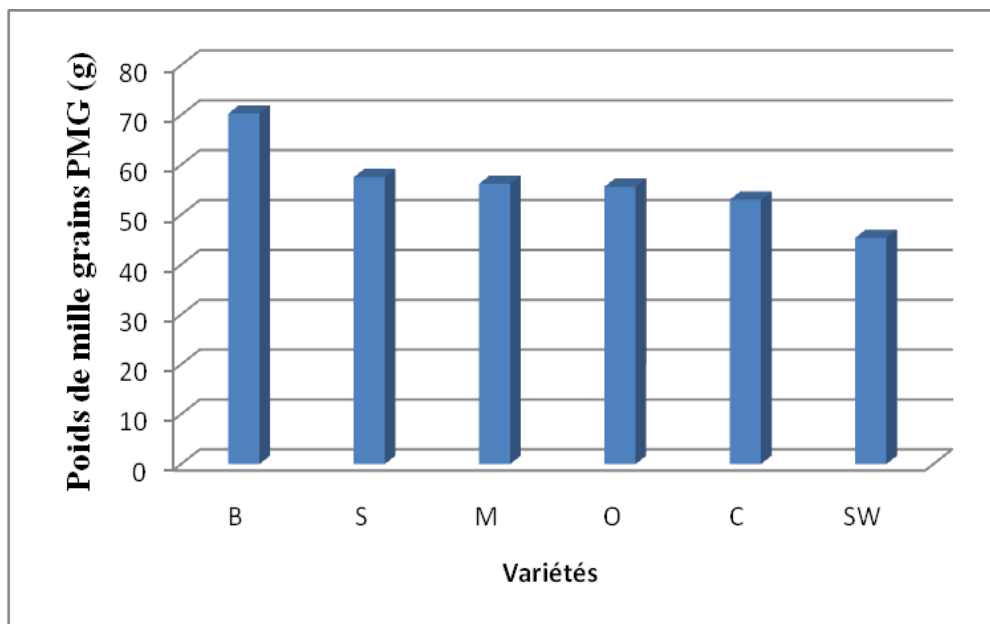


Fig.1 : poids de mille grains de six variétés de blé dur.

2.2 Exploration Topographique au Tétrazolium

De nombreuses graines sont ni complètement viables ni complètement mortes du fait que le blé possède dans l'embryon de la graine des méristèmes initiaux des deux paires de racines séminales. Ces dernières se développent et produisent une plantule normale même si la radicule ne se développe pas [11]. Le classement des tissus a été fait sur la base de l'activité respiratoire des tissus embryonnaires. La réaction du Tétrazolium en présence de tissus vivants se transforme biochimiquement en colorant rouge appelé formazan. Les résultats obtenus montrent que d'une manière

générale, les variétés Bousellam et Setefis présentent une très grande viabilité et également une forte vigueur (Fig. 2). Ceci est exprimé grâce aux parties embryonnaires respectives qui ont une forte coloration rouge vif, dénotant ainsi l'aptitude des graines à exprimer les facultés germinatives. Il a été noté pour les variétés Megress et Ofanto, une vigueur moindre comparativement aux autres variétés; ceci est vérifié notamment par quelques coléoptiles incapables de répondre à la respiration des tissus (Fig. 3). Pour la variété Chen's et Saoura, le test TZ montre que la vigueur est très faible, voire médiocre (Fig. 4). Ces variétés peuvent être donc considérées comme des variétés à faible pouvoir germinatif.

