



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار عنابة

UNIVERSITE BADJI MOUKHTAR ANNABA



FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE D'AMELIORATION GENETIQUE DES PLANTES (LAGP)

THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité : Biologie Végétale et Environnement

Option : Ecophysiologie Végétale

Thème

**Etude de la viabilité et vigueur des semences de blé
pendant le stockage**

Présenté par :

M^{elle} NOUR Asma

Membre de Jury:

Pr. TAHAR ALI	Président	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. BRINIS Louhichi	Directeur de thèse	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. BEKHOUCHE Fatiha	Examinatrice	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. BELKHODJA Moulay	Examineur	Université d'Oran 1
Dr. BENBELKACEM Abed El Kader	Examineur	INRAA Constantine

Année universitaire: 2016 – 2017

Remerciements

*Tout d'abord et avant tout, je remercie **ALLAH**, tout puissant, qui m'a donné la force, la patience, la volonté et le courage pour accomplir ce travail de thèse. Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Mes reconnaissances et mes remerciements vont en premier lieu à Monsieur **BRINIS Louhichi**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar Annaba et mon Directeur de thèse.*

J'aimerais vous dire merci pour avoir accepté de m'accueillir au sein de votre laboratoire de recherche, pour avoir cru en mes capacités, pour toute la confiance et les précieux conseils que vous m'avez attribués tout au long de ces années. J'ai appris plus que je n'aurai jamais imaginé au bout de ces cinq années, sur le plan professionnel ainsi qu'humain.

*J'ai des remerciements tous particuliers à exprimer à Monsieur **TAHAR Ali**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar Annaba et le responsable de ma formation doctorale, non seulement pour m'avoir honoré par la présidence de mon jury, mais surtout pour m'avoir accepté parmi la famille de la « Biologie Végétale et Environnement »*

Merci Monsieur, pour votre aide inestimable dans la réalisation de l'analyse statistique de mes données, pour votre gentillesse et vos encouragements. J'ai été extrêmement sensible à vos qualités humaines d'écoute et de compréhension et je tiens à vous exprimer toute ma gratitude et mon grand respect.

Mes remerciements vont également aux membres du jury pour leur intérêt porté à ce travail.

*Je remercie Madame **BEKHOUCHE Fatiha**, Professeure à l'Université Badji Mokhtar Annaba, Monsieur **BELKHODJA Moulay**, Professeur à l'université Ahmed Ben Bella d'Oran 1 et Monsieur **BENBELKACEM Abed El Kader**, Docteur à l'Institut National des Recherches Agronomiques qui m'ont fait l'honneur de juger et d'examiner mon travail.*

*Je dois également remercier l'ensemble de l'Institut Technique des Grandes Cultures **I.T.G.C.** pour avoir fourni le matériel végétal nécessaire pour ce travail.*

Tous mes sincères reconnaissances et mes vifs remerciements sont adressées aux deux personnes, sans lesquelles je ne serais certainement pas devenu ce que je suis aujourd'hui ; mes très chers parents, qui ont toujours été à mes côtés pour m'encourager et me remonter le moral pendant les moments de doute. Ils ont, ainsi contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de cette thèse.

Ces remerciements vont évidemment aussi à mes adorables sœurs pour leur amour inconditionnel, leur soutien et leur compréhension.

J'adresse aussi un remerciement très chaleureux à ma tante Naïma qui a toujours cru en moi, je t'aime tant.

A la fin, je tiens à remercier tous les membres de ma famille ainsi que tous mes amis et collègues qui ont participé de près ou de loin au bon déroulement de cette thèse.

Résumé :

Au cours de leur conservation, les semences subissent de multiples altérations causées par de nombreux facteurs biotiques et abiotiques et qui se manifestent par différentes pertes de leur viabilité et vigueur.

Notre étude s'est intéressée aux effets du stockage sur la vigueur et la viabilité des semences de cinq variétés de blé dur, conservées durant 6 mois, 1 an, 2 ans, 3 ans et 4 ans sous des conditions ambiantes ; température estimée entre 10 et 36°C et une humidité relative de 48 à 83%.

Une mise en évidence des pertes causées par le stockage, en appliquant plusieurs tests de viabilité et de vigueur, a été initiée. Ainsi, le développement des plantules et des plantes a été suivi à travers différents paramètres ; morphologiques, physiologiques et biochimiques.

Les résultats obtenus montrent que le temps du stockage a une influence considérable dans la capacité des semences à germer et à pouvoir donner des plantules. Les semences récentes sont celles qui ont donné une meilleure germination, des longueurs de coléoptiles et de racines plus développées par rapport aux semences plus vieilles. De même, le test topographique au tetrazolium affiche des différences au niveau des altérations cellulaires. Ceci était confirmé par le test de la conductivité électrique. Les résultats de l'activité enzymatique et des concentrations en Malondialdéhyde mettent en évidence quelques différences variétales.

Concernant les plantes, les résultats montrent un effet stressant du stockage sur ces dernières. En effet, nous avons noté des résultats variables dans tous les paramètres mesurés. De même, il en ressort une augmentation de la synthèse et/ou l'accumulation des molécules osmoprotecteurs.

Nos résultats ont également montré que les cinq variétés utilisées tout au long de notre expérimentation, répondent différemment et ce, pour la plupart des paramètres étudiés.

Mots clés: Stockage, blé dur, viabilité, vigueur, qualité des semences, tests de viabilité, tests de vigueur.

Abstract:

During their conservation, seeds undergo multiple alterations caused by many biotic and abiotic factors and manifested by various losses of viability and vigor.

Our study examined the effect of storage on the strength and viability of seeds of five varieties of durum wheat stored for 6 months, 1 year, 2 years, 3 years and 4 years at ambient conditions; temperature estimated at 10 to 36 ° C and a relative humidity of 48 to 83%.

Assessments of loss caused by the storage, applying several tests were conducted. Also, the development of seedlings and plants through different morphological physiological and biochemical parameters were quantified.

The results show that the storage time affects the ability of the seeds to germinate and to provide seedlings. Recent seeds are those that gave better germination and length of coleoptile and more developed compared roots than the elder ones. Topographic test tetrazolium shows differences in cell alterations, which was confirmed by the electrical conductivity test. The results of enzyme activity and Malondialdehyde concentrations show some varietal differences.

A far as plants are concerned, the results show a stressful effect of storage on the above. As a matter of fact, we found mixed results in all measured parameters. Similarly, it shows an increase in the synthesis and / or accumulation of osmoprotector molecules.

Our results have also shown that the five varieties used throughout our experimentation respond differently to most parameters studied.

Keywords: Storage, durum wheat, viability, vigor, seed quality, viability tests, vigor tests.

ملخص:

خلال عملية الحفظ ، تخضع البذور الى عدة تغيرات سببها العديد من العوامل الحيوية و غير الحيوية والتي تترتب عنها خسائر في نشاطها و حيويتها.

تناولت دراستنا تأثير التخزين على قوة و حيوية البذور من خمسة (5) اصناف من القمح الصلب تم تخزينها لمدة 6 اشهر، سنة، سنتين، 3 سنوات و 4 سنوات في ظروف طبيعية حيث تتراوح درجة الحرارة ما بين 10-36 درجة مئوية و الرطوبة النسبية ما بين 48-83 % .

قمنا بتحديد و تقييم الخسائر الناجمة عن التخزين وذلك بتطبيق عدة اختبارات للحياة والقوة. كذلك تتبعنا تطور الشتلات و النباتات من خلال المقاييس المورفولوجية، الفيزيولوجية و البيوكيميائية المختلفة.

و قد اظهرت النتائج ان فترة التخزين لديها تأثير كبير على قدرة البذور على الانبات و اعطاء شتلات، كما بينت ان البذور الجديدة هي التي تعطي افضل نمو و طول للسويقة و جذور اكثر تطورا مقارنة بالبذور القديمة. في نفس الوقت اظهر اختبار الطبوغرافية للتترازليوم اختلافات في درجة تخريب الخلايا وهو ما اكده اختبار التوصيل الكهربائي. نتائج النشاط الإنزيمي وتركيزات Malondialdehyde اوضحت بعض الاختلافات بين الأصناف.

اما في ما يتعلق بالنباتات فقد بينت النتائج تأثيرا سلبيا على هذه الأخيرة و في الواقع سجلنا نتائج متغيرة في كل العوامل المدروسة. و يظهر لنا كذلك ارتفاع في تركيب و / او تراكم جزيئات Osmoprotecteurs.

كما اظهرت نتائجنا ايضا ان الاصناف الخمسة المستخدمة في جميع اطوار تجاربنا ، تستجيب بشكل مختلف و لمعظم المقاييس المدروسة.

كلمات مفتاحية : تخزين ، القمح الصلب ، القوة ، الحيوية ، جودة البذور ، اختبارات الحيوية ، اختبارات القوة.

Liste des figures	Numéro de page
Figure (1). Effets de la température et de l'humidité sur les grains stockés (Adapté de CSIRO Ecosystems Sciences) (Esther Magdalene Sharon, 2014).	10
Figure (2). Phylogénie de blé (Feldman, 2001).	17
Figure (3). Morphologie des graminées (exemple du blé) (Soltner, 1998).	19
Figure (4). Germination du grain de blé	20
Figure (5). Cycle de développement du blé.	22
Figure (6). Exploration d'un grain de blé	24
Figure (7). Coupe d'un grain de blé (Feillet, 2000).	26
Figure (8). Schéma du processus de multiplication de semences adopté en Algérie (ITGC,2008).	29
Figure (9). Dispositif expérimental (Nour, 2015).	45
Figure (10). Dispositif expérimental.	50
Figure (11). Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Simeto.	53
Figure (12). Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Gta dur.	54
Figure (13). Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Waha.	54
Figure (14). Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Vitron.	55
Figure (15). Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Bidi/17.	56
Figure (16). Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Simeto.	57
Figure (17). Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Gta dur.	57
Figure (18). Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des	58

semences, cv. Waha.	
Figure (19). Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Vitron.	58
Figure (20). Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Bidi/17	59
Figure (21). Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. Simeto.	63
Figure (22). Effet du stockage sur l'élongation des radicules des plantules, cv. Simeto.	63
Figure (23). Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. Gta dur.	64
Figure (24). Effet du stockage sur l'élongation des radicules des plantules, cv. Gta dur.	64
Figure (25). Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. dur Waha	65
Figure (26). Effet du stockage sur l'élongation des radicules des plantule, cv. Waha.	65
Figure (27). Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. dur Vitron.	66
Figure (28). Effet du stockage sur l'élongation des radicules des plantules, cv. dur Vitron.	66
Figure (29). Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. dur Bidi/17.	67
Figure (30). Effet du stockage sur l'élongation des radicules des plantules, cv. Bidi/17.	67
Figure (31). Effet du stockage sur le taux de germination des semences, cv. Simeto, après test au froid.	68
Figure (32). Effet du stockage sur le taux de germination des semences, cv. Gta dur, après test au froid.	69
Figure (33). Effet du stockage sur le taux de germination des semences, cv. Waha, après test au froid.	69
Figure (34). Effet du stockage sur le taux de germination des semences, cv. Vitron, après test au froid.	70
Figure (35). Effet du stockage sur le taux de germination des semences,	71

cv. Bidi/17, après test au froid.	
Figure (36). Effet du stockage sur l'activité catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Simeto.	71
Figure (37). Effet du stockage sur l'activité catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Gta dur.	72
Figure (38). Effet du stockage sur l'activité catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Waha.	73
Figure (39). Effet du stockage sur l'activité catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Vitron.	73
Figure (40). Effet du stockage sur l'activité de la catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Bidi/17.	74
Figure (41). Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Simeto.	75
Figure (42). Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Gta dur.	75
Figure (43). Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Waha.	76
Figure (44). Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Vitron.	77
Figure (45). Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Bidi/17.	77
Figure (46). Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Simeto.	78
Figure (47). Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Gta dur.	79
Figure (48). Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Waha.	79
Figure (49). Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Vitron.	80
Figure (50). Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Bidi/17.	81
Figure (51). Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.	82

Figure (52). Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.	82
Figure (53). Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha.	83
Figure (54). Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.	84
Figure (55). Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.	84
Figure (56). Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.	85
Figure (57). Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.	86
Figure (58). Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha.	86
Figure (59). Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.	87
Figure (60). Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.	88
Figure (61). Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.	88
Figure (62). Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.	89
Figure(63). Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha	90
Figure (64). Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.	90
Figure (65). Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.	91
Figure (66). Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.	92
Figure (67). Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.	92

Figure (68). Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha.	93
Figure (69). Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.	94
Figure (70). Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.	94
Figure (71). Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Simeto.	95
Figure (72). Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Gta dur.	95
Figure (73). Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Waha.	96
Figure (74). Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Vitron.	96
Figure (75). Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.	97
Figure (76). Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Simeto.	98
Figure (77). Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Gta dur.	98
Figure (78). Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Waha.	99
Figure (79). Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Vitron.	100
Figure (80). Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Bidi/17.	100
Figure (81). Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Simeto.	101
Figure (82). Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Gta dur.	102
Figure (83). Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Waha.	102

Figure (84). Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Vitron.	103
Figure (85). Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Bidi/17.	104
Figure (86). Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.	105
Figure (87). Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.	105
Figure (88). Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.	106
Figure (89). Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.	107
Figure (90). Effet du stockage sur les taux de déperdition d'eau au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.	107
Figure (91). Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.	108

Liste des tableaux	Numéro de page
Tableau (1). Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé d'après Feillet (2000).	27
Tableau (2). Caractéristiques des cinq variétés de blé dur étudiées.	39
Tableau (3). Résultats du test au tetrazolium pour la variété Simeto	60
Tableau (4). Résultats du test au tetrazolium pour la variété Gta/dur	60
Tableau (5). Résultats du test au tetrazolium pour la variété Waha	61
Tableau (6). Résultats du test au tetrazolium pour la variété Vitron	61
Tableau (7). Résultats du test au tetrazolium pour la variété Bidi/17	62

Liste des abréviations

ANOVA : Analyses de la variance.

AOSA: *Association of Official Seed Analysts*.

APX: Ascorbate peroxidase.

BBC. : leu Brillant de Coomassie.

B. S. A. : Bovine Sérum Albumine.

°C. : Degré Celsius.

CAT : Catalase.

Col : Coleoptile.

Cm : Centimètre.

Cm² : Centimètre carré.

CIC : Le conseil international des céréales.

CIMMYT : Centre international d'amélioration du maïs et du blé (Mexique).

cv : Cultivar.

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 .

ha : hectare.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

ISTA. : International Seed Testing Association.

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

J.C. : Jésus Christ.

Kcal. : Kilo calorie.

Kg/hab/an : Kilogramme/habitant/an.

MDA : Malondialdéhyde.

MF : matière fraîche.

Mg : milligramme.

µg /g : microgramme/gramme.

ml : millilitre.

mn : minute.

nm : nanomètre.

OAIC : Office algérien interprofessionnel des céréales.

ONFAA : Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires.

rad : radicules

ROS : Reactive Oxygen Species.

RWC : *Relative water content* .

RWL : *Rate water loss*.

TBA : Acide 2-thiobarbiturique (Espèces Réactives de l'Oxygène).

TCA : Acide trichloracétique.

TRE : Teneur relative en eau.

Sommaire

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Partie I : Synthèse bibliographique

1. Le Stockage	4
1.1. Notion du stockage.....	4
1.2. Historique.....	4
1.3. Méthodes de stockage et conservation des céréales	5
1.3.1. Méthodes traditionnelles.....	5
1.3.2. Stockage moderne.....	6
1.4. Mécanismes de l'altération des grains	7
1.4.1. Nature des pertes	8
1.4.2. Les différents facteurs d'altération des semences.....	8
1.4.3. Causes de l'altération.....	10
1.5. La protection des cultures stockées	12
2. Le blé	14
2.1. Généralités.....	14
2.2. Importance du blé	15
2.2.1. Dans le monde	15
2.2.2. Importance en Algérie.....	15
2.3. Historique.....	16
2.4. Classification botanique du blé.....	18
2.5. Description de la plante de blé dur.....	18
2.6. Cycle végétatif du blé	20
2.6.1. Période végétative	20
2.6.2. Période de reproduction.....	21
2.7. Biologie de la reproduction du blé	23
2.8. Le grain de blé.....	23
2.8.1. Composition histologique du grain de blé.....	24
2.8.2. Composition biochimique du grain de blé	26
3. Vigueur et Viabilité des semences.....	28
3.1. La semence	28

3.2.	Production des semences	28
3.3.	Qualité semencière	30
3.4.	Viabilité des semences.....	31
3.5.	Vigueur des semence	33
3.5.1.	La notion de vigueur	33
3.5.2.	Tests de vigueur	34

Partie II: Etude expérimentale

1.	Effet du stockage sur la semence	38
1.1.	Matériel végétal.....	39
1.2.	Conduite de l'essai.....	40
1.3.	Méthodes expérimentales.....	40
1.3.1.	Faculté germinative	40
1.3.2.	Conductivité électrique.....	41
1.3.3.	Test topographique au tetrazolium	41
1.3.4.	Cinétique de croissance	42
1.3.5.	Test au froid.....	42
1.3.6.	Détermination de l'activité de la catalase (CAT)	43
1.3.7.	Détermination de l'activité ascorbate peroxydase (APX).....	43
1.3.8.	Détermination des concentrations du Malondialdéhyde (MDA).....	44
2.	Effet du stockage sur la plantule.....	44
2.1.	Conduite de l'essai	44
2.2.	Méthodes expérimentales	45
2.2.1.	Teneur en sucres solubles	45
2.2.2.	Teneur en proline.....	46
2.2.3.	Teneur en protéines totales	47
2.2.4.	Teneur relative en eau (RWC)	48
2.2.5.	Surface foliaire	49
2.2.6.	Biomasse	49
3.	Effet du stockage sur la plante.....	49
3.1.	Conduite de l'essai	49
3.2.	Méthodes expérimentales	50

3.2.1. Teneur en sucres solubles	50
3.2.2. Teneur en proline	51
3.2.3. Teneur en protéines totales	51
3.2.4. Teneur relative en eau (RWC)	51
3.2.5. Taux de déperdition d'eau (RWL)	51
3.2.6. Surface foliaire.....	52

Partie III. Résultats et discussion

1. Résultats	53
1.1. Effet du stockage sur la semence	53
1.1.1. Faculté germinative	53
1.1.2. Conductivité électrique.....	56
1.1.3. Test topographique au tetrazolium	59
1.1.4. Cinétique de croissance	62
1.1.5. Test au froid	67
1.1.6. Détermination de l'activité de la catalase (CAT)	71
1.1.7. Détermination de l'activité ascorbate peroxydase (APX)	74
1.1.8. Détermination des concentrations du Malondialdéhyde (MDA).....	78
1.2. Effet du stockage sur la plantule	81
1.2.1. Teneur en sucres solubles	81
1.2.2. Teneur en proline	85
1.2.3. Teneur en protéines totales.....	88
1.2.4. Teneur relative en eau (RWC)	91
1.2.5. Surface foliaire.....	95
1.2.6. Longueur des plantules.....	97
1.2.7. Biomasse.....	101
1.3. Effet du stockage sur la plante	104
1.3.1. Teneur en sucres solubles.....	104
1.3.2. Teneur en proline	105
1.3.3. Teneur en protéines totales	106
1.3.4. Teneur relative en eau (RWC).....	106
1.3.5. Taux de déperdition d'eau (RWL)	107
1.3.6. Surface foliaire	108

2. Discussion.....	109
Conclusions et perspectives.....	118
Références bibliographiques	121
Annexes	

Introduction:

“A seed saved is a seed produced”.

An old adage

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Effectivement, les céréales constituent la base du modèle de consommation alimentaire en Algérie, comme dans la plupart des pays méditerranéens. Le secteur des céréales se situe au premier ordre des priorités économiques et sociales du pays. Il a occupé une place privilégiée dans les différents plans de développement socio-économiques que l'Algérie a élaborés depuis son accès à l'indépendance. Ceci est dû au rôle que jouent les céréales en tant que produits de première nécessité (Kellou, 2009).

En Algérie, la demande croissante en céréales, en blé en particulier, a entraîné des importations de plus en plus importantes (Fourar, 1994). 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 au 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'aptitude des grains à survivre à des périodes longues est fondamentale, tant pour le rôle qu'elles jouent dans les écosystèmes naturels que pour leur stockage entre deux saisons de culture. Cependant, cette longévité n'est pas une garantie absolue ; elle dépend des conditions dans lesquelles les graines sont récoltées et entreposées (Turner, 2013). Selon la FAO, environ 5% de la production mondiale de céréales serait annuellement détérioré et perdu dans les pays ne maîtrisant pas encore les technologies avancées, subissent jusqu'à 25 à 30 % de perte, ce qui est considérable, même si cela représente de bien moindres tonnages (Cahagnier, 1997 in Zouaoui, 2012). C'est pourquoi la connaissance des phénomènes, régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de millions de personnes. Ainsi, la connaissance et l'application de certaines règles permettent d'assurer un bon stockage et une bonne conservation (Décolé, 1999).

D'une manière générale, les céréales sont des produits stockés à long terme et présentent une facilité pendant leurs transport (Doumandji et *al.*, 2003). Toutefois, pendant la conservation, les grains peuvent subir de différentes altérations provoquées par des agents de diverses origines et amplifiées par les trois principaux facteurs que sont le temps, la température et l'humidité (Niquet, 2011).

La dégradation en termes de qualité et de quantité des semences au cours de leur stockage, peuvent aller de nulle à 100 % dans des conditions non hygiéniques (Gnyandev, 2009), les bases physiologiques et biochimiques de cette dégradation sont complexes. En général, elle est principalement attribuée à une détérioration des membranes cellulaires au sein de la graine, due en particulier aux processus d'oxydation. Cela est cohérent avec le fait que le vieillissement est associé à des réactions d'oxydation (Turner, 2013).

Ces dégradations peuvent être de nature physiologique, avec une perte de la faculté germinative ou une baisse de la vigueur, ou de nature physico-chimique, avec une baisse de la valeur technologique et nutritionnelle (Serghin Caid, 2008). La germination demeure le principal critère pour déterminer la qualité d'un lot de semences (Vallée, 1999), ou leur viabilité qui selon Ovcharov (1971), dénote le degré auquel une graine est viable, active métaboliquement et possède des enzymes capables de catalyser les réactions métaboliques nécessaires pour la germination et pour la croissance des plantes. Cependant les résultats de la germination surestiment souvent la réelle performance de la semence dans le champ ou la serre, puisque les tests sont effectués sous des conditions optimales. Pour obtenir une évaluation plus précise de la qualité des semences par rapport au champ, un autre concept a été créé : la vigueur de la semence (Vallée, 1999). Ce concept 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).

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 (Perry, 1978 *in* Douib, 2012). Selon Delouche (1960), la vigueur des semences est un facteur important non seulement dans des conditions de plantation défavorables, mais aussi dans des conditions favorables.

C'est dans cette thématique que s'inscrit notre étude, qui a visé comme objectifs, en premier lieu, de mettre en évidence les différentes altérations que subissent les semences, tout au long de leur stockage dans des conditions ambiantes.

Notre étude est subdivisée en trois parties, la première partie fera l'objet d'une synthèse bibliographique sur toutes les données de la problématique. Reprendre l'enjeu économique dans cette thématique, comme exemple : l'intensification des cultures, l'itinéraire technique et les capacités génétiques endogènes aux variétés ne peuvent être valorisés que si, au préalable, nous disposons d'une semence saine et susceptible d'être entreposée dans des conditions environnementales favorables. Ainsi, gagner la bataille de la production et de productivité restent insuffisantes et sont intimement liées aux caractéristiques physiologiques et biochimiques de la graine stockée, lesquelles sont garantes d'un bon et bel avenir des traductions embryonnaires de cette graine.

La deuxième partie s'articule autour du matériel végétal et les différents essais expérimentaux appliqués tout au long de cette étude, avec une description complète de toutes les techniques du laboratoire utilisées.

La dernière partie fait l'objet d'une synthèse et interprétation complète des différents résultats obtenus, ainsi qu'une discussion générale.

Enfin, dans la conclusion générale, nous avons rassemblé les différents résultats obtenus et envisager quelques perspectives pour cette étude.

Partie I :

Synthèse

Bibliographique

1. Le stockage

1.1. Notion du stockage :

On entend par "stockage" la phase du système après-récolte durant laquelle les produits sont conservés, de façon appropriée, afin de garantir la sécurité alimentaire des populations en dehors des périodes de production agricole (De Lucia et Assennato, 1998).

Les principaux objectifs du stockage des produits est de permettre, sur le plan alimentaire, une utilisation différée (sur une base annuelle et pluriannuelle) des produits agricoles récoltés, d'assurer, sur le plan agricole, la disponibilité en semences pour les cycles culturaux suivants, de garantir, sur le plan agro-industriel, l'approvisionnement régulier et continu en matières premières des industries de transformation, et en fin d'équilibrer, sur le plan commercial, l'offre et la demande de produits agricoles, en stabilisant ainsi les prix sur le marché (De Lucia et Assennato, 1998).

Le premier système de stockage était de grand paniers de roseaux ou fioles d'agrile qui sont immergés dans le sol, (Druve, 2004) ainsi que des puits, des paniers de femmes, des structure de bois ou boue et des puits grains de paille sont utilisés (Reed, 1992).

Les graines destinées à la commercialisation ou des semences affectées à la multiplication doivent généralement être conservés pendant une période de temps après le séchage avant qu'ils ne soient distribués. Le stockage ne se limite pas uniquement à cette période; nous considérons aussi la durée de stockage en vrac avant la transformation de puis la période de stockage dans l'entrepôt de détail avant des lots de graines (Potts *et al.*, 1978).

Pour de nombreuses espèces, notamment les céréales, la conservation à long terme se fait par stockage de grains à faible teneur en eau à 5⁰C et 20% d'humidité relative (Rebert, 1972). Il se produit néanmoins, durant cette période, des dégradations qui entraînent une perte de viabilité des semences. Elles se traduisent par une capacité de germination réduite ou perdue (Priestley, 1986).

1.2. Historique :

Le stockage public de denrées alimentaires est sans doute une des plus anciennes formes d'intervention directe de l'Etat dans la vie économique. On en trouve mention dans l'histoire des empires Chinois (Huang Chan., 1911), Aztèque, Inca, ou Egyptien. Sans évoquer les

premiers, en vérité assez mal connus, on retiendra à propos de l’Egypte l’histoire de Joseph, à une époque que les historiens situent entre le 18^{ème} et le 15^{ème} siècle.

De nos jours, les villages africains pratiquent aussi le stockage, déstockage à un niveau collectif, sous l’autorité du chef de village, la règle étant d’avoir de 18 mois à 2 ans de consommation devant soi. Tout ceci illustre la nécessité ressentie par tous les peuples de pratiquer une politique publique de stockage / déstockage. Dans ces périodes anciennes, cependant, les règles de stockage étaient assez simples : comme dans les villages africains, il fallait avoir en stock de quoi assurer la consommation pendant un certain temps de l’ordre de quelques années – sans doute un compromis entre le risque de mauvaises récoltes répétées et la difficulté de stocker trop longtemps une matière première périssable (Delouche, 1971).

1.3. Méthodes de stockage et conservation des céréales :

Les techniques de stockage pratiquées dans le monde sont de types traditionnel et moderne.

1.3.1. Méthodes traditionnelles :

Les agriculteurs ne se libèrent à court terme que d’une faible partie de leur récolte pour couvrir certains besoins en argent liquide. En général, le producteur conserve une grande partie de sa récolte pour la consommation familiale annuelle, il constitue des stocks à long terme (Cruz *et al.*, 1988).

Ils utilisent fréquemment des structures indépendantes des habitations pour stocker leurs grains. Ces structures ou greniers peuvent varier dans leur forme et leur capacité d’une région à une autre ou d’un pays à un autre. Elles sont conçues à base de matériaux locaux. D’autres modes de stockage se rencontrent aussi : ils vont du sac de jute, en passant par le canari ou la jarre, laalebasse, les branches des arbres ou le dessus des maisons (Alzouma, 1990).

- **El matmour:**

En Algérie, L’agriculteur sur les Hauts plateaux, conservait tant bien que mal, de ses champs d’orge et de blé, dans des enceintes creusées dans un sol argileux généralement à un endroit surélevé ou proche de la ferme. C’est ce qu’on appelle « El matmour ». La capacité de ces lieux de stockage est variable. Elle est de l’ordre de quelques mètres cubes. C’est une technique archaïque peut être encore utilisée dans certains régions isolées. L’inconvénient majeur de cette méthode de stockage, c’est la trop forte humidité et les eaux d’infiltration que favorisent le développement des moisissures et les phénomènes de fermentation bactérienne (Doumandji *et al.*, 2003).

- **Le stockage en gerbes :**

C'est la méthode traditionnelle appliquée depuis de haut Moyen Age au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne. On peut entasser les gerbes en plein air (gerbiers, meules), mais cette variante semble plutôt récente 18ème siècle, l'usage le plus courant étant le stockage en grange, laquelle abrite aussi l'aire à battre au fléau. En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon (Multon, 1982).

- **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, 1991).

Le stockage en épis demande bien moins de volume que le stockage engerbes, 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 apparaître deux procédés bien distincts: le confinement et l'aération (Multon, 1982).

1.3.2. Stockage moderne :

Parmi les techniques qui permettent de préserver la qualité du blé au cours du stockage :

- **Le stockage en vrac :**

Bien qu'il soit plus difficile à conserver les produits précédents, il est tellement plus commode de transporter et d'échanger le grain en vrac qu'on a toujours cherché le stocker sous cette forme. Les techniques destinées à conserver le grain dans un état initial : les silos souterrains sont une des plus importantes d'entre elles (Multon, 1982).

Dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique, malheureusement les contaminations sont possibles (Doumandjiet *al.*, 2003).

- **Le 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). En cas de traitements chimiques, cette toile de jute permet le passage du fumigeant, pesticide très volatil capable d'agir sur l'appareil

respiratoire des insectes. Souvent ce type de stockage est passager dans les milieux où l'autoconsommation est forte (Doumandjiet *al.*, 2003).

- **Le stockage en silos :**

De nos jours, les silos permettent de stocker plusieurs types de céréales en même temps : ils sont multi-produit (Duron, 1999). Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal. Elles sont fermées à leur partie supérieure par un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des cellules. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandi *et al.*, 2003).

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.

Quant à la méthode de stockage effectuée en silos (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).

L'office algérien interprofessionnel des céréales (O.A.I.C), organisme détenant le monopole de la commercialisation et du stockage des céréales et légumes secs, possède de fortes capacités de stockage (1 895.175 Tonnes), dont 40,5% sont représentés par les silos en béton, 31,5% par les silos en métal et 28% par les magasins pouvant être le siège d'infestation par les rongeurs, les oiseaux, les insectes et les acariens (Bencharif et Chaulet, 1991 ; Aouis, 2010).

1.4. Mécanismes d'altération des grains:

Au cours de la conservation, les grains peuvent subir différentes altérations provoquées par des agents de diverses origines. (Aoues, 2010). Les problèmes de stockage sont exacerbés par trois principaux facteurs qui sont le temps, l'humidité et la température (Fotouo, 2016).

Les pertes (en valeur commerciale, qualité nutritionnelle et technologique, liés à la température de stockage et l'humidité du grain) peuvent être très importantes, en effet ces deux paramètres physiques contrôlent les processus de détérioration et d'altération qui peuvent affecter le grain du blé et ses produits de transformations (perte en matière sèches, endommagement d'amidon et des protéines, développement de moisissures). Le contrôle et la surveillance de ces deux paramètres physiques, de la récolte jusqu'à la transformation, s'avèrent primordiales afin d'assurer un produit sain et de qualité supérieure (Tahani, 2008).

1.4.1. Nature des pertes :

A partir de la récolte, les grains sont soumis à une série d'opérations durant lesquelles peuvent se produire des pertes quantitatives et qualitatives. En outre, de mauvaises conditions de stockage peuvent entraîner des pertes dues à l'action combinée de moisissures, insectes, rongeurs et autres ravageurs (De Lucia et Assennato, 1998).

Il se produit néanmoins, durant cette période, des dégradations qui entraînent une perte de viabilité des semences. Elles se traduisent par une capacité de germination réduite ou perdue (Priestley, 1986). La dégradation de la capacité germinative des semences apparaît comme résultant d'altérations cellulaires, biochimiques et moléculaires (Coin *et al.*, 1995), qui peut s'accompagner d'aberrations chromosomiques ainsi que d'altérations de la biosynthèse des protéines. La capacité de l'embryon à synthétiser des enzymes, pour la mobilisation des réserves au moment de la germination, est réduite. De nombreuses études ont mis en évidence une corrélation entre la perte de vigueur et une réduction des activités de synthèse des acides nucléiques et des protéines dans les semences âgées (Gidrol, 1990 ; Abdul-Baki, 1977).

Cependant, des pertes (dans l'aspect chimique ou biochimique lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées) peuvent produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement, voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain) (Multon, 1982).

1.4.2. Les différents facteurs d'altération des semences :

Le stockage peut intervenir en différents points des chaînes de traitement des céréales : immédiatement après la récolte, sous la forme de gerbes ou d'épis, à diverses étapes intermédiaires, sous la forme d'épillets ou de grain partiellement nettoyé, après l'accomplissement complet de la chaîne opératoire (grain pur), ou même après transformation (Sigaut, 1988 *in* Bouby, 2003).

Le stockage des graines dépend principalement de plusieurs facteurs ; génétique, la qualité initiale des semences, la taille des graines, l'environnement de stockage, les parasites et les maladies. Il a été également émis l'hypothèse que les graines bien développées avec un grand capital initial de nourriture peuvent être réservées pour des périodes plus longues que les graines trop petites avec moins de réserves alimentaires. Au contraire, les petites graines ont également été révélés conserver pendant une période plus longue égale à graines moyennes et grandes (Oxley, 1948 *in* Gnyandev, 2009).

Le climat joue en effet un rôle déterminant: en climat humide, les risques de développement des moisissures et des insectes sont accrus. La nature et la qualité des grains conditionnent également le choix des techniques de stockage (Dobner, 2004).

Les trois principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont :

1.4.2.1. Le temps:

C'est le facteur prépondérant puisqu'il conditionne la durée des dégradations, car cette dernière amplifie les phénomènes de détérioration, la vitesse s'accélère en fonction de la durée du stockage par suite de l'accumulation de conditions de plus en plus défavorables .C'est ainsi que les conditions de stockage de longue durée doivent être beaucoup plus rigoureuses pour maintenir les aptitudes des blés à une bonne utilisation (Godon, 1991).

1.4.2.2. L'humidité du grain:

Elle conditionne l'intensité des dégradations surtout si le grain est très humide. Lorsque l'humidité du grain est portée au niveau du « seuil de stabilisation » (il n'y a plus ni eau libre ni eau faiblement adsorbée) l'activité respiratoire est très faible, et le produit se comporte presque comme une matière inerte. Par contre aux normes commerciales (1 à 3 points au-dessus du seuil de stabilisation) il y a des risques de mauvaise conservation, il faudra donc surveiller le grain. Une augmentation de l'humidité de 1,5 entraîne une multiplication par deux de l'intensité respiratoire du grain donc de la quantité de chaleur dégagée. Les moisissures ne peuvent se développer qu'avec une humidité relative de l'air interstitiel supérieure à 65-70 %. Pour être en dessous de ce seuil avec du grain aux normes d'humidité, il faut le refroidir en dessous de 10°C (Niquet et Lasseran, 1989).

1.4.2.3. La température:

La température joue un rôle important dans la conservation des grains (Cruz *et al.*, 2002). Elle est le facteur le plus important qui affecte la qualité du grain au cours de stockage (Kusińska, 2001). Elle intervient sur les vitesses des réactions chimiques et enzymatiques et donc la croissance des microorganismes (Richard-Molard, 1998). Une augmentation de température se traduit par un dégagement de chaleur au sein de la masse des grains qui double pratiquement pour chaque élévation de 5°C de la température, ceci jusqu'à environ 28°C (au-delà l'effet diminue); la durée probable de conservation d'un stock est ainsi diminuée de moitié (Cruz *et al.*, 2002). Ainsi, au cours de la conservation, plus la température est élevée et plus les réactions biologiques des microorganismes sont rapides (Multon, 1982) (Zouaoui, 2012).

- **Diagramme de conservation du grain**

La durée de conservation des grains dépend principalement de ces deux derniers facteurs physiques: la température et la teneur en humidité (Jayas, et White, 2003) (Figure 1). La survie et la reproduction des agents biologiques dans les céréales dépendent dans une large mesure de la température et de l'humidité (White, 1995).

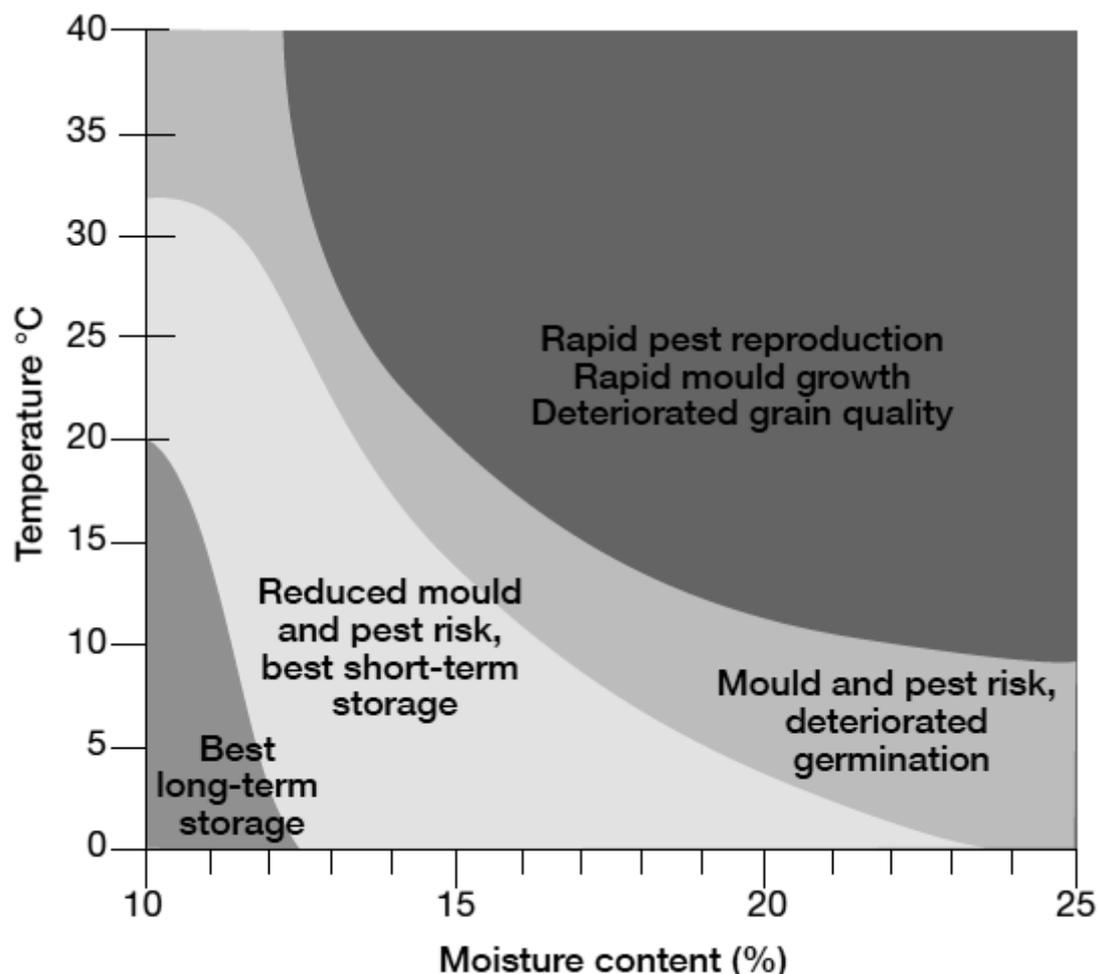


Figure 1. Effets de la température et de l'humidité sur les grains stockés (Adapté de CSIRO Ecosystems Sciences) (Esther Magdalene Sharon, 2014).

1.4.3. Causes de l'altération :

Dans le monde entier, les produits stockés sont attaqués par divers ennemis (De Groot, 2004). Les plus couramment rencontrés sont les insectes, les acariens, les moisissures et, dans une moindre mesure, les rongeurs et les oiseaux (St-Pierre *et al.*, 2014).

1.4.3.1. Causes Chimique ou biochimique:

Lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement, voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain) (Multon, 1982).

1.4.3.2. Les insectes :

Les insectes se développent et se nourrissent dans les denrées alimentaires, causant ainsi des pertes quantitatives et qualitatives (Ndiaye, 1999).

Les œufs des insectes sont dans certaines mesures protégés. Ils sont généralement déposés dans des conditions favorables aux premiers besoins. Ils peuvent être introduits dans les grains ou graines (charançon), collés à la surface (bruches et papillons) ou enveloppés dans une capsule de protection (cafards).

Pour certaines espèces (papillons des magasins), les œufs sont déposés en plusieurs endroits ou à côté d'une nourriture adaptée. Les Conditions optimales de développement varient énormément mais la plupart des insectes parasites du stockage se développent rapidement entre 25 à 30°C et 65 à 70% d'humidité relative (Ndiaye, 1999).

1.4.3.3. Moisissures (champignons) :

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).

1.4.3.4. Les rongeurs :

Les rongeurs causent des dégâts importants aux cultures et aux produits stockés. Ils endommagent les produits stockés de différentes manières :

- Ils mangent une partie du produit.
- Ils souillent de leurs excréments une partie du produit.

- Ils percent le matériel d'emballage, ce qui cause des pertes. Les sacs en jute peuvent être sérieusement abîmés. Les produits stockés en vrac sont moins vulnérables car les rats ne peuvent en grignoter que la surface.

-Ils sont porteurs de maladies dangereuses pour l'homme. Les gens peuvent tomber malades en mangeant ou en manipulant les graines contaminées par les excréments, l'urine ou les parasites des rongeurs. Contrairement aux insectes et aux micro-organismes qui attaquent les denrées alimentaires stockées, les rongeurs attaquent les produits quelquels que soient la température et l'humidité contenue dans les céréales et dans l'air (De Groot, 2004).

1.5. 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 suivant 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 prendre (Ndiaye, 1999).