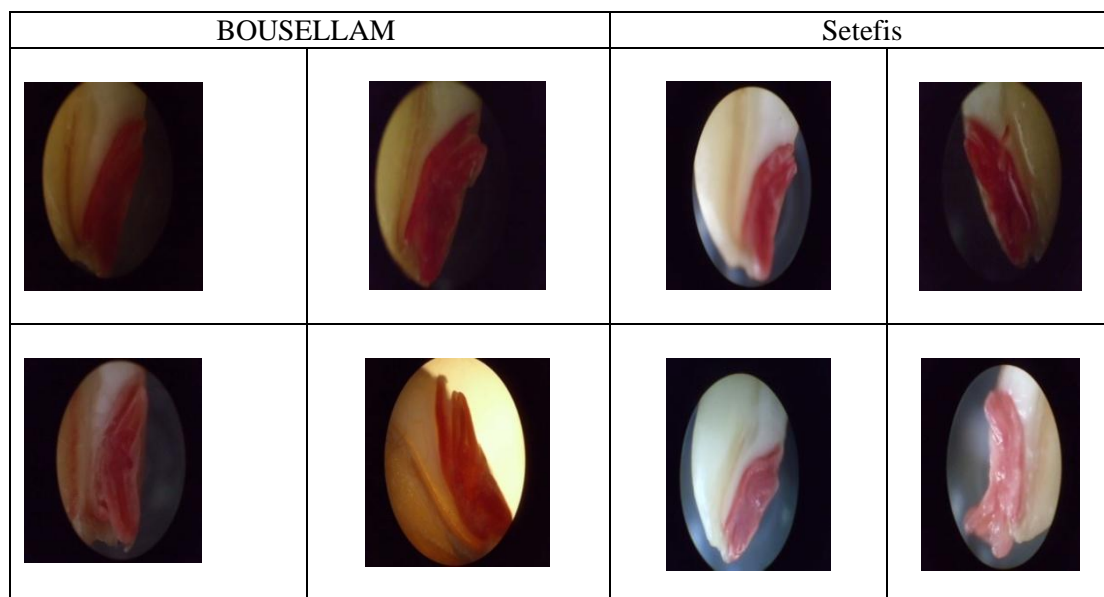


Figure. 2 : Variétés Bousellam et Setefis, viable et vigoureuses (agrandissement microscope $\times 10$)

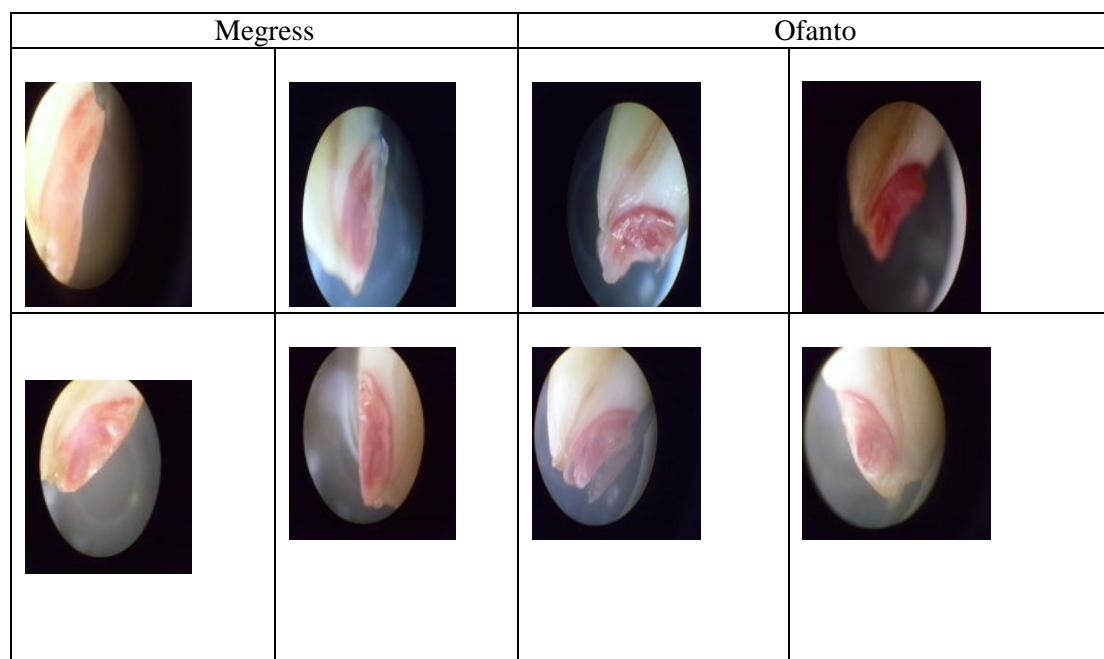


Figure. 3 : variétés Megress et Ofanto viable avec une vigueur moindre (agrandissement microscope $\times 10$)



Figure.4 : variétés Chen's et Saoura, faible viabilité avec vigueur médiocre (agrandi microscope ×10)

2.3 Effets du vieillissement accéléré sur la germination

Après trois jours de germination les effets du vieillissement accéléré ont été décrits avec les six variétés de blé dur (Fig. 5). Le taux de germination des semences non traitées est presque total pour les six variétés de blé dur qui varient de 94% à 99% respectivement pour Ofanto et Setefis. Le traitement de VA provoque chez les six variétés de blé dur une chute non significative de potentiel germinatif. Celui-ci passe de 99% chez le témoin à 97 pour la variété Setefis et de 98% à 95% pour la variété Bousellam, de 98% à 93% pour Megress et 96% à 93% pour chen's ayant subi un traitement de VA de 2 jours, alors qu'il est de 94% à 85% pour la variété Ofanto suivi de Saoura qui passe de 97% à 87%. Les différences sont très hautement significatives avec $p=0.000$ pour le facteur variété.

Des traitements de VA de plus en plus longs entraînent une plus forte diminution du taux de germination, avec une chute nette après quatre jours de VA. Les deux variétés Bousellam et Setefis présentent une forte aptitude au VA avec un pourcentage de germination de 93% et 94% respectivement. La variété Megress est plus sensible avec un pourcentage de germination qui passe de 98% chez le témoin à 81%, suivi par la variété Ofanto avec 82%, Saoura 83% et chen's avec 85%. Les différences sont très hautement significatives avec $p=0.000$ pour le facteur VA. L'effet du

VA sur les six variétés est hautement significatif.

Après 10 jours de germination on note une augmentation du taux de germination par rapport au troisième jour. (Fig. 6).

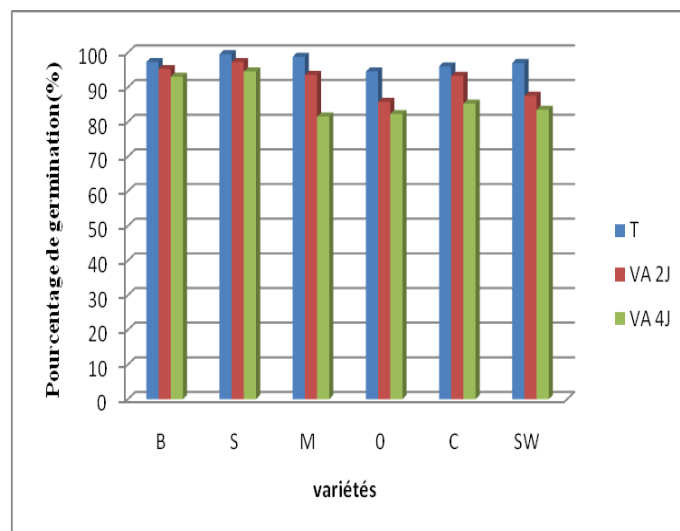


Figure.5 : Taux de germination après trois jours d'imbibition.

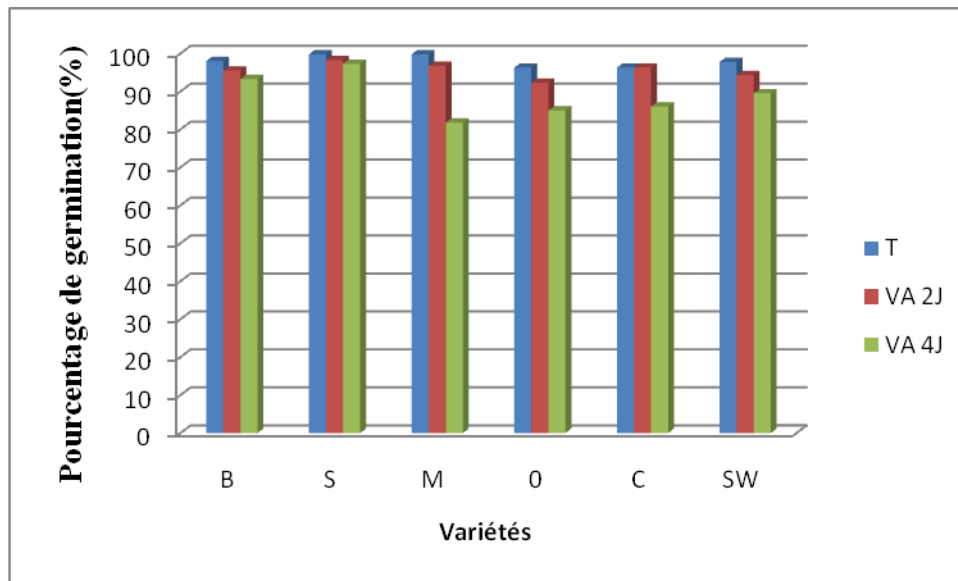


Figure.6 : Taux de germination après dix jours d’imbibition.

Une analyse de la variance sur les six variables utilisées pour décrire la germination après 10 jours a montré qu’il existe des différences très hautement significatives pour les deux facteurs variétés et VA. Le facteur interaction (VA*variété) est très hautement significatif.