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

2. Le blé :

2.1. Généralités :

Le blé est un membre de la famille des Poaceae et son importance économique mondiale n'est plus à démontrer. Originaire de Mésopotamie, c'est une des plus anciennes cultures. Il y a 10 000 ans, le blé poussait à l'état sauvage et il fait partie aujourd'hui des trois céréales les plus importantes au monde avec le maïs et le riz (Siou, 2013).

Au niveau de la production, l'histoire d'une céréale comme le blé peut se résumer par le constat d'un accroissement considérable des rendements, qui sont passés de 10 à 100 quintaux/ha en cent ans. Ce bouleversement s'explique par l'amélioration des pratiques culturales, l'apport considérable d'intrants comme les engrais minéraux, la mécanisation et l'impact de la sélection variétale.

Ces nouveaux cultivars vont être à la base de la révolution verte, symbolisée par le Prix Nobel accordé à Borlaug, chercheur au CIMMYT, pour ses blés à paille courte.

Le commerce mondial des céréales a connu de grands changements. Jadis, les échanges restaient relativement limités à l'approvisionnement des grandes villes, ou visaient à compenser des déficits dus aux aléas climatiques. La révolution des transports a entraîné la mondialisation du commerce des céréales, avec des enjeux économiques et politiques à la mesure de la place des céréales dans l'alimentation (Abécassis et Vermeersch, 2004).

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien ou elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (Bencharif et Chaulet, 1991). Les produits des céréales et notamment la semoule de blé dur et la farine de blé tendre représentent l'alimentation de base de l'algérien moyen, particulièrement en milieu rural. La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /habitant /an (Damasse ,2009).

Les céréales représentent un élément stratégique en Algérie, aussi bien de point de vue superficie agricole occupée que du point de vue économique et nutritionnel. En effet, 80% de la superficie agricole utile du pays est occupée par la production céréalière. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3, 5 million d'ha (Djermoun, 2009 *in* Aoues, 2010).

2.2. Importance du blé :

2.2.1. Dans le monde :

La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréalières (Bonjean et Picard, 1991). Les trois grandes céréales sont le blé, le riz et le maïs, de par leur rôle historique sur leur continent d'origine, leur extension sur la planète et leurs tonnages mondiaux annuels (de l'ordre de 500 millions chacune). On classe les autres céréales dans le groupe des céréales secondaires (Hacini, 2013).

Les céréales occupent une place importante dans la production agricole et constitue la nourriture de base pour 35% de de la population mondiale. La production mondiale des céréales en 2016 est estimée à 2 600 millions de tonnes (FAO, 2017).

La production mondiale, en progression constante, et les échanges qui se multiplient entre les régions du monde font du blé l'un des principaux acteurs de l'économie mondiale (Hacini, 2013). Cependant, le blé dur est une céréale secondaire à l'échelle mondiale. Leur production est très localisée dans le bassin méditerranéen d'une part (Europe du Sud, Moyen orient, Afrique du Nord), et en Amérique du Nord d'autre part (Canada central et Nord des USA), où est produit le quart du blé dur mondial (blé dur de printemps dans cette région continentale froide). En fin, on trouve un peu de blé dur en Europe centrale (ex U.R.S.S), ainsi qu'en Argentine (Ferret, 1996 *in* Ait-Kaki, 2008).

2.2.2. Importance en Algérie :

En Algérie, la sécurité alimentaire de la population dépend en très grande partie de céréales dont principalement le blé, où la culture dépend essentiellement de la pluviométrie naturelle (Boulai et al, 2007).

En effet, la filière céréales et dérivés constitue un élément primordial dans le système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,533 gr de protéine/personne/jour et 5,43 gr de lipide/personne/jour. Cette importance résulte, notamment, de la place prépondérante qu'occupent les céréales et leurs dérivés dans l'alimentation humaine, notamment la semoule (couscous et pâtes) et la farine (pain), comme dans l'alimentation animale. Elle est traduite, au niveau des chiffres, par une demande, toutes

céréales confondues, évaluée, en équivalent grains, à environ 205 Kg par an et par habitant (Bousba, 2012).

Cependant, la production céréalière en Algérie est fortement dépendante des conditions climatiques. Cela se traduit d'une année à l'autre par des variations importantes de la production et du rendement, d'où la nécessité de l'importation. La production qui était de l'ordre de quatre millions de quintaux en 1960, selon Bencharif *et al.*, (1996). Elle s'est établie à 37,5 millions de quintaux (q) pour la campagne 2014-2015, en hausse de 10% par rapport à la campagne 2013/2014, selon le ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche (ONFAA, 2015).

Cette quantité place l'Algérie parmi les plus gros importateurs mondiaux de céréales, en occupant 65 % du marché africain (Maggie, 2000). Représentées en majorité par le blé dur et le blé tendre, les plus importantes quantités sont achetées de la France (CNIS, 2005). Cette dépendance exogène renforce fatalement la perspective d'insécurité alimentaire et entrave par conséquent le développement du pays (Bousba, 2012).

2.3. Historique :

Les céréales dans notre civilisation sont beaucoup plus qu'un aliment. Ils s'enracinent dans notre culture la plus profonde, d'abord religieuse et puis comme symbole de la vie et du partage dans tous les actes fondamentaux de notre existence (Christian, 2005).

Ces grains sont la première denrée alimentaire échangée de part le monde (Seyer, 2005). Leur culture date depuis 7000 à 10000 ans dans le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Jordanie, la Syrie, l'Irak, et une grande partie de l'Iran (Crostan et Williame, 1981).

L'espèce de cette époque lointaine, le *Triticum monococcum*. L, est un des ancêtres des blés actuels. Le genre *Triticum*, se subdivise, en fonction du niveau de ploïdie, en trois groupes: diploïde, tétraploïde et hexaploïde, avec respectivement 14, 28 et 42 chromosomes (Sakamura, 1918 ; Harlan, 1971).

Ces trois groupes sont représentés, respectivement, par *Triticum monococcum* L., *Triticum turgidum ssp durum* L. et *Triticum aestivum* L. Le génome de ces espèces est organisé en une série basique de 7 chromosomes (X = 7 chromosomes), qui, au cours de l'évolution, a gardé une certaine homologie, malgré la spéciation chez la famille des Poaceae (Ahn *et al.*, 1993) (Figure.2).

Partie I. Synthèse bibliographique

Donc le blé dur est allotétraploïde (deux génomes : AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n = 4x=28$) (Wall et Coll., 1971).

Le blé dur est probablement apparu dès le Néolithique à partir de *Dicoccum*. On le trouve dès le 7^e millénaire avant J-C à Can Hasan III (Turquie) et Tell Aswad (Syrie), puis en proportions croissantes à la fin du néolithique, et au 5^e millénaire en Grèce et dans l'ouest de la Méditerranée (Lounes et Guerfi, 2011).

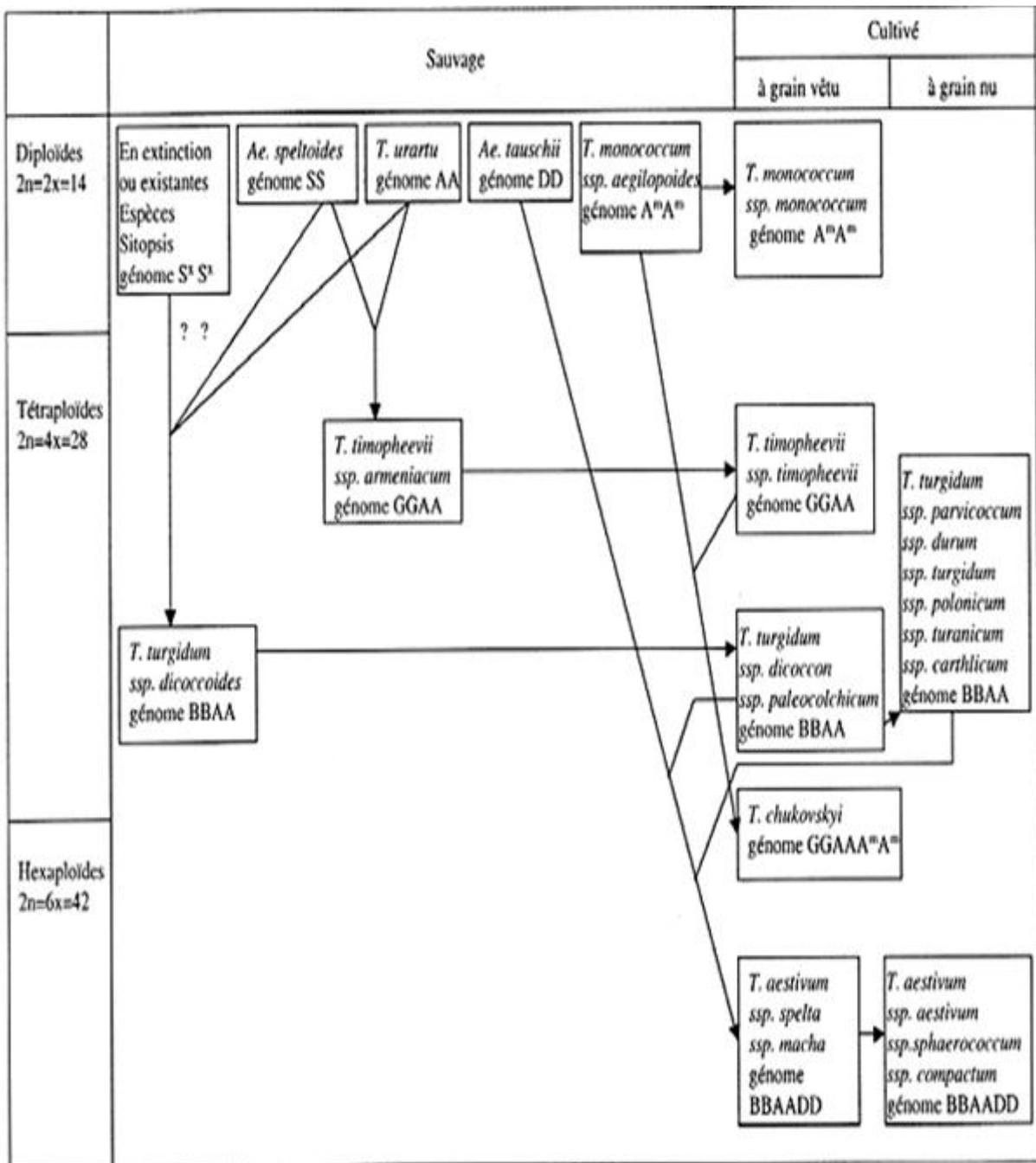


Figure 2. Phylogénie de blé (Feldman, 2001).

2.4. Classification botanique du blé :

D'après Ait-Kaki (2008), différentes classifications sont basées sur des critères morphologiques et ont été proposées par de nombreux auteurs (Kornicke, 1885 in Grignac, 1965 ; Dalhgren et Clifford, 1985). Vavilov (1936) cité par Auriou (1967) et Moule (1971) fait intervenir pour la première fois dans la classification l'origine géographique des espèces.

Selon, la classification de Bonjean et Picard (1990), le blé dur est une monocotylédone classé comme suit :

Embranchement : Spermaphytes.

S/Embranchement : Angiospermes.

Classe : Monocotylédones.

Super ordre : Commeliniflorales.

Ordre : Poales.

Famille : Poaceae.

Genre : Triticum sp.

Espèce : *Triticum durum* Desf.

En fonction du degré de ploïdie, nous différencions les blés en (Prats et Grandcourt, 1971 ; Beaugrand, 2004) :

- Espèces diploïdes : *Triticum monococcum* pratiquement les plus cultivées (2n=14).

-Espèces tétraploïdes : *Triticum durum* ou communément blé dur (2n=28).

-Espèces hexaploïdes: *Triticum aestivum* ou communément blé tendre (2n=48).

2.5. Description de la plante de blé dur :

Le blé dur (*Triticum turgidum* spp. *durum*) est une plante annuelle de la classe des monocotylédones de la famille des Poaceae, de la tribu des Triticées et du genre Triticum.

Il a une hauteur moyenne dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites. Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Le blé

Partie I. Synthèse bibliographique

dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creusée et subdivisée en entrenœuds.

La tige principale et chaque brin portent une inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de court entrenœuds. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine appelé caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (Soltner, 1998, Bozzini, 1988 ; Douib 2013) (Figure.3).

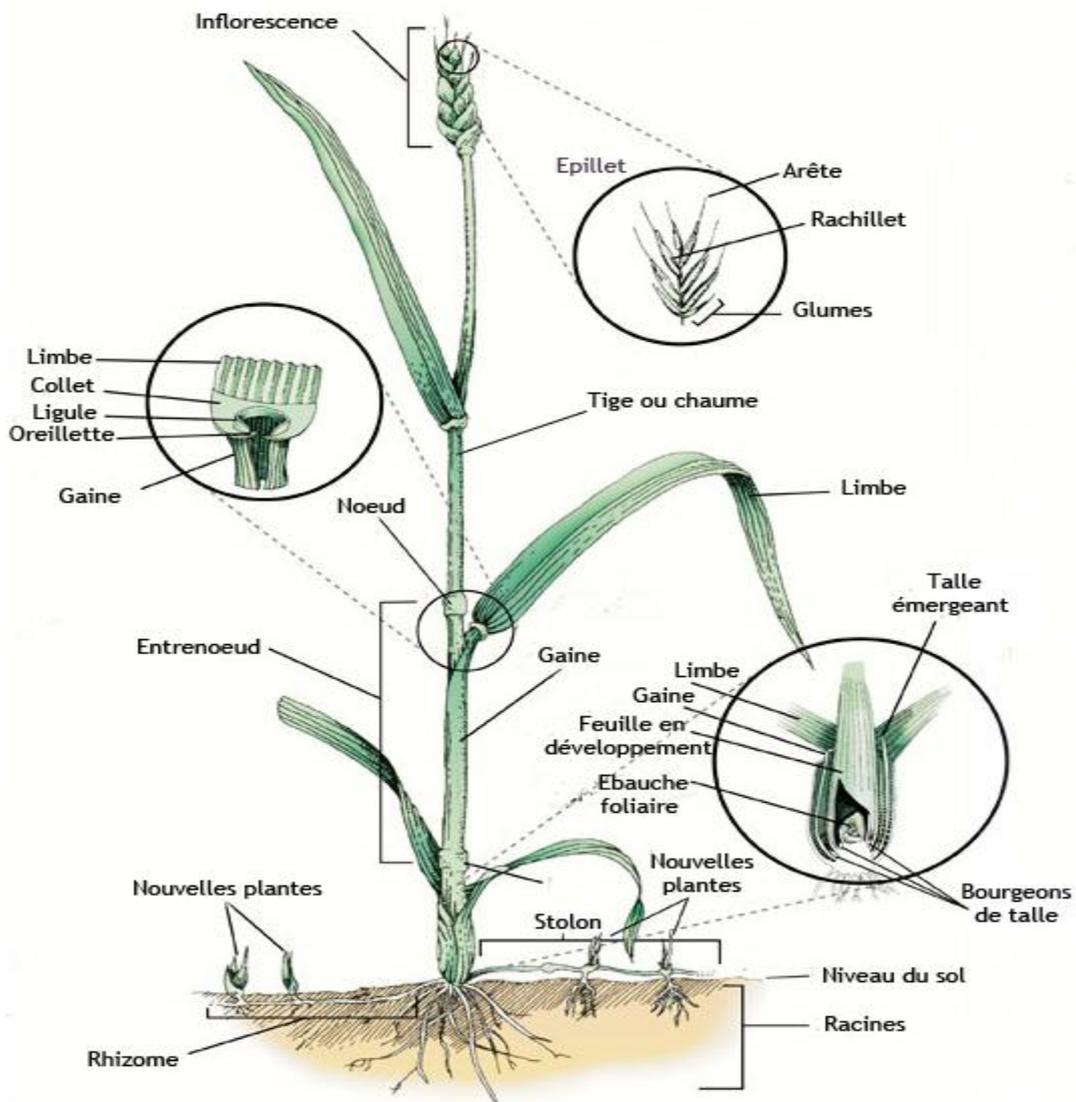


Figure 3. Morphologie des graminées

<http://botarela.fr/Poaceae/Description-detail/Habitus.html>

2.6. Cycle végétatif du blé :

Nous distinguons trois périodes importantes dans le cycle végétatif du blé (Figure.5) :

2.6.1. Période végétative :

Elle s'étend du semis au début de la montaison, elle est subdivisée en plusieurs phases :

- **Phase germination – levée :**

La germination commence quand le grain a absorbé environ 25 % de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale, couverte d'une enveloppe appelée Coleorhize, apparaît, suivie par la sortie de la première feuille, couverte d'une enveloppe appelée Coléoptile. À la surface du sol, puis apparaissent d'autres racines et feuilles. La durée de cette phase varie avec la température de 8 à 15 jours. (Clement et Prat, 1970) (Figure.4).

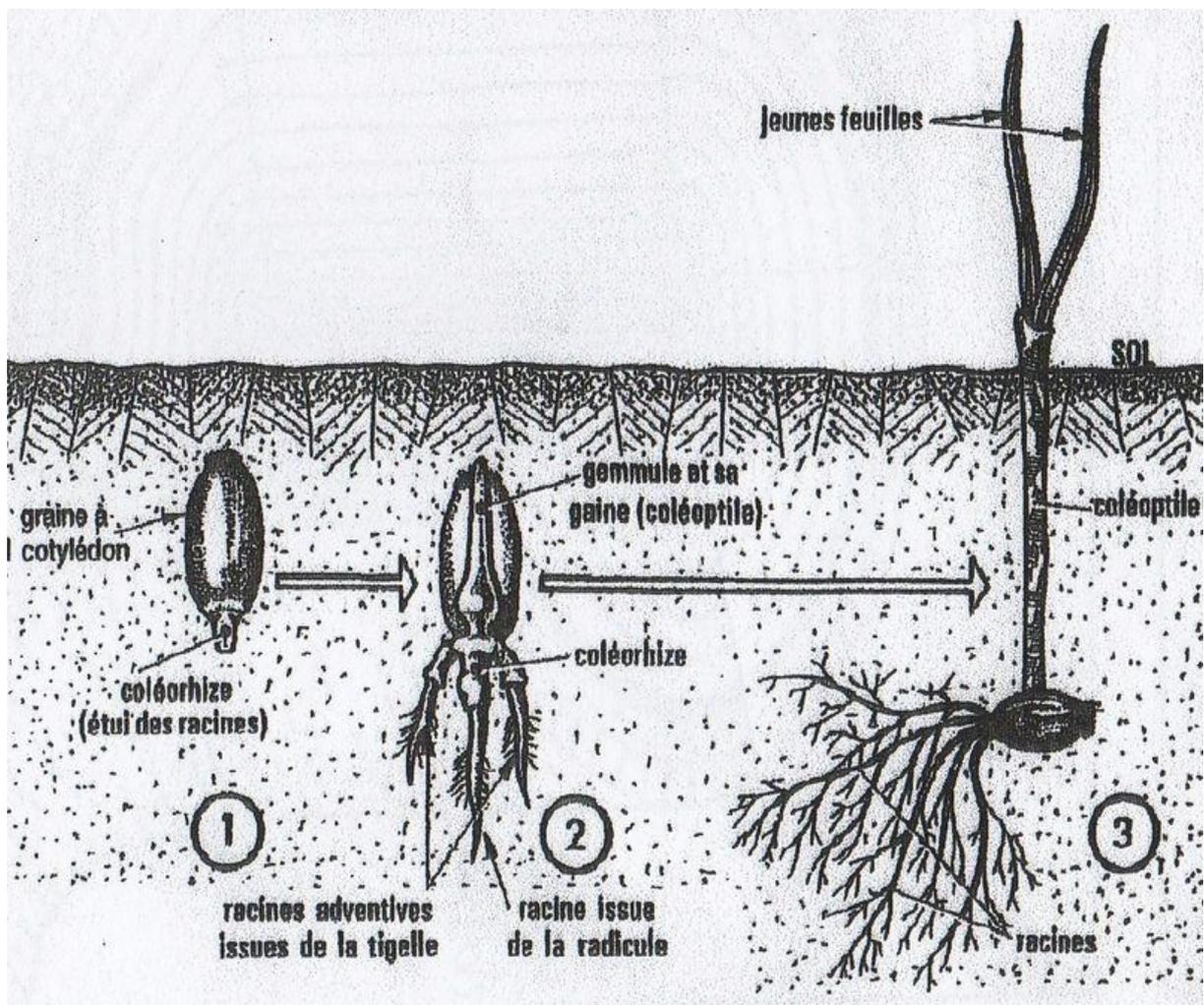


Figure 4. Germination du grain de blé.

<http://girdontcome.canalblog.com/archives/crpe/p10-0.html>

- **Phase levée – tallage :**

On peut distinguer pendant cette phase à travers le coléoptile un filament ou rhizome termine par un renflement qui va se gonfler de plus en plus pour former le plateau de tallage qui se forme presque au niveau de la surface du sol. Le plateau de tallage s'épaissit et des racines secondaires se développent très vite. Des nouvelles feuilles apparaissent et à chacune correspond l'apparition d'un thalle. La place des épillets fait par un simple étranglement sur la partie supérieure du végétal (Clement et Prat, 1970).

- **Phase tallage-montaison :**

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage 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 de la 2^{ème} et la 3^{ème} feuille de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquelles à leur tour émettent des talles tertiaires (Belaid, 1986; Gate, 1995). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-noeuds (Gate, 1995).

2.6.2. Période de reproduction :

Elle s'étend de la montaison à la fécondation :

- **Phase de la montaison :**

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

- **Phase de l'épiaison :**

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli *et al.*, 2005). Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épis (Abbassenne *et al.*, 1998).

- **Remplissage du grain**

Geslin et Jonard (1948) *in* Mazouzi (2006) mentionnent que cette phase se compose de trois étapes successives, il y a augmentation rapide du volume et du poids de grain en eau et en matière sèche. La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert. Les assimilats proviennent de la photosynthèse de la feuille étandard et du transfert des hydrates de carbones non structuraux stockés dans le col de l'épi. La quantité d'eau contenue dans le grain tend à se stabiliser: c'est le pallier hydrique.

Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain: c'est l'échaudage du grain. Puis suit la phase de dessèchement du grain, qui perd de son humidité pour atteindre son poids sec final (Wardlaw, 2002).

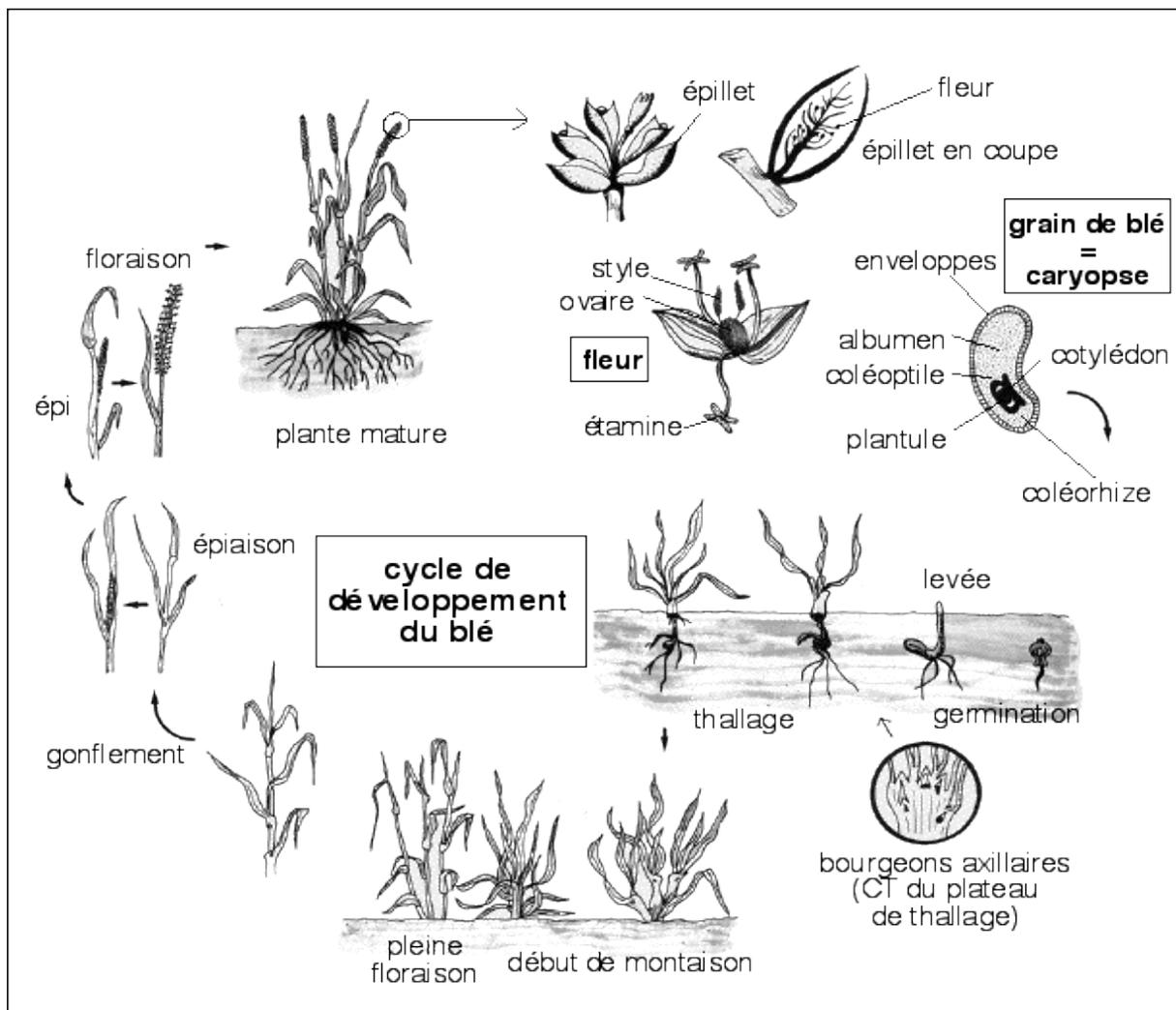


Figure 5. Cycle de développement du blé.

<http://acces.ens-lyon.fr/>

2.7. Biologie de la reproduction du blé :

Le blé dur comprend surtout des espèces autogames. Durant la floraison, les fleurs demeurent généralement fermées (fleurs cléistogames), et les trois anthères éclatent et libèrent le pollen (anthèse). Les fleurs peuvent aussi s'ouvrir avant la libération du pollen. Selon deVries (1971), les fleurs de blé demeurent ouvertes de 8 à 60 minutes selon le génotype et les conditions du milieu. Après la déhiscence des anthères, de 5 à 7 p. 100 du pollen est libéré sur le stigmate, de 9 à 12 p. 100 demeure dans l'anthère et le reste est dispersé. Le pollen de blé demeure généralement viable pendant 15 à 30 minutes. La floraison peut durer de trois à six jours, selon les conditions météorologiques. Elle débute habituellement juste au-dessus du centre de l'épi, puis se poursuit en s'étendant vers l'apex et la base de l'épi. Les fleurs non fécondées s'ouvrent habituellement, exposant le stigmate réceptif au pollen étranger. La durée de réceptivité du stigmate de blé dépend de la variété et des conditions du milieu, mais se situe entre 6 à 13 jours (deVries, 1971). Une fois fécondée, l'ovaire grossit rapidement. Deux à trois semaines après la fécondation, l'embryon est physiologiquement fonctionnel et peut produire une nouvelle plantule (Bozzini, 1988) (Anonyme, 2006).

2.8. Le grain du blé :

Le grain de blé dur est mur lorsqu'il casse sous la dent. Un taux d'humidité de 15%, une hygrométrie de l'air ambiant inférieure ou égale à 70% et une température de l'air et du grain de 10 °C sont indiqués pour une bonne conservation (Si Bennasseur, 2009).

La taille du grain est de 5 à 7 mm de long, de 2,5 à 4 mm de large et de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur, et son poids varie entre 20 et 50 mg (Surget et Barron, 2005), ce sont des caractéristiques variétales qui peuvent varier en fonction des conditions de culture (*i.e.* échaudage lié à des facteurs d'ordre climatique ou parasitaire) et de la position du grain sur l'épi. En général, les gros grains sont localisés au centre de l'épi (Calderini *et al.*, 2000, Evers et Millar, 2002) (Larraz Ferreira, 2011) (Figure 6).

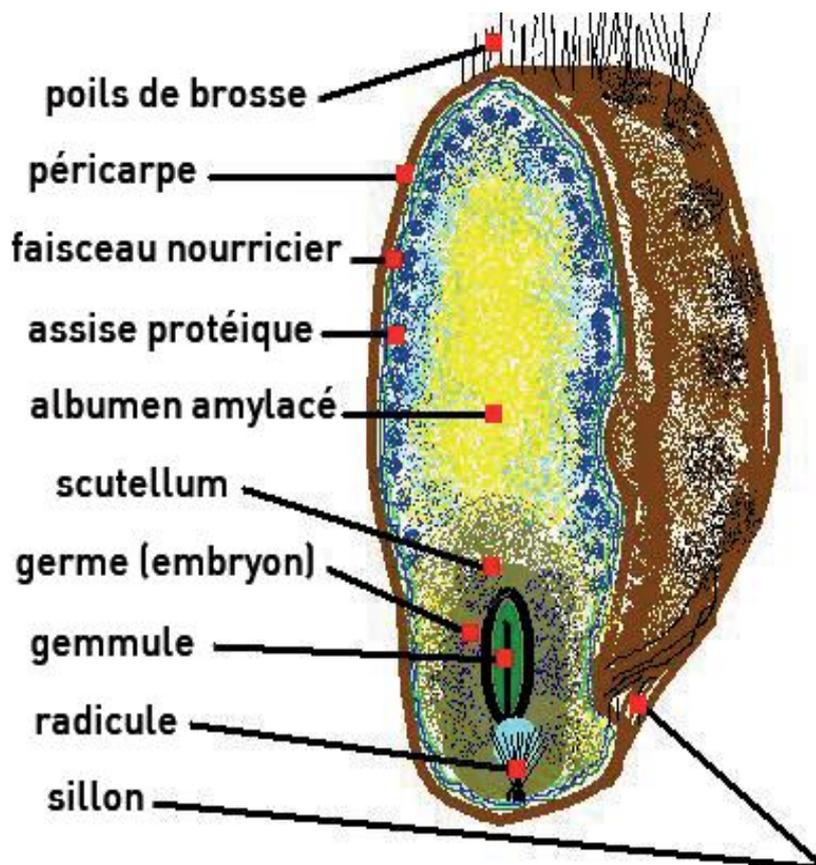


Figure 6. Exploration d'un grain de blé.

<http://www.fdmf.fr/index.php/documentation/technique/478-la-mouture-du-ble>

2.8.1. Composition histologique du grain de blé :

Les grains de blé sont des fruits, appelés caryopses. Ces derniers sont de forme ovoïdes, possèdent sur l'une de leurs faces une cavité longitudinale "le sillon" et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils "la brosse" (Ait-Kaki, 2008).

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties : le germe, l'albumen et les enveloppes. Il est constitué majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen. Les protéines représentent entre 10 et 15% de la matière sèche et se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche à aleurone (Pomeranz, 1988) (Debiton, 2010) (Figure.7).

- **Le germe**

Le germe ou embryon, résulte de la fusion des gamètes mâles et femelles. À maturité du grain, il comprend l'axe embryonnaire et le scutellum, qui est considéré comme homologue à

un cotylédon. Dans les céréales le germe a la plus forte teneur en lipides et en vitamines liposolubles. Il a également la plus forte teneur en humidité dans le grain mature (Song *et al.*, 1998). À l'exception du maïs, où l'huile est économiquement importante, le germe n'est pas considéré comme une cible d'amélioration génétique (Evers et Millar, 2002) et est généralement éliminé pendant la mouture (blé), le polissage (riz), le pelage (orge) ou le décorticage (sorgho) avant la consommation humaine (Shewry et Halford, 2002) (Larraz Ferreira, 2011).

- **L'albumen** : est la partie du grain qui présente le plus d'intérêt du point de vue de l'utilisation.

En effet, les protéines de réserve qui le constituent ont la capacité de former en présence d'eau des liaisons covalentes, hydrogènes et des interactions notamment de type hydrophobe aboutissant sous l'action du pétrissage à un réseau glutineux qui possède des propriétés viscoélastiques aux multiples usages. De plus, il est également constitué d'amidon qui est d'intérêt pour de nouveaux usages comme la production de biocarburant (Debiton, 2010).

- **L'enveloppe ou le son**: est composé de plusieurs couches, qui protègent la partie principale du grain (Šramková *et al.*, 2009). Les enveloppes donnent le son en semoulerie, elles sont d'épaisseur variable et sont formées de 3 groupes de téguments soudés (Ait-Kaki, 2008):

- Le péricarpe ou tégument du fruit constitué de 3 assises cellulaires:
 - Epicarpe, protégé par la cuticule et les poils.
 - Mésocarpe, formé de cellules transversales.
 - Endocarpe, constitué par des cellules tubulaires (Godon et Willm, 1991).
- Le testa ou tégument de la graine constituée de 2 couches de cellules.
- L'épiderme du nucelle appliqué sur l'albumen sous-jacent.

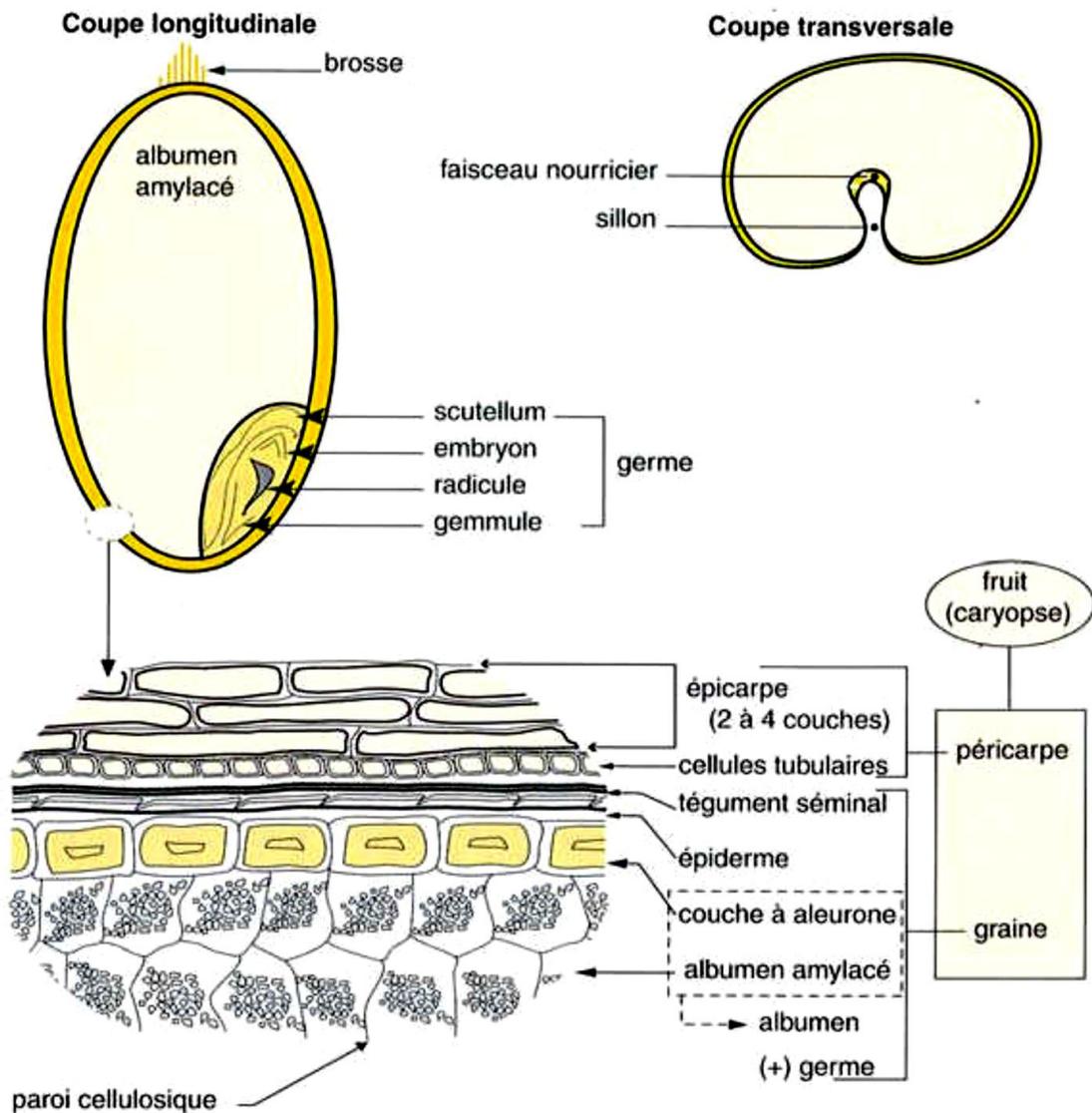


Figure 7. Coupe d'un grain de blé (Feillet, 2000).

2.8.2. Composition biochimique du grain de blé :

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 (Feillet., 2000) (Tableau. 1). 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

Partie I. Synthèse bibliographique

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 (1). Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé d'après Feillet (2000).

Constituants (% de la masse du grain)	Protéines (%)	Matières Minérales (%)	Lipides (%)	Matières Cellulosiques (%)	Pentosanes (%)	Amidon (%)
Péricarpe (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tégument (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Reste du nucelle	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Assise protéique	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germe	35-40	5-6	15	1	20	20
Albumen (82- 85%)		8-13	0.35-060	1	0.5-3	70-85

3. Vigueur et viabilité des semences :

3.1. La semence :

Les semences ont joué un rôle essentiel dans le développement des premières civilisations et aujourd'hui elles sont encore à la base de l'alimentation mondiale. L'émergence d'une agriculture sédentarisée, il y a quelque 10 000 ans dans le croissant fertile du Moyen-Orient, est étroitement liée à la mise en culture de formes primitives de blé et d'orge, qui sont à l'origine de nos variétés modernes (Terner, 2013).

Dans le domaine semencier il faut faire la différence entre la semence et la graine.

La semence distingue, un organe ou un fragment du végétale capable de produire un nouvel individu. Ainsi, les graines, les bulbes, les tubercules et les boutures sont tous des semences. Alors que la graine est le résultat de la fécondation de l'ovule (Vallée, 1999).

Donc toute graine ou toute autre partie d'une plante (par exemple la bouture du manioc) capable de germer (ou reprendre) et de générer une plante après semis ou enfouissement (ou encore plantation), est appelée « semence » (Frangoie *et al.*, 2012).

Les semences sont cruciales pour affronter les défis de l'insécurité alimentaire et du changement climatique. Pour atteindre la sécurité alimentaire, les agriculteurs dépendent des semences de qualité des variétés appropriées à leurs besoins (Fao 2011).

3.2. Production des semences :

Il existe de multiples façons de se procurer les semences nécessaires à chaque saison ; cela va du simple prélèvement de grains sur la récolte précédente à l'achat chez un distributeur faisant partie d'un réseau commercial international. L'objectif global est d'assurer la fourniture de semences de haute qualité, qui doit permettre d'améliorer les revenus des agriculteurs, la sécurité alimentaire et la prospérité d'un État (Terner, 2013).

La production de semence consiste à mettre à disposition des producteurs des semences de la meilleure qualité possible et selon les variétés demandées. Elle consiste à apporter au producteur un produit conservant les qualités génétiques de la variété choisie. Il s'agit d'éviter autant que possible toute pollution par d'autres variétés ou par des mauvaises herbes indésirables (Lacharme, 2001).

La production des semences se fait en 6 ou 7 générations (Figure.8) ; Chaque génération est produite à partir de la génération antérieure. Chaque génération suit des règles de production et des contrôles y sont effectués afin de vérifier que la semence satisfait à des

critères de qualité donnés et pourra être utilisée pour les générations suivantes (Lacharme, 2001).

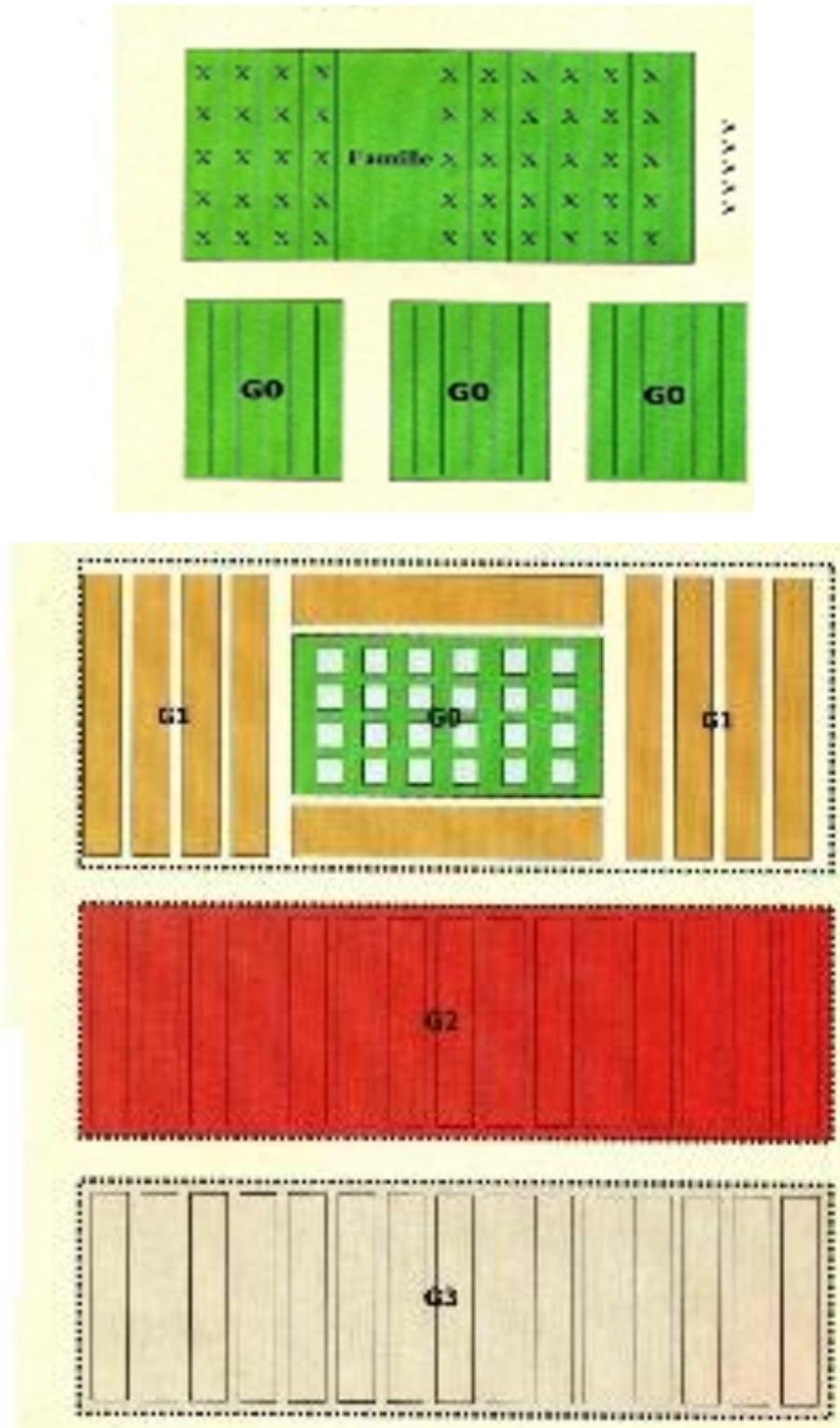


Figure 8. Schéma du processus de multiplication de semences adopté en Algérie (ITGC,2008).

3.3. Qualité semencière :

Pour une meilleure production de semences respectant les normes de qualité, la connaissance de certains critères de mesure de la qualité est obligatoire (Afrique verte, 2008).

Le taux de détérioration de la qualité des semences est déterminé par un certain nombre de facteurs, comme indiqué ci-après. Les étapes physiologiques du processus de détérioration de la qualité des semences sont nombreuses. La vigueur des semences est affectée en premier dans le processus de détérioration.

La détérioration est la perte de certaines fonctions physiologiques clés, ce qui peut conduire à la perte des aspects essentiels caractérisant la qualité des semences, comme la vigueur et la capacité de germination. (FAO, 2011).

Une grande majorité des agriculteurs utilisent des semences « tout venant » et/ou des semences de mauvaise qualité caractérisées par : des graines ratatinées, trouées, des couleurs et/ou des textures différentes, elles ne sont pas traitées, il y a parfois présence des insectes tel que les charançons, elles sont mal nettoyées, mal ou pas du tout triées. La levée de ces graines est souvent mauvaise, les plants sont souvent fragiles aux attaques des maladies et parasites. Avec ces genres des « semences » on ne fait pas des bonnes récoltes car les rendements sont faibles (Frangoie *et al.*, 2012).

Les principaux critères de qualité des semences sont :

- **La pureté spécifique :**

Dans un lot de semences, c'est le taux de semences correspondant à une même espèce (exprimé en pourcentage de poids). Sont considérées comme impuretés, les graines autres que l'espèce contrôlée, les graines cassées, caries, germées, etc. ainsi que les matières inertes, tel que les débris de terre, gravier, etc.

Elle est de 98 % pour les Semences de pré base et de base, 93 % pour les semences certifiées des céréales en générales (ITGC ,2008).

- **La pureté variétale :**

Il s'agit de mesurer au sein du lot de graines le taux de graines s'écartant de la plante modèle de la variété.

Dans un lot de semences, c'est le taux de semences correspondant à la même variété (exprimée en mille grains).

Pour les céréales (blés, orge et avoine) la finalité est d'obtenir des semences d'une pureté variétale minimale de : 999 pour mille de grains pour les semences de pré-base et de base (G1-G4) ; 997 pour mille de grains pour les semences de première reproduction (RI) ; 990 pour mille de grains pour les semences de deuxième reproduction (R2) (ITGC ,2008).

- **La faculté germinative :**

C'est la capacité de germination d'un lot de semences (exprimée pour cent graines). Nombre de graines qui germent en conditions normalisées dans un temps donné. Elle est de 85% pour toutes les générations des céréales (ITGC ,2008).

- **Humidité maximale :**

Pourcentage de la quantité d'eau contenu dans un lot de semences considéré par rapport à son poids frais (exprime en pour cent), elle de 14% au minimum pour les céréales (ITGC ,2008).

- **L'état sanitaire :**

C'est un aspect quelque peu différent de la qualité d'une semence puisqu'il concerne l'éventuelle présence d'organismes pathogènes (champignons, bactéries ou virus) à l'intérieur ou à la surface de la graine. Ces pathogènes vont des saprophytes communs comme les moisissures (par exemple, Botrytis et Aspergillus spp.) transportés à la surface de la testa aux parasites spécifiques (comme les Ustilago, Fusarium ou Colletotrichum spp.) logés à l'intérieur de la graine. Lorsque les cultures porte-graines mûrissent au champ dans des conditions humides, les champignons saprophytes peuvent produire des spores en quantités énormes avec pour résultat une très forte contamination de la testa. Généralement ce type d'infection peut être maîtrisé par un simple traitement de semences. Par contre, les parasites spécifiques logés à l'intérieur des graines sont plus difficiles à éliminer et nécessitent de faire appel à des fongicides systémiques qui pénètrent à l'intérieur des semences. Ce sont ces pathogènes qui sont principalement recherchés par les tests sanitaires en raison du risque épidémique qu'ils représentent pour les semences commerciales (Terner, 2013).

3.4. Viabilité des semences :

La viabilité, selon les spécialistes des technologies des semences, c'est le pouvoir qu'a une graine à germer et de produire une plantule normale. La viabilité est associée au taux de germination dans un essai. Le pourcentage de germination d'un lot de semence représente le taux des graines viables (Copeland, 1976).

Dans un autre sens, la viabilité selon Ovcharov 1971 (in Mekki., 1999) dénote le degré auquel une graine est viable, active métaboliquement et possède des enzymes capables de

catalyser les réactions métaboliques nécessaires pour la germination et pour la croissance des plantes.

- **Essai de viabilité**

La viabilité d'un lot de semences, de même que la germination maxima possible à attendre, sont indiquées par les résultats de l'essai de viabilité.

Le mode opératoire général de l'essai de viabilité est le suivant: prélever dans le lot de semences un échantillon de 100 (ou un multiple de 100) graines pures et pleines; ouvrir chaque graine en la coupant en deux à l'aide d'un couteau, ou en briser le tégument à l'aide d'un petit marteau; examiner les graines et compter celles qui ont un albumen et un embryon sains, pleins et bien développés. Pour cet examen, une loupe est très utile.

- **Essai de germination**

Il arrive souvent que des graines pleines qui paraissent saines ne germent pas, parce qu'elles n'ont pas été fécondées ou encore parce qu'elles sont trop vieilles. Le moyen le plus sûr pour apprécier la qualité d'une récolte de semences est par conséquent d'en faire effectivement germer un échantillon.

Pour déterminer le pourcentage de germination, on teste des échantillons aléatoires de semences en les soumettant à des conditions de germination favorables. L'essai de germination peut se faire dans des récipients tels que pots ou boîtes de fer blanc utilisés dans les pépinières, ou dans une simple boîte de Petri fermée. On peut utiliser divers substrats, mais ils doivent assurer une aération convenable et une humidité suffisante mais non excessive pour chaque graine. En outre il importe que le substrat soit stérile, pour éviter les attaques de champignons.

Les Règles internationales pour les essais de semences (ISTA 1976) prescrivent une température de 30°C pendant 16 heures (jour) et de 20°C pendant 8 heures (nuit) au cours des essais de germination. Ces règles précisent également que les graines doivent être exposées à la lumière au cours de l'essai.

- **Essai de pureté**

Pour mesurer le degré de propreté des semences, on sépare les graines pures des graines impures, et on les pèse séparément. Une graine est considérée comme impure si elle apparaît normale en taille, forme et aspect extérieur général. A l'inverse, une graine qui est trop petite, qui a été partiellement dévorée par les insectes, ou qui montre des tâches de moisissure, est

considérée comme impure. Un échantillon pour essai de pureté peut comporter de 100 à 1 000 graines.

3.5. Vigueur des semences :

3.5.1. La notion de vigueur:

Perry (1981) a montré que la vigueur des semences est la somme des propriétés de la semence déterminant le niveau d'activité et de développement de la semence ou du lot de semences au cours de la germination et de la levée des plantules. Les semences qui se développent bien sont des semences possédant une vigueur élevée; et celle qui se développe mal a une vigueur faible. Cette définition fut adoptée par le congrès international de l'association des essais de semences ISTA en 1977.

Cette définition est valable aussi pour fournir des précisions sur les aspects particuliers de développement des plantules qui sont connus pour manifester des variations associées à des différences dues à la vigueur des semences telles que :

- L'activité biochimique et réaction au cours de la germination telle que les réactions enzymatiques et l'activité respiratoire.
- Le taux et l'uniformité de germination des semences et de croissance des plantules.
- Le taux et l'uniformité de la levée des plantules et de leur croissance au champ capacité de la levée des semences dans des conditions d'environnement défavorables.

Le degré de vigueur d'une plante persiste et influence la croissance de la plante mure, l'uniformité de la culture et son rendement. Les causes de la variation de la vigueur de germination sont nombreuses et diverses, d'après Robert (1972)in(Mekki.,1999), Perry (1981) et Copeland (1976); les facteurs connus susceptibles d'agir sur les degrés de vigueur ont été classés afin de clarifier le concept. Ces différents facteurs sont:

- La constitution génétique.
- Les conditions du milieu et de nutrition de nutrition de plante mère.
- Le stade de maturité à la récolte.
- La taille des semences, leur poids et leur poids spécifique.
- L'intégrité physique des graines.
- La détérioration et le vieillissement des semences.
- Les agents pathogènes, qui s'accumulent sur la graine ou à l'intérieur de celle-ci ou bien lors du stockage ou dans le milieu de culture.

3.5.2. Tests de vigueur :

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). Il n'existe aucun test de vigueur universellement accepté. Pour toutes les espèces végétales, lors du choix d'un test de vigueur on doit tenir compte de la biologie, la physiologie et d'autres caractéristiques spécifiques d'espèces végétales. Pour cette raison, les tests de vigueur sont regroupés en plusieurs manières (Milosevic *et al.*, 2010). Macdonald (1975) a regroupé les tests de vigueur en trois groupes:

-Tests physiques ; déterminent les caractéristiques des graines telles que la taille et 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 (Douib, 2012).

- **Conductivité électrique :**

L'essai de conductivité électrique (test de conductivité) a été utilisé pour la première fois dans l'année 1928, pour expliquer les hauts taux de germination de pois dans les conditions de laboratoire et de la faible germination au champ. Il est expliqué par le fait que, dans des conditions de terrain les semences germées libèrent des substances telles que des saccharides et d'autres électrolytes dans le sol, ce qui favorise l'activité des champignons du sol.

- **Test topographique aux tétrazolium :**

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 tétrazolium est basé sur la réduction de la solution incolore chlorure 2, 3, 5-triphenyltétrazolium (*TTC* : 2,3,5 -*TriphenylTétrazoliumChloride*) 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 (TétrazoliumTestingCommittee 1970).

- **Cinétique de croissance :**

Germ (1949) fut le premier à suggérer de mesurer la croissance de la plumule comme essai de vigueur pour les céréales et la méthode fut développée ultérieurement par Perry(1977) pour l'orge et le blé. Le test de l'intensité de la croissance ou la croissance des plantes est utilisée pour l'évaluation de la croissance, il est adapté pour les espèces ayant une plumule droite individuelle, tels que les céréales et les graminées. Un équipement simple est nécessaire pour ce test, et il occupe un espace restreint.

En appliquant le test de croissance, les comparaisons doivent être faites au sein d'une variété, pas entre les variétés et les lots qui ont une plus grande longueur moyenne semblait avoir une plus grande vigueur (Hampton et Tekrony, 1995).

- **Test au froid :**

Le principe du test au froid a été développé aux Etats-Unis. Il s'agit essentiellement d'un test de germination qui a commencé dans le sol froid et s'est achevé sur un sol chaud (Copeland.1976). Le test a pour but de faire la différence entre les semences faibles et vigoureuses en soumettant les lots de semences à basse température avant la germination à température optimale.

- **Test du vieillissement accéléré (VA) :**

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 Laboretory* de l'université d'état du Mississippi.

Des études ultérieures ont été faites sur la viabilité relative des lots de semences de diverses espèces au cours de conservation (Delouche et halmer, 1967 ;Rushing, 1969) et une vaste expérimentation concernant l'aptitude au stockage de 16 espèces différentes de semences au *Seed Technology Laboratory*.

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 400⁰C et en atmosphère de haute humidité relative (100%) pendant 2, 4, 6, 8 jours. Une variante de ce test, basée sur le même principe, consiste à augmenter la teneur en eau des semences avant de les placer à température élevée ; c'est le test de détérioration contrôlée (Powellet Matthews, 1981). Ces test posent l'hypothèse que les processus de détérioration se produisant lors du (VA) sont similaires à ceux existant dans des conditions normales de conservation, mais le niveau de détérioration est énormément accentué (Delouche et Baskin, 1973).

Partie II

Etude

Expérimentale

Partie II. Etude expérimentale

Cette partie s'articule autour de trois chapitres (choisies selon les diverses stades phénologiques de la plante) montrant les différentes techniques expérimentales mises en place pour l'évaluation de l'effet du stockage sur la viabilité et la vigueur des semences des cinq variétés de blé dur choisies.

La structuration de cette partie est comme suit :

- 1 : Etude de l'effet du stockage sur la semence.
- 2 : Etude de l'effet du stockage sur la plantule (germination).
- 3 : Etude de l'effet du stockage sur la plante.

- **Analyse statistique :**

Tous les essais dans cette étude ont été répétés au moins trois fois. Les résultats, présentés sous forme d'histogrammes et des courbes, rejoignent des valeurs moyennes et leurs écartypes, ces deux derniers ont été réalisés par le logiciel *Excel 2010*.

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 16, 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 *** $p < 0,001$.

1. Effet du stockage sur la semence

La semence marque le début de chaque production végétale, et donc, assurer sa qualité est la priorité de la science moderne et une condition préalable à l'obtention d'un rendement élevé de toutes les espèces végétales. La détermination de la qualité des semences et de sa viabilité indique les lots de semences qui peuvent être placés sur le marché (Milošević *et al.*, 2010).

La semence est un produit agricole particulier, dans le cas des semences, l'agriculteur ne peut en produire que sous un contrat écrit pour une structure commerciale ; établissement semencier (ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures, dans le cas de l'Algérie), un agriculteur ne peut donc pas produire de la semence de son propre chef et la vendre lui-même. Cependant, la vente, le don et l'échange de semences ou plants en vue d'une production agricole doivent respecter la réglementation en vigueur, par exemple les variétés des semences ainsi commercialisées doivent être inscrites à un catalogue officiel (Rey, 2003).

Actuellement, la production des semences est un facteur important dans le processus de répondre à la demande croissante pour des quantités suffisantes d'aliments sains et propre, tout en fournissant des semences de haute qualité à tous les stades de leur production et leur contrôle systématique. La viabilité des semences ou la vigueur, ce sont l'ensemble des caractéristiques qui déterminent l'activité et le comportement des lots de semences commercialement acceptable dans différentes conditions environnementales (Milošević *et al.*, 2010).

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 importantes, 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).

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).

Partie II. Etude expérimentale

1.1. Matériel végétal :

Notre étude a porté sur cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) à savoir Simeto, Gta dur, Waha, Vitron et Bidi/ 17 (Tableau 2).

Les semences nous ont été fournies par la direction de la station expérimentale de l'I.T.G.C d'El Khroub, Constantine.

Tableau 2. Caractéristiques des cinq variétés de blé dur étudiées.

	Origine	Caractéristiques
Simeto	Italie Dénomination locale : sersou	Productivité bonne, Qualité semoulière : très bonne Tolérante à la rouille jaune et résistante à la fusariose
GTA /dur	CIMMYT (Mexique) <i>Gaviotadurum</i>	Productivité bonne Qualité semoulière : bonne Résistante à la Fusariose, tolérante à la Rouille brune
Waha	ICARDA(Syrie) Année d'inscription 1986	PMG :Moyen. Productivité bonne, Qualité semoulière : Assez bonne. Tolérante au froid, sensible à la sécheresse et aux gelées printanières.
Vitron	Espagne Année d'inscription 1986	PMG : Elevé Productivité bonne, Sensible aux gelées printanières, à la sécheresse, résistante au froid et tolérante à la verse
Bidi / 17	Locale Sélection dans la population locale Guelma 1936	Productivité moyenne, Qualité semoulière : bonne tolérante à la Rouille brune et à la Fusariose

Partie II. Etude expérimentale

1.2. Conduite de l'essai :

Les essais ont été réalisés au niveau du Laboratoire d'Amélioration Génétique des Plantes, Département de Biologie, Université Badji Mokhtar-Annaba.

Les échantillons ont été stockés durant 4 années dans des sacs en papier, chaque sac contient environ 250 g de graines. Ils ont été conservés à l'intérieur du laboratoire dans des conditions ambiantes où la température et l'humidité relative du climat sont estimées entre 10°C et 39°C et entre 48 et 83% respectivement.

Les semences des cinq variétés, qui font l'objet de cette étude, sont issues de cinq différents âges, à savoir (6 mois, 1an, 2 ans, 3 ans et 4 ans), en considérant l'âge de 6 mois comme témoin. Pour chaque âge de chaque variété, 3 répétitions ont été réalisées au minimum.

Nous avons assuré un bon état d'hygiène pour les semences tout au long de cette étude, en nettoyant régulièrement les lots contre les infections des insectes et des moisissures, ce qui nous a permis de focaliser notre expérimentation sur l'effet des trois facteurs abiotiques, dont le temps, la température et l'humidité relative, sur la viabilité et vigueur des semences stockées.

1.3. Méthodes expérimentales :

1.3.1. Faculté germinative :

La germination, est un ensemble de phénomènes par lesquels la plantule en vie ralentie dans la graine mure, commence une vie active et se développe grâce à l'énergie contenue dans les réserves de la graine (Celement, 1981).

Le test de germination standard est utilisé pour déterminer la viabilité des semences. Le pourcentage de germination est le nombre de grains germant, au cours d'un temps déterminé, sur le nombre total de graines mises à germer.

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 âge pour les cinq variétés de blé dur étudiées (pour chaque âge, 4 répétitions sont réalisées).

Partie II. Etude expérimentale

Après trois 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.

1.3.2. Conductivité électrique :

Essai de conductivité électrique (test de conductivité) a été utilisé pour la première fois dans l'année 1928 pour expliquer les hauts taux de germination de pois dans les conditions de laboratoire et de la faible germination au champ. Le phénomène est expliqué par le fait que, dans des conditions de terrain, les semences germées libèrent des substances telles que des saccharides et d'autres électrolytes dans le sol, ce qui favorise l'activité des champignons du sol.

L'estimation des fuites d'électrolytes se fait par mesure de la conductivité (conductimètre ; Hi2315 *conductivitymeter*) de l'eau d'imbibition de 50 graines en fonction du temps de trempage (Parrish et Leopold, 1978 in Serghini Caid *et al*, 2008).

1.3.3. Test topographique au tétrazolium :

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 tétrazolium est basé sur la réduction de la solution incolore chlorure 2, 3, 5-triphenyltétrazolium (*TTC* : 2,3,5 -*Triphenyl Tetrazolium Chloride*) 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

Partie II. Etude expérimentale

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 (*Tetrazolium Testing Committee*, 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 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).

1.3.4. Cinétique de croissance :

Germ (1949) fut le premier à suggérer de mesurer la croissance de la plumule comme essai de vigueur pour les céréales et la méthode fut développée ultérieurement par Perry (1977) pour l'orge et le blé. Le test de l'intensité de la croissance ou la croissance des plantes est utilisée pour l'évaluation de la croissance, il est adapté pour les espèces ayant une plumule droite individuelle, tels que les graminées. Un équipement simple est nécessaire pour ce test, et il occupe un espace restreint.

En appliquant le test de croissance, les variétés et les lots qui ont une plus grande longueur moyenne semblait avoir une plus grande vigueur (Hampton et Tekrony, 1995).

Neuf graines, représentent les répétitions de chaque âge et pour chaque variété. Elles 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. Les graines sont, ensuite, mises au centre de deux feuilles de papier buvard bien imbibés de l'eau, une autre feuille est mise par-dessus. Une humidité élevée doit être maintenue pour éviter le dessèchement.

La longueur de la coléoptile de chaque plantule issue du test est mesurée à l'aide d'une règle graduée pour chaque variété et chaque âge. Les résultats de ce paramètre sont notés tous les deux jours à partir du 2ème jour de l'expérimentation jusqu'à la fin de l'essai 14ème jour.

1.3.5. Test au froid :

Le principe du test au froid a été développé aux Etats-Unis. Il s'agit essentiellement d'un test de germination qui a commencé dans le sol froid et s'est achevé sur un sol chaud (Copeland, 1976). Le test a pour but de faire la différence entre les semences faibles et

Partie II. Etude expérimentale

vigoureuses en soumettant les lots de semences à basse température avant la germination à température optimale.

On prépare une pâte au sol (du sol + un peu d'eau) et on l'étale sur du papier buvard épais et bien mouillé. Neuf graines par répétition sont ensuite placées en dessus du papier qui contient la pâte sol. Le tout est recouvert d'une autre serviette en papier mouillée et mise dans une chambre froide de 5-10°C pendant 10 jours.

Après, les semences sont ressorties de la chambre froide et mises à germe dans des boîtes de pétri, sous une température ambiante pendant 3 jours. Le pourcentage de germination est calculé après trois jours.

1.3.6. Détermination de l'activité de la catalase (CAT) :

La Catalase est une enzyme de détoxification présente dans toutes les cellules aérobies, impliquée dans la défense contre les concentrations élevées de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) où elle le dégrade en eau et oxygène gazeux par dismutation selon la réaction suivante (Cherait, 2015) :



Les échantillons (environ 0,5 g) sont homogénéisés dans un tampon phosphate (50mM, pH=7,8) dans un bain de glace. L'extrait brut est ensuite centrifugé à 12000x g pendant 15 min. Le surnageant est stocké à 4°C et utilisé pour les dosages enzymatiques.

L'activité de la catalase (CAT) est déterminée selon Cakmak *et al.* (1991). Le mélange d'essai (3,0 ml) est composé de 100µl d'extrait enzymatique, 50 µl H₂O₂ (300 mM) et 2,85 ml de tampon phosphate 50 mM (pH = 7,2). La vitesse de décomposition de H₂O₂ est déterminée en mesurant la diminution de l'absorbance à 240 nm pendant une minute. L'activité Catalase est exprimée en nmol/min/mg de prot ($\epsilon = 39.4\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$) (Ben Kadour, 2014).

1.3.7. Détermination de l'activité ascorbate peroxydase (APX) :

Les échantillons (environ 0,5 g) sont homogénéisés dans un tampon phosphate (50mM, pH=7,8) dans un bain de glace. L'extrait brut est ensuite centrifugé à 12000x g pendant 15 min. Le surnageant est stocké à 4°C et utilisé pour les dosages enzymatiques.

Partie II. Etude expérimentale

L'activité de l'ascorbate peroxydase (APX) a été dosée selon la méthode de (Nakano *et al.*, 1987). Le mélange réactionnel est constitué de 100 µl d'extrait d'enzymatique, 0,5 mM d'ascorbate, 50 mM du tampon phosphate (pH = 7,2) et 50 µl de H₂O₂ (300mM). L'oxydation de l'ascorbate a été déterminée par le changement de l'absorbance à 290 nm ($\epsilon = 2,8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) (Ben Kadour, 2014).

1.3.8. Détermination des concentrations du Malondialdéhyde (MDA) :

Les produits de peroxydation lipidique, qui réagissent avec le TBA (acide 2-thiobarbiturique) sont principalement le malondialdéhyde (MDA) et les hydroperoxydes (Buege et al., 1978). Le niveau de la peroxydation lipidique est déterminé selon la méthode de Hodges et al. (1999). Des échantillons frais de 0,5 g sont homogénéisés dans 4,0 ml d'acide trichloracétique (TCA) à 1% et centrifugés à 10 000x g pendant 10 min. Le surnageant est ajouté à 1 ml de TBA à 0,5% (p/v) préparé dans du TCA à 20%. Le mélange est chauffé dans un bain Marie à 100°C pendant 30 min. Ensuite, la réaction est stoppée en plaçant les tubes dans un bain de glace. Après une centrifugation de 10 000x g pendant 10 min, le surnageant est récupéré pour la mesure de l'absorbance par spectrophotomètre à 532 nm. La densité optique est corrigée par une lecture à 600 nm. La concentration de MDA est calculée en utilisant son coefficient d'extinction molaire ($\epsilon = 155 \text{ Mm}^{-1}\text{cm}^{-1}$) (Alayat, 2015).

2. Effet du stockage sur la plantule (germination)

Pendant la germination, la plantule utilise pour la couverture de ces besoins énergétiques les réserves de la graine (grains d'amidon, grains d'aleurone et lipides), qui sont transformés, sous l'action d'enzymes appropriées, en substances directement utilisables pour la croissance (glucose, maltose et acides aminés) (Celement, 1981).

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). Lorsque les substances de la croissance sont épuisées, la jeune plante qui possède un appareil racinaire et un appareil aérien formés et fonctionnels, devient autonome et peut assurer elle-même sa propre croissance; La germination est alors terminée (Gate, 1995) (Douib, 2013).

2.1. Conduite de l'essai :

Les graines de chaque âge et de chaque variété sont stérilisées pendant 5 min dans l'hypochlorite de sodium dilué pour éliminer toute contamination fongique, puis elles sont

Partie II. Etude expérimentale

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 pour les cinq variétés de blé dur étudiées (pour chaque âge, 4 répétitions sont réalisées).

Après dix jours, les feuilles des plantules sont récupérées pour effectuer les différents tests.

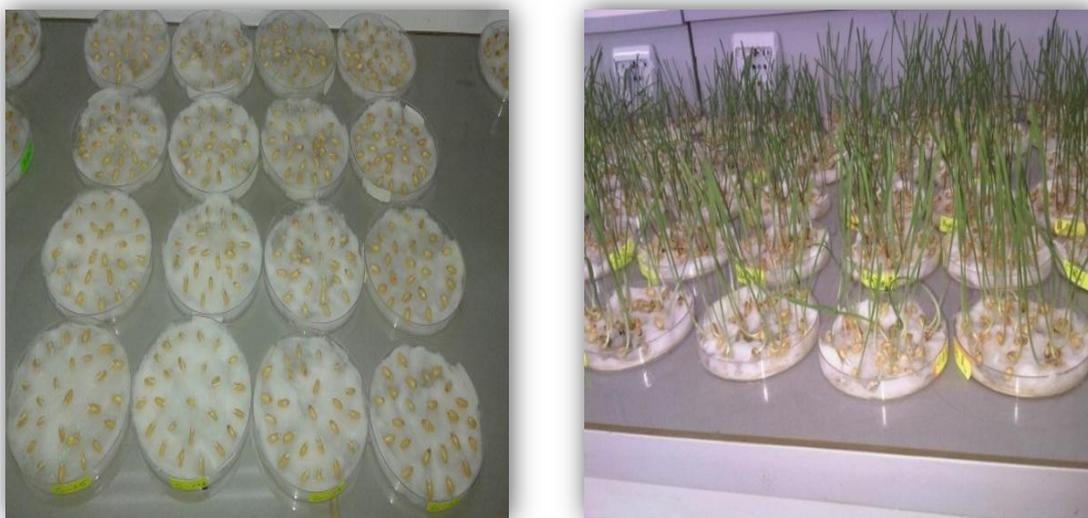


Figure 9. Dispositif expérimental (Nour, 2015).

2.2. Méthodes expérimentales :

2.2.1. Teneur en sucres solubles :

Le dosage des sucres solubles a été réalisé selon la méthode de (Schields et Burnett, 1960), elle est aussi dite méthode à l'antrone 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'antrone une coloration verte présentant un maximum d'absorption à 585 nm.

L'extraction des sucres solubles est faite à froid, en mettant 0,1 g du 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'antrone doit être préparé quatre heures à l'avance avec les proportions suivantes : 0,2 g d'antrone dans 100 ml d'acide sulfurique pur.

Partie II. Etude expérimentale

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 des sucres solubles exprimée en ($\mu\text{g} / 100 \text{ mg}$ de MF).

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

2.2.2. Teneur en proline :

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

0,1 g 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 -

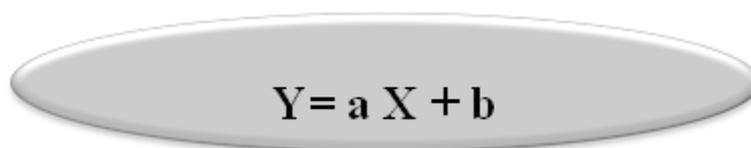
80 ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4) plus 25 mg de ninhydrine. Le tout est porté à ébullition à 100 °C pendant 30 mn, la solution vire au rouge.

Partie II. Etude expérimentale

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 ($\mu\text{g} / 100 \text{ mg}$ de MF).

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

2.2.3. Teneur en protéines totales :

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

On prend 3 prélèvements de 0,1 g de feuilles, (prélever au tiers médian de la feuille) pour chaque âge de chaque variété.

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.

Partie II. Etude expérimentale

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 des protéines totales exprimée en ($\mu\text{g} / 100 \text{ mg}$ de MF).

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

2.2.4. Teneur relative en eau (RWC) :

(*Relative water content* : RWC) ou la turgescence cellulaire des feuilles, appelée aussi, teneur relative en eau (TRE) est déterminée par le pourcentage d'eau présente dans les feuilles excisées et mises dans de l'eau pendant 24h, selon la méthode de Barrs et Weatherly (1962).

Cette méthode consiste à couper les feuilles à la base du limbe, puis de les peser en obtenant le poids frais. Après peser les feuilles sont mises dans des tubes contenant de l'eau distillée durant 24 heures à l'obscurité. Ensuite, elles sont repesées afin de déterminer le poids à la turgescence.

Chaque échantillon est ensuite mis à sécher à l'étuve à 80 °C pendant 24 heures, puis peser pour obtenir le poids sec. Les valeurs de la turgescence sont déterminées selon (Ladigues, 1975) par la formule suivante :

$$\text{RWC} = \frac{\text{FW} - \text{RW}}{\text{TW} - \text{DW}} \times 100$$

Où :

FW : Poids frais de la feuille excisée.

DW : Poids sec de ma feuille (après 24h à l'étuve à 80°C).

TW : Poids de la feuille à la turgescence (poids après 24h dans de l'eau).

2.2.5. Surface foliaire :

La surface foliaire a été déterminée par la méthode traditionnelle qui consiste à reprendre la feuille de blé sur du papier ; la feuille de papier est ensuite pesée, puis on coupe un carré de 10cm de côté de ce même papier, qui est pesé juste après, et on déduit la surface assimilatrice (SF) de la feuille de blé (Paul et al. 1979).

2.2.6. Biomasse :

Les feuilles et les racines des plantules ont été choisis pour chaque variété et pour chaque âge (à raison de trois répétitions pour chaque un).

Les plantes sont retirées totalement avec précaution (c'est à dire avec leurs racines), rincées de tout déchet et bien essuyées en utilisant du papier buvard. Les échantillons sont ensuite mis à sécher dans l'étuve à 85°C pendant 24 heures. Ils sont, encore, pesés pour obtenir le poids sec ou la biomasse.

3. Effet du stockage sur la plante

Le stress perçu par une plante, autrement dit le niveau de tension interne, dépend de la résistance de l'organisme à un type de stress appliqué avec une certaine intensité. En plus du type de stress et de son intensité (Levitt, 1980), il faut également considérer que le degré de sensibilité dépend du stade de développement de la plante et de la durée du stress (Day et al., 1978). En effet, même si l'intensité d'un stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements, voire la mort de l'organisme (Levitt, 1980) (Douib, 2013).

3.1. Conduite de l'essai :

Dans 30 pots, (6 pots pour chaque variété) contenant une couche de gravier et remplis par un mélange du sable et de terreau (avec des proportions de 2 / 3 et 1 / 3 respectivement), les grains de blé ont été cultivés à raison de 15 graines par pot, selon le dispositif expérimentale (Figure.10).

Après semis un arrosage a été effectué afin d'obtenir une humidité homogène dans tous les pots. L'arrosage (150 ml) a été effectué deux fois par semaine jusqu'au stade de cinq feuilles ou les feuilles sont récoltées pour effectuer les différents tests.

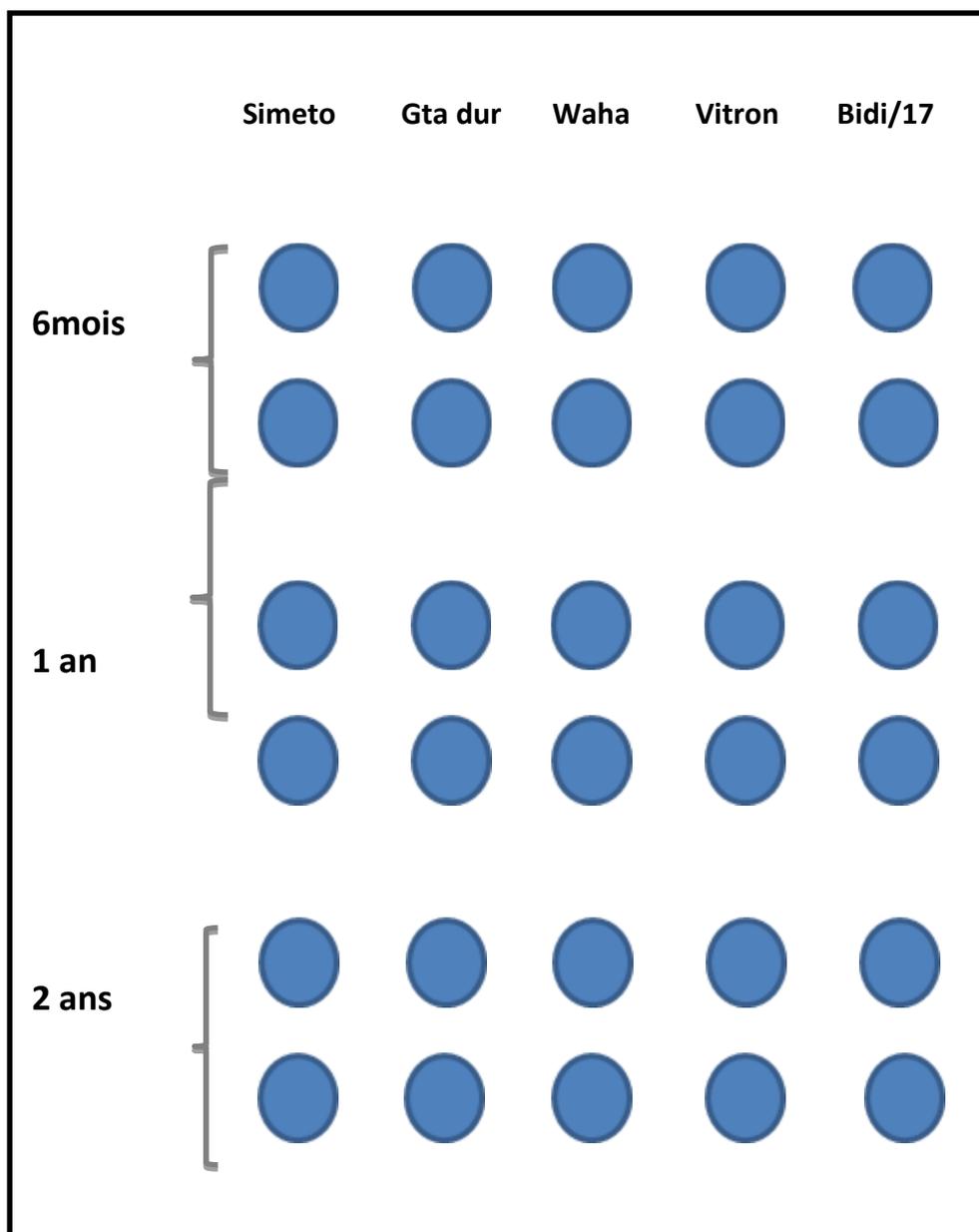


Figure 10. Dispositif expérimental.

3.2. Méthodes expérimentales :

3.2.1. Teneur en sucres solubles :

Le dosage des sucres solubles a été réalisé selon la méthode de (Schiels et Burnett, 1960).

Partie II. Etude expérimentale

3.2.2. Teneur en proline :

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

3.2.3. Teneur en protéines totales :

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

3.2.4. Teneur relative en eau (RWC) :

RWC est déterminée selon la méthode de Barrs et Weatherly (1962).

3.2.5. Taux de déperdition d'eau (RWL) :

(*Rate water loss of excised leaves : RWL*) 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).

Trois feuilles pour chaque âge des variétés de blé dur étudiées ont été choisies puis coupées à la base du limbe, 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 avant d'être pesé pour obtenir le poids sec.

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

$$RWL = \frac{P_i - P_{2h}}{P_s} \times \frac{l}{SF \cdot 120 \text{ mn}}$$

Où :

P_i : Poids initial de la feuille.

P_{2h} : Poids de la feuille après deux heures.

PS : Poids sec de la feuille après 24h à l'étuve à 80°C.

SF : Surface foliaire.

3.2.6. Surface foliaire :

La surface foliaire a été déterminée par la méthode de Paul *et al.*, (1979).

Partie III :

Résultats

Et

Discussion

1. Résultats :

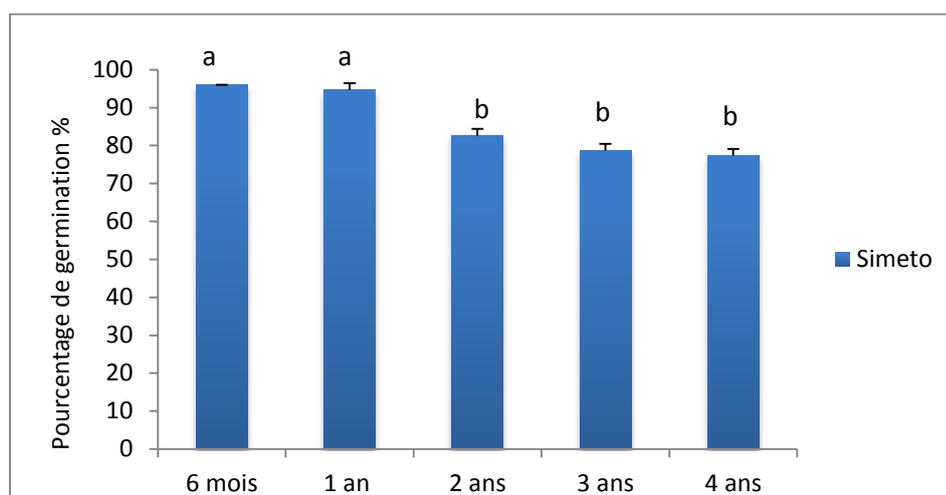
1.1. Effet du stockage sur la semence

1.1.1. Faculté germinative :

Les pourcentages de germination ont été enregistrés au niveau des cinq variétés de blé dur étudiées, durant les quatre années de stockage.

Les résultats du taux de germination pour la variété Simeto sont consignés sur la figure (11). D'après les résultats, il en ressort que les semences stockées durant 6 mois et 1 an ont enregistré le meilleur pouvoir germinatif, avec un taux de 96% et 94% respectivement, par rapport aux semences plus âgées qui ont enregistré un taux plus bas.

Les résultats de l'analyse de la variance mettent en évidence la présence de différence très hautement significative ($p=0,000$) entre les différents âges étudiés.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 11. Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Simeto.

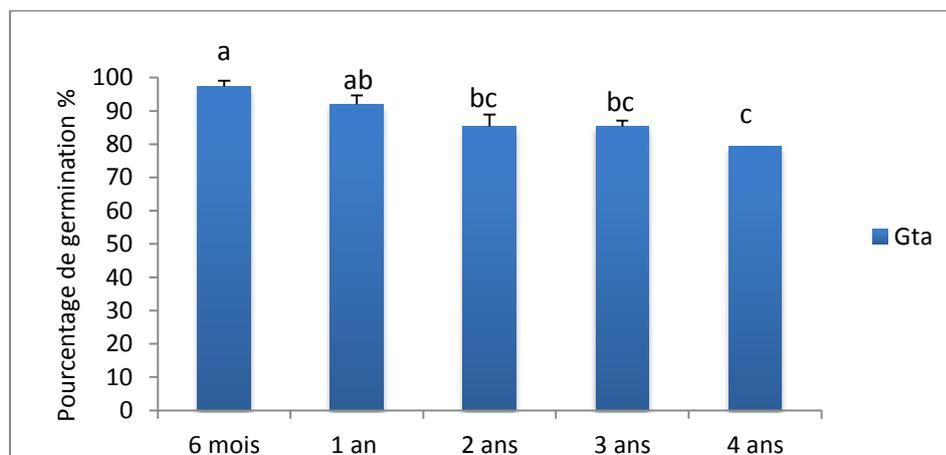
Les résultats de la germination pour la variété Gta dur sont consignés sur la figure (12).

L'observation de l'histogramme nous a permis de constater que pour la faculté germinative, les semences les plus âgées sont celles qui enregistrent les valeurs les plus basses avec 79 % pour 4ans de stockage et 85 % pour 3 ans de stockage.

Les semences stockées durant 6 mois et 1 an ont un taux de germination supérieur à 90%.

Partie III. Résultats et discussion

L'analyse statistique montre un effet très hautement significatif ($p \leq 0,000$) de la durée du stockage sur la germination des semences de cette variété.