2.4 Effets du vieillissement accéléré sur la croissance des plantules

2.4.1 Croissance des coléoptiles :

Chez les six variétés de blé dur étudiées, l’effet de VA sur la croissance des coléoptiles n’est pas significatif. La croissance de coléoptiles des semences non traitées variées entre 120 mm et 159 mm respectivement pour Saoura et Setefis.

Après deux jours de VA nous observons une diminution moins importante de la longueur de coléoptiles par rapport au témoin.

Après quatre jours de VA l’aptitude à la croissance est meilleure chez la variété Bousellam qui passe de 140mm chez le témoin à 110mm, Chen’s est la variété la plus sensible au VA avec 75mm par rapport au témoin (128mm) (Fig. 7). Les différences sont très hautement significatives avec $p=0,000$ pour le facteur vieillissement. Le temps d’exposition au vieillissement accéléré influe de manière négative sur la croissance des coléoptiles. L’analyse de la variance montre qu’il existe des différences très hautement significatives entre variétés ($p=0.000$).

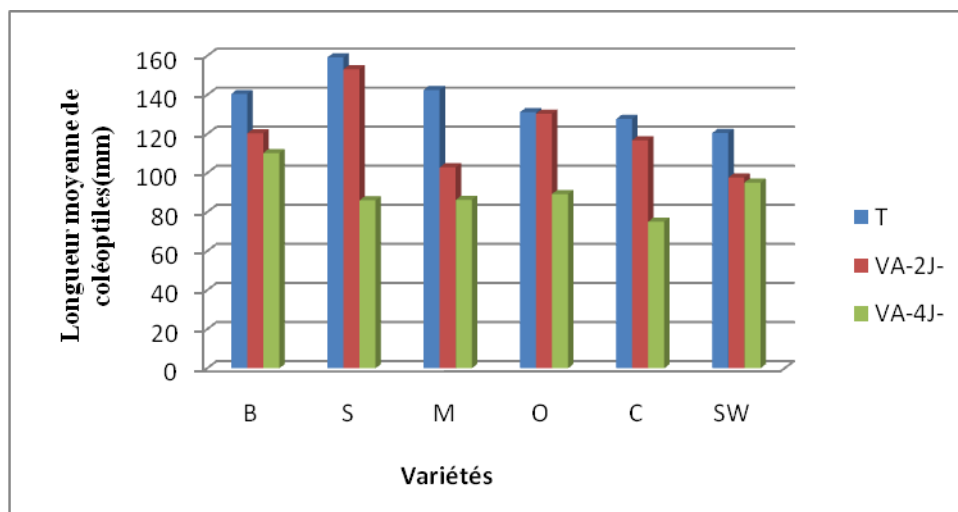


Figure.7 : longueur moyenne de coléoptiles des six variétés de blé dur.

2.4.2 Croissance des racines

L'analyse de la variance montre que l'effet de VA n'est pas significative. La croissance des racines des semences témoin varié entre 120 mm et 146 mm respectivement pour Saoura et Setefis. Le traitement au VA de deux jours a perturbé la croissance des racines des semences traitées qui varié entre 80 mm et 138 mm pour Megress et Setefis respectivement (Fig. 8)

Le VA de quatre jours a influé de manière drastique sur la croissance des racines qui variée entre 62mm et 100mm respectivement pour Megress et Bousellam. Une diminution importante de la longueur des racines des V2, V4, V5, V6 a été observée. L'aptitude à la croissance est meilleure chez la variété Bousellam. Les différences sont très hautement significatives entre variétés avec $p=0.000$.