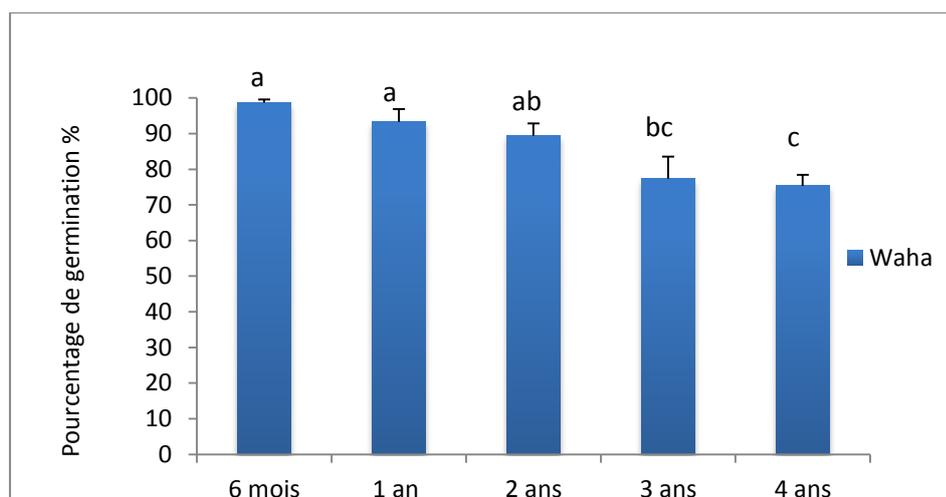


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 12. Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Gta dur.

Les résultats de la germination, pour la variété Waha, sont consignés sur la figure (13).

Pour la variété Waha, l'analyse des résultats révèle que les pourcentages de germination obtenus sont élevés pour les récentes semences avec un taux égal à 98 % pour 6 mois et 93% pour 1an, par contre les plus vieilles enregistrent un taux inférieur à 80%. Quant à l'analyse de la variance effectuée, il en ressort que les différences entre années de stockage pour la variété Waha sont très hautement significatives ($p = 0,001$) pour ce paramètre.



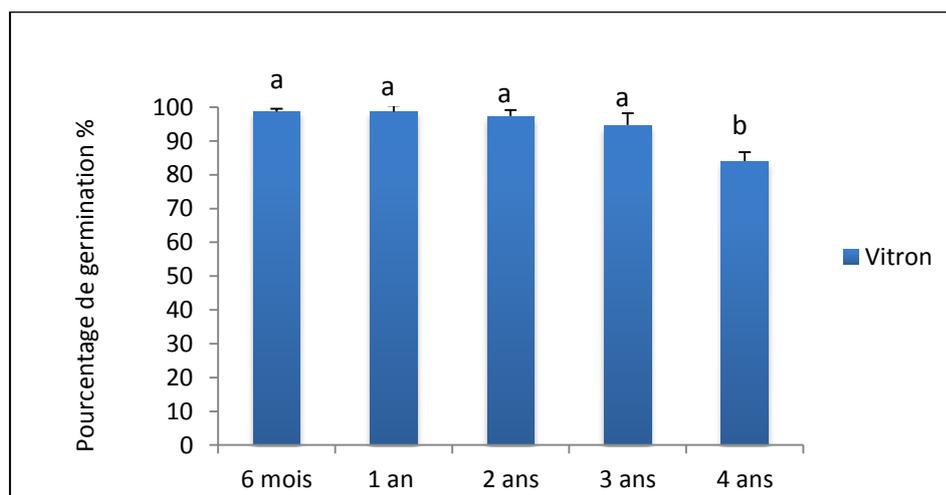
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 13. Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Waha.

Partie III. Résultats et discussion

Les résultats de la germination pour la variété Vitron sont consignés sur la figure (14).

La figure (14) montre l'évolution du pourcentage de germination chez les semences stockées de la variété Vitron en fonction des durées croissantes de stockage. Les pourcentages sont respectivement de l'ordre de 98%, 98%, 97%, 94% et 84% pour les âges croissants. Cependant, il a été constaté des différences très hautement significatives ($p= 0,001$) pour l'effet âge.

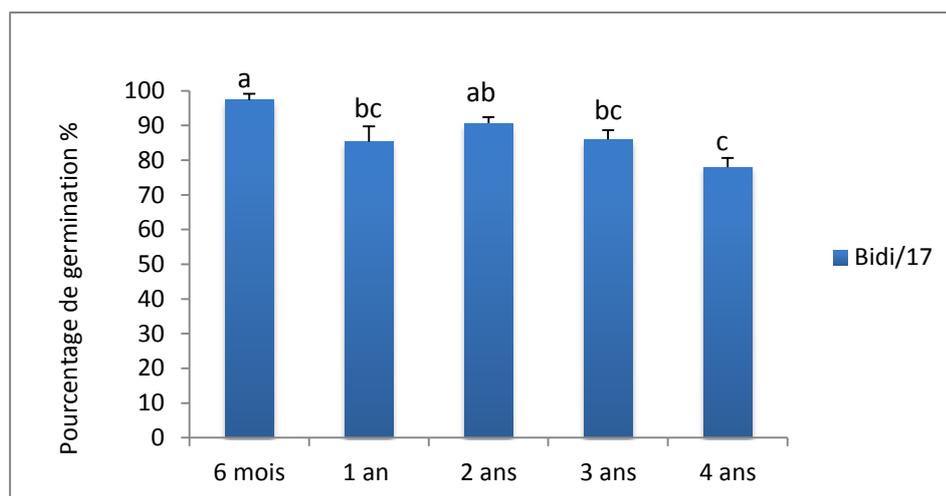


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 14. Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Vitron.

Les résultats de la germination pour la variété Bidi/17 sont consignés sur la figure (15).

Ces résultats montrent que le stockage pendant des longues périodes, plus que 2ans, a provoqué une diminution très hautement significative du taux de germination ($p= 0,001$), néanmoins, nous avons enregistré un taux plus bas pour les semences stockées 1 an par rapport à celles de 2 ans avec 85% et 90% respectivement.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 15. Effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences, cv. Bidi/17.

Au final, l'aptitude à la germination s'avère être très liée aux conditions physiologiques de la semence. Ces dernières ont dû subir plus ou moins sévèrement la pression des facteurs de stockage, ce qui se répercute dans le facteur germination, l'un des premiers indices révélateurs de la santé de la graine.

1.1.2. Conductivité électrique :

Les figures ; (16), (17), (18), (19) et (20) représentent l'effet du stockage sur le taux de fuite des électrolytes des semences pour chaque variété de blé dur étudiées.

L'analyse statistique des résultats obtenus montre une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$), pour les variétés Simeto, Waha, Vitron et Bidi 17 et une augmentation hautement significative ($p = 0,002$) pour la variété Gta dur du taux des fuites des électrolytes dans les semences vieilles par rapport à celles plus récentes.

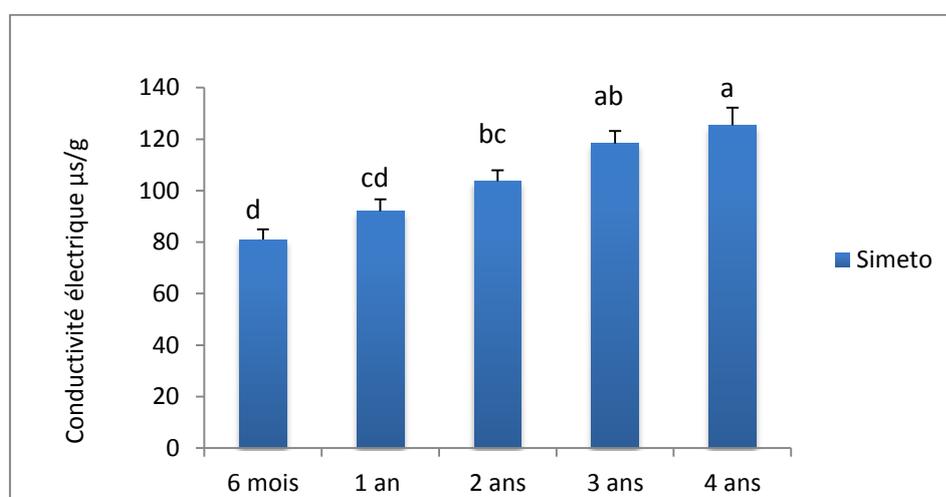
Pour la variété Simeto, figure (12), le taux augmente de 81 $\mu\text{s/g}$ pour 6 mois de stockage à 125,33 $\mu\text{s/g}$ pour 4 ans. La variété Gta dur, figure (13), elle-même enregistre le taux le plus élevé chez les semences les plus vieilles avec 121,33 $\mu\text{s/g}$, par contre les plus récentes ont un taux moyen inférieur à 67 $\mu\text{s/g}$. Quant à la variété Waha, figure (14), le taux de fuites des électrolytes pour les semences de 6 mois de stockage est de l'ordre de 85 $\mu\text{s/g}$, alors qu'il atteint 143 $\mu\text{s/g}$ chez celles les plus âgées (4 ans).

Partie III. Résultats et discussion

Les résultats du test de la conductivité électrique, sur les semences de la variété Vitron figure (15), illustrent une augmentation avec un taux maximale de 125 $\mu\text{s/g}$ pour les semences de 4 ans et un taux minimale de 85,66 $\mu\text{s/g}$ pour 6 mois.

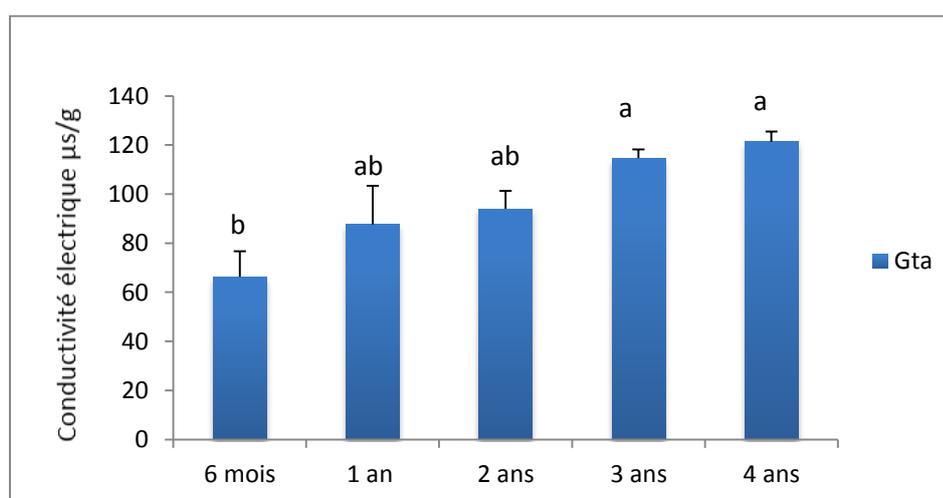
Chez la variété Bidi/17, figure (16), les semences stockées pendant 6mois ont un taux moyen de fuite égale à 80 $\mu\text{s/g}$, alors que les semences stockées 4 ans affichent un taux égale à 129,33 $\mu\text{s/g}$.

En effet, nous avons constaté que cette augmentation est en corrélation positive avec la durée du stockage, et cela est observé chez toutes les variétés étudiées.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

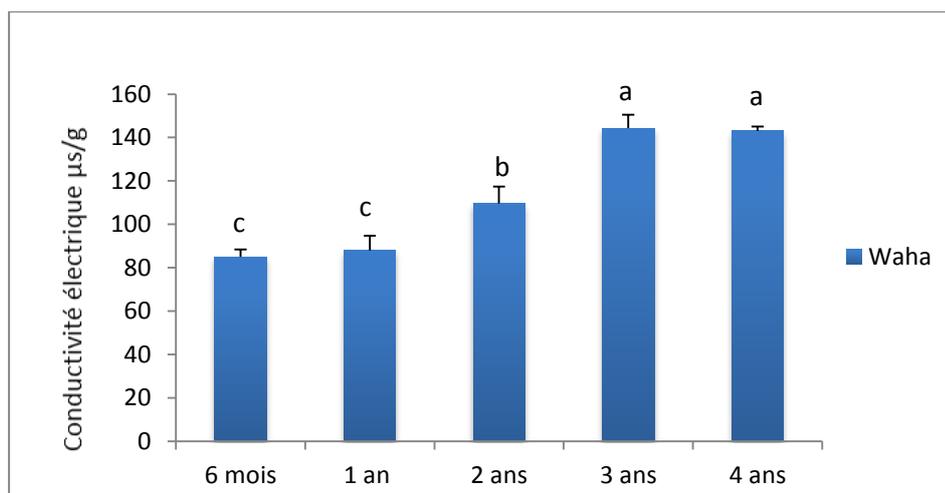
Figure 16. Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Simeto.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

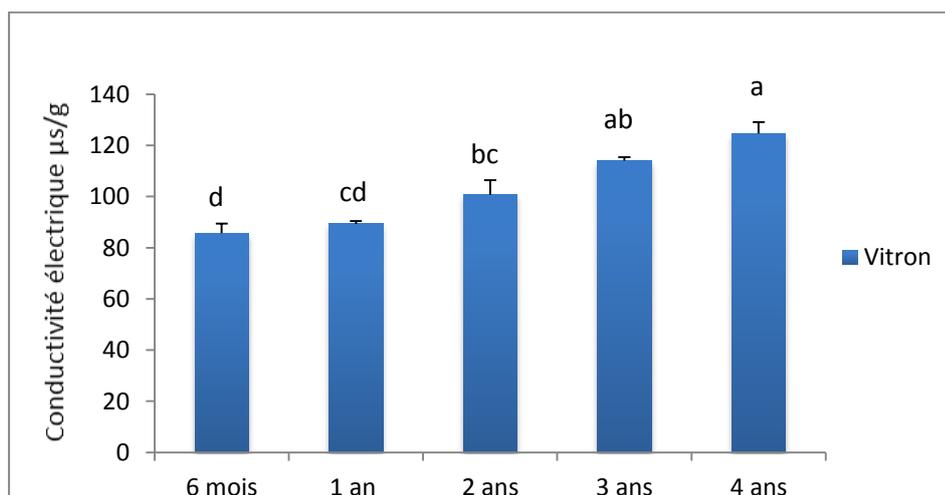
Figure 17. Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Gta dur.

Partie III. Résultats et discussion



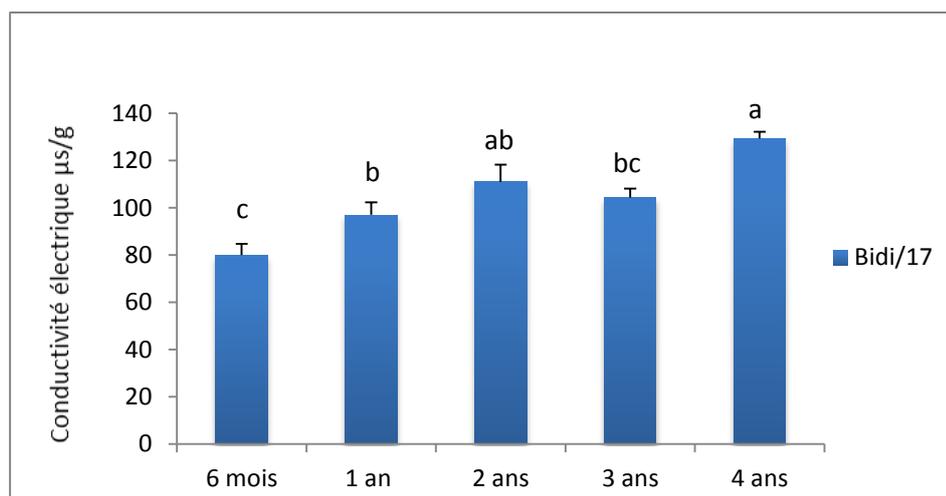
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 18. Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Waha.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 19. Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Vitron.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage à un niveau de probabilité $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 20. Effet du stockage sur les fuites des électrolytes des semences, cv. Bidi/17.

1.1.3. Test topographique au tetrazolium :

Le TZ-test distingue entre les tissus viables de l'embryon de ceux qui ne le sont pas sur la base de leur taux de respiration relative (Chaker, 2007), qui se traduit par une coloration rouge en contact avec la solution du tetrazolium.

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

D'une manière générale, le test au tetrazolium a été discriminant. En effet, les semences de 6 mois et 1 an de stockage montrent des colorations plus vives au niveau des parties embryonnaires, du scutellum jusqu'au coleoptile, point d'attache et plumule.

Les semences ayant subi un stockage de 3 et 4 ans, même semences de deux ans, ont subi des altérations membranaires ainsi que la mort de certains tissus. Les parties non colorées indiquent les tissus qui ne respirent plus, donc morts.

Partie III. Résultats et discussion

Tableau 3. Résultats du test au tetrazolium, cv. Simeto :

	6 mois	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
R1					
R2					

Tableau 4. Résultats du test au tetrazolium, cv. Gta/dur :

	6 mois	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
R1					
R2					

Partie III. Résultats et discussion

Tableau 5. Résultats du test au tetrazolium, cv. Waha :

	6 mois	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
R1					
R2					

Tableau 6. Résultats du test au tetrazolium, cv. Vitron :

	6 mois	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
R1					
R2					

Partie III. Résultats et discussion

Tableau 7. Résultats du test au tetrazolium, cv. Bidi/17 :

	6 mois	1 an	2 ans	3 ans	4 ans
R1					
R2					

1.1.4. Cinétique de croissance :

Les figures de (21) à (30) mettent en évidence l'effet du stockage sur la cinétique de croissance des coléoptiles et des racicules des semences.

La figure (21) illustre l'effet des durées croissantes de stockage sur la cinétique de croissance des coléoptiles. Pour la variété Simeto, d'après les résultats il en ressort que les longueurs moyennes des coléoptiles des semences récentes sont supérieures par rapport aux plantes plus vieilles, les valeurs varient entre 128,88 mm pour 6 mois de stockage et 45,55 mm pour 4 ans de stockage.

La même tendance est observée chez la partie racinaire où nous enregistrons une longueur moyenne de l'ordre de 83,66 mm pour les semences ayant 6 mois de stockage et 65,66 mm pour celles qui ont été stockées 4 ans.

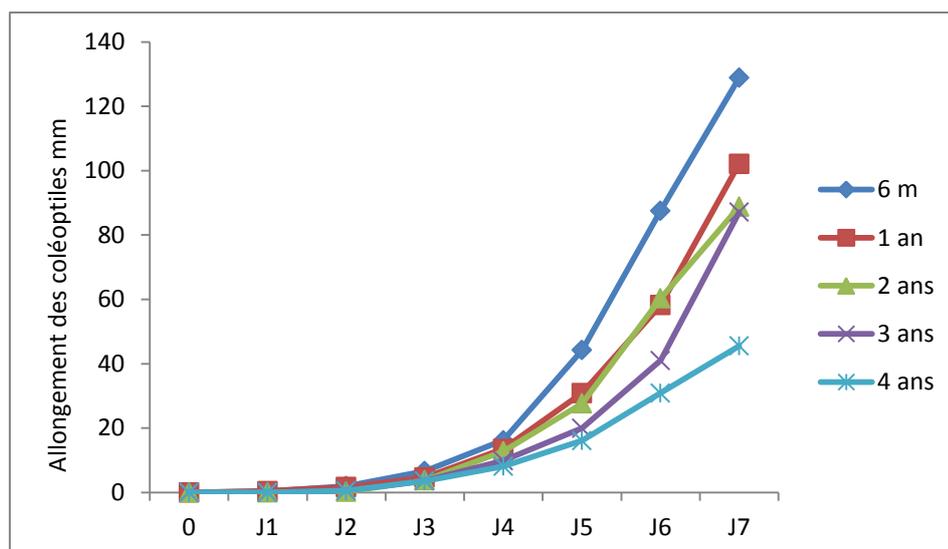


Figure 21. Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. Simeto.

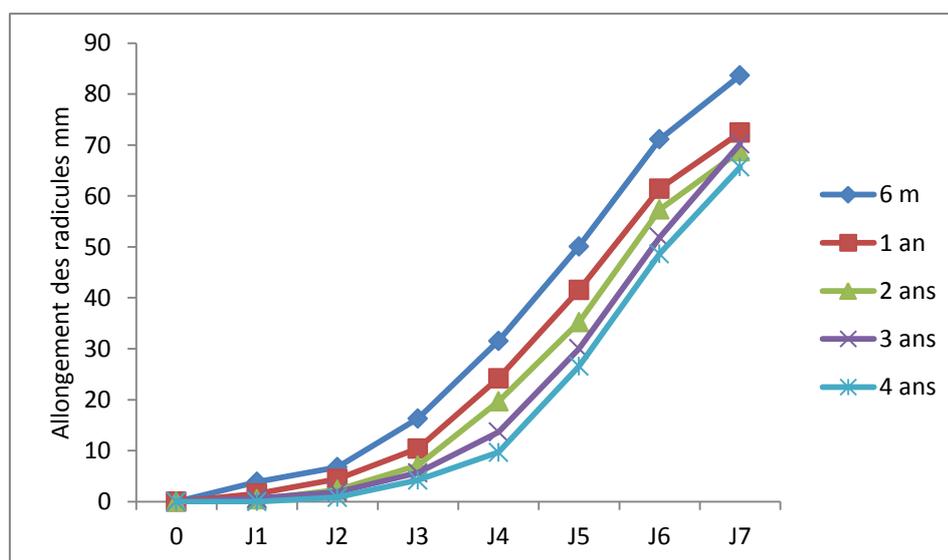


Figure 22. Effet du stockage sur l'élongation des racicules des plantules, cv. Simeto.

Les figures (23) et (24) montrent l'effet du stockage sur l'élongation racinaire et foliaire des plantules de la variété Gta dur, l'analyse des résultats montre que le stockage à des longues périodes a engendré une réduction de la longueur des deux organes, en effet les valeurs diminuent de 122,77 mm à 60,33 mm pour 6 mois et 4ans de stockage respectivement pour les coléoptiles, et pour les racicules des valeurs de l'ordre de 74,11 mm, 70,66 mm, 66,44 mm, 67,44 mm, et 53,55 ont été enregistrées pour les âges 6 mois, 1an, 2 ans, 3 ans et 4 ans respectivement.

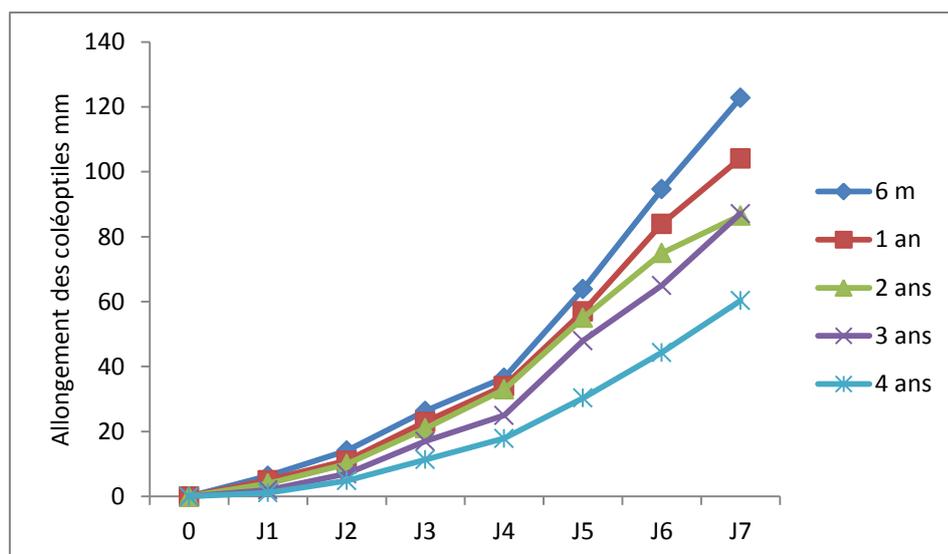


Figure 23. Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. Gta dur.

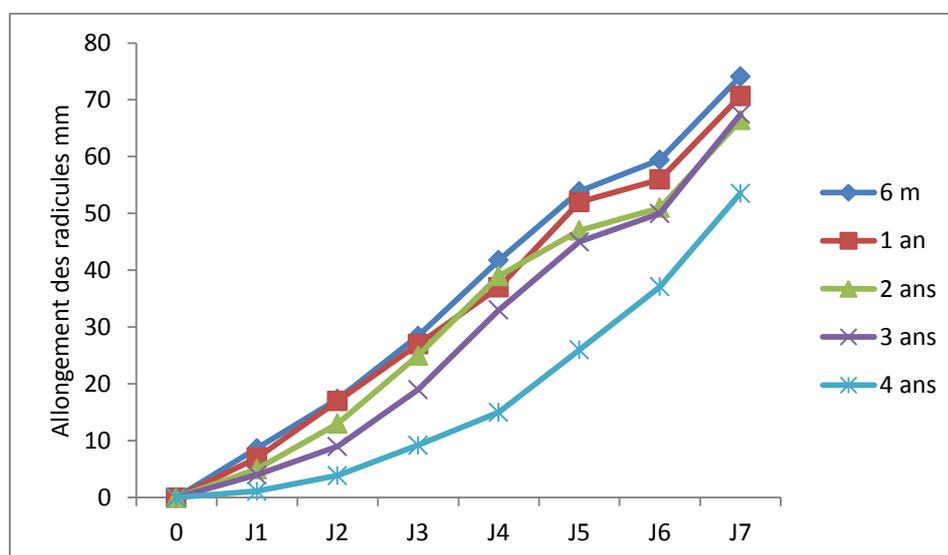


Figure 24. Effet du stockage sur l'élongation des racicules des plantules, cv. Gta dur.

Chez la variété Waha, les résultats du test de croissance sont représentés dans les figures (25) et (26).

D'après les résultats observés, nous avons pu enregistrer la longueur la plus élevée des coléoptiles et des racicules chez les semences stockées 6 mois avec des valeurs de l'ordre de 127 mm et 120 mm respectivement. Pour les semences plus vieilles, nous observons que celles qui ont subi 3 ans et 4 ans de stockage ont presque les mêmes longueurs 74,55 mm et 49,77 mm pour 3 ans, ainsi 55,11 mm et 47,66 mm pour 4 ans.

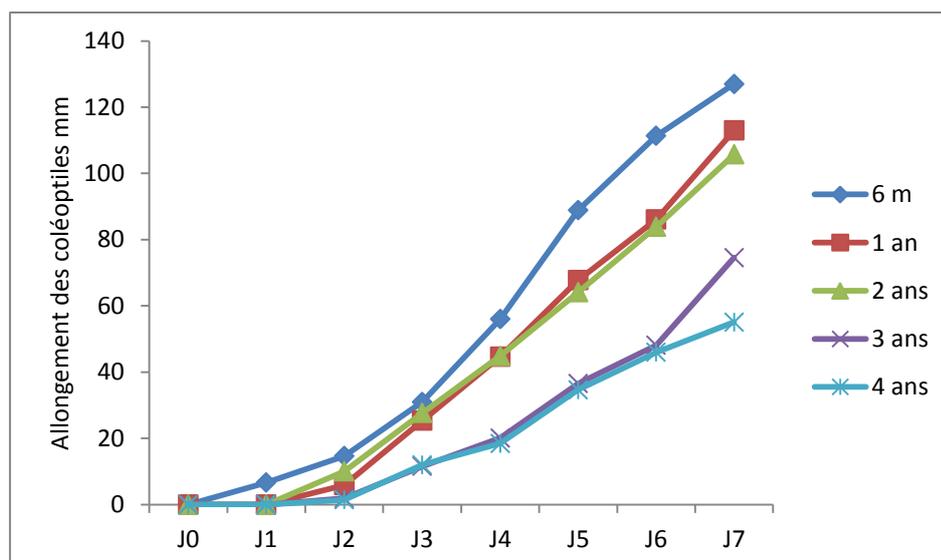


Figure 25. Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. Waha.

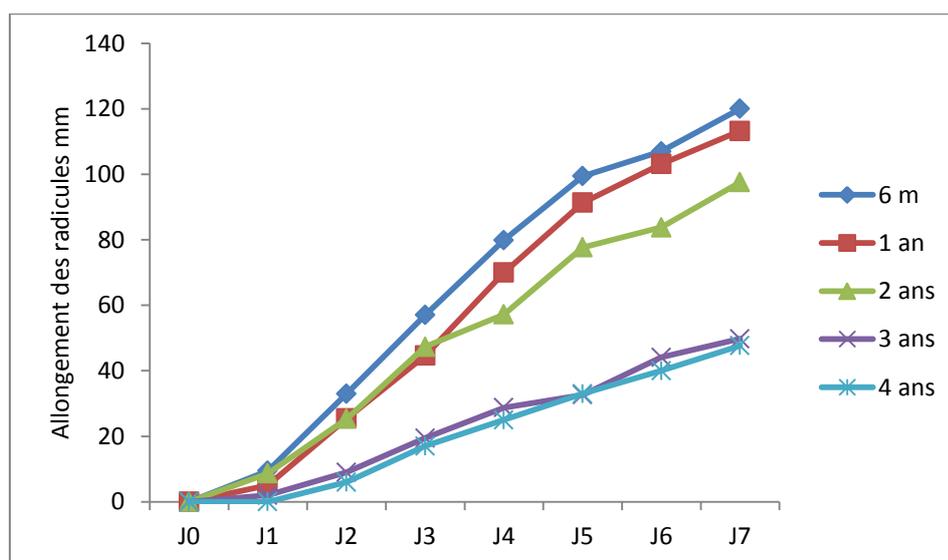


Figure 26. Effet du stockage sur l'élongation des racicules des plantules, cv. Waha.

Les résultats du test de la cinétique de croissance pour la variété Vitron sont illustrés dans les figures (27) et (28).

Selon les résultats, les longueurs des coléoptiles sont respectivement de l'ordre de 170,77 mm, 169,22 mm, 130,55 mm, 110,88 mm, et 101,33 mm pour 6 mois, 1 an, 2 ans, 3 ans et 4 ans de stockage. Toutefois, les longueurs des racicules sont respectivement de l'ordre de 104 mm, 91,11 mm, 85,88 mm, 89,33 mm et 80,77 mm pour 6 mois, 1 an, 2 ans, 3 ans et 4 ans de stockage.

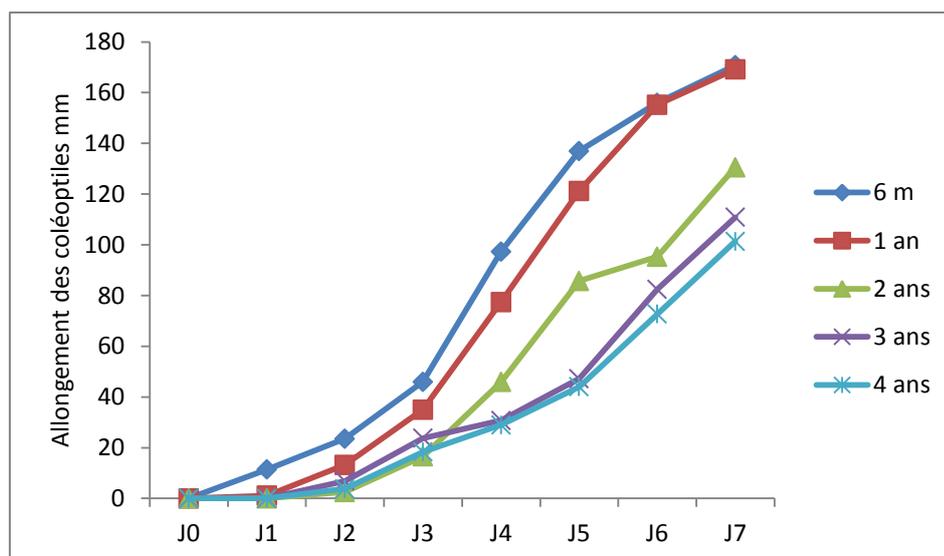


Figure 27. Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. Vitron.

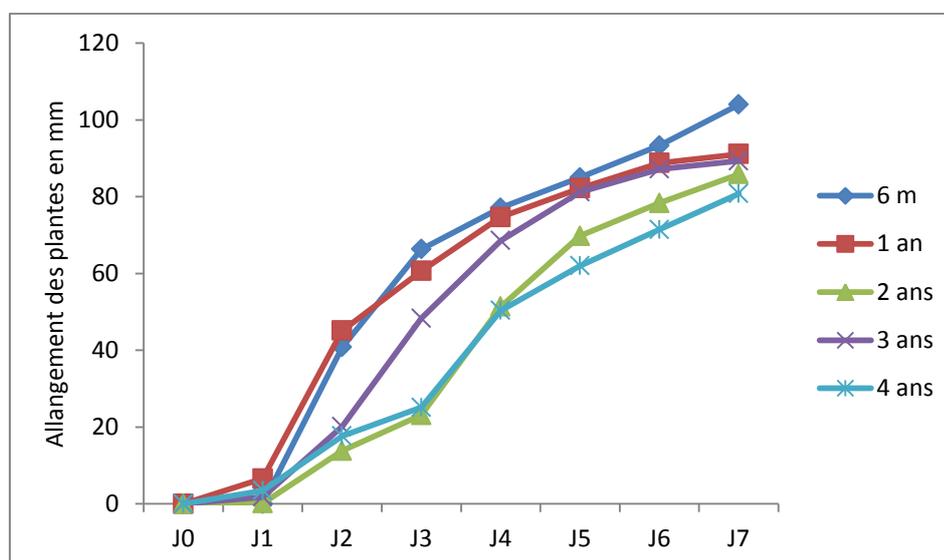


Figure 28. Effet du stockage sur l'élongation des racines des plantules, cv. Vitron.

L'effet du stockage sur la cinétique de croissance de la variété Bidi/17 est représenté dans les figures (29) et (30).

Concernant les résultats de la longueur moyenne des coléoptiles, nous remarquons une diminution de cette dernière pour les vieilles semences par rapport aux plus récentes, 87,22 mm est enregistrée pour 3ans et 80,44 mm pour 4 ans de stockage. Ainsi nous enregistrons une diminution pour la partie souterraine.

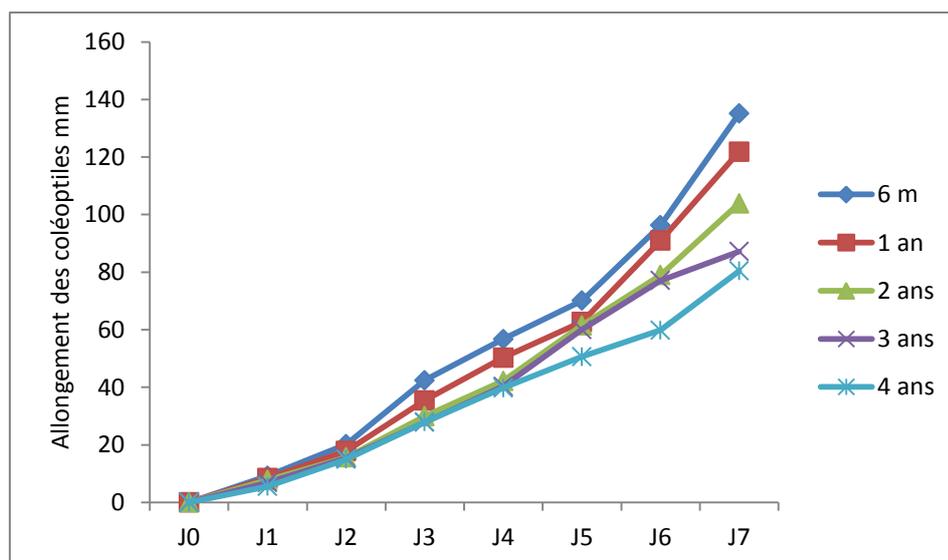


Figure 29. Effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles des plantules, cv. Bidi/17.

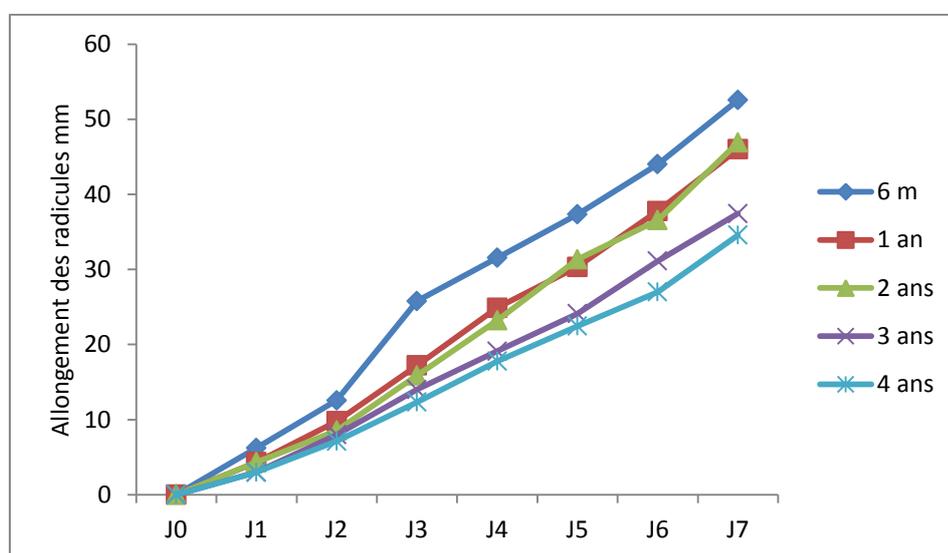


Figure 30. Effet du stockage sur l'élongation des racicules des plantules, cv. Bidi/17.

Là encore, l'effet stockage a eu raison de la cinétique de croissance. Plus les semences sont exposées au stockage, moins développées seront leurs organes.

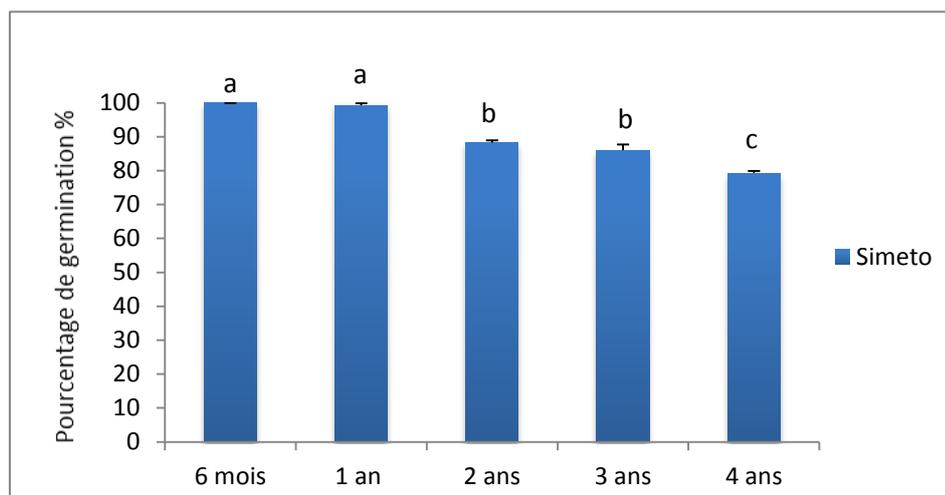
1.1.5. Test au froid :

Comme le test de germination standard, le test au froid est sensé calculer le taux de vigueur d'un lot de semence, en calculant le nombre de grains germés parmi un certain nombre de grains mis à germer. La particularité de ce test est d'exercer un choc thermique sur les semences avant de les mettre à germer.

Partie III. Résultats et discussion

La figure (31) met en évidence l'effet du stockage sur le pourcentage de germination des semences stockées de la variété de blé dur Simeto.

Les résultats nous montrent une diminution très hautement significative ($p \leq 0,000$) des pourcentages de germination pour les semences exposées pendant longue durée au stockage par rapport aux celles plus récentes, cette diminution est de l'ordre de 100 % pour 6 mois de stockage jusqu'au 79 % pour les 4 ans de stockage.



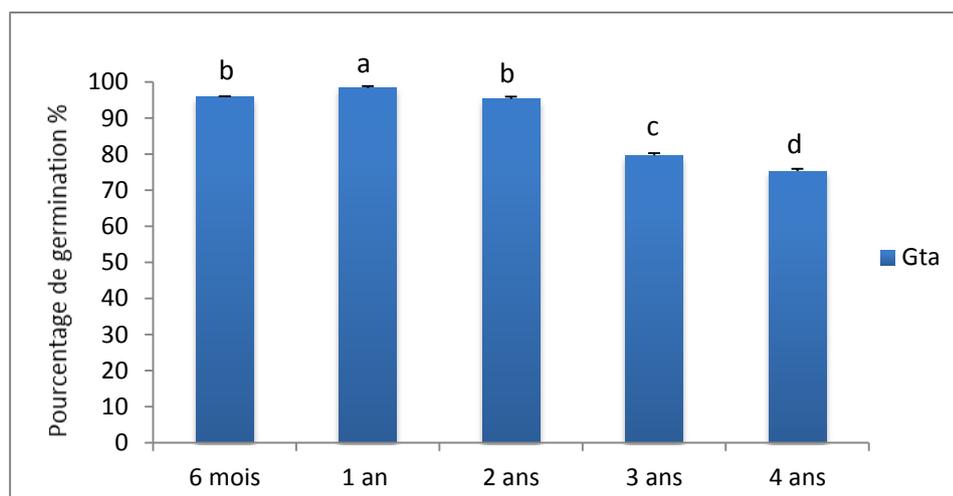
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 31. Effet du stockage sur le taux de germination des semences après test au froid, cv. Simeto.

Les résultats obtenus (figure 32), présentent le pourcentage de germination pour les semences de la variété Gta dur. Celui-ci, a diminué d'une façon remarquable avec l'augmentation de la durée du stockage. Cependant les trois premiers âges, à savoir 6 mois, 1an et 2 ans, présentent des taux de germination presque égaux, avec une légère supériorité pour 1an de stockage, les résultats sont respectivement de l'ordre de 96%, 98% et 95%. La valeur minimale est observée chez les semences de 4 ans de stockage avec 75%.

L'analyse statistique, montre un effet très hautement significatif du stockage sur ce test ($p \leq 0,000$).

Partie III. Résultats et discussion

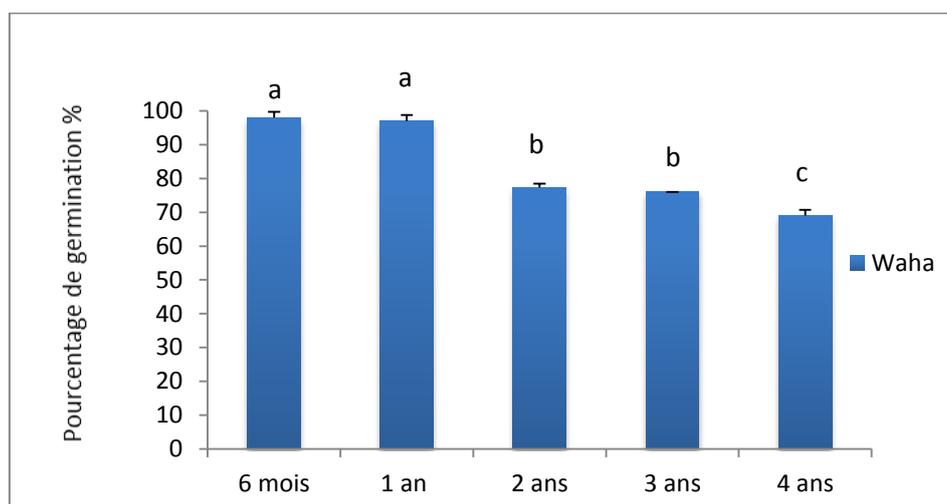


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 32. Effet du stockage sur le taux de germination des semences après test au froid, cv. Gta dur.

La figure (33) montre l'effet du stockage sur le pouvoir germinatif des semences de la variété Waha après un test au froid. D'après les résultats nous notons une diminution très hautement significative du pouvoir germinatif ($p \leq 0,000$) pour les plus vieilles semences, par contre celles qui ont été stockées 6 mois et 1 an ont gardé une très bonne faculté germinative.

Les pourcentages de germination des semences récentes (6 mois et 1 an) sont de l'ordre de 98% et 97% alors qu'elles atteignent 69% pour 4ans de stockage.



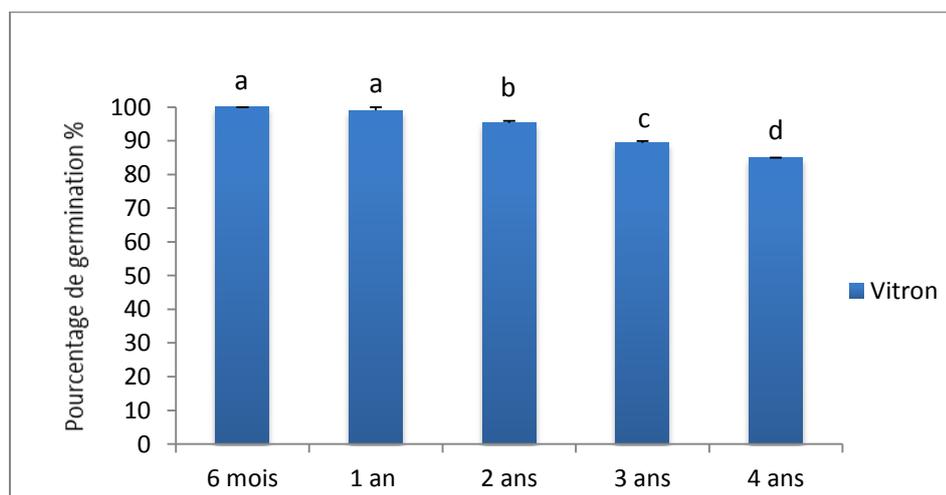
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 33. Effet du stockage sur le taux de germination des semences après test au froid, cv. Waha.

Partie III. Résultats et discussion

L'effet du stockage sur le taux de germination des semences de la variété Vitron est présenté dans la figure (34).

Nos résultats montrent un effet très hautement significatif ($p \leq 0,000$) du stockage sur la germination. Le plus grand nombre de semences germées est enregistré chez celles de 6 mois et 1an de stockage, avec un pourcentage de 100%. Les autres traitements (2 ans, 3 ans et 4 ans) affichent des pourcentages supérieurs à 80%.



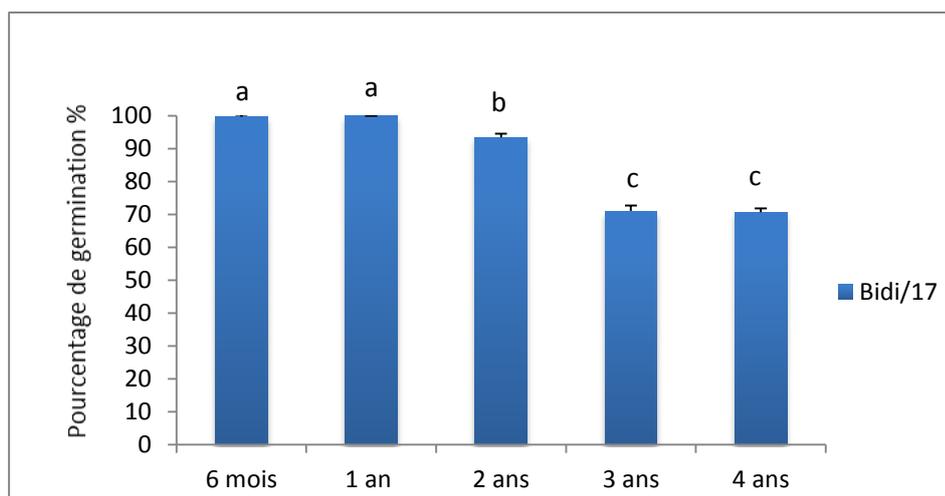
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 34. Effet du stockage sur le taux de germination des semences après test au froid, cv. Vitron.

Les résultats du test au froid pour la variété Bidi/17 sont reportés dans la figure (35).

D'après l'histogramme, il en ressort que le stockage a diminué le pouvoir germinatif des semences, où nous avons noté un pourcentage inférieur à 70% chez celles stockées pendant 4ans. Cependant, nous avons remarqué que le choc thermique, exercé par le test au froid, a stimulé le pouvoir germinatif des semences dont les taux se rapprochent de 100% pour celles plus récentes.

L'analyse statistique effectuée, confirme les résultats obtenue, où il y a présence de différences très hautement significatives entre les différents âges de stockage ($p \leq 0,000$).



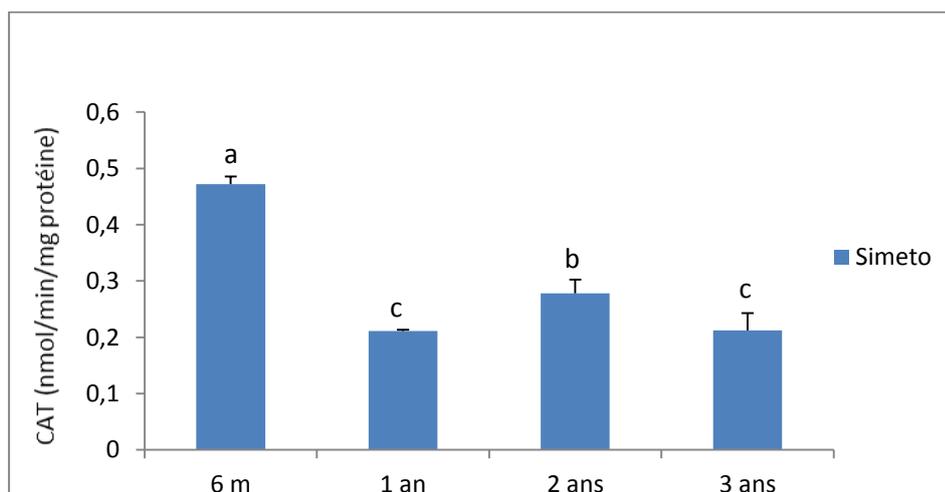
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 35. Effet du stockage sur le taux de germination des semences après test au froid, cv. Bidi/17.

1.1.6. Détermination de l'activité de la catalase (CAT) :

La figure (36) montre l'effet du stockage sur l'activité de la catalase de l'embryon des échantillons de la variété Simeto exposés à différentes périodes de stockage.

Les résultats affichent une activité CAT plus importante chez les semences stockées durant 6 mois par rapport aux autres semences ; cette valeur est de 3,04nmol/min/mg de protéine. L'analyse de la variance affiche une différence très hautement significative pour ce paramètre ($p \leq 0,000$).



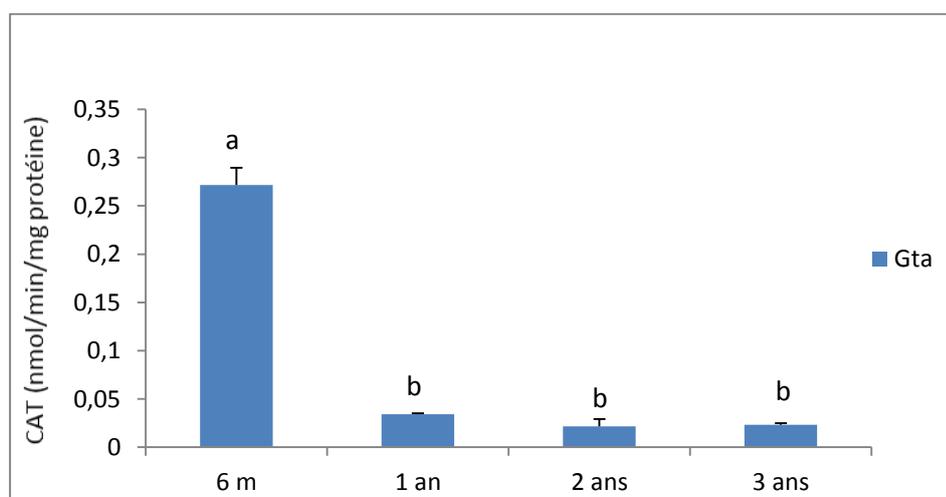
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 36. Effet du stockage sur l'activité de la catalase au niveau des embryons des semences, cv. Simeto.

Partie III. Résultats et discussion

Les résultats affichés dans l'histogramme de la figure (37) représentent l'effet du stockage, pendant différentes périodes, sur l'activité de la catalase des embryons des semences de la variété Gta dur.

La valeur la plus haute est enregistrée chez les semences stockées seulement 6 mois, par contre les autres échantillons enregistrent des valeurs beaucoup plus basses et presque similaires avec 0,765 nmol/min/mg de protéine, 2,2 nmol/min/mg de protéine et 3,79 nmol/min/mg de protéine pour 1 an, 2 ans et 3 ans de stockage respectivement. Il y a présence de différence très hautement significative ($p \leq 0,000$).

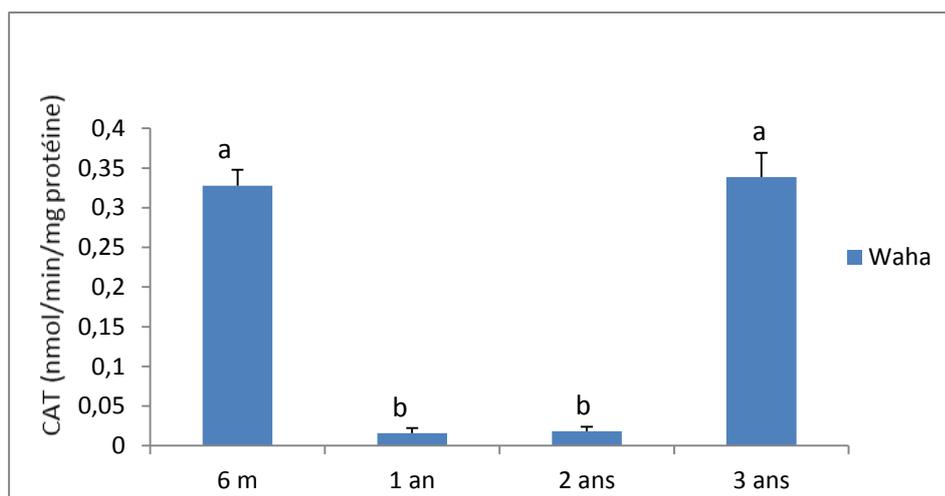


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 37. Effet du stockage sur l'activité catalase au niveau des embryons des semences, cv. Gta dur.

La figure (38) est représentative de l'évolution de l'activité de la catalase chez les embryons des semences de la variété Waha.

Nous remarquons que l'activité CAT est plus significative chez les semences stockées durant 6 mois et 3 ans avec 1,43 nmol/min/mg de protéine et 4,5 nmol/min/mg de protéine respectivement.



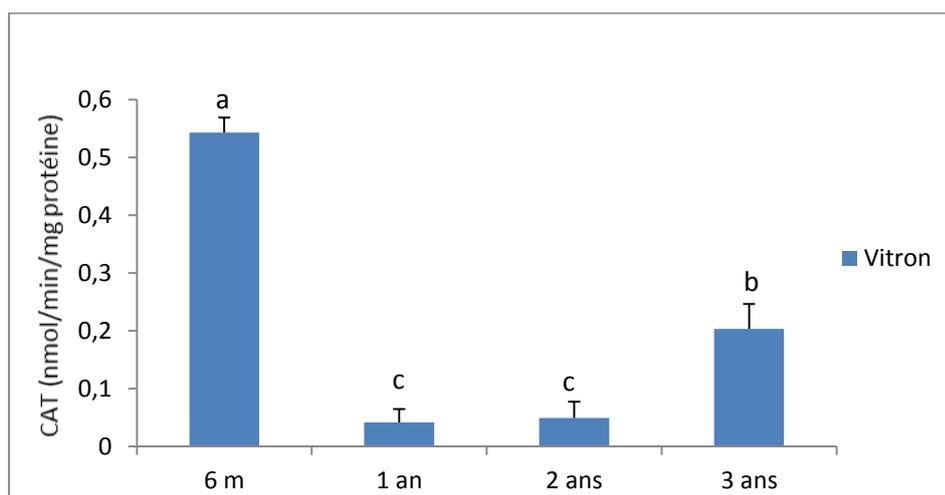
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 38. Effet du stockage sur l'activité de la catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Waha.

La figure (39) illustre l'effet du stockage pendant différentes périodes sur l'activité de la catalase des embryons des semences de la variété Vitron.

Les résultats représentés montrent une stimulation de l'activité de la catalase chez les semences stockées 6 mois, mais aussi chez les semences les plus vieilles.

L'analyse statistique des résultats montre un effet très hautement significatif du stockage sur l'activité catalase ($p \leq 0,000$).



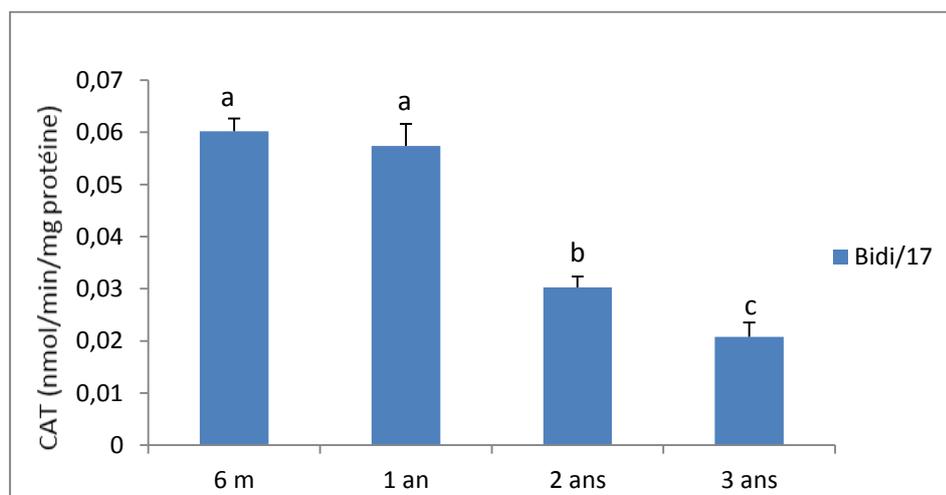
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 39. Effet du stockage sur l'activité catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Vitron.

Partie III. Résultats et discussion

Les résultats de la figure (40) montrent l'effet du stockage pendant différentes périodes sur l'activité de la catalase des embryons des semences de la variété Bidi/17.

Nous enregistrons une diminution de l'activité de la catalase avec l'augmentation de la durée de stockage, où nous notons la valeur la plus élevée chez les semences stockées durant 6 mois (0,56 nmol/min/mg de protéine), suivie par 1 an (0,95 nmol/min/mg de protéine), 2 ans (1,08 nmol/min/mg de protéine) et 3 ans (1,6 nmol/min/mg de protéine) respectivement. Ainsi, l'analyse de la variance effectuée montre des différences très hautement significative entre les différents âges étudiés ($p \leq 0,000$).



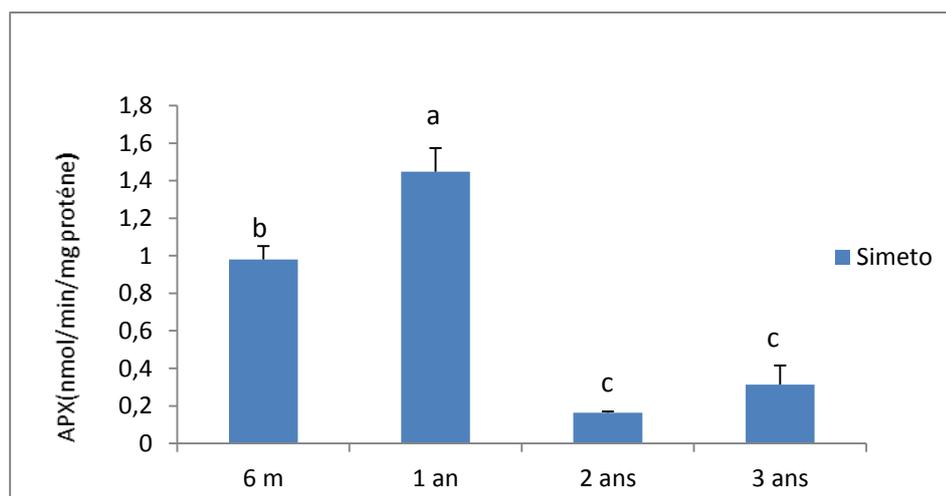
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 40. Effet du stockage sur l'activité de la catalase (CAT) au niveau des embryons des semences, cv. Bidi/17.

1.1.7. Détermination de l'activité ascorbate peroxydase (APX) :

La figure (41) illustre l'effet du stockage pendant différentes périodes sur l'activité ascorbate peroxydase des embryons des semences de la variété Simeto.

Les résultats montrent que l'activité ascorbate peroxydase est stimulée par le stockage à courte durée, cette stimulation est bien évidente pour les semences stockées pendant un an, par contre les semences stockées pendant une longue durée n'affichent pas une grande activité APX par rapport aux semences stockées 6 mois. Une analyse de la variance effectuée a mis en évidence des différences très hautement significatives ($p \leq 0,000$).

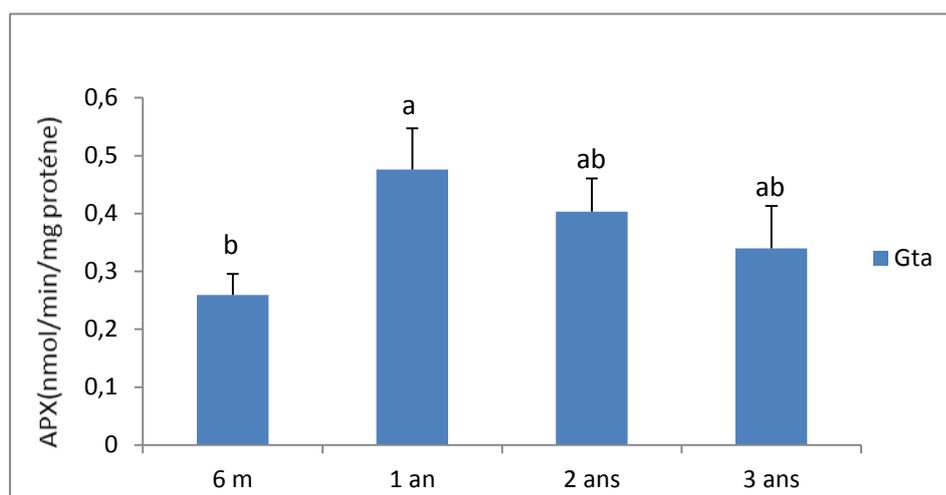


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 41. Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Simeto.

La figure (42) montre l'effet du stockage pendant différentes périodes sur l'activité ascorbate peroxydase des embryons des semences de la variété Gta dur.

Nous avons constaté une augmentation significative ($p = 0,014$) de l'activité ascorbate peroxydase chez les semences les plus âgées par rapport à celles de 6 mois de stockage, cette augmentation est plus remarquable chez les semences qui ont été stockées durant 1 an avec 0,47 nmol/min/mg de protéine.



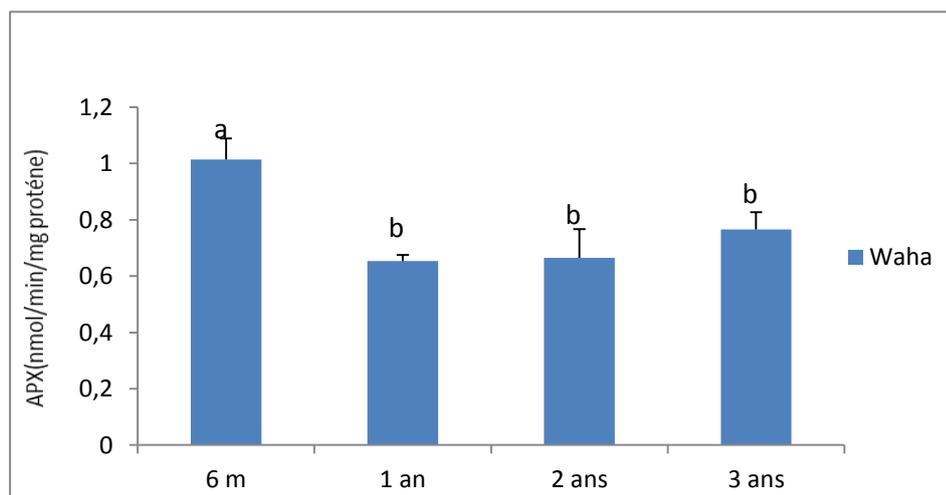
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 42. Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Gta dur.

Partie III. Résultats et discussion

L'effet du stockage pendant différentes périodes sur l'activité ascorbate peroxydase des embryons des semences de la variété Waha est montré sur la figure (43).

D'après les résultats, il en ressort une diminution hautement significative ($p \leq 0,001$) de l'activité ascorbate peroxydase chez les semences les plus âgées par rapport aux semences plus récentes, cette diminution est de l'ordre de 14% pour les semences stockées durant 3 ans par rapport aux celles stockées seulement pendant 6 mois.



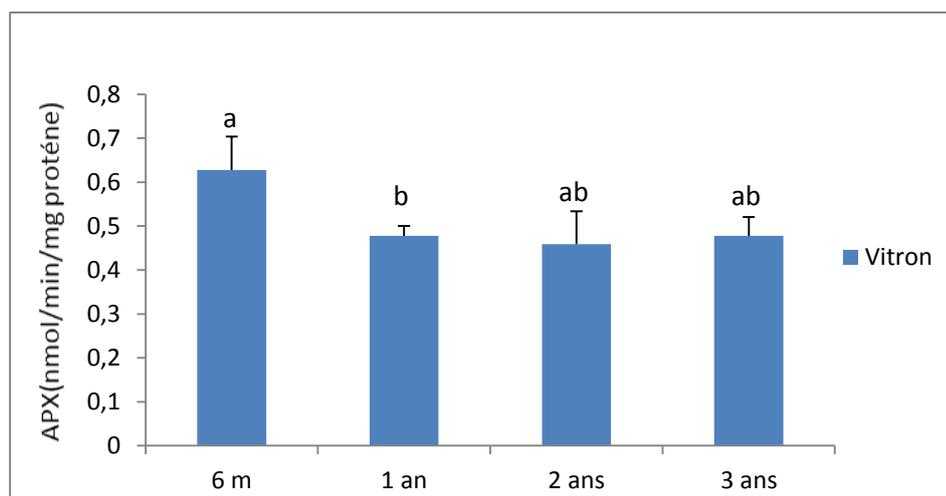
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 43. Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Waha.

La figure (44) illustre l'effet du stockage pendant différentes périodes sur l'activité ascorbate peroxydase des embryons des semences de la variété Vitron.

Les résultats obtenus montrent une diminution de l'activité ascorbate peroxydase chez les semences stockées pendant une longue période par rapport à celles plus récentes.

L'analyse statistique des résultats affiche un effet significatif du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase des embryons de la variété Vitron ($p = 0,025$).

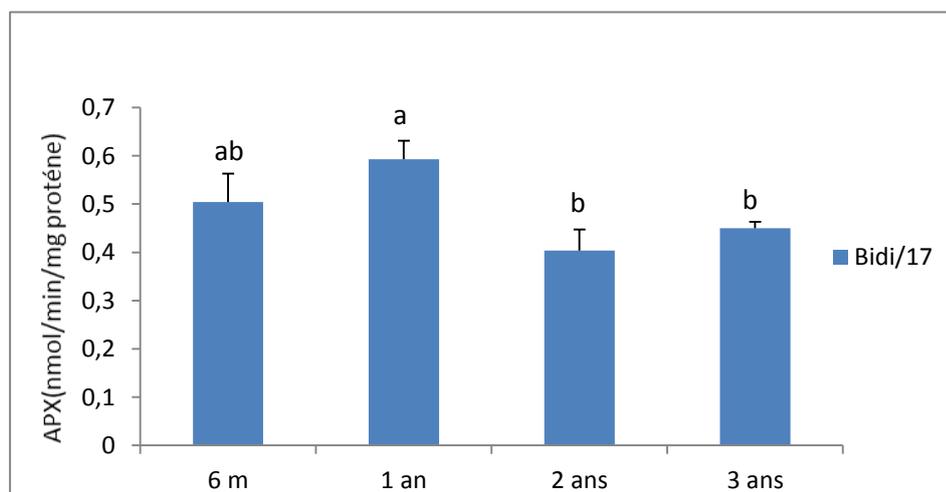


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 44. Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Vitron.

La figure (45) illustre l'effet du stockage pendant différentes périodes sur l'activité ascorbate peroxydase des embryons des semences de la variété Bidi/17.

Nous avons noté une diminution hautement significative ($p = 0,003$) de l'activité ascorbate peroxydase pour les semences de la variété Bidi/17 en fonction des la durée de stockage, sauf pour les semences qui ont été stockées pendant 1 an, où ces dernières enregistrent une augmentation de l'activité ascorbate peroxydase par rapport aux semences de 6 mois de stockage avec 0,59 nmol/min/mg de protéine.



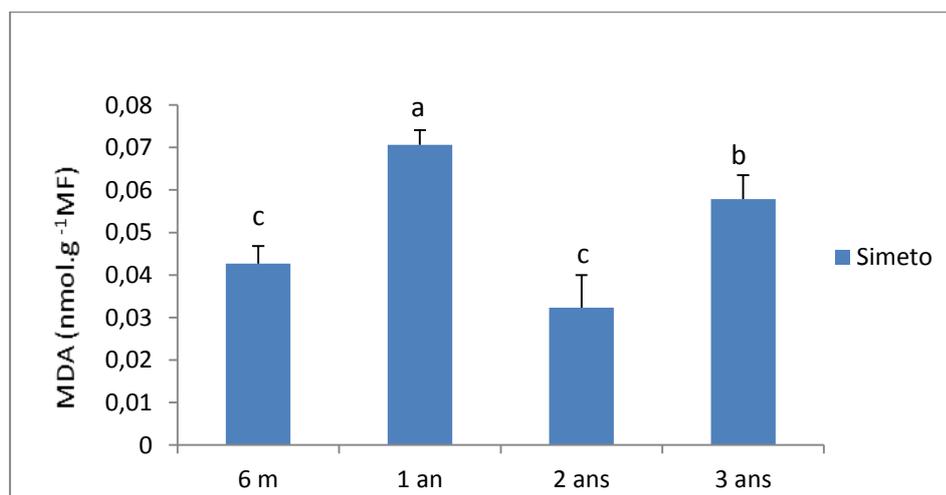
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 45. Effet du stockage sur l'activité ascorbate peroxydase (APX) au niveau des embryons des semences, cv. Bidi/17.

1.1.8. Détermination des concentrations du Malondialdéhyde (MDA) :

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) issues de la dégradation des acides gras des enveloppes des échantillons de la variété Simeto sont présentées dans la figure (46).

Les résultats montrent une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) de la concentration en MDA avec l'augmentation de la durée de stockage. Cependant, les teneurs des semences de 6 mois de stockage sont significativement élevées.

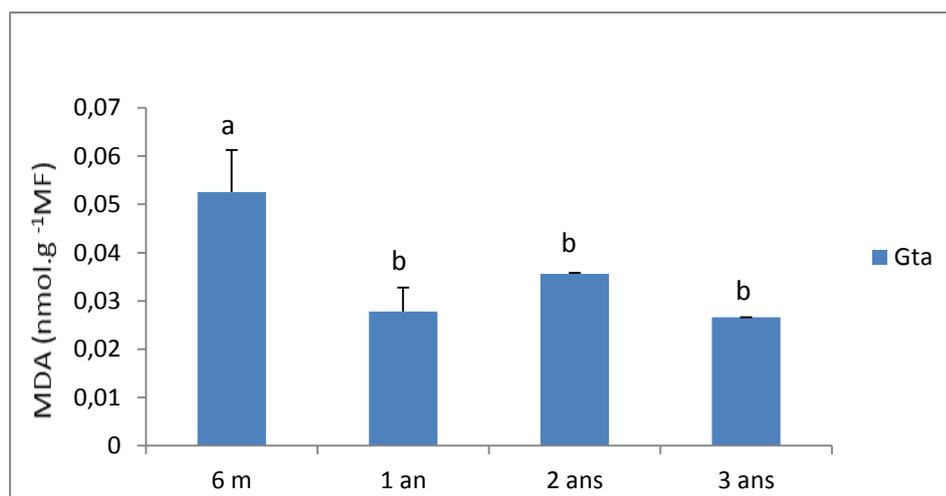


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 46. Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Simeto.

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) issues de la dégradation des acides gras des enveloppes des échantillons de la variété Gta dur sont affichées dans la figure (47).

Les résultats représentés illustrent une diminution hautement significative ($p \leq 0,001$) de la teneur en MDA en fonction de la durée de stockage. La teneur la plus élevée est celle des semences stockées durant 6 mois ; la valeur la plus basse est enregistrée chez les semences de 3 ans de stockage avec $0,026 \text{ nmol.g}^{-1}\text{MF}$.

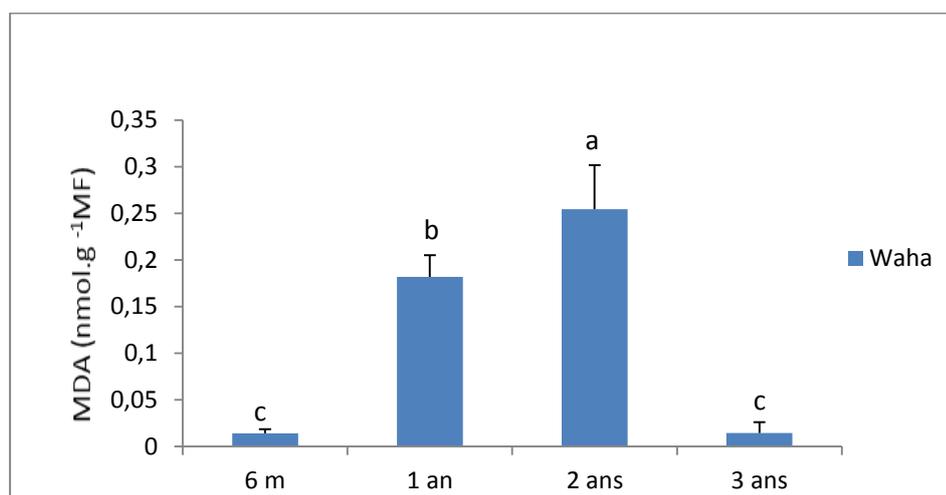


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 47. Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Gta dur.

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) issues de la dégradation des acides gras des enveloppes des échantillons de la variété Waha sont illustrées dans la figure (48).

Nous enregistrons une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) des concentrations en MDA pour les semences stockées 1 an et 2 ans par rapport aux celles stockées 6 mois et 3 ans. Les teneurs les plus basses sont affichées chez les semences de 6 mois de stockage avec seulement $0,014 \text{ nmol.g}^{-1}\text{MF}$.



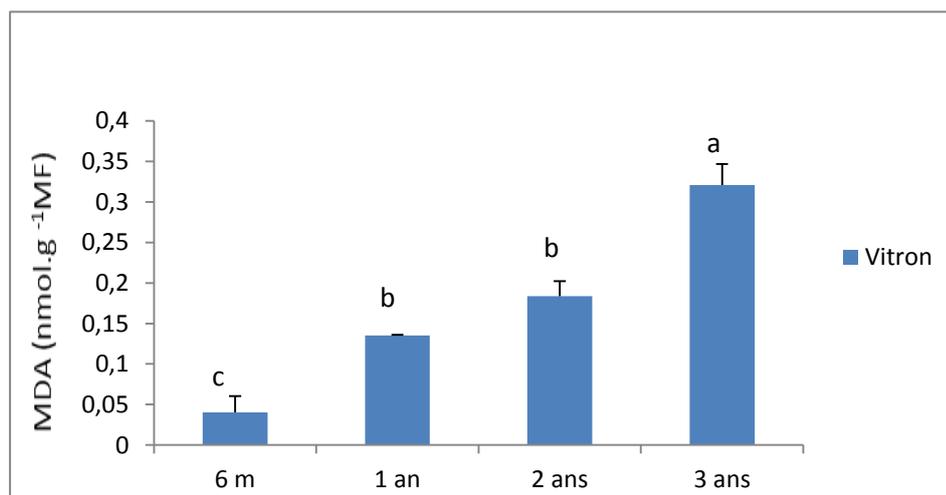
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 48. Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Waha.

Partie III. Résultats et discussion

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) issues de la dégradation des acides gras des enveloppes des échantillons de la variété Vitron sont présentées dans la figure (49).

Nous constatons, d'après les résultats, une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) des concentrations en MDA en fonction de la durée de stockage cette augmentation est de l'ordre de 75 % pour les semences de 3 ans de stockage par rapport aux semences plus récentes (6 mois).

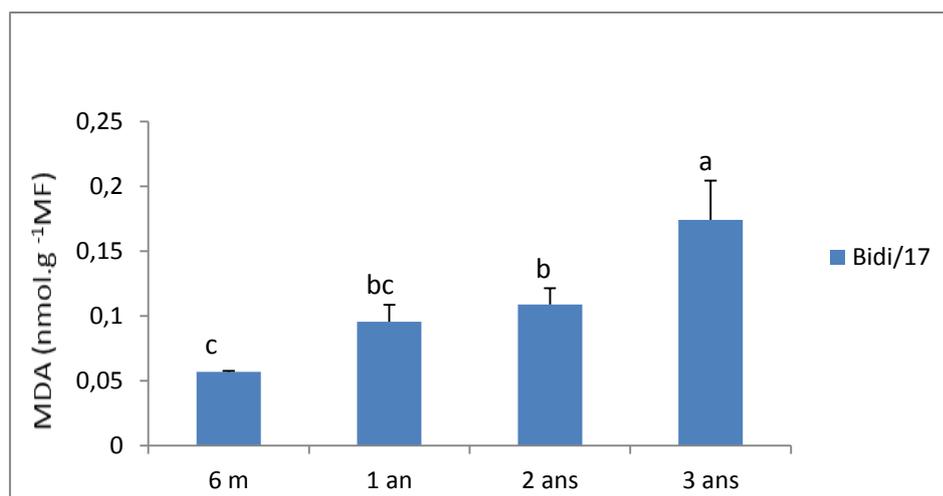


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 49. Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Vitron.

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) issues de la dégradation des acides gras des enveloppes des échantillons de la variété Simeto sont présentées dans la figure (50).

D'après les résultats obtenus une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) est enregistrée au niveau des semences plus vieilles par rapport aux plus récentes. Les teneurs passent de 0,05 nmol.g⁻¹MF chez les semences stockées 6 mois à plus que le double chez les semences de 3 ans de stockage avec 0,17 nmol.g⁻¹ MF.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 50. Effet du stockage sur les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des semences, cv. Bidi/17.

1.2. Effet du stockage sur la plantule

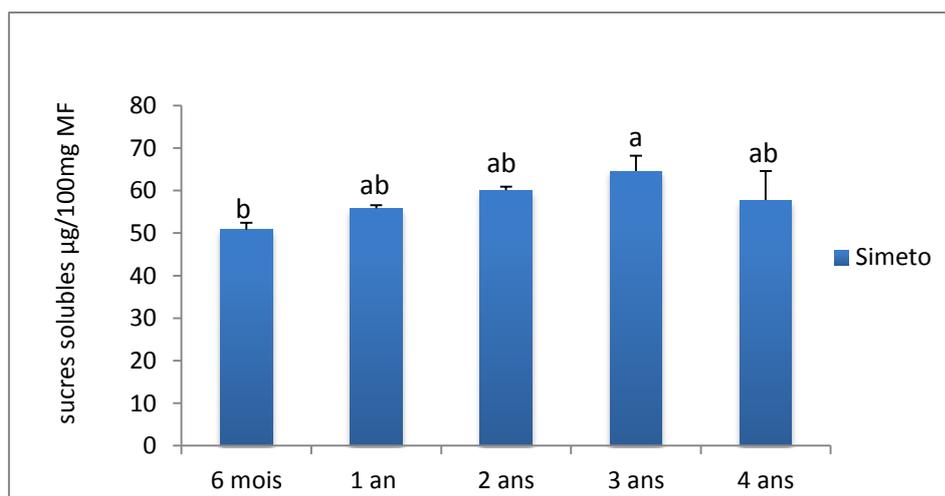
Après la phase de la germination, l'embryon subit des modifications morphologique, physiologique et même à l'état cellulaire pour qu'il puisse se développer en plantule pour ensuite donner une plante entière.

1.2.1. Teneur en sucres solubles :

Les résultats présentés dans les figures ; (51), (52), (53), (54) et (55) montrent l'évolution des concentrations des sucres solubles totaux extraites à partir des feuille des plantules dont leurs semences en été stockées durant différentes années.

La figure (51) met en évidence les variations des taux des sucres solubles totaux dans les feuilles des plantules de la variété Simeto sous l'effet du stockage.

Selon les résultats nous remarquons une augmentation non significatif ($p = 0,071$) du taux des sucres solubles dans les plantules issues de semences stockées 2 ans par rapport à celle plus récentes, les concentrations varient entre (50,85), (55,85) et (60,13) $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ pour 2 ans, 1 an et 6 mois de stockage, respectivement. Les semences les plus vieilles présentent des taux très proche à celles plus récentes

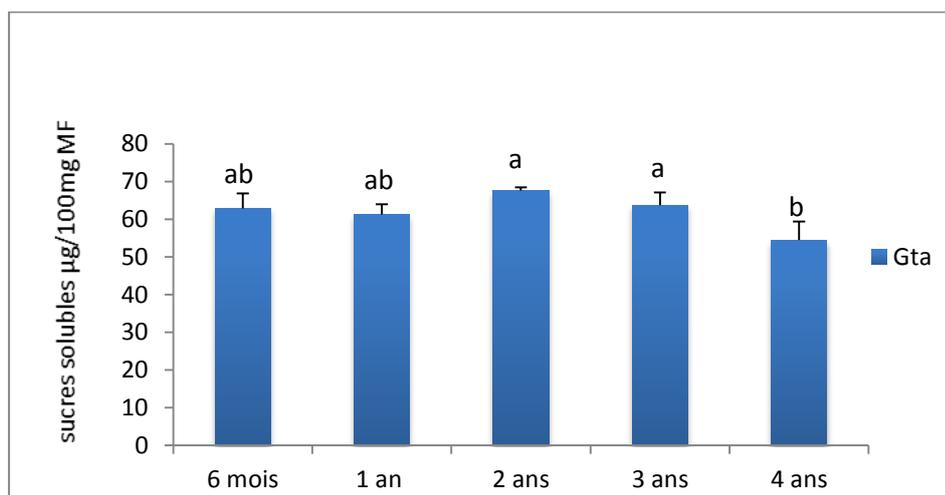


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 51. Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.

La figure (52) est représentative des concentrations en sucres solubles dans les feuilles des plantules de la variété Gta dur.

Les résultats montrent une augmentation en quantité des sucres solubles pour les vieilles semences par rapport à celles plus récentes, cette augmentation significative ($p = 0,011$) est beaucoup plus remarquable chez les semences de 3 ans de stockage avec $63,73 \mu\text{g}/100\text{mg MF}$, celles qui ont été stockées 6 mois enregistrent un taux égale à $62,91 \mu\text{g}/100\text{mg MF}$.



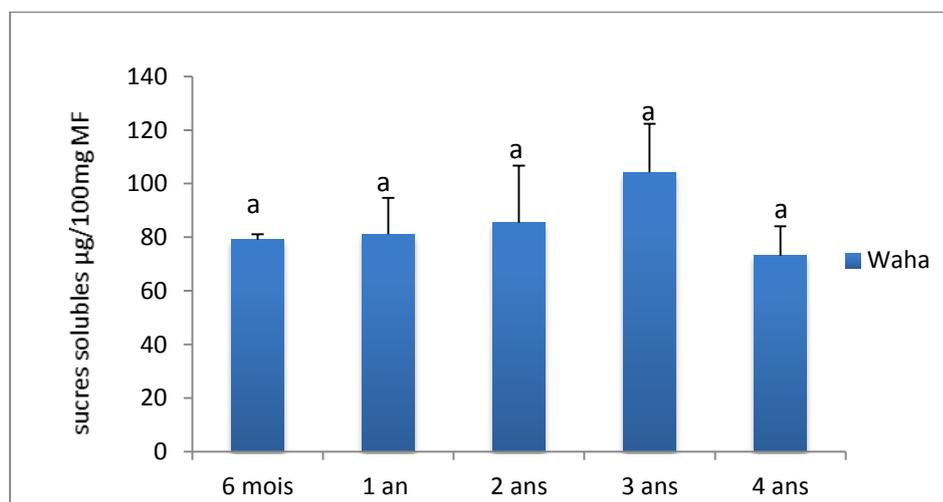
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 52. Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.

Partie III. Résultats et discussion

La figure (53) montre l'effet du stockage sur les concentrations des sucres solubles dans les feuilles des plantules de la variété Waha.

D'après les résultats obtenus il en ressort que les trois premiers âges, à savoir 6 mois, 1 an et 2 ans, enregistrent des taux en sucres solubles très proches dans l'ordre de (79,09), (81,13), et (85,40) $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$, respectivement. Le taux le plus élevé (104,22 $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$) est enregistré chez les semences stockées 3 ans.