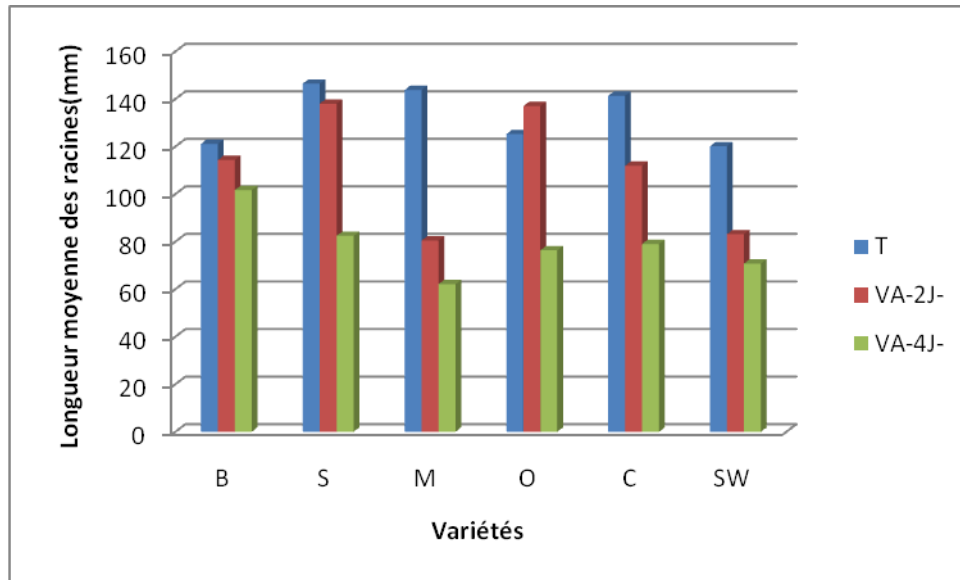


Figure. 8 : longueur moyenne des racines des six variétés de blé dur.

2.4.3 Nombre Moyen des Racines

L'effet de VA sur le NMR est très hautement significatif. L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives Entre variétés. Le VA influe d'une manière drastique et négative sur le nombre moyen des racines ; une chute

importante du nombre des racines après 4 jours d'exposition au VA est enregistrée. Le nombre passe de 37 à 10 pour la V1, 44 à 5 pour V3. Ofanto après deux jours de VA la même tendance de croissance, avec une forte aptitude à la croissance (Fig. 9).

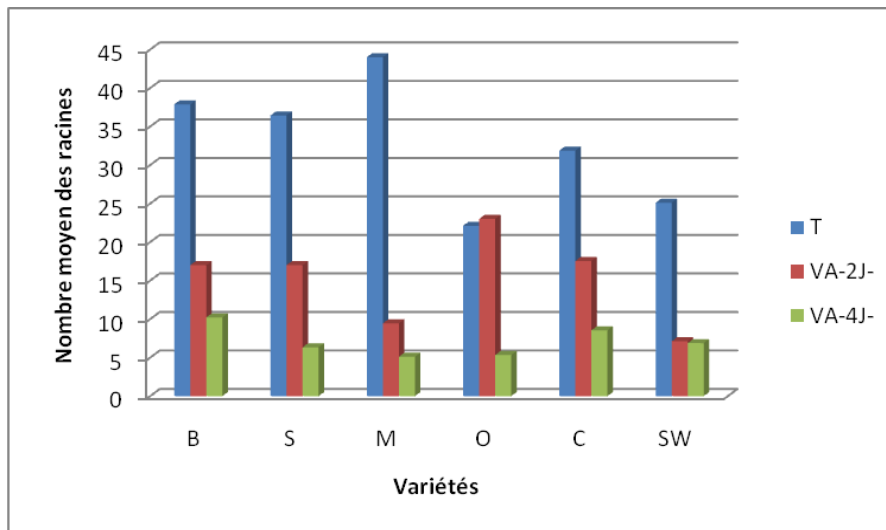


Figure.9 : nombre moyen des racines des six variétés de blé dur.

En résumé, l'observation des histogrammes et l'analyse de la variance correspondante ont permis de constater que la durée de VA a un effet remarquable sur la germination et la croissance des plantules, après deux jours de

traitement. Bousellam possède des potentialités germinatives élevées par rapport aux autres variétés étudiées. Notons aussi une meilleure aptitude à la croissance via le temps d'exposition maximum au VA.

Tableau.1 : Analyse de la variance a deux facteurs (AV2) et un seul facteur (AV1):

Variable	Source de variable	P
Test de germination Après trois jours	Variétés	0.000***
	Traitement	0.000***
	Variété*traitement	0.004**
Test de germination Après dix jours	Variétés	0.000***
	Traitement	0.000***
	Variété*traitement	0.001 ***
Longueur moyenne de coléoptiles	Variétés	0.000***
	Traitement	0.023 N.S
	Variété*traitement	0.174 N.S
Longueur moyenne des racines	Variétés	0.000***
	Traitement	0.119 N.S
	Variété*traitement	0.354 N.S
Nombre moyen des racines	Variétés	0.000***
	Traitement	0.024 N.S
	Variété*traitement	0.000***
Poids de mille grains	Variétés	0.000***

Discussion

Cette étude nous aura permis de comparer l'effet de vieillissement sur la capacité germinative des semences de quelques variétés de blé dur. Celles-ci ont bien supporté le VA de 2 jours par rapport au VA de 4 jours où l'effet négatif sur la germination et la croissance des plantules s'est avéré drastique. Toutefois, des différences variétales de comportement sont à enregistrer à l'issue de ce test.

Un blé ayant un PMG entre 24 et 34g est composé d'une faible quantité de graines, et entre 35 et 45g. Il renferme des graines moyennes ; de l'ordre de 46g et 56g présentant les grosses graines [12]. Ainsi selon cette classification, nos variétés sont des variétés à gros grains, mise à part Saoura qui est une variété à grains moyens. Le PMG est un critère essentiellement variétal, qui dépend aussi des conditions de culture. En effet, le PMG est sous l'effet de composantes tel la : matière sèche, la matière fraîche, l'eau et l'élévation de la température [13]. La masse de grains est une caractéristique variétale, mais les conditions pédoclimatiques exercent aussi un effet sur le poids de 1000 grains [14, 15, 16].

L'essai au Tétrazolium est un des nombreux essais chimiques mis au point en vue d'évaluer l'état physiologique des semences.

Quoi que l'essai au Tétrazolium repose sur un excellent principe, son utilisation pratique sur une base régulière soulève de nombreux problèmes: difficulté de colorer certaines graines; nécessité de sectionner ou de disséquer les semences pour pouvoir observer les parties colorées; faible corrélation avec les résultats des essais de germination dans certains cas, et notamment en ce qui concerne les semences de faible faculté germinative; interprétation variable de la coloration et de ses différentes nuances; et augmentation du nombre d'heures-homme nécessaires à l'essai de 400 semences en comparaison des essais de germination ordinaires [17].

L'emplacement, la taille des zones non teintées et parfois l'intensité de la teinture, sont utilisés pour déterminer si certaines semences sont considérées comme viables ou non [18].

Des comparaisons répétées entre les résultats du test de (TZ) et de germination sont souvent nécessaires pour aider à faire les ajustements convenables à l'évaluation des essais [19].

Les propriétés individuelles des semences, telles que la vitesse de germination et la croissance des plantules, variaient à l'intérieur

d'un même lot de semences et que les moyennes des lots de semences variaient aussi très souvent Nobbe (1876), [20].

D'après nos résultats, Les semences qui ont subi un VA pendant 2J ont gardé un pourcentage de germination élevé par rapport au témoin, ceci est cohérent avec les résultats de [21]. qui note une baisse moins importante de germination sur graines d'*Acacia tortilis*.

Le vieillissement accéléré de quatre jours entraîne une réduction de la capacité germinative, qui se traduit par une chute du taux de germination chez toutes les variétés étudiées. Mais la variété Bousellam qui présente le PMG le plus élevé est la plus apte au VA. Par contre Saoura qui présente le PMG le plus faible est la plus sensible au VA, vraisemblablement à cause des conditions de culture de la plante-mère ainsi que les conditions de maturation et de récolte.

Le traitement du VA a provoqué une baisse du pouvoir germinatif et donc de la vigueur des semences chez les variétés de blé dur étudiées. Cette baisse de vigueur, pourrait être expliquée par une perte de l'intégrité membranaire qui engendre une augmentation de fuites d'électrolytes. Ce phénomène déjà observé par plusieurs auteurs et sur différentes espèces végétales [22, 23, 24] serait associé à des réactions en chaîne initialisées par des radicaux libres [25].

Pour de nombreuses autres espèces végétales, des traitements de VA plus courts (trois à cinq jours) entraînent une chute du taux de germination. C'est le cas pour le soja, plante à réserves majoritairement lipidiques [26].

La croissance des plantules est aussi perturbée par le vieillissement accéléré. Il se produit d'abord un effet positif sur la croissance des organes aériens, alors que la taille des racines commence à diminuer. Cette différence de comportement entre organes aériens et souterrains pourrait être due à des phénomènes de compensation dans l'utilisation des ressources nécessaires à la croissance.

Des vieillissements plus prolongés conduisent à une diminution de croissance des parties aériennes et racinaires. Ceci confirme les résultats de la référence [27] qui a montré, à l'aide de la méthode de coloration au Tétrazolium, que le méristème racinaire est plus endommagé que le méristème caulinaire chez l'orge. Des résultats similaires (ralentissement puis arrêt de l'organogénèse et faible activité méristématique) ont été observés histologiquement chez le tournesol [28]. Par

ailleurs, le nombre de plantules anormales augmente considérablement avec la durée du VA. Cette augmentation d'anomalies avant toute diminution de la viabilité a déjà été observée chez le blé, le poireau, la laitue [29, 30, 31]. Des anomalies du système racinaire ont également été observées chez le blé, le soja et le tournesol à la suite d'une conservation de quatre ans, comme après un vieillissement accéléré [32].