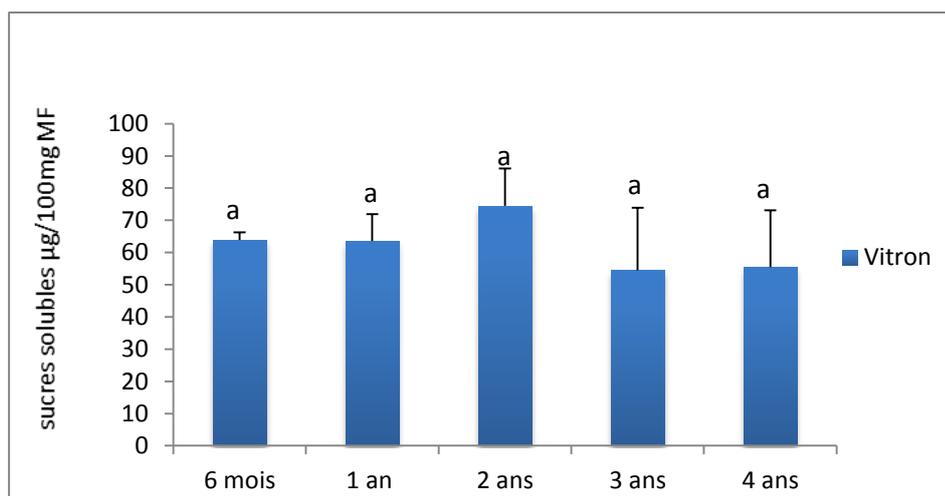


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 53. Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha.

Les résultats obtenus (figure 54), illustrent le contenu en sucres solubles dans les feuilles des plantules de la variété Vitron.

Nos résultats mettent en évidence une augmentation du taux des sucres solubles totaux chez les semences stockées 2 ans, qui passe de ; (74,47) à (63,88) $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ chez celles les plus récentes. Par contre, les semences les plus vieilles, celles de 3 ans et de 4 ans de stockage, enregistrent une diminution par rapport aux autres âges, l'analyse statistique des résultats affiche des différences non significatives entre les différents âges étudiés.

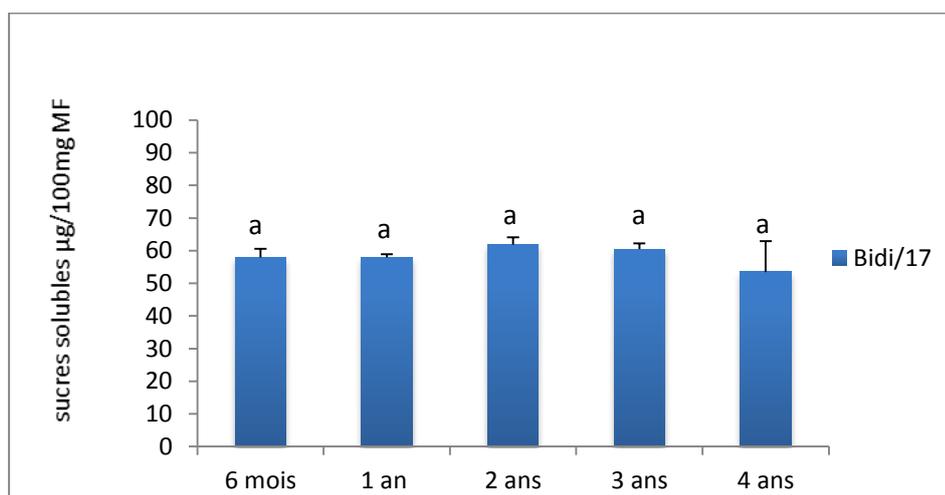


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 54. Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.

Les contenus en sucres solubles extraient des feuilles des plantules de la variété Bidi/17 sont montrés dans la figure (55). Selon nos résultats, nous remarquons une augmentation non significative ($p > 0,05$) du taux des sucres solubles en fonction de la période de stockage dans l'ordre de (57,88), (57,94), (61,8), (60,43) et (53,46) µg/100mg MF.

Nos résultats montrent également que les semences stockées durant 4 ans représentent le taux le plus bas en sucres totaux.



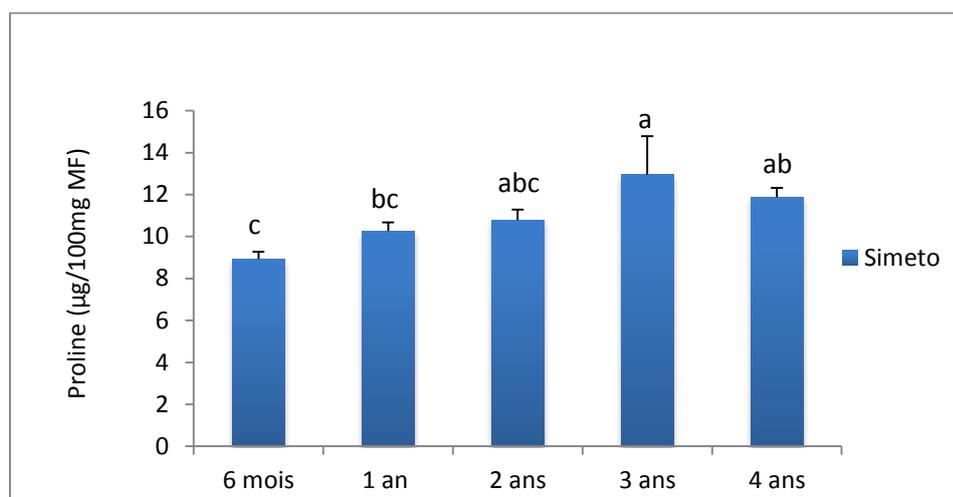
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 55. Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.

1.2.2. Teneur en proline :

La figure (56) met en évidence l'influence du stockage sur la biosynthèse et l'accumulation de la proline dans les feuilles des plantules de la variété de blé dur Simeto.

Nos résultats révèlent des différences hautement significatives ($p= 0,003$) des concentrations en proline en fonction de l'âge des semences, ainsi les semences stockées pendant 6 mois ont le taux le plus bas avec $8,92 \mu\text{g}/100\text{mg MF}$. En revanche, ce taux s'augmente pour les semences de 4 ans de stockage avec $11,88 \mu\text{g}/100\text{mg MF}$.

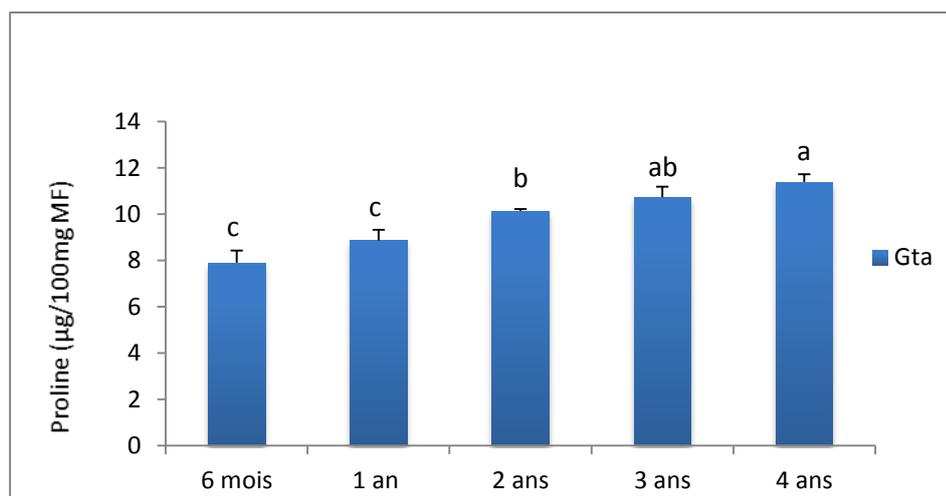


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 56. Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.

La figure (57) représente l'effet du stockage sur le contenu en proline dans les feuilles des plantules de la variété Gta dur.

Selon nos résultats, nous constatons que les taux en proline s'augmentent en fonction de l'âge des semences. La valeur minimale ($7,3 \mu\text{g}/100\text{mg MF}$) est enregistrée chez les semences stockées 6 mois, ainsi les semences les plus vieilles affichent la valeur maximale avec $11,39 \mu\text{g}/100\text{g MF}$.

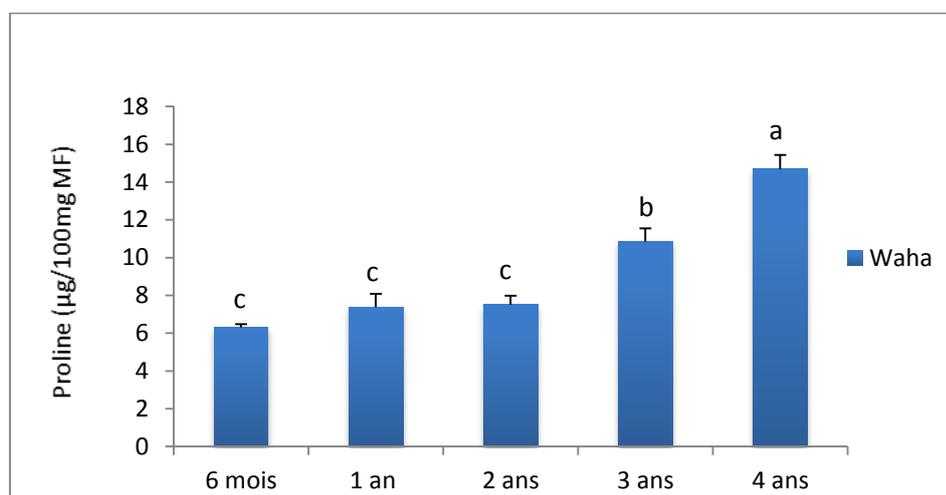


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 57. Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.

L'effet du stockage sur le taux de la proline dans les feuilles des plantules de la variété de blé dur Waha est illustré dans la figure (58).

L'analyse statistique des résultats montre une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) du taux de la proline dans les feuille issue de semences vieilles par rapport à celles plus récentes, cette augmentation passe de 6,3 µg/100mg MF pour les semences de 6 mois de stockage à 14,67 µg/100mg MF chez les semences stockées 4 ans.



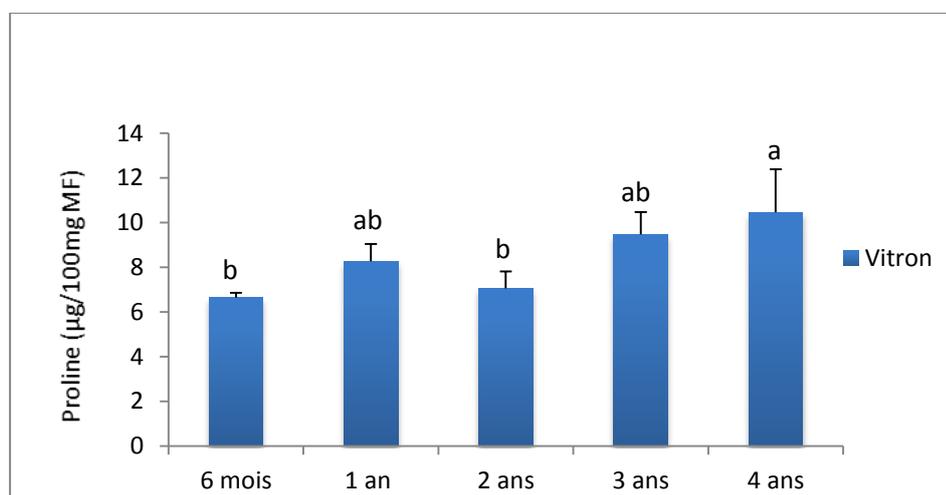
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 58. Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha.

Partie III. Résultats et discussion

Les résultats de la concentration en proline dans les feuilles de la variété Vitron sont présentés sur la figure (59).

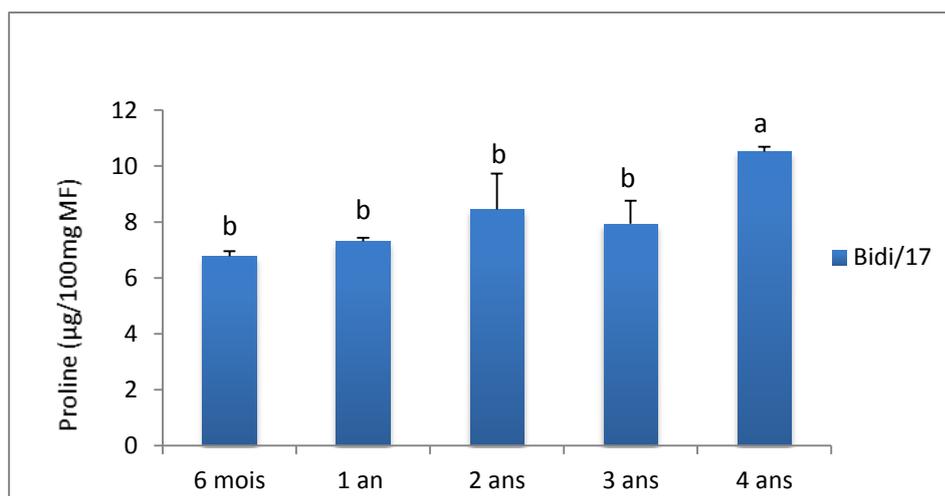
Nous remarquons une augmentation hautement significative ($p= 0,008$) pour cet osmoprotecteur dans les plantules les plus vieilles, cependant l'augmentation est moins visible chez les plantules issues de 2 ans de stockage.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 59. Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.

Les résultats obtenus dans la figure (60) montrent qu'au niveau des feuilles des plantules de la variété Bidi/17, le stockage a provoqué une stimulation de la production de la proline, les taux augmentent d'environ 22 % pour les semences les plus vieilles par rapport au plus récentes. L'analyse statistique des résultats montre des différences très hautement significatives ($p= 0,001$)



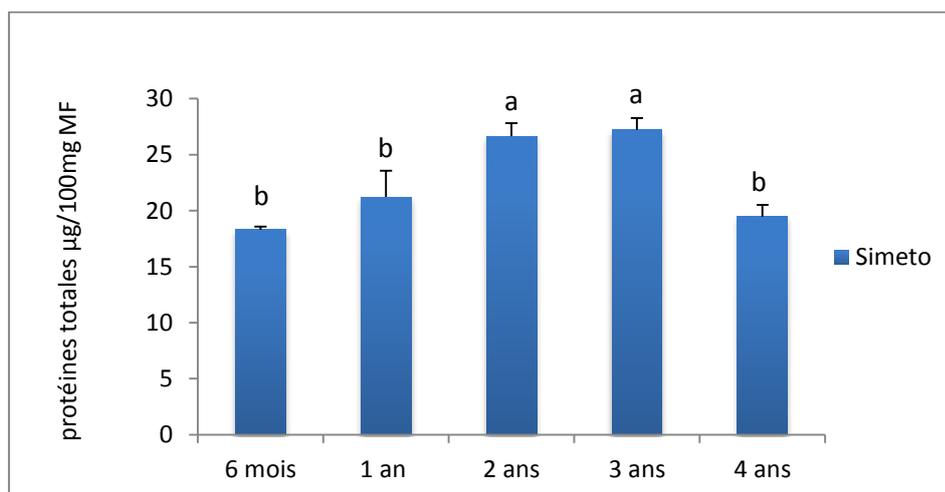
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 60. Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantules, cv. Bid/17.

1.2.3. Teneur en protéines totales :

Les contenus en protéines totales dans les feuilles des plantules de la variété Simeto sont représentés dans la figure (61).

Nos résultats montrent une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) des taux en protéines dans les vieilles plantules où la valeur maximale (27,21 µg/100mg MF) est enregistrée chez les plantules stockées 3 ans. Par contre, la concentration des protéines totales diminue dans les plantules stockées 4 ans par rapport aux celles stockées 2 ou 3 ans.



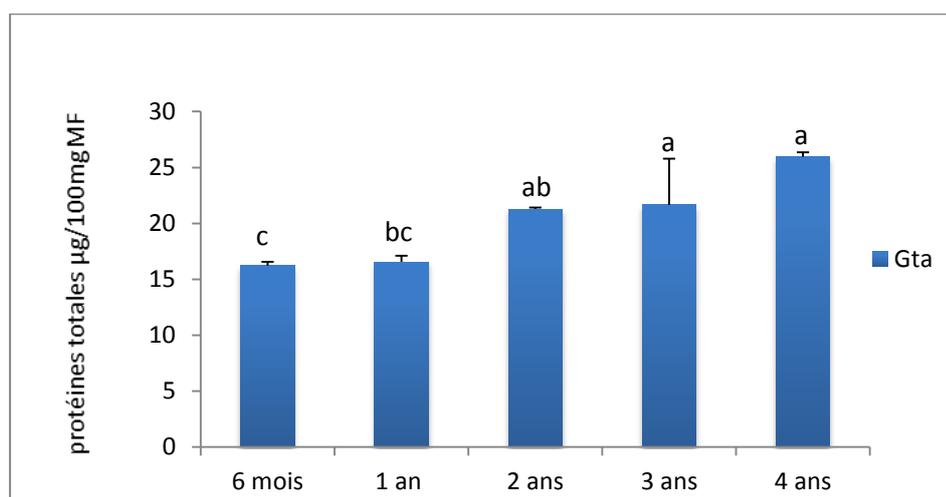
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 61. Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.

Partie III. Résultats et discussion

La figure (62) met en évidence l'effet du stockage sur la synthèse des protéines totales dans les feuilles des plantules de la variété Gta dur.

D'après les résultats, nous constatons que le stockage provoque une augmentation très hautement significative de la synthèse des protéines ($p \leq 0,000$). Cette augmentation est d'environ 24% pour les semences âgées de 4 ans par rapport à celles stockées pendant 6 mois.

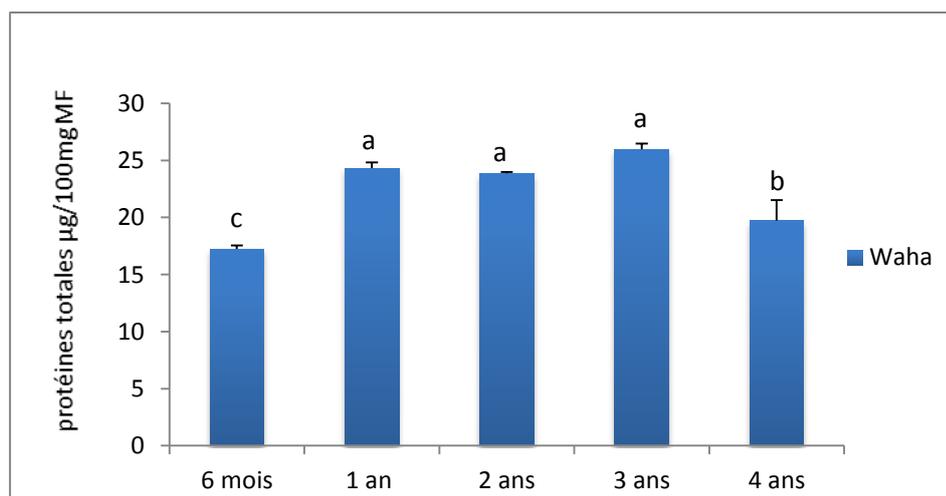


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 62. Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.

La figure (63) montre l'effet du stockage sur la synthèse des protéines totales pour la variété Waha.

Nous remarquons que le stockage provoque une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) des concentrations de la proline dans les feuilles des plantules de blé.

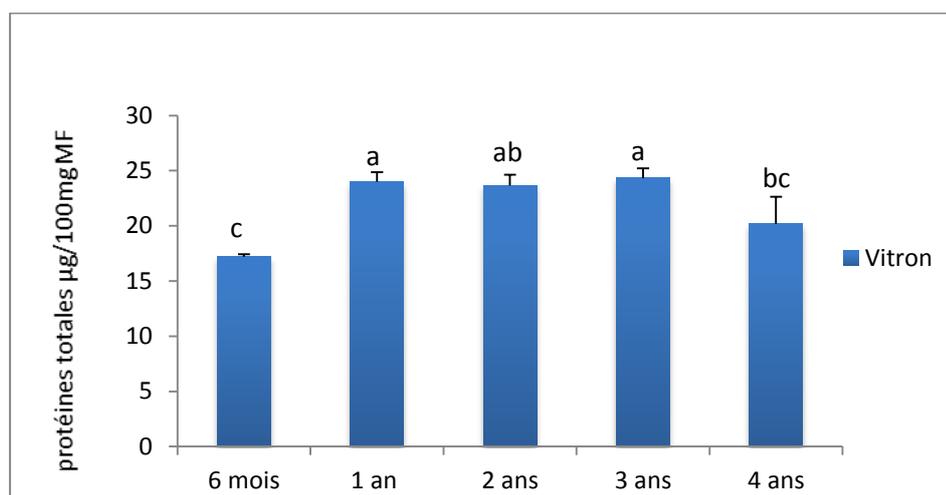


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 63. Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha.

L'effet du stockage sur les concentrations des protéines totales dans les feuilles des plantules de la variété de blé dur Vitron est présenté dans la figure (64).

Les résultats indiquent une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,000$) des taux en protéine totales pour les vieilles semences par rapport au celles plus récentes, ces taux varient entre 17,21 $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ chez les semences stockées 6 mois et 24,31 $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ pour 3 ans de stockage.

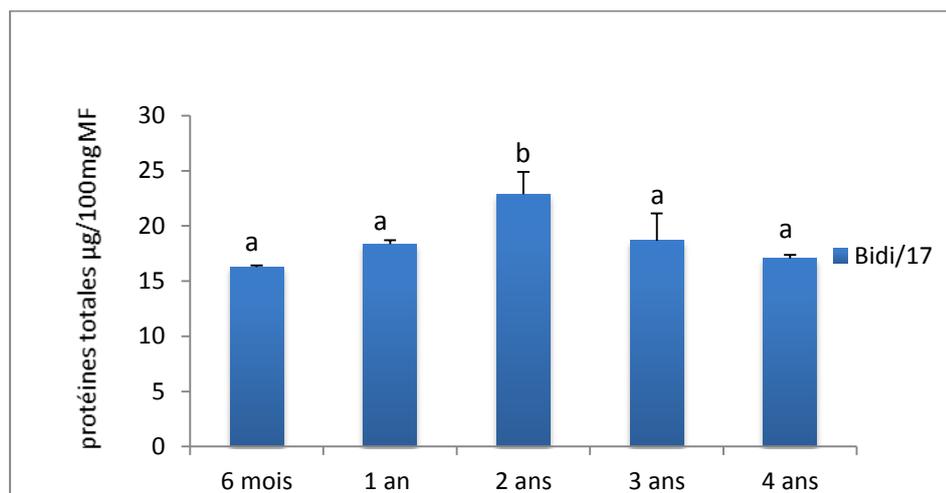


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 64. Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.

Les concentrations des protéines totales dans les feuilles des plantules de la variété Bidi/17 est affichées sur la figure (65).

Les résultats illustrent une stimulation de la synthèse et/ou l'accumulation des protéines totales dans les feuilles des plantules vieilles par rapport à celles plus récentes, les concentrations des protéines atteignent un niveau maximal à 3 ans de stockage. Toutefois, nous notons une légère augmentation au niveau des semences âgées de 4 ans par rapport à celles stockées 6 mois.

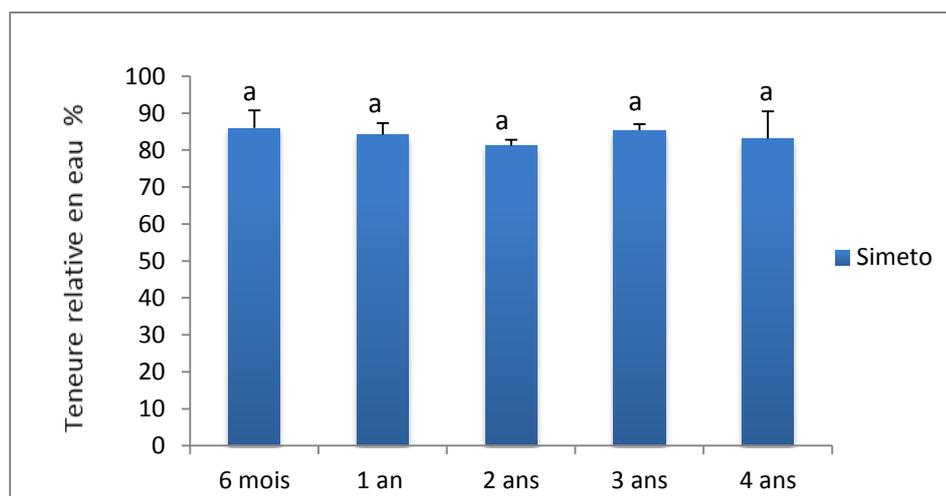


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 65. Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.

1.2.4. Teneur relative en eau (RWC) :

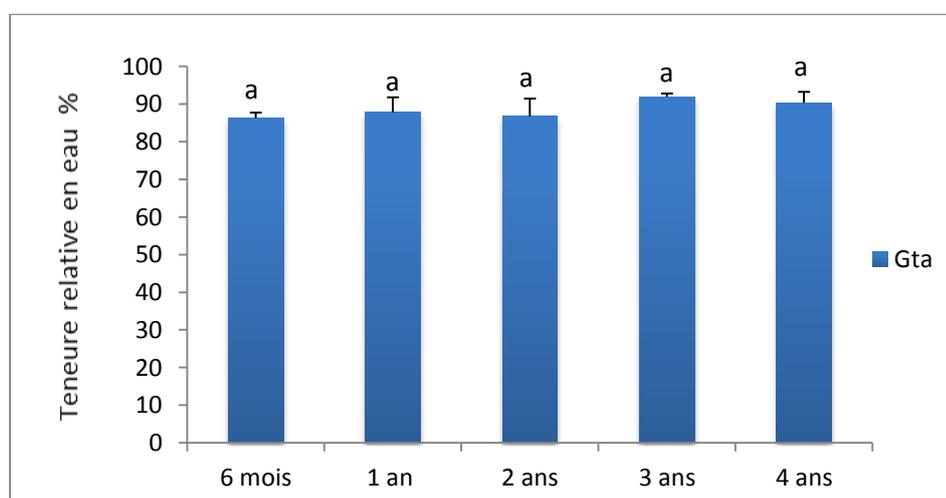
Les résultats représentés dans la figure (66) montrent l'effet du stockage sur les teneurs relatives en eau des feuilles des plantules de la variété Simeto .Le RWC a varié non significativement entre les variétés étudiées ($p > 0,6$). Une légère diminution est enregistrée chez les semences stockées 1 an et 2ans par rapport à celles stockées 6 mois. En outre, ces teneurs ont augmentées pour les semences les plus vieilles.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 66. Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Simeto.

La figure (67) met en évidence l'effet du stockage sur la teneur relative en eau des feuilles des plantules de la variété de blé dur Gta dur. La teneur relative en eau des feuilles des plantules augmente de façon non significative chez les semences vieilles par rapport aux semences plus récentes ($p = 0,2$). Cette légère augmentation est estimée d'environ 4% pour les semences âgées de 3 ans et 2% pour celles qui ont été stockées durant 4 ans.

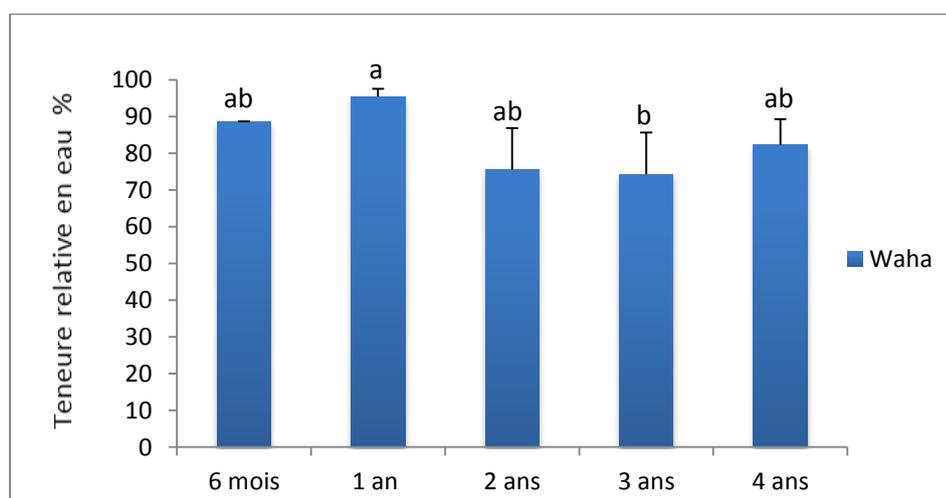


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 67. Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Gta dur.

Partie III. Résultats et discussion

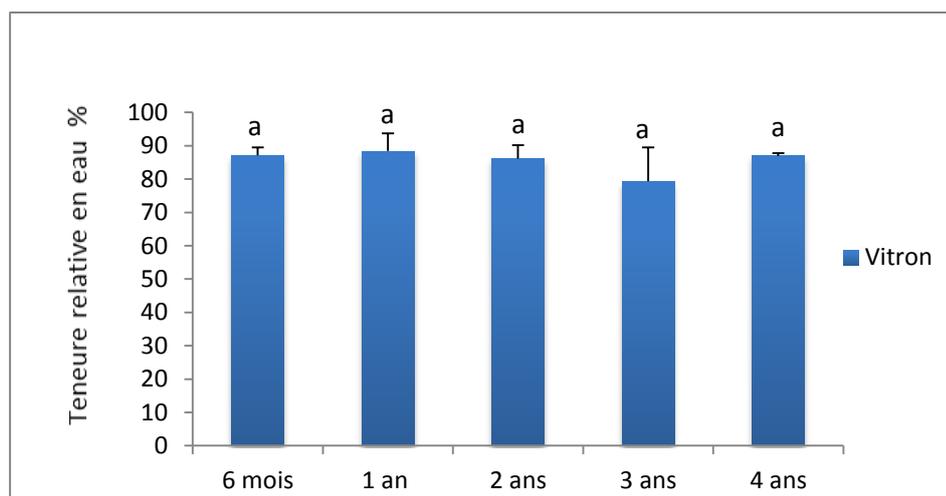
La figure (68) montre les variations de la teneur relative en eau des feuilles des plantules de la variété Waha stockées durant différentes durées. Selon les résultats, nous notons une diminution significative de l' RWC des plantules de blé dur vieilles par rapport à celles plus récentes ($p= 0,03$). En effet, cette réduction est d'environ 8 % pour les semences stockées 3 ans. Cependant, les semences qui ont été stockées un an enregistrent une augmentation d'environ 4% par rapport aux plus récentes.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 68. Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Waha.

L'effet du stockage sur la teneur relative en eau des feuilles des plantules de la variété Vitron est représenté dans la figure (69). Selon les résultats, nous notons des teneurs relatives en eau variable selon les différentes périodes de stockage étudiées, les valeurs oscillent entre 90% et 80%. L'analyse statistique confirme l'existence d'un effet non significatif du stockage sur ce paramètre ($p= 0,34$).

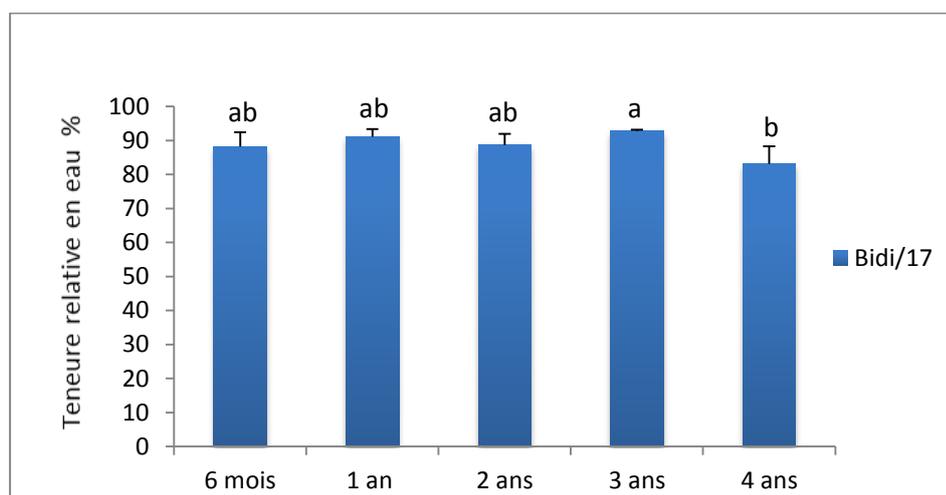


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 69. Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Vitron.

L'histogramme représenté dans la figure (70) illustre l'effet du stockage sur les teneurs relatives en eau des feuilles des plantules de la variété Bidi/17.

Les résultats montrent une légère augmentation non significative des teneurs en eaux des feuilles des plantules plus vieilles ($p = 0,056$). Toutefois, nous remarquons une diminution des teneurs chez les plantules issues de semences stockées 4 ans par rapport à celles de 6 mois de stockage, cette diminution est estimée d'environ 2%.

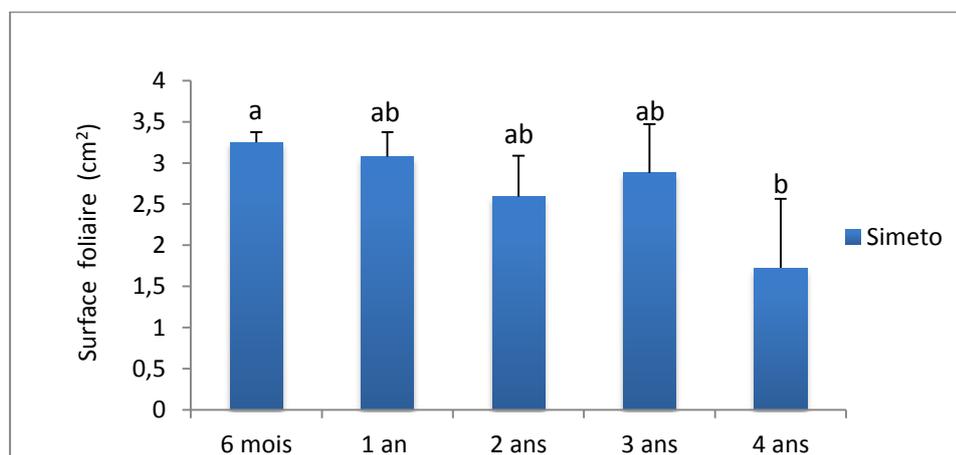


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 70. Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau (RWC) au niveau des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.

1.2.5. Surface foliaire :

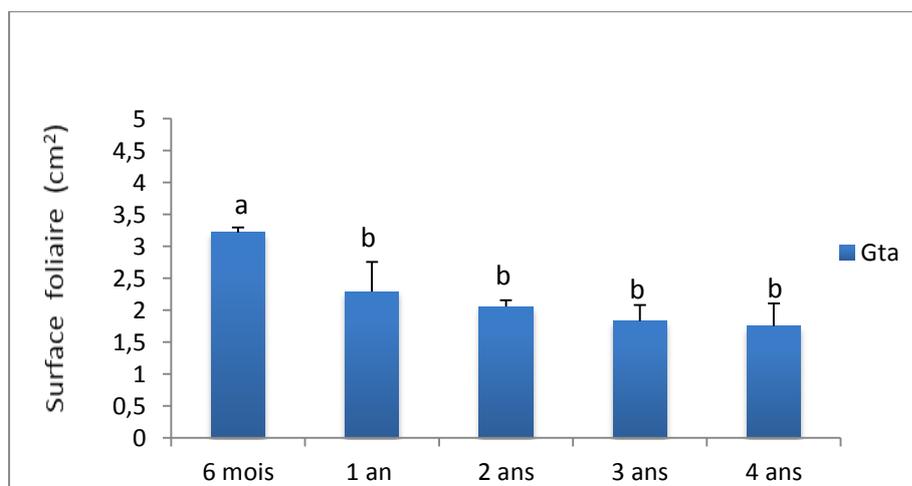
La figure (71) montre l'effet du stockage durant différentes périodes sur la surface foliaire des plantules de la variété Simeto. D'après les résultats, nous observons une diminution significative ($p= 0,03$) de la surface foliaire pour les plantules issues de semences stockées plusieurs années, les valeurs passe de $3,25 \text{ cm}^2$ chez les semences stockées 6 mois à $1,72 \text{ cm}^2$ chez les semences les plus vieilles dans cette étude.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 71. Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Simeto.

Les résultats des calculs de la surface des feuilles des plantules de la variété Gta dur sont représentés dans la figure (72). Une diminution très hautement significative ($p= 0,001$) de la surface foliaire en fonction de l'âge des semences est obtenue, cette diminution est estimée d'environ 30% chez le lot le plus vieux par rapport à celui plus récent.

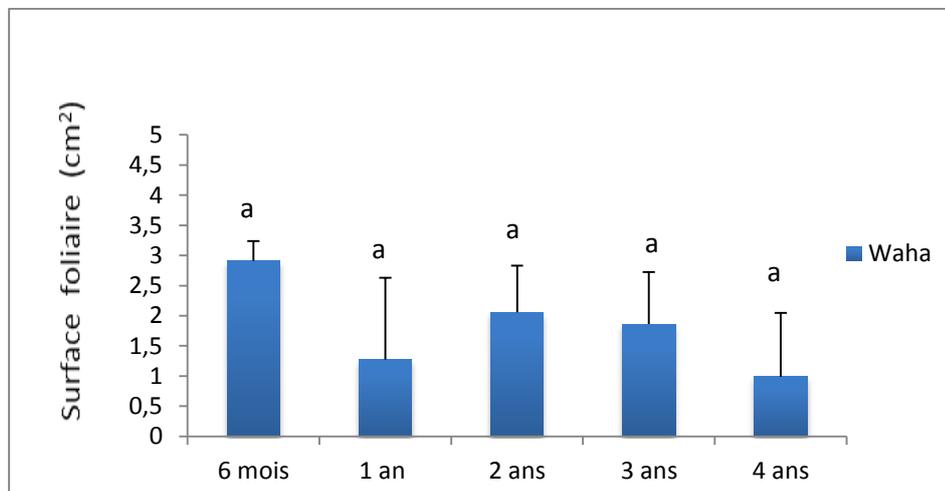


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 72. Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Gta dur.

Partie III. Résultats et discussion

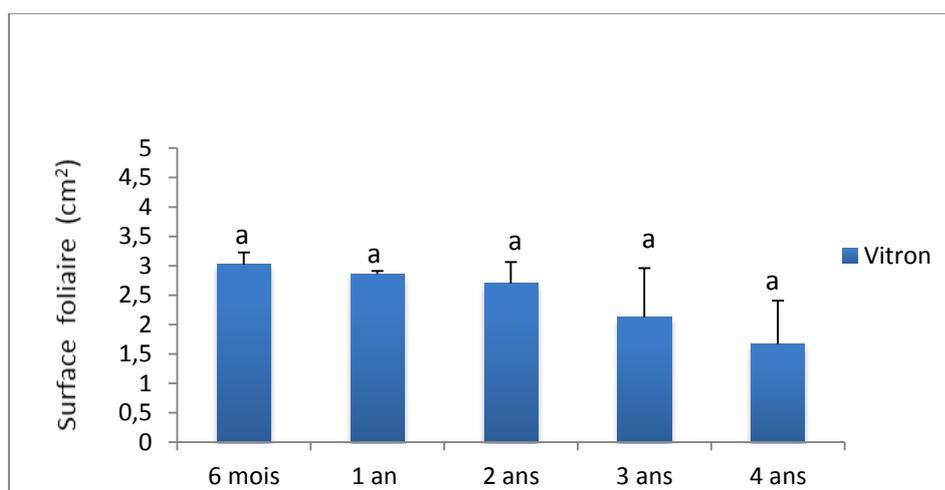
La figure (73) montre les variations de la surface foliaire des plantules de la variété de blé dur Waha. Une diminution non significative ($p=0,18$) est observée chez les plantules les plus vieilles par rapport aux plus récentes. Cette réduction atteint son niveau maximal chez les semences qui ont subi 4 ans de stockage.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 73. Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Waha.

La figure (74) met en évidence l'effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules de la variété de blé dur Vitron. La surface des feuilles des plantules diminue de façon non significative ($p=0,056$) chez les lots de semences plus vieilles par rapport aux lots récents. Les résultats passent de $3,01\text{ cm}^2$ chez les semences récentes à $1,66\text{ cm}^2$ chez celles stockées 4 ans.

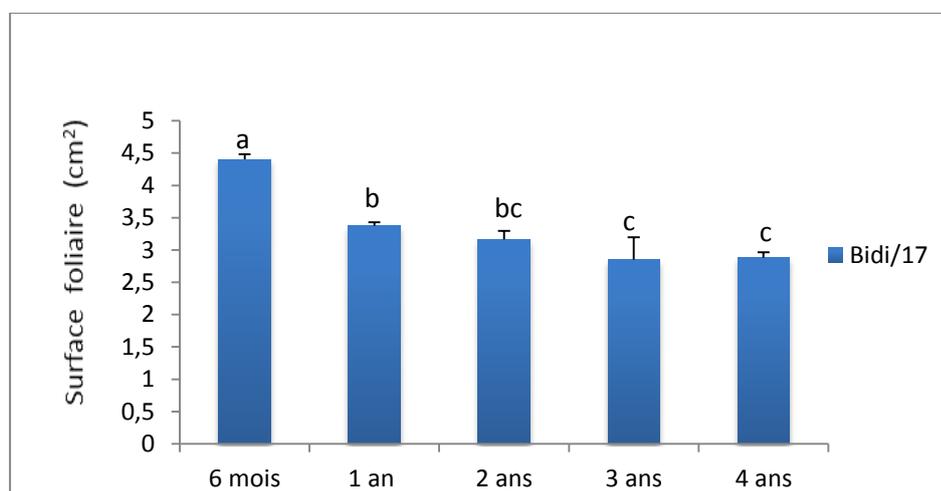


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 74. Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Vitron.

La Figure (75) ci-dessous, présente les résultats des mesures de la surface foliaire des plantules de la variété Bidi/17 en fonction des durées de stockage.