Chez le blé, le vieillissement accéléré entraîne, une baisse de vigueur et un ralentissement de la croissance qui aboutissent à une perte de capacité germinative. Le vieillissement accéléré des semences peut donc être considéré comme un modèle satisfaisant de la détérioration des semences dans des conditions normales de conservation. Ceci confirme les résultats obtenus et rapportés par la référence [33].

Conclusion

Le présent travail a montré que les semences qui subissent un stress imposé, tel le vieillissement accéléré peuvent se comporter différemment dans leur mécanisme d'expression physiologique. Afin de déterminer la vigueur de 6 variétés du blé dur, nous avons établi un protocole expérimental qui consiste à étudier leur comportement à travers des paramètres physiologiques ; le but visé, étant de déterminer l'effet de VA sur la vigueur de semences de blé dur et de sélectionner les meilleurs génotypes vigoureux et apte au stockage. Concernant le taux de germination, l'ensemble des variétés testées ont été affectées par le VA, les résultats nous ont permis de constater une très bonne vigueur et viabilité chez le génotype « Bousellam » avec un taux de germination supérieur à 93% ainsi que la variété Setifis avec un pourcentage supérieur à 97%, suivi par la variété V6 qui possède le PMG le plus faible, le plus faible pourcentage de germination est donné par la variété Megress avec (81%). La variété Bousellam ayant le PMG le plus élevé a montré une meilleure croissance de coléoptiles et racines ainsi le nombre moyen des racines, suivi par la variété Saoura, la plus faible croissance de coléoptiles est donné par la variété Setifis. La faible croissance des racines ainsi le nombre moyen des racines est donné par Megress. A la lumière de la présente contribution, la variété Bousellam semble être performante et jugée intéressante parmi les 6 variétés mise à l'essai, suivie toutefois par la variété Saoura, et la variété Megress qui affichent des résultats plus faibles dans la plupart des tests appliqués

(pourcentage de germination, croissance des coléoptiles et NMR). Les résultats ont, de manière générale précisé que la vigueur des semences est déterminante et qu'elle dépend surtout du temps d'exposition de celles-ci au stress. Le temps fait la différence entre les semences exposées 48h ou 96h au vieillissement accéléré. Nous avons remarqué aussi que les graines de la variété Bousellam ont bien répondu face aux conditions qui ont caractérisé les tests de vigueur (Vieillessement accéléré). Ce test est très révélateur pour connaître l'état de santé, en termes de vigueur, des semences; car le rendement final en dépend. En conclusion, le vieillissement accéléré, est un bon test pour prédire la longévité des semences comme l'ont suggéré les auteurs de la référence [10]. Nos travaux ont à juste titre confirmé cette hypothèse.

Références

- [1] Aya A., N'dri N, Vroh-Bi I., Kouamé P.L. & Zoro I., 2011, Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire; *Sciences & Nature*, Vol. 8 N°1: 119 – 137.
- [2] Bacchetta G., Belletti P., Brullo S., Cagelli L., Carasso V., Casas J.L., Cervelli C., Escrib M.C., Fenu G., Gorian F., Güemes J., E. Mattana E., Nepi M., Pacini E., Pavone P., Piotto B., Cristiano Pontecorvo I., Prada A., Venora G., Vietto L., Virevaire M., 2006. Manuel pour la récolte, l'étude, la conservation et la gestion ex situ du matériel végétal. Rome, Italie : Bacchetta G., Sánchez B.A., Jiménez-Alfaro B.F.G., Mattana E., Piotto B. & Virevaire M. 217 pp.
- [3] ISTA (International Seed Testing Association), 2004. International rules for seed testing, 767.
- [4] ISTA (International Seed Testing Association), 1985. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 13: 299–355.
- [5] Goel A., Goel K.A., Sheoran S.I., 2003. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. *J. Plant Physiol.* 160: 1093–1100.
- [6] Jain N., Koopar R., Saxena S., 2006. Effect of accelerated ageing on seed of radish (*Raphanus sativus*). *Asian J. Plant Sci.* 5 (3): 461-464.
- [7] Kenanoğlu B.B., Demir I., Mavi K., Yetisir H., Kelec D., 2007. Effect of priming on germination of *Lagenaria siceraria* genotypes at low temperatures. *Tar. Bilimi. Derg.* 13 (3): 169-175.
- [8] Druvefors, U.Ä., 2004. Yeast Biocontrol of Grain Spoilage Moulds Mode of Action of *Pichia anomala*. Doctoral thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. *Agraria* 44-466.
- [9] Blondeau., Gilbert., Claude V., (1999). Les techniques de cultures en multicellules. Joliette, Presse de l'Université Laval, 394 p.
- [10] Delouche J. C., Baskin, C. C., (1973). Accelerated ageing techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1,427-452.
- [11] Tetrazolium Testing Committee, Tetrazolium Testing Handbook. For Agricultural seeds. Contribution N° 29 to the Handbook of Seed Testing .Eds. Association of Official Seed Analysts. 1970 pp .62.
- [12] Godon B., Willm C., 1991.les industries de première transformation des céréales. Ed Tec et Doc. Lavoisier, ISBN: 2-85206-071x. vol 2, pp. 103-126.
- [13] Rousset, M., 1986. Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Ed. Tec et Doc., Lavoisier, APRIA, 479p. France.
- [14] Dexter, J.E., Matsuo, R.R., 1980. Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*.26:899.
- [15] Godon B., 1991. Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Tec et Doc. Lavoisier-Paris.p.9-24.
- [16] Bar C., 1995. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Lavoisier, Paris, 215 p.
- [17] Justuce, O.L., (1972). Essentials of seed testing. In seed biology Vol.3 (Ed.T.T.Kozlowski).Academic Press New York and London, 301-370.
- [18] Milosevic, M., Vujakovic, M. ET Karagic, D., (2010). Vigor tests as indicators of seed viability. *Genetika* Vol. 42, N° 1, p. 103-118.
- [19] Grabe, D.F. (1970). Tetrazolium test hand book. For agricultural seed contribution N° 29: Hand book on seed testing. Proceedings of the Association of official Seed Analysts, 62 p.
- [21] Teketay D., Granstrom A, 1997. Germination ecology of forest species from the high lands of Ethiopia. *Journal of Tropical ecology* 14:793-803.
- [22] Bailly C., Benamar A., Corbineau F., Côme D., 1996. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated ageing. *Physiol Plant* 1996;97: 104-10.
- [23] Corbineau F., Gay-Mathiey M., Vinel D., Côme D., 2002. Decrease in sunflower (*Helianthus annuus*) seed viability caused by high temperature as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition. *Physiol Plant*; 116: 489-96.
- [24] Goel A., Sheoran S.I., 2003. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cottonseeds under natural ageing. *Biol. Plantarum* 46 (3) 429-434.
- [25] Mazliak P., 1983. Plant membrane lipids: changes and alterations during aging and senescence. In : Lieberman M, ed. Post Harvest Physiology and Crop Preservation. New York : Plenum Press , 100.

[26] Noubhani A., (1990). Dégénération cellulaire et modifications de l'expression du génome au cours du vieillissement accéléré des semences. *Thèse de doctorat de l'université de Bordeaux II*, In Coin, A. Effets comparés du vieillissement naturel et accéléré sur les semences d'orge (*Hordeum vulgare* L.),685.

[27] Chauhan K. P. S., (1985). The incidence of deterioration and its localisation in aged seeds of soybean and barley. *Seed Science and Technology*, 13,769-773.

[28] Gay-Mathieu C., (1991). *Recherche des processus impliqués dans la perte de l'aptitude à germer des semences de tournesol (*Helianthus annuus* L.) sous l'influence d'une température trop élevée. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris*, In Coin, A. Effets comparés du vieillissement naturel et accéléré sur les semences d'orge (*Hordeum vulgare* L.),685.

[29] Guy R., (1982). Influence du stockage SUT la durée de germination des semences. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, 14, 99-101.

[30] Toole, E. H., Toole, V. K. et Gorman, E. A., (1948). Vegetable-seed storage as affected by temperature and relative humidity. *US. Department of Agriculture Technical Bidletin*, 972, 1-24.

[31] Priestley D.A., (1986). *Seed Aging. Implications for seed storage and persistence in the soil*. Comstock Publishing Associates, Ithaca and London, Cornell University Press, 137-165.

[32] Ladonne, F., (1987). Etude critique de quelques méthodes d'évaluation de la qualité germinative des lots de semences. *Thèse de l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon*, France. 173 p.

[33] Lildatchev B. S., Zelensky G. V., Kiashlyto Yu.G., et Shevchenko Z. N., (1984). Modeling of seed ageing. *Seed Science and Technology*, 12,385-393.

Nomenclature

VA: Vieillescence accélérée.

°C : Degré celsius

mm : Millimètre

g: Gramme

B: Bousellam

S: Setefis

M; Megress

O: Ofanto

C: Chen's

Sw: Saoura

Fig.: Figure