Nos résultats montrent une diminution très hautement significative ($p=0,000$) de la surfaces des feuilles étudiées. Cependant, cette diminution est plus accentuée chez les plantules issues de 4 ans de stockage, elle est estimée d'environ 20 % par rapport aux semences récentes.



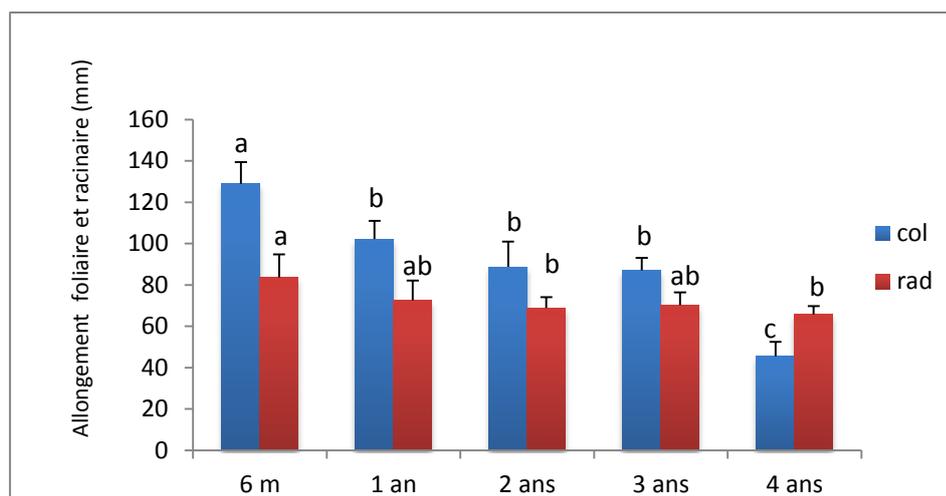
Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 75. Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantules, cv. Bidi/17.

1.2.6. Longueurs des plantules :

Concernant l'élongation foliaire et racinaire, la figure (76) montre l'influence du stockage sur les longueurs moyennes des coléoptiles et des racicules des plantules de la variété Simeto. Cette influence se manifeste par la diminution des longueurs des deux organes en fonction de l'âge des semences. Ainsi, la partie aérienne semble être la partie la plus affectée par le stockage.

L'analyse statistique des résultats met en évidence un effet très hautement significatif du stockage sur les coléoptiles ($p\leq 0,000$), ainsi qu'un effet significatif sur les racicules ($p=0,012$).

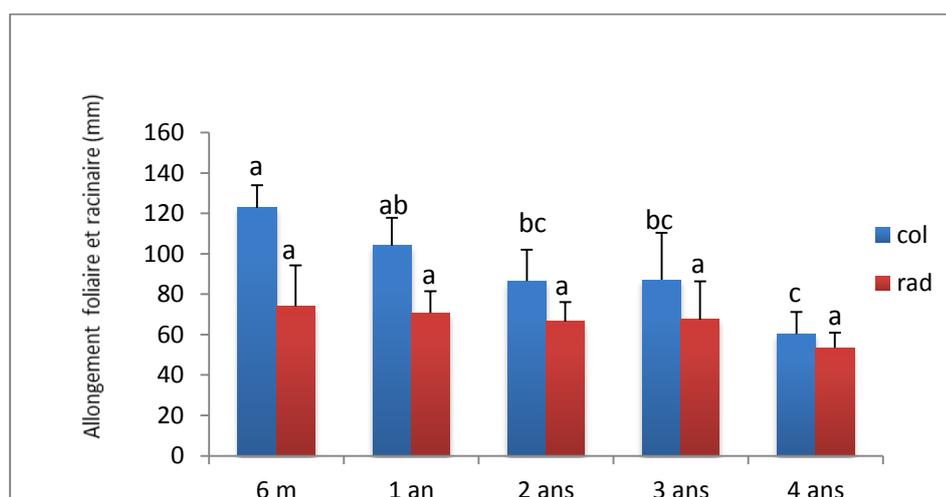


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 76. Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Simeto.

La figure (77) illustre l'effet du stockage sur l'élongation des coléoptiles et des radicules des plantules de la variété Gta dur.

Il est à noter que les longueurs moyennes des coléoptiles des semences stockées plus d'une année ont été diminuées de façon très hautement significative ($p \leq 0,000$), les longueurs passent de 122,77 cm chez les plantules récentes à 60,33 cm chez celles les plus vieilles. Cependant, une légère diminution est observée pour la partie souterraine, elle est estimée d'environ 16% chez les semences stockées 4 ans par rapport à celles plus récentes.

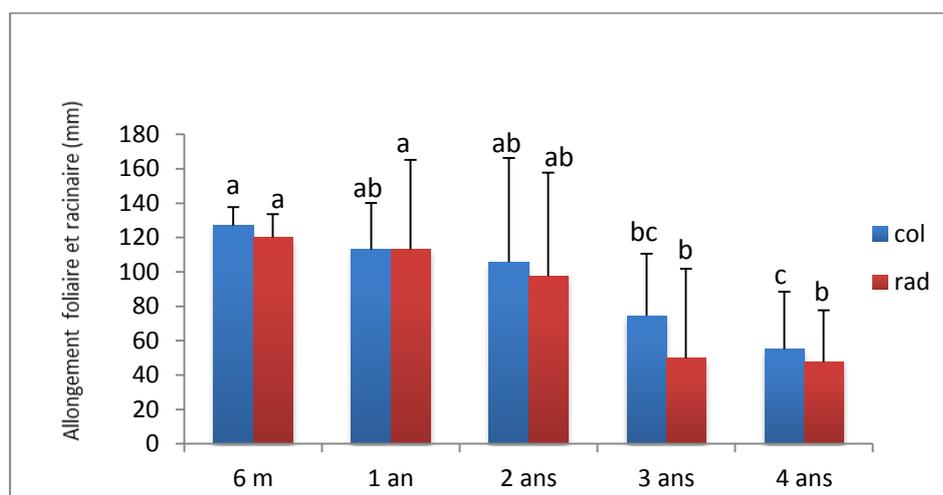


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 77. Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Gta dur.

Partie III. Résultats et discussion

Les résultats représentés dans la figure (78) montrent l'effet du stockage sur les longueurs des racicules ainsi que des coléoptiles des plantules de la variété de blé dur Waha. Les longueurs moyennes des racicules et des coléoptiles des semences de blé stockées plusieurs années diminuent de manière hautement significative par rapport aux plantes témoins ($p < 0,01$). En effet, La réduction de l'élongation foliaire est estimée à 40% chez les feuilles les plus vieilles, ainsi que l'élongation racinaire passe de 120 cm chez les témoins à 47,66 cm chez les plantules vieilles.

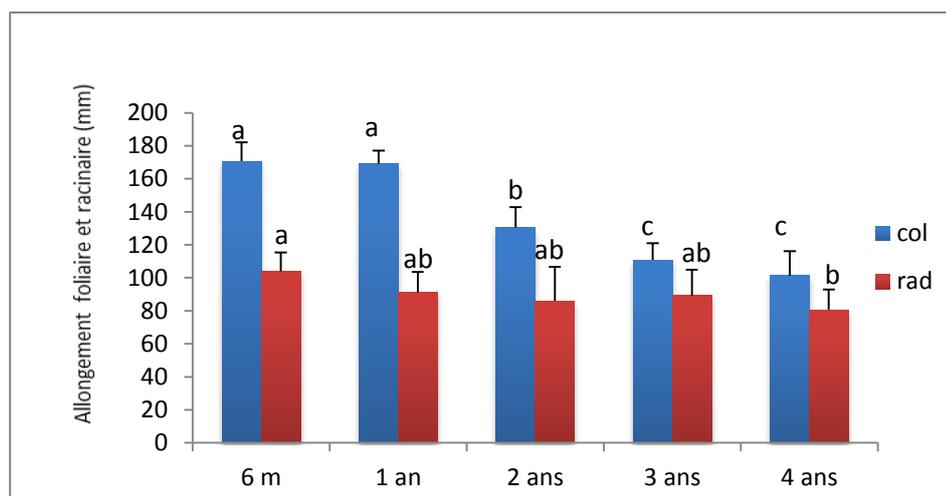


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 78. Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Waha.

La figure (79) met en évidence l'effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire chez la variété Vitron. D'après les résultats obtenus, nous avons observé une diminution progressive des longueurs des coléoptiles dans l'ordre de 169,2, 130,5, 110,8 et 101,3 cm pour les durées ; 1an, 2 ans, 3 ans et 4 ans respectivement, cette diminution est d'une façon très hautement significative ($p \leq 0,000$). En outre, l'élongation racinaire passe de 104 cm chez les récentes semences à 80,77 cm chez les plus vieilles.

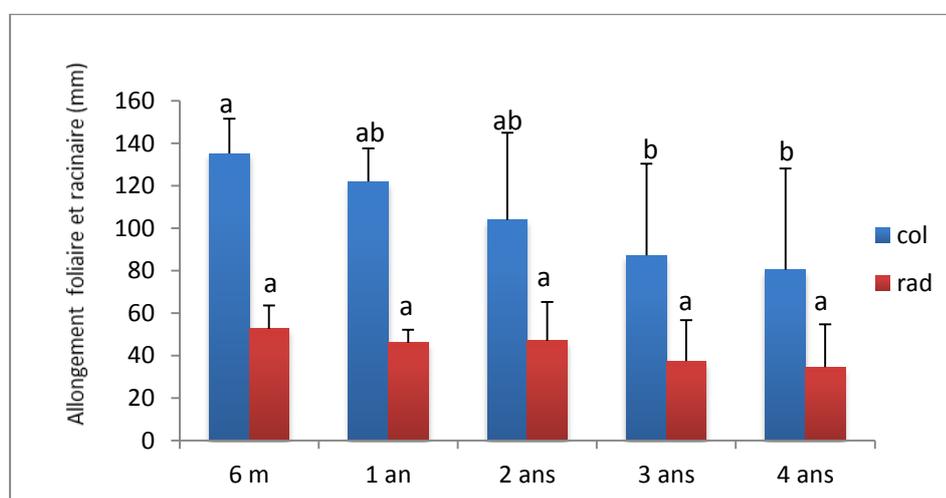
Partie III. Résultats et discussion



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 79. Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Vitron.

Les résultats représentés dans la figure (80) montrent l'effet du stockage sur l'élongation des différents organes des plantules de la variété Bidi/17. Nous remarquons que les longueurs moyennes des feuilles des plantules stockées plusieurs années diminuent de manière significative par rapport aux plantules plus récentes ($p = 0,011$). Cependant, la diminution de l'élongation foliaire est d'environ 26% pour les semences les plus âgées. Ainsi, la diminution de l'élongation racinaire est estimée à 20% chez les semences les plus vieilles.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

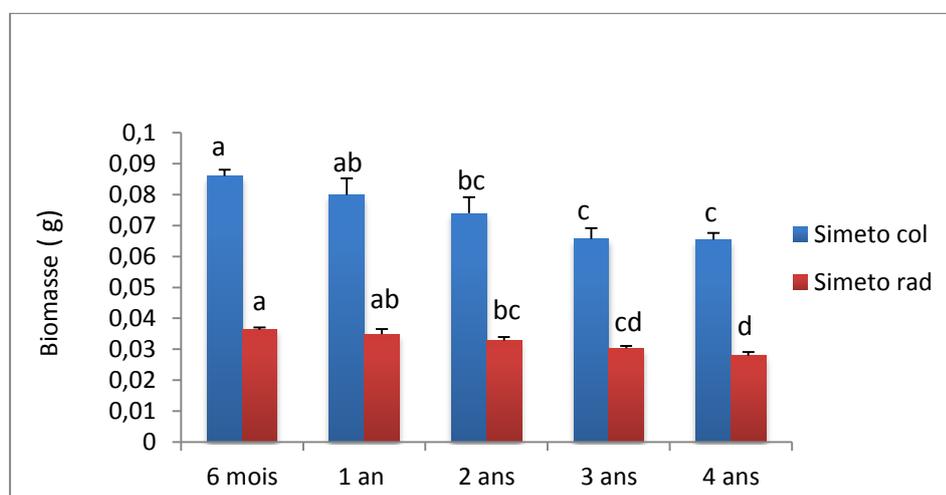
Figure 80. Effet du stockage sur l'élongation foliaire et racinaire des plantules, cv. Bidi/17.

1.2.7. Biomasse :

La figure (81) représente l'effet du stockage sur la biomasse des deux parties, aérienne et souterraine, des plantules de la variété de blé dur étudiée Simeto.

En ce qui concerne ce paramètre, les pourcentages de diminution sont moins importants pour les racines en comparaison avec les coléoptiles. Toutefois, l'analyse de la variance montre des différences très hautement significative ($p \leq 0,000$), le plus grand poids des coléoptiles est enregistré chez les semences récentes avec 0,086g, alors qu'il atteint 0,065g chez les semences les plus vieilles.

La biomasse des racines oscille entre 0,036 et 0,028 g pour respectivement les semences de 6 mois et 4 ans de stockage.

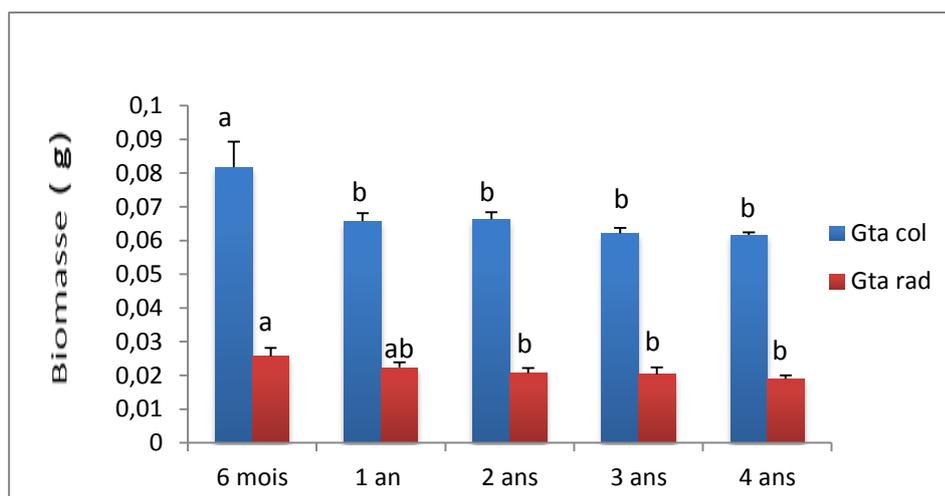


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 81. Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Simeto.

Les résultats de la biomasse pour les coléoptiles et les racines des plantules de la variété Gta dur sont consignés dans la figure (82).

Nous pouvons constater une diminution très hautement significative de la biomasse pour les coléoptiles sous l'effet du stockage ($p \leq 0,000$), au même temps, nous enregistrons une diminution hautement significative chez les racines ($p \leq 0,01$). Cette diminution est d'environ 14% chez les coléoptiles des semences âgées de 4 ans, alors qu'elle n'atteint pas les 15% pour les racines des mêmes plantules par rapport aux semences plus récentes.

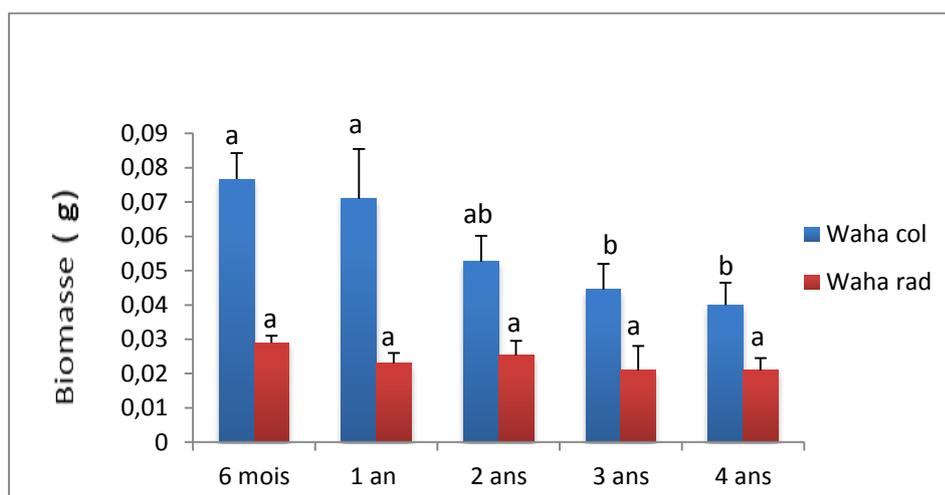


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 82. Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Gta dur.

La figure (83) illustre l'effet du stockage sur le poids sec des coléoptiles et des racicules des plantules de la variété Waha.

La plus faible biomasse est constatée chez les semences qui viennent du lot stocké 4 ans, ainsi la plus forte valeur est observée chez les plantules provenant des semences plus récentes. L'analyse statistique des résultats montre des différences non significative pour les racicules ($p = 0,19$), ainsi des différences hautement significatives ont été enregistrées pour les coléoptiles ($p = 0,002$).

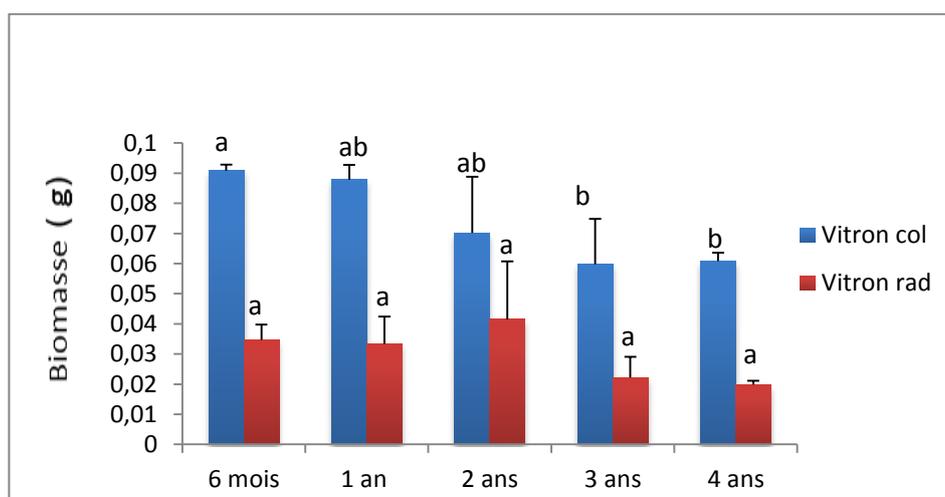


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 83. Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Waha.

Partie III. Résultats et discussion

Pour les résultats de la biomasse des plantules de la variété Vitron, affichés dans le figure (84), nous remarquons une diminution non significative chez les coléoptiles en fonction de la durée du stockage ($p= 0,015$), cette diminution est d'environ 20 % chez les semences stockées 3 et 4 ans. Par contre, nous enregistrons une augmentation du poids sec des racicules pour les semences ayans 1 et 2 ans de stockage par rapport aux celles plus récentes, où le poids le plus élevé 0,041 g est celle des semences stockées 2 ans, cependant les poids diminuent chez les semences qui ont été stockées 3 et 4 ans avec un poids égale à 0,022 et 0,019 g respectivement.

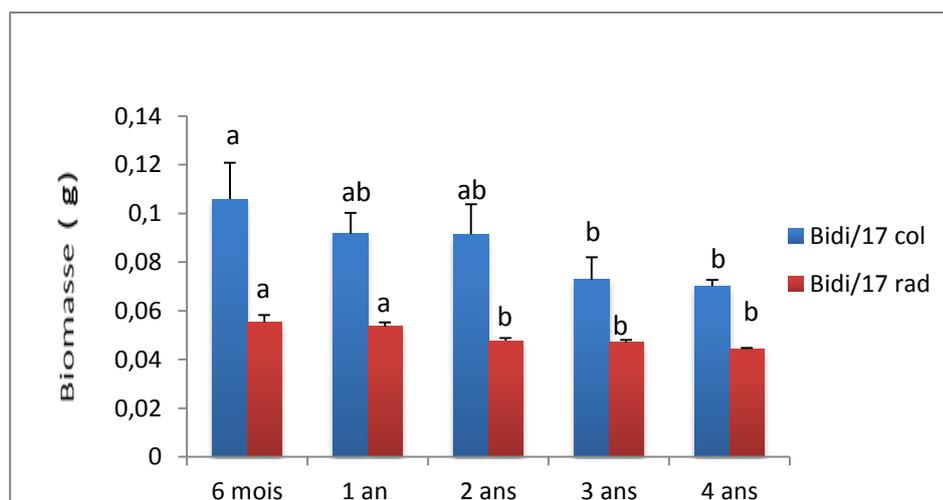


Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p<0,05$ (test de Tukey).

Figure 84. Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Vitron.

La figure (85) ci-dessous est représentative des résultats de la biomasse des plantules de la variété Bidi/17 en fonction des durées de stockage.

Les résultats montrent une diminution très hautement significative du poids sec des coléoptiles ($p\leq 0,000$) et hautement significative pour les racicules des mêmes plantules étudiées ($p= 0,009$). Cette diminution atteint son maximum chez les plantules des semences les plus vieilles (4 ans de stockage), la même tendance est observée pour les coléoptiles ainsi que pour les racicules.



Différentes lettres signifient qu'il existe de différence significative entre les périodes de stockage $p < 0,05$ (test de Tukey).

Figure 85. Effet du stockage sur la biomasse foliaire et racinaire des plantules, cv. Bidi/17.

1.3. Effet du stockage sur la plante

1.3.1. Teneur en sucres solubles :

Les concentrations en sucres solubles des plantes des cinq variétés étudiées sont consignées dans la figure (86).

La teneur la plus forte en sucres solubles totaux a été enregistrée dans l'extrait des feuilles de la variété Simeto, et la plus faible chez la variété Gta dur; ces teneurs sont équivalentes respectivement à 52,06 et 89,81 $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$.

Les résultats montrent une variabilité en ce qui concerne la synthèse et l'accumulation des sucres ; sur le plan intra-variétale et inter-variétale. Sur le plan intra-variétale, les variétés Gta dur et Bidi/A17 enregistrent les plus fortes concentrations chez les plantes des semences stockées 2 ans, par contre chez les variétés Waha et Vitron, il est noté une diminution de ces concentration chez les plante vieilles par rapport aux plus récentes.

L'analyse statistique montre des différences très hautement significatives entre les variétés et entre les âges des semences, ainsi que pour l'interaction entre les deux ($p \leq 0,000$).

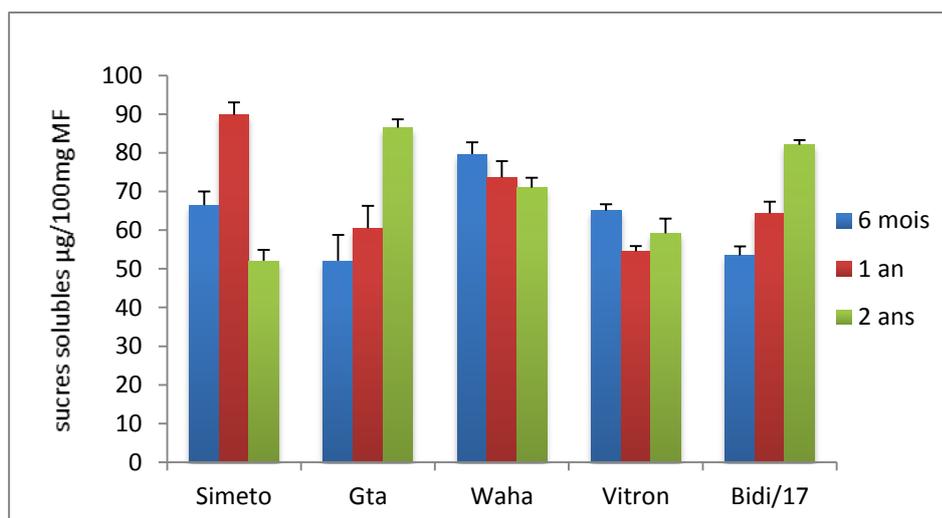


Figure 86. Effet du stockage sur les teneurs en sucres solubles totaux au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.

1.3.2. Teneur en proline :

Les valeurs des teneurs en proline pour les cinq variétés de blé dur en fonction de trois durées de stockage sont présentées par la figure (87). Les résultats obtenues montrent une augmentation très hautement significative ($p \leq 0,001$) pour les teneurs en proline chez les semences les plus vieilles par rapport aux celles Stockées seulement 6 mois, cette augmentation est observée chez toutes les variétés étudiées sauf la variété Waha. Toutefois des différences très hautement significative ont été enregistrées entre les résultats des différentes variétés.

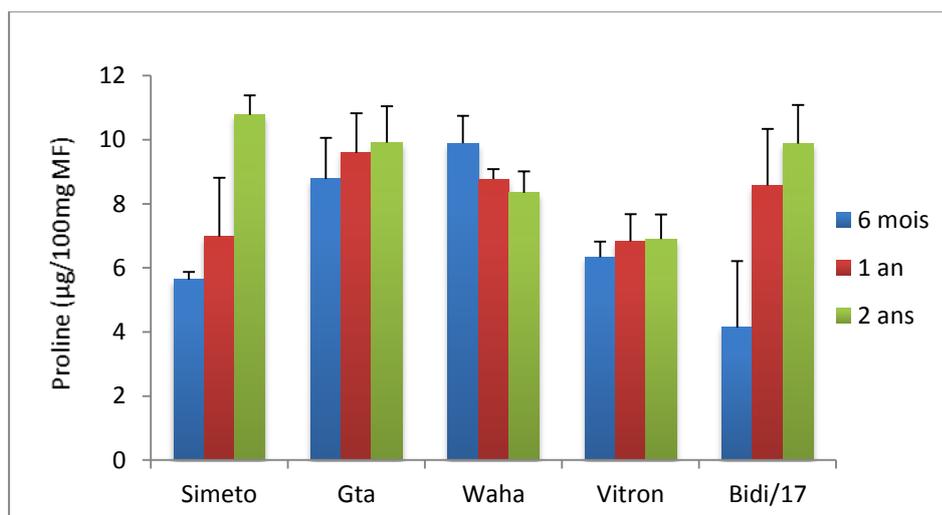


Figure 87. Effet du stockage sur les teneurs en proline au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.

1.3.3. Teneur en protéines totales :

L'analyse de la variance des résultats de la quantification des protéines totales, dans les plantes des cinq variétés étudiées montre l'existence de différence significative entre les échantillons des différents âges analysés ($p= 0,002$). Cependant, Sur le plan intra-variétal (entre les variétés étudiées), nous enregistrons des différences très hautement significative ($p\leq 0,000$).

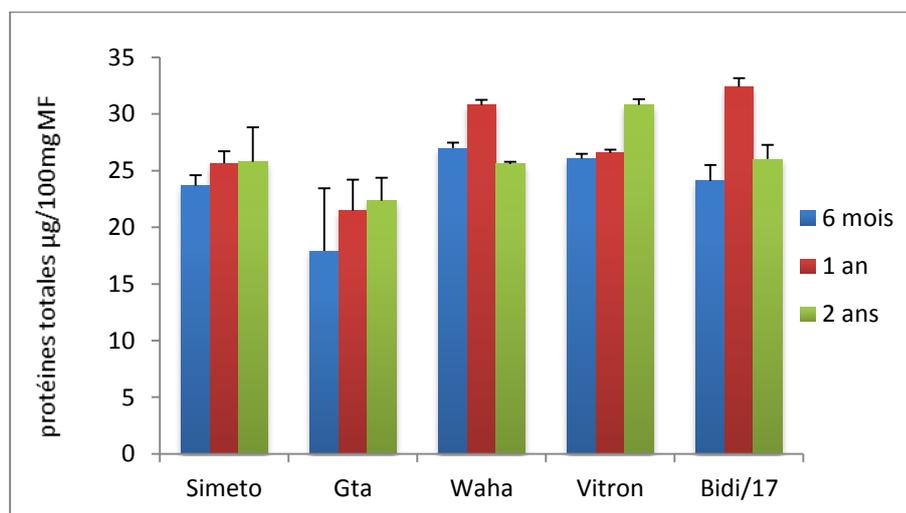


Figure 88. Effet du stockage sur les teneurs en protéines totales au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.

1.3.4. Teneur relative en eau :

La figure (89) illustre l'effet du stockage sur le RWC des feuilles des plantes des cinq variétés de blé étudiées.

Les résultats obtenus, pour la teneur relative en eau, ne révèlent pas de grandes différences sur le plan intra-variétal et même sur le plan inter-variétal, la plus grande teneur est observée chez la variété Waha pour les semences stockées 1 an et la plus faible est celle de la variété Gta pour les semences stockées durant la même période.

Sur le plan inter-variétal nous distinguons deux variétés ; Waha et Vitron qui enregistrent des hautes teneurs en dépassant les 90% pour les différentes durées de stockage étudiées.

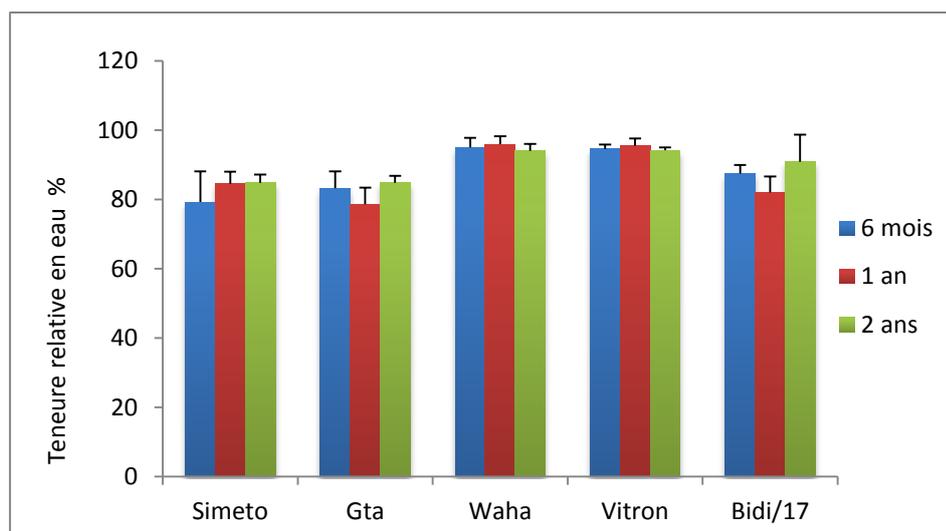


Figure 89. Effet du stockage sur les teneurs relatives en eau au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.

1.3.5. Taux de déperdition d'eau (RWL) :

Les résultats obtenus (figure 90), représentent les taux de déperdition d'eau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé étudiées selon différentes durées de stockage.

Celui-ci, a augmenté chez les semences plus vieilles pour les variétés Waha, Vitron et Bidi/17. Cette augmentation est plus importante chez la variété Waha pour les semences stockées durant 2 ans et chez la variété Bidi/17 pour celles stockée durant 1 an. En outre, les variétés Simeto et Gta dur ont présenté une légère diminution de ce paramètre chez les semences vieilles par rapport aux plus récentes.

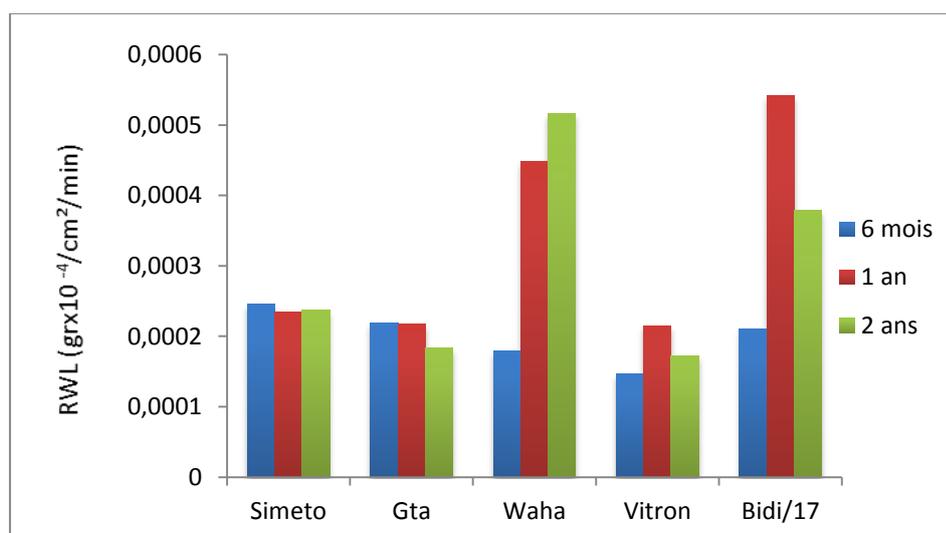


Figure 90. Effet du stockage sur les taux de déperdition d'eau au niveau des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.

1.3.6. Surface foliaire :

Les résultats de la mesure de la surface des feuilles des plantes sont illustrés dans la figure (91).

Entre variétés, nous constatons des différences très hautement significatives. Cependant, nous notons des différences significatives sur le plan inter-variétal où les surfaces des feuilles étudiées diminuent de façon considérable avec l'augmentation de la durée de stockage. Pour la variété Waha, cette diminution dépasse les 24 % pour les semences stockées 1 an et 2 ans respectivement par rapport aux semences stockées 6 mois.

Cette diminution est plutôt perceptible chez les variétés Simeto et Vitron et elle atteint les 2% et 1% respectivement pour les semences vieilles par rapport aux plus récentes. Toutefois, les feuilles des plantes de la variété Gta dur enregistrent une augmentation de leurs surfaces foliaires pour les plantes qui viennent des semences stockées 1an et 2 ans par rapport aux celles stockées 6 mois.

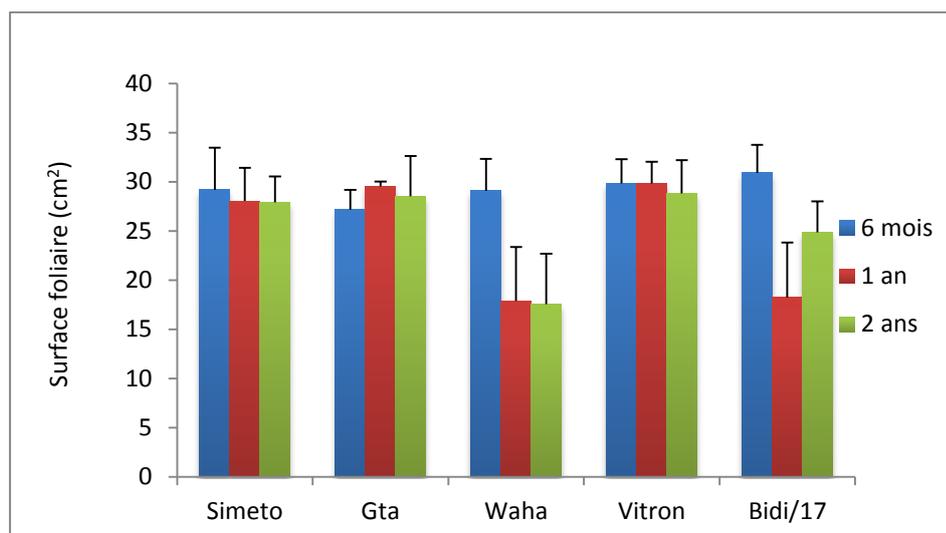


Figure 91. Effet du stockage sur la surface foliaire des feuilles des plantes des cinq variétés de blé dur.

2. Discussion :

Les semences sont en vie, comme tout être vivant ; sont sujettes à la détérioration de leur qualité et exposées à des processus de vieillissement (Evans *et al.*, 1970 ; Chaffai, 2013). La vigueur de la semence est sa capacité à lever et à survivre dans des conditions potentiellement difficiles et à avoir une croissance rapide dans des conditions favorables (FAO, 2011).

Les mesures de vigueur des semences sont principalement des tests basés sur la germination, qui soumettent la graine à une variété de contraintes environnementales simulées pendant différents laps de temps. Les méthodes d'évaluation de la vigueur font l'objet de nombreuses recherches et utilisent tant les règles de l'ISTA (*International Seed Testing Association*) que des méthodes publiées dans le manuel d'évaluation de la vigueur (*Vigour Test Handbook*) de l'AOSA (*Association of Official Seed Analysts*).

Nous avons étudié les réponses de cinq variétés de blé dur *Triticum durum* face au stress impliqué par un stockage à long terme et dans des conditions ambiantes, ces conditions sont considérées comme défavorables pour la longévité des semences. A cet effet et dans un premier temps, nous avons évalué différents paramètres (morphologiques, physiologiques, biochimiques et enzymatiques) sur les graines stockées.

De toutes les mesures de la qualité des lots de semences, aucune n'est plus importante que le taux de germination potentiel des semences (Bonner, 1974). Un essai de germination en laboratoire a essentiellement pour objet d'évaluer le nombre maximal de graines susceptibles de germer dans des conditions optimales (Willan, 1992).

La germination est définie comme l'apparition et le développement, à partir de l'embryon des graines, de ces organes essentiels qui sont l'indice de la capacité de la graine d'engendrer une plante normale dans des conditions favorables (Justice, 1972; ISTA, 1976). Le taux de germination est exprimé par le pourcentage de semences pures qui produisent des plantules normales ou par le nombre de semences germées par unité de poids de l'échantillon (Willan, 1992).

Selon les résultats obtenus au cours de notre étude, nous avons constaté une diminution significative du taux de germination en fonction de la durée de stockage pour toutes les variétés étudiées.

Partie III. Résultats et discussion

Le stockage des semences durant 6 mois, 1 an et même pendant 2 ans (chez certaines variétés) n'a pas induit à une grande diminution de leur capacité germinative. Ceci s'accorde avec les travaux de Strelec *et al.*, (2010) qui ont trouvé qu'après une année de stockage, les semences maintenues dans un entrepôt avec des conditions environnementales fluctuantes (2-25 ° C et RH = 40-74%) n'ont pas montré de changements significatifs de leur germination ou leur vigueur. 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 contradictoires avec 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.

Concernant les semences qui ont été stockées durant 4 ans, les pourcentages de germination ne dépassent pas 80%, ce qui indique que ce pourcentage est inférieur au seuil exigé par les normes internationales de certification des semences (85%) (Chaffai, 2014).

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.

En effet, le stockage peut influencer sur la viabilité et la vigueur des semences, en fonction du temps et des divers conditions (Panobianco *et al.*, 2007). Les semences des céréales, et parmi elle le blé, sont dans la plupart des cas stockées dans des conditions normales d'entreposage et comme ces conditions varient en fonction de la saison de l'année, les graines conservées dans des tissus ou des sacs en papier sont tempérées et échangent facilement l'humidité avec l'air ambiant (Copeland et McDonald, 1999; Volenik *et al.*, 2006).

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) après un an de stockage sous des conditions sub-optimales chez des variétés de maïs, (Rajarammanna *et al.*, 2010) et (Rao *et al.*, 2006) chez des échantillons de seigle et d'oignon stockés à différentes températures, (Qin, 2011) et (Coin *et al.*, 1995) après un vieillissement artificiel des semences de blé et d'orge. 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).

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 baisse de vigueur, par une perte de l'intégrité membranaire qui engendre une augmentation de fuites d'électrolytes. Donc la dégradation de la capacité germinative des semences apparaît 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 perte de la capacité de germination est la dernière étape (non pas la première) d'un long processus de détérioration (perte graduelle de viabilité). La diminution de vigueur et d'autres changements physiologiques se produisent avant la perte de germination. Par conséquent, les semences ayant une germination acceptable peuvent avoir une vigueur faible (FAO, 2011).

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

Partie III. Résultats et discussion

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 Lildiathev *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 semble être morts ou moins viables au niveau de l'embryon des semences vieilles et en particulier celles stockées durant 3 et 4 ans, cela induit par conséquence à un ralentissement de la croissance des organes.

Selon Milošević *et al.*, (2010), le test au froid peut donner une estimation des dommages physiologiques causés par un stockage prolongé dans des conditions défavorables. En effet, les essais à froid avaient pour but d'évaluer le pourcentage de germination dans des conditions simulées de lit de semences à froid (Chaffai, 2013).

Nous avons constaté que les semences les plus âgées sont les plus affectées par le stockage, elles représentent des taux de germination plus bas par rapport aux semences plus récentes, cela prouve que les semences de 3 et 4 ans sont beaucoup plus moins vigoureuses et moins tolérantes face aux conditions néfastes telles que le froid.

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 plus d'un an par rapport aux semences stockées 6 mois. Puisque le vieillissement de la graine conduirait à une augmentation de la perméabilité de la membrane cellulaire (Qin, 2011), il nous a paru logique d'enregistrer telle augmentation des fuites chez les semences les plus âgées par rapport aux plus récentes. Ce phénomène a été déjà observé par plusieurs auteurs et sur différentes espèces végétales (Bailly *et al.*, 1996 ; Corbineau *et al.*, 2002 ; Geol *et al.*, 2003 ; Serghine Caid *et al.*, 2008). 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 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 lipidique conduit à la formation des produits de dégradation tels que les alcanes et des aldéhydes (Malondialdéhyde) (Ferrat *et al.*, 2003).

Ainsi, nos résultats démontrent des variabilités entre les concentrations du malondialdéhyde selon les variétés et les périodes du stockage. Cependant une augmentation de ces concentrations est enregistrée chez les semences les plus vieilles pour la plupart des variétés.

En effet le malondialdéhyde s'accumule quand les plantes sont exposées au stress oxydatif. Les concentrations du MDA sont considérées comme un indicateur de la peroxydation des lipides après un stress abiotique (Ding *et al.*, 2004 *in* Alayat, 2015). Le stress dû à une température et à une humidité élevées aggrave les réactions délétères de peroxydation lipidique des graines vieillissantes (Bilia *et al.*, 1994 ; Panobianco *et al.*, 2007) (Sung and Jeng, 1994).

Partie III. Résultats et discussion

Des travaux analogues confirment nos résultats (Bailly *et al.*, 1998 ; Geol *et al.* (2003) ; Karunakarana *et al.*, 2010 ; Nithya *et al.* 2011). Toutefois, nos résultats semblent être contradictoires avec ceux de (Priestly *and* Leopold, 1983 ; Powell et Harman, 1985 ; Kalpana et Rao, 1994 ; Serghine Caid *et al.*, 2008) qui ont constaté une absence de corrélation entre le phénomène de peroxydations lipidiques et le vieillissement accéléré des semences.

Dans les conditions normales, les espèces réactives d'oxygène et les radicaux libres (Qin *et al.*, 2011), considérées comme molécules phytotoxiques (Parent *et al.*, 2008 *in* Ben kaddour 2014), se génèrent dans les graines. Afin de réduire les dégâts causés par ces molécules, les défenses antioxydatives des végétaux comprennent plusieurs enzymes et molécules antioxydantes (Alayat, 2015), tels que ; le superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la peroxydase (POD) et les enzymes du cycle ascorbate-glutathion...

Deux enzymes antioxydants ont été choisies comme témoignages de l'activité enzymatique des cinq variétés de blé. Les résultats montrent une perturbation de l'activité catalase et l'activité ascorbate peroxydase.

D'une part, nous avons enregistré une augmentation de la catalase chez les semences stockées 6 mois par rapport aux semences plus vieilles chez la plupart des variétés. La catalase est parmi les enzymes qui jouent un rôle important dans la transformation et l'élimination du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en (H₂O) au cas de stress (Ben Kaddour, 2014). L'inhibition de la CAT chez les semences les plus âgées est peut-être dû au stress prolongé lors du stockage (3 ans), les auteurs expliquent cette diminution par un fort stress oxydatif (Cheraït, 2015). Selon Ashraf *et al.*, (2012), la modification de l'activité de la catalase est dépendante de la sévérité du stress, de la variété et du stade de développement.

D'autre part une augmentation significative de l'activité ascorbate peroxydase est notée chez les semences plus âgées par rapport aux semences stockées pendant 6 mois. Cette enzyme est reconnue pour son implication dans les stress abiotiques et biotiques (Klessig *et al.*, 2000 *in* Nedjah, 2015), elle joue un rôle important dans la détoxification des réactives d'oxygène, et la tolérance des plantes vis-à-vis des différents types de stress environnementaux. Beaucoup d'études notent que cette activité est dépendante de la sensibilité des espèces aux contraintes environnementales, et les stades de développement des plantes (Doudech *et al.* , Ashraf *et al.*, 2012 ; Ben Kaddour, 2014).

Nos résultats semblent être en accord avec les résultats de Qin *et al.* (2011), qui ont trouvé que l'activité de plusieurs enzymes augmente significativement après un vieillissement accéléré. Cependant, lorsque le traitement est prolongé, les activités ont diminué. Selon le même auteur, les activités du système enzymatique augmentent en souffrant de stress modéré, elle tentait d'éliminer les radicaux libres. Cette capacité est progressivement perdue lorsque le stress dépassait une certaine limite, ce qui maximise le taux de vieillissement des graines.

Afin de vérifier l'état de santé des plantules et des plantes issues des semences stockées, différents paramètres ont été exploités.

L'osmorégulation des cellules permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes par une accumulation de composés compatibles osmorégulateurs (Ottow *et al.*, 2005). Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement (Ben Kaddour, 2014) et la sévérité du stress.

L'observation des concentrations en sucre soluble chez les plantules montre une augmentation significative dans les feuilles des semences les plus âgées. Cependant les résultats sont variables selon les variétés. Ces résultats illustrent l'effet stressant du stockage qui accompagne la graine en phase critique de germination. Ce stress est probablement dû à la microflore fongique invisible du stockage qui secrète divers toxines, cela est expliqué par le fait que les sucres solubles sont impliqués dans les réponses de défense à un certain nombre de stress (Couée *et al.*, 2006 ; Alayat, 2015). En effet, les glucides (sucres solubles) s'accumulent même sous l'effet d'autres facteurs stressants, déficit hydrique, stress salin ; (Benkadour, 2014) ; (Datta *et al.*, 2009), (Hassani *et al.*, 2008), stress métallique ; (Alayat, 2015), elles permettent la résistance aux différents stress (Zerrad *et al.*, 2006 ; Chaffai, 2013).

Parallèlement, nous avons enregistré, également, une augmentation des teneurs en protéines totale dans les feuilles des plantules des semences stockées plus d'un an par rapport aux semences stockées seulement 6 mois, chez toutes les variétés étudiées. Cependant, une diminution de l'accumulation des protéines est notées chez les semences stockées 4 ans pour la plus part des variétés de blé (Simeto, Waha, Vitron et Bidi/ 17).

En effet, le changement dans l'expression des protéines est l'un des résultats de la modification du métabolisme lors d'un stress chez les plantes (Jangpromma, 2007). D'après David *et al.*, (2001), l'augmentation des protéines est peut être dû à une activation d'un groupe de gènes pour la synthèse des protéines spécifiques liés au stress qui protègent l'ensemble des

protéines cellulaires (Alayat, 2015). En outre, la diminution des teneurs en protéines observée chez les semences stockées 4 ans 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).

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 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). Ce paramètre peut constituer un test intéressant dans le but de sélectionner des génotypes de blé résistants au stress hydrique.

Quant aux paramètres morphologiques, les résultats présentent une diminution de l'allongement des racines et des coléoptiles, une diminution de la biomasse foliaire et racinaire, ainsi, qu'une réduction de la surface foliaire chez les plantules selon l'âge des semences, cette diminution est plus accentuée chez les semences les plus vieilles c'est-à-dire les semences stockées 4 ans.

Plusieurs travaux ont montré que la croissance de divers cultivars était inhibée par la présence de différents agents de stress.

Par ailleurs nous avons étudié les effets du stockage durant ; 6 mois, 1 an et 2 ans sur les plantes, en stade 5 feuilles, des cinq 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.

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 issues des semences stockées 2 ans par rapport aux plantes plus récentes chez les variétés Gta dur et Bidi/17. En revanche, des taux plus bas sont enregistrés chez les plantes issues des semences vieilles chez les trois variétés ; Simeto, Waha et Vitron. La diversité des réponses, même si au fond, la protéolyse débouche nécessairement vers une accumulation de solutés tels les sucres solubles et la proline, prouve que les géotypes réagissent différemment selon leur origine génétique (Hacini, 2013)

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)

D'après les résultats, les concentrations les plus élevées sont celles des plantes issues des semences plus vieilles par rapport aux plus récentes chez toutes les variétés sauf la variété Waha.

Il apparaît que les différentes variétés ont utilisé ces molécules osmoregulateurs pour maintenir l'ajustement cellulaire face au stress. En effet, nous avons enregistré des différences variétales pour la plus part des paramètres étudiés.

En outre, la turgescence cellulaire (TRE) n'a pas beaucoup évolué entre les plantes récentes et vieilles chez toutes les variétés.

Conclusion

Et

Perspectives

Conclusion :

Lorsque le problème de pénurie alimentaire se pose à un pays l'idée première qui germe dans l'esprit de tout ou chacun est d'agrandir les surfaces emblavées, d'opter pour une culture intensive et l'introduction ou la création des variétés à haut rendement. Généralement la place réservée à la perte post-récolte est souvent minime et reléguée au niveau de la défense des cultures où la biologie des déprédateurs prend le pas sur l'importance globale des pertes (Bi Kouahou, 1990). Selon la FAO ces pertes après récolte, entre la production et la consommation, s'élèvent à plus de 10% et que les estimations peuvent aller jusqu'à 20 à 30% selon les périodes de stockage dans les divers pays du Tiers- Monde.

La plupart des cultures vivrières ont un caractère saisonnier et leur utilisation s'étale au fil du temps ce qui nécessite un entreposage. Les problèmes de stockage sont liés aux conditions climatiques (température, humidité...) et à l'attaque par les déprédateurs (bactéries, champignons, insectes, rongeurs) (Bore, 1990).

L'objectif visé dans notre étude est, non seulement, de mettre en évidence les différentes altérations qui accompagnent le stockage dans des conditions défavorables, mais aussi de mieux comprendre les différents mécanismes de réponses appliquées par les plantules et par suite les plantes face à ces conditions.

Un des objectifs de ce travail a été donc d'appliquer des tests appelés ; tests de vigueur et tests de viabilité selon les règles de l'ISTA (International Seed Testing Association), afin d'estimer les probables des pertes causés par le stockage.

Le stockage des semences exige principalement la préservation de leur viabilité (capacité de germination). Pour évaluer le taux de viabilité de nos semences un simple test de germination a été réalisé comme un test de base. Les résultats obtenus montrent clairement une chute du pouvoir germinatif des semences stockées plus de 2 ans. Ces résultats semblent être très appréciables si nous considérons la longue durée du stockage et les conditions environnementales dans lesquelles les semences ont été stockées. Bien que le test de germination reste le test le plus fiable et le plus facile pour juger la qualité d'un lot de semences, il nous a semblé judicieux d'appliquer d'autres tests afin de mieux comprendre les réels symptômes de cette diminution en pourcentage de germination.

Après, mesure de la croissance des deux parties des plantules, il en ressort une diminution significative des longueurs des coléoptiles et des racines chez les plantules les plus vieilles par

rapport à celles plus récentes. En outre, nous avons remarqué la présence de quelques plantules déformées.

L'étude de la perméabilité membranaire est très répandue en vue d'obtenir une idée générale sur l'état des enveloppes qui constituent la barrière qui protège la semence de tous les facteurs du milieu extérieur. Les résultats montrent que les longues durées de stockage ont provoqué une augmentation des fuites des électrolytes au niveau membranaire. Nous avons également enregistré une importante accumulation du malondialdéhyde ; ces deux paramètres semblent être reliés positivement. En effet les molécules du malondialdéhyde viennent de la peroxydation lipidique des membranes, ce qui cause l'altération de ces membranes et en revanche augmente le taux des fuites des électrolytes.

Ainsi l'utilisation du test au tetrazolium illustre la présence des parties mortes ou moins viables dans l'embryon des semences stockées 3 et 4 ans, 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.

L'un des essais les plus classiques pour stresser les semences est le test au froid ; il permet de stimuler les conditions du champ ou les conditions sont plutôt défavorables pour la germination, en comparaison avec le test standard de germination qui se déroule dans des conditions optimales. Les résultats montrent que le test au froid a stimulé le pouvoir germinatif des semences stockées durant 6 mois et 1 an, ou nous avons enregistré des taux très élevés de germination qui dépassent les taux de germination du test standard. Ceci peut-être dû au choc engendré par le froid. Par contre les semences les plus vieilles ont enregistré des taux de germination plus basse, ce qui signifie que le froid exercé a dévoilé la mauvaise qualité germinative de ces semences.

Les résultats de l'activité enzymatique du catalase et de l'ascorbate peroxydase mettent en évidence quelques différences sur le plan variétal, dont nous avons remarqué des augmentations de l'activité enzymatique chez quelques variétés et des diminutions chez d'autres. D'une manière générale nous constatons, d'après les résultats, une stimulation de l'activité catalase chez les semences stockées durant 6 mois et 1 an. Ainsi les résultats de l'activité ascorbate peroxydase montrent des variations selon les variétés.

L'analyse des résultats des tests appliqués sur les plantules montre un effet stressant du stockage sur ces dernières. Une augmentation significative de la synthèse et/ ou l'accumulation des différents molécules osmoprotecteurs est enregistrée chez les plantules

issues de semences stockées plus de trois ans, en même temps des perturbations de la perméabilité membranaire ont été notées. Cependant les plantules issues de semences récentes semblent avoir les plus longues racines et coléoptiles, ainsi que la plus grande surface foliaire.

En ce qui concerne la partie consacrée aux plantes, les résultats varient selon la durée du stockage et selon les variétés étudiées.

En effet, après synthèse des résultats, nous n'avons pas pu constater de grandes différences entre les durées de stockage, ceci pour la plus part des paramètres étudiés, dû au fait que les plantes s'adaptent au stress appliqué par le stockage après une certaine période.

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

A la lumière des différents résultats présentés, il semble que d'une part, 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. D'autre part, les plantules issues de semences stockées durant des longues périodes, ont répondu au stress engendré à travers de multiples mécanismes de défense.

En guise de perspective, il est intéressant de penser à explorer davantage cet aspect de stockage des semences, en y ajoutant d'autres techniques qui viendraient conforter les résultats obtenus ; à savoir, les altérations possibles des semences sous des conditions défavorables de stockage.

Ceci reste d'autant plus vrai, que le défi à relever dans le domaine de la productivité des céréales, passe avant tout par une semence saine, viable et vigoureuse.

Certain travaux de microbiologie seront à souhaiter aussi pour débusquer la flore microbienne pendant le stockage.

Enfin des travaux en cytogénétique et en biologie moléculaire, pourquoi pas, seraient d'un grand apport pour la connaissance des mécanismes potentiels physiologiques, mis en jeu lors d'un mauvais stockage.

Références Bibliographiques

A

- **Abdul-Baki A.A. and Anderson J.D., 1972.** Physiological And Biochemical Deterioration Of Seeds. *Seed Biology*, 283-315 p.
- **Abdul-Baki, A. A. et Chandra, G. R., 1977.** Effect of rapid aging on nucleic acid and protein synthesis by soybean embryonic axis during germination. *Seed Science and Technology*, 5,689-698 p.
- **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: 24-36p.
- **Ait kaki S. 2008** Contribution à l’étude de l’interaction génotype X milieu pour la qualité technologique chez le blé dur. Thèse de Doctorat d’Etat en Sciences, 176 p.
- **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, 137p.
- **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-Algerie, 231 p.
- **Alzouma I., 1990.** Situation de la post-récolte en Afrique sahélienne. La post-récolte en Afrique .Actes du Séminaire International-Abidjan Côte d’Ivoire. 22-28, 276 p.
- **Anonyme 2006.** La biologie de *Triticum turgidum* ssp. *Durum* (Blé dur). Document d’accompagnement des *Critères d’évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux* (Dir94-08). Bureau de la biosécurité végétale. Ottawa-Canada.

- **AOSA, 1983.** Seed vigor testing handbook. *Association of Official Seed Analysts*, 1-48 p.
- **Aoues K., 2010.** Amélioration des techniques de stockage du blé pour la préservation contre les attaques de *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera, Curculionidae). Mémoire de Magister en Agronomie, Université de Blida, Algérie. 128 p.
- **Aoumeur H., 2012.** L'effet stressant du plomb sur la croissance du radis « *Raphanus sativus* L. » : Réponses physiologiques, biochimiques et efficacité potentielle de phyto remédiation. Mémoire de Magister. Université d'Oran, 153 p.
- **Ashraf M.A., Ashraf M., Shahbaza M., 2012.** Growth stage-based modulation in antioxidant defense system and proline accumulation in two hexaploids wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Flora.*, 207: 388– 397 p.

B

- **Bahlouli F., Bouzerzour H. et Benmahammed A., 2005.** Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi – arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy*, 360 – 365 p.
- **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*; 97: 104-110 p.
- **Bartali E.H., 1995.** Système post récolte des céréales au Maroc. *Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*, FAO, 32 p.
- **Beaugrand, J; 2004:** Bases cytologique et moléculaires de la dégradation enzymatique du son de blé tendre. Thèse de Doctorat. Université de Reims- France . Coll. INRA.
- **Belaid D., 1986 -** Aspects de la céréaliculture Algérienne. OPU, *Alger*, 207p.
- **Belaid D., 1990.** Eléments de phytotechnie générale Ed. O.P.U, *Alger*, 154-157 p.
- **Bellebcir L., 2008:** Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales. Mémoire de Magister. Université Constantine.
- **Belyagoubi L., 2006.** Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détérioration de céréales. Mémoire de Magister. Tlemcen, 100 p.

- **Ben Kaddour M., 2014.** Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. Thèse de Doctorat. Université Annaba- Algérie, 101p.
- **Bencharif A, Chaulet C, Chehat F, Kaci M, Sahli Z. , 1996.** La filière blé en Algérie. Le blé, la semoule et le pain. Paris : Karthala. *Biointerfaces* **45**:131–135p.
- **Bencharif et Chaulet, 1991** - problématiques et organisation du projet d'étude. ENIAL – séminaire sur la mise en marché des céréales et les stratégies des entreprises de la filière Blida, 1-30 p.
- **Bilia, D.A.C., Fancelli, A.L., Marcos-Filho, J., Machado, J.A., 1994.** Comportamento de sementes de milho híbrido durante o armazenamento sob condições variáveis de temperatura e umidade relativa do ar. *Sci. Agric.* 51, 153–157p.
- **Blum A., 1984.** Breeding crop varieties for stress environments. *GRC. Critical Review in Plant Sciens*, 2 (3),199- 238 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.
- **Bonjean A., Picard E., 1991-** Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé; Poitiers : *Aubin imprimeur.* 36p.
- **Bonner, F.T., 2008.** The storage of seeds. In: Bonner, F.T., Karrfalt, R.P. (Eds.), *The Woody 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 bitterbrush seeds. *J. Arid Environ.* 48, 35–39 p.
- **Bouby L., 2003.** De la récolte au stockage Éclairages carpologiques sur les opérations de traitement des céréales à l'âge du Bronze dans le sud de la France XXIIIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes.Éditions APDCA, Antibes, 2003. 26-46p.
- **Boudreau A. et Ménard G., 1992.** Le blé: éléments fondamentaux et transformation. Edition Presses Université Laval, Paris, 25 – 62 p.

- **Boulal H., Zaghouan O., El Mourid M., Rezgui S., 2007.** Guide pratique des céréales de l'automne dans le Maghreb. 171- 176 p.
 - **Bousbaa R., 2012.** Caractérisation de la sécheresse chez le blé dur *Triticum durum*, Analyse de la physiologie et de la capacité en production. Thèse de Doctorat, Université de Constantine, 150 p.
 - **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.
 - **Buege JA., Aust SD, 1978.** Microsomal lipid, Peroxidation. In : Flesicher, S., Packer, L. (Eds.), *Methods in Enzymology*. Vol. 52. Academic Press, New-York, 302–310 p.
- GATE P. 1995. Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Ed Lavoisier. 429p.

C

- **Cahagnier B., 1996.** Céréales et produit dérivé In « microbiologie alimentaire » tome 1 « Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ». Edition Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 392 – 414 p.
- **Cakmak I., Horst JH, 1991.** Effects of aluminum on lipidperoxidation, superoxidisedismutase, catalase, and peroxidaseactivities in roottips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum*, 83, 463- 468 p.
- **Calderini DF, Abeledo LG., Slafer GA., 2000.** Physiological maturity in wheat based on kernel water and dry matter. *Agronomy Journal* 92, 895-901 p.
- **Castilho RF, Meinicke AR, Almeida AM, Hermes-Lima M, Vercesi AE1994.** 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.
- **Ceument, J.M., (1981)** Larousse agricole. Edition : S.P.A.D.E.M. et .A.D.A.G.P. Paris Vol. 177, N° 1032, 171- 174 p.

- **Chaffai A., 2013.** La vigueur des semences un préalable dans l'exploration des aptitudes agrophysiologiques, biochimiques et technologiques chez quelques géotypes de blé. These Doctorat. Université Annaba, 150 p.
- **Chaker A , 2003.** Etude de l'effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum Desf*). Thèse de Magister. Université d'Annaba, 98 p.
- **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. Seed Sci & Technol; 1: 547–562 p.
- **Christian J., 2005.** Le pain symbole d'une filière d'excellence; in le pain un symbole à promouvoir. Presse Parlementaire.
- **Clarck 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. et Mc Caig, 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.
- **Clement-Grandcourt et Prat., 1970.** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed, 351-360 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.

- **Copeland L.O., 1976** . Rules For testing Seeds ; association of official seed analysis ; Michigan state university ; Michigan ; USA. 126 p.
- **Copeland, L.O., McDonald, M.B., 1999**. Principles of seed science and technology. Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht.
- **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 p.
- **Couée I, Sulmon C., Gouesbet G and El Amrani A, 2006**. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. *Journal of Experimental Botany*, 57, 449-459 p.
- **Crostan, R.P, Williams, J.T, 1981**. A world survey of wheat genetic resources. *IBRGR Bulletin /80/59*, 37 p.
- **Cruz J.F., Dimanche P., Ducamp-Collin M.N., Flidel G., Joas J., Marchand J.L., Mestres C. et Troude F., 2002**. La récolte, le stockage et la première transformation In « Mémento de l'agronome ». *CIRAD-GRET. Editions Quae*, Paris, 717-746 p.
- **Cruz JF., Troude F. ; Griffon D. et Hebert JP., 1988** – Conservation des grains en régions chaudes, 2éme 2dition, ministère de coopération et de developpement Paris ; 544 p.
- **Cruz JF., Troude F., Griffon D. et Hebert JP., 1988** – Conservation des grains en régions chaudes, 2éme 2dition, ministère de coopération et de développement Paris 544p.

D

- **Damasse L., 2009** - Algérie : Politique agricole et opportunités en amont des filières céréales et lait 05/08/2009 source multiple.
- **Datta J., Nag S., Banerjee A. et Mondal N., 2009**. Impact of salt stress on five varieties of wheat (*Triticum durum*) cultivars under laboratory condition. *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*, 13. 3: 93-97 p.
- **David JC., Grongnet, 2001**. Les protéines de stress. *INRA Prod. Anim*, 14(1), 29-40 p.

- **Day, W., Legg, B.J., French, B.K., Lohnston, A.E., Lawlor, D.W. et Jeffers, W.D.E.C. (1978)** A drought experiment using mobile shelters : The effect of drought on barley yield. J. Agric. Sci. Camb. N° 91, 599 – 623 p.
- **De Groot I., 2004.** Protection des céréales et des légumineuses stockées. Digigrafi, Wageningen, Pays Bas, 71 p.
- **Debiton C., 2010.** Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy. These de Doctorat. UNIVERSITE D'Auvergne – France, 274 p.
- **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.
- **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.
- **DeLucia M.et Assennato D. , 1992.** L'après-récolte des grains - organisation et techniques. Bulletin des services agricoles de la FAO **93**.
- **DeVries A.P., 1971.** Flowering Biology of Wheat, Particularly in View of Hybrid Seed
- **Ding HD., Wan YH., Qi NM., Zhu WM., Yang XF and Shao YC, 2004.** Effects of Cd²⁺ and Zn²⁺ stress on antioxidant enzyme system of tomato seedlings. Acta Agr Shanghai, 20, 79-82 p.
- **Ding HD., Wan YH., Qi NM., Zhu WM., Yang XF and Shao YC., 2004.** Effects of Cd²⁺ and Zn²⁺ stress on antioxidant enzyme system of tomato seedlings. Acta Agr Shanghai, 20, 79-82 p.
- **Djekoun M, 2012.** Évaluation de l'effet du stress oxydatif généré par le Cadmium à l'échelle cellulaire : Cas de *Saccharomyces cerevisiae*. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba., 129 p.
- **Djermoun A.E.K., 2009** - Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009. 45 à 53p.

- **Doudech N., Mhamdi M., Bettaieb T., Denden M., 2008.** Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon. *Tropicultura*, 26. 3: 182-185 p.
 - **Douib A., 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. Mémoire de Magister. Université Annaba- Algérie.
 - **Doumandji A., Doumandji S., et Doumandji Mitiche B, 2003.** Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock, Algérie office des publications universitaires, 2003, 67 p.
 - **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.
 - **Drue fors,u.a.2004.** yeast bio control of Graine spoilage moulds mode of action of pichia anomala .doctoral thesis .university of agricultural sciences ,Uppsala ,sweden ,department of microbiology .agrarian. p. 466-44.
- Production - A Review . *Euphytica*, 20:152-170 p.

E

- **Edyond J.B., 1962.** Studies of storage of vegetable seed under warm-humid conditions. *Miss. S!. Univ. Tech. Bail. 50, 24 p.*
- **Esther Magdalene Sharon M., Kavitha Abirami C.V. and Alagusundaram K., 2014.** Grain Storage Management in India *Journal of Postharvest Technology* 02 (01): 012-024 p.
- **Evans L.T. et Sanstone R.L., 1970.** Some physiological aspects of evolution in wheat. *Aust J. Biol. Sci.* 23: 725-732 p.
- **Evers T., Millar S., 2002.** Cereal grain structure and development: some implications for quality. *Journal of Cereal Science* 36, 261-284 p.

F

- **FAO 2017.** Crop Prospects and Food Situation. N° 1 March 2017.
- **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 et protection des plantes. Rome, 83 p.
- **FAO, 2017.** Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales. Bulletin de : 02 mars 2017.
- **Feillet.P., 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation. *Edition INRA, Paris*, 308 p
- **Ferrat L., Pergent-Martini C and Roméo M., 2003.** Assessment of the use of biomarkers in aquatic plants for the evaluation of environmental quality : application to seagrasses. *Aquat. Toxicol*, 65, 187–204 p.
- **Ferret M., 1996.** Blé dur, objectif qualité. Ed. ITCF. 43p.
- **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.
- **Fotouo-M H., du Toit E.S., Petrus Robbertse J., 2016.** Effect of storage conditions on *Moringa oleifera* Lam. seed oil: Biodiesel feedstock quality. *Industrial Crops and Products* 84 ; 80–86 p.
- **Fourar R., 1994 -** Variabilité de la sensibilité varietale du blé tendre à *Sitophilus oryzae*(L) (*Coleoptera* : *Curculionidae*) dans le grain et de *tribolium confusum* J. Duval ((*Coleoptera* : *Tenebrionidae*) dans la farine. Analyse des relations eco-physiques insecte-grain. Memoire de Magister Ins. D'EL HARRACH, ALGER
- **Frangoie N., Bidiaka M, Mahungu N.M., 2012.** Outils d'apprentissage a l'adaptation du secteur agricole au changement climatique .Tome 3 : La production des semences certifiées. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 52 p.
- **Fritas S., 2012.** Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la region de Batna (Algérie). Memoire de Magister. Université de Tilimsen, 100 p.

G

- **Gate, Ph. (1995)** Ecophysiologie de blé. Premières résultants. ITCF, edition Tec ET Doc. Lavoisier, 429 p.
- **Geol A, Geol AK, Sheoran IS., 2003.** Change in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. *J Plant Physiol*; 160: 1093-1100 p.
- **Gidrol X, Serghini H, Noubhani A, Mocquot B and Pradet A. 1989.** Biochemical changes induced by accelerated aging in sunflower seeds : I. Lipid peroxidation and membrane damage. *Physiol Plantarum* **76**, 598-604 p.
- **Gidrol, X., Noubhani, A. et Pradet, A., 1990.** Biochemical changes induced by accelerated aging in sunflower seeds. II. RNA populations and protein synthesis. *Physiologia Plantarum*, 80,598-604 p.
- **Gnyandev B. , 2009.** Seed Technological Studies In Chickpea Varieties (*Cicer Arietinum* L.). Doctorat Of Philosophy In Seed Science And Technology. University Of Agricultural Sciences, Dharwad, 253 p.
- **Gnyandev B., 2009.** Seed technological studies in chickpea varieties (*Cicer arietinum* L.) Thesis of Doctorate. University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- **Godon B., 1991.** Biotransformation des produits céréaliers. Ed.Tec et Doc. Lavoisier Paris 688 p.
- **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.
- **Grignac, P. (1965)** Contribution à l'étude du *Triticum durum* Desf. Thèse de Doctorat, Univer. Toulouse, 146 p.

H

- **Hacini N., 2013.** Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. Thèse Doctorat. Université Annaba, 125 p.

- **Hampton, J.G. et Tekrony, D.M. (1995)** Hand book of vigour test methods. Edition N° 3, International Seed Testing Association. 101 – 118 p.
- **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.
- **Hassan I., DellaL A., Belkhodja M., Kaid-Harche M., 2008.** Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research*, 23, 1: 61-69 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.
- **Hayma, 2004.** Le stockage des produits agricole tropicaux
- **Hodges DM., DeLong JM., Forney CF and Prange RK, 1999.** Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipidperoxidation in plant tissues containinganthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207, 604–611 p.

I

- **Isely, D. (1957)** Vigour tests. *Proceedings of the Association of official seed Analysts N° 47*, 176 – 182 p.
- **ISTA., 2009.** *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association, Switzerland.
- **ITGC.la technologie semencière.** La production de semences des céréales à paille en Algérie, 138 p.

J

- **Jangpromma N., Kitthaisong S., Daduang S., Jaisil L., et Thammassirirak S., 2007.** 18 KDa protein accumulation in sugar cane leaves under drought stress conditions. *Kmil. Sci. Tech. J 7* : 27-44 p.
- **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.

- **Jayas D.S., White N.D.G., 2003.** Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches. *Food Control* 14, 255–261 p.

K

- **Kalpana R, Rao KVM., 1994.** Absence of the role of lipid peroxidation during accelerated ageing of seeds of pigeon pea (*cajanus cajan* (L) Mill) cultivators. *Seed Sci Technol* ; 22 : 253- 60 p.

- **Karunakarana C., Muira W.E., Jayasa D.S., Whiteb N.D.G., Abramsonb D., 2001.** Safe storage 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 soybean seeds by fungi in storage. *Mycopathologia*; 155: 135–141 p.

- **Kauth P.J., Biber P.D., 2014.** Moisture content, temperature, and relative humidity influence seed storage and subsequent survival and germination of *Vallisneria americana* seeds. *Aquatic Botany* 120 ; 297–303 p.

- **Kearnsv. and Toole, E.H., 1939.** Relation of temperature and moisture content to longevity of Chewing's fescue seeds. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 670, 27 p.

- **Kellou R., 2009.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop. Master of Science, Institut agronomique Méditerranéen de Montpellier.

- **Kiaya v., 2014.** Post-harvest losses and strategies to reduce them. Technical paper on Post-Harvest Losses. ACF.

- **Kibinza S, Vinel D, Côme D, Bailly C and Corbineau F. 2006.** Sunflower seed deterioration as related to moisture content during aging, energy metabolism and active oxygen species scavenging. *Physiol. Plantarum* 128, 496-506 p.

- **Klessig D., Durner J., Noad R., Navarre N., Wendehenne D., Kumar D., Zhou J., Shah J., Zhang S., Kachroo P., Trifa y Y. , Pontier D., Lam E. et Silva H., 2000.** Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97(16): 8849-8855 p.

- **Kusińska E., 2001.** Effet de la teneur en humidité des grains de triticale sur l'échauffement spontané des grains et sur la pression contre la paroi du silo. *Int. Agrophysic*, vol. 15, 247-254p.

L

- **Lacey J., 1975.** Moulding of grains in relation to mycotoxin formation. *Inter J Experimental Studies*; 8: 183-186 p.

- **Lacharme M., 2001.** La production de semences certifiées ; Règles à suivre à l'exploitation. *Mémento Technique de Riziculture* , 17 p.

- **Ladigues, P.Y.,1975.** Some aspect of tissue water relations in three populations of *Eucalyptus viminalis*. *Labill. New York. Phytol.* N° 75, 53 – 62 p.

- **Larraz Ferreira M., 2011.** Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur. Thèse de Doctorat. Centre International D'études Supérieures En Sciences Agronomiques De Montpellier- France, 283 p.

- **Lehner A, Mamadou N, Poels P, Côme D, Bailly C and Corbineau F. 2007.** Changes in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during aging in wheat grains. *J. of Cereal Sci.* **47**, 555-565 p.

- **Lehner A. , Bailly C., Flechel B., Poels P., Côme D., Corbineau F., 2005.** Changes In Wheat Seed Germination Ability, Soluble Carbohydrate And Antioxidant Enzyme Activities In The Embryo During The Desiccation Phase Of Maturation. *Journal of Cereal Science* **43** (2006) 175–182 p.

- **Levitt, J., 1980.** Response of plants to environmental stress. Water radiation salt and other stress. *Acad. Press. New York* Vol. 6, N° 606.

- **Lin, S.S., 1990.** Alterações na lixiviação eletrolítica, germinação e vigor da semente de feijão envelhecida sob alta umidade relativa do ar e alta temperatura. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* **2**, 1–6.

M

- **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.
- **Maggie L. 2000** Le blé dur en Afrique du Nord. Agriculture et Agro-alimentation Canada
- **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,
- **Mazliak, P., 1982.** Physiologie Végétale - nutrition et métabolisme. Biochimique 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 MB., 1999.** Seed deterioration : physiology repair and assessment. *Seed Sci Technol* ; 27 : 177-237 p.
- **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.
- **Mekki Salim., 1999.** Contribution à la reconnaissance du concept de la vigueur et de la viabilité chez deux espèce de céréales en relation d'un paramétré morphologique : la grosseur des graines , Mémoire D.E S en biologie végétale ; université de Constantine . 3-20 p.
- **Milosevic, M., Vujakovic, M. et Karagic, D., 2010.** Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika* Vol. 42, N° 1, 103 – 118 p.
- **Moncaleano-Escandona J., Silva B. C.F. , Silva S.R.S., Granjab J.A.A., Claudjane M., Alvenc 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.)

; Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie. N° 6, 583 – 590 p.

- **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.

N

- **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.

- **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.

- **Nedjah I., 2015.** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse de Doctorat. Université Annaba- Algerie , 125 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.

- **Niquet G., 2011.** Guide pratique - Stockage et conservation des grains à la ferme. ITCF, Institut technique des cereales et des fourages.

- **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.

- **Ntsam S., 1989.** Pourquoi stocker ? Céréales en régions chaudes. *AUPELF-UREF, Edition John Libbey Eurotext, Paris*, 3-8 p.

O

- **ONFAA, 2015.** (Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires). Bilan de la campagne céréalière 2014/2015. Janvier 2015.

- **Ottow E.X., Polle A., 2005.** *Populus euphratica* Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops Leaf Succulence under Salt Stress 1. *Plant Physiology*, 139: 1762– 1772 p.

- **Ouzouline M., Tahani N., Demandre C., El Amrani A., Benhassaine-Kesri G. and Serghini Caid H., 2009.** Effects of accelerated aging upon the lipid composition of seeds from two soft wheat varieties from Morocco. *GRASAS Y ACEITES*, 60 (4), 367-374 p.

- **Oxley, T. A., 1948.** *The Scientific principles of grain storage.* Northern Publishing Co. Liver Pool, England.

P

- **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.

- **Parent C., Nicolas C., Dat J., 2008.** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. *C.R. Biologies*, 331: 255-261 p.

- **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 Vigor test committee 1974 - 1977. *Seed Science and Technology* N° 6, 159 – 181 p.

- **Pomeranz, Y., 1988.** Chemical composition of kernel structures. *Wheat: chemistry and*

- **Potts, H.C., J. Duangpatra, W.G. Hairston, and J.C. Delouche, 1978.** Some influences of hardness on soybean seed quality. *Crop Sci*, 28: 221-224 p.

- **Powell AA, Harman GE, 1985.** Absence of a consistent association of changes in membranal lipids with the ageing of pea seeds. *Seed Sci Technol* ; 13 : 659-67 p.

- **Prats, J; Grandcount, M.C; 1971:**Les céréales 2 Eme éd. Coll d'enseignement Agricole, 288P.

- **Priestly DA., Leopold AC., 1983.** Lipid changes during natural aging of soybean seeds. *Physiol Plant* ; 59 : 467-70 p.

technology. Volume I., 97-158.

Q

- **Qin P., Z. Kong, Xiaoho, X. Liao and Y. Liu, 2011.** Effects of accelerated aging on physiological and biochemical characteristics of waxy and non-waxy wheat seeds, *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 18(2): 7-12 p.

R

- **Rajarammanna R., Jayas D.S., White N.D.G., 2010.** Comparison of deterioration of rye under two different storage regimes. *Journal of Stored Products Research* 46 (2010) 87–92p.

- **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.

- **[Rao R.G.S.](#), [Singh P.M.](#), [Rai M.](#), 2006.** Storability of onion seeds and effects of packaging and storage conditions on viability and vigour. *Scientia Horticulturae* 110(1):1-6.

- **Reed, c .1992.**Development of stock age technique :A historical perspective . In stock age of cereal Grains and their products . chapter 4 .Edited by D.B.saurer .st paul. 143-156 p.

- **Richrad-Molard M., 1998.** Microbiologique des céréales et des farines In « Les industries de première transformation des céréales. *Edition Techniques et Documentation Lavoisier.* Paris, pp 159 – 173 p.

S

- **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.

- **Schiels, 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.
- **Seyer M-È., 2005.** Les fibres Alimentaires et le pain de blé entier. Mémoire pour un grade de maître ès sciences (m. sc.). Université Laval-Québec.
- **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 PR, Halford NG. 2002.** Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. Journal of Experimental Botany 53, 947-958 p.
- **Si Bennasseur Alaoui, 2009.** Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture du blé dur (*Triticum durum*), 15 p.
- **Sigaut F., 1988.** A method for identifying grain storage techniques and its application for European agricultural history, Tools and Tillage, 6, 1, 3-32 p.
- **Siou D., 2013.** Développement épidémique de la fusariose des épis de ble et consequences des interactions entre espèces du complexe fusarien . Thèse Doctorale. Université paris-sud 11- France, 197 p.
- **Sisman, B., Delibas, L., 2004.** Storing sunflower seeds and quality losses during storage. J. Cent. Eur. Agric. 4, 239-250 p.
- **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.

- **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 Ž., 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.
- **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.
- **Surget A., Barron C., 2005.** Histologie du grain de blé. *Industrie des céréales*, 3-7 p.

T

- **Tahani N., 2008.** Stockage et transformation des céréales : Analyse et contrôle de la qualité de blé tendre et des produits de sa transformation. Thèse de Doctorat Faculté Des Sciences, Oujda, 244 p.
- **Tekrony, D.M., Shande, T., Rucker, M., Egli, D.B., 2005.** Effect of seed shape on corn germination and vigour during warehouse and controlled environmental storage. *Seed Science and Technology* 33, 185–197 p.
- **Tipples, K.H., 1995.** Quality and nutritional changes in stored grain. *Stored Grain Ecosystems*. Marcel Dekker, New York, 325±352 p.
- **Tommasia F., Paciollaa C., de Pintoa M.C., De Gara L., 2006.** Effects Of Storage Temperature On Viability, Germination And Antioxidant Metabolism In Ginkgo biloba L. seeds. *Plant Physiology and Biochemistry* 44 ; 359–368 p.
- **Toole E., Toole H. and Gorman E.A., 1948.** Vegetable-seed storage as affected b) temperature and relative humidity. U.S. Dept. Agric. Tech. Bull. 972, 24 p.
- **Troll W., Lindsey G, 1955.** A photometric method for the determination of proline. *J Biol Biochem*, 215, 655-660 p.
- **Turner M., 2013.** Les semences. Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, 272 p.

V

- **Vallée, 1999.** Les technique de culture en multicell, google
- **Volenik, M., Rozman, V., Kalinović, I., Liška, A., Šimić, B., 2006.** Influence of relative humidity and temperature on changes in grain moisture in stored wheat and sunflower. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, Campinas, Brazil, 24-29 p.

W

- **Wardlaw I.F., 2002.** Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment .Annals of Botany, 90:469-476 p.
- **White N.D.G., 1995.** Insects, mites, and insecticides in stored-grain ecosystems. In D.S. Jayas, N.D.G. White & W. E. Muir (Eds.), Stored-grain ecosystems (123–167 p). New York, NY: Marcel Dekker.
- **White, N.D.G., Hulasare, R.B., Jayas, D.S., 1999.** Effects of storage conditions on quality loss of hull-less 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.
- **Woodstock, L.W., 1969.** Biochemical tests for seed vigour. Proceedings of the International Seed Testing Association N° 34, 253 – 263 p.
- **Woodstock, L.W., 1973** Physiological and biochemical tests for seed vigour. Seed Science and Technology N° 1, 127 – 157 p.

Z

- **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.
- **Zouaoui N., 2012.** Effet des polyphénols sur la résistance à l'infestation fongique dans le grain de blé dur. Mémoire de Magister. Université de Constantine, 133 p.

Lien internet

Afrique Verte, 2008. Le systeme semencier national et ses acteurs. AMASSA Afrique Verte Mali.

Afrique Verte, 2008. Techniques de production de semences ameliorees certifiees amassa Afrique Verte Mali.

CNIS.2005. Agriculture algérienne. Les statistiques. [http ://www.douanes.cnis.dz](http://www.douanes.cnis.dz)

ISTA (1976): Handbook for Vigour Tests, International Seed Testing Association, Switzerland.

ISTA (2009): International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Switzerland.

Annexe 1

Effet du stockage sur la semence

1. Faculté germinative :

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	945,07	236,27	55,37	0,000
Error	10	42,67	4,27		
Total	14	987,73			

Tableau 2. Variété Gta dur

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	577,07	144,27	14,62	0,000
Error	10	98,67	9,87		
Total	14	675,73			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1233,1	308,3	11,80	0,001
Error	10	261,3	26,1		
Total	14	1494,4			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	458,67	114,67	12,65	0,001
Error	10	90,67	9,07		
Total	14	549,33			

Tableau 5. Variété Bidi/17

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	611,7	152,9	10,62	0,001
Error	10	144,0	14,4		
Total	14	755,7			

2. Conductivité électrique :

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	4000,9	1000,2	21,46	0,000
Error	10	466,0	46,6		
Total	14	4466,9			

Tableau 2 .Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	5822	1455	9,08	0,002
Error	10	1603	160		
Total	14	7424			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	9890,7	2472,7	43,43	0,000
Error	10	569,3	56,9		
Total	14	10460,0			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	3249,1	812,3	31,65	0,000
Error	10	256,7	25,7		
Total	14	3505,7			

Tableau 5. Variété Bidi/17

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	3946,0	986,5	19,76	0,000
Error	10	499,3	49,9		
Total	14	4445,3			

3. Test au froid :

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1719,73	429,93	429,93	0,000
Error	10	10,00	1,00		
Total	14	1729,73			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1350,267	337,567	1265,87	0,000
Error	10	2,667	0,267		
Total	14	1352,933			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	2091,07	522,77	252,95	0,000
Error	10	20,67	2,07		
Total	14	2111,73			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	495,600	123,900	371,70	0,000
Error	10	3,333	0,333		
Total	14	498,933			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	2676,93	669,23	557,69	0,000
Error	10	12,00	1,20		
Total	14	2688,93			

4. Détermination de l'activité de la catalase (CAT)**Tableau 1. Variété Simeto**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,136211	0,045404	102,79	0,000
Error	8	0,003534	0,000442		
Total	11	0,139745			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,1357355	0,0452452	474,41	0,000
Error	8	0,0007630	0,0000954		
Total	11	0,1364985			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,300087	0,100029	282,60	0,000
Error	8	0,002832	0,000354		
Total	11	0,302919			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,495776	0,165259	169,32	0,000
Error	8	0,007808	0,000976		
Total	11	0,503584			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,0034720	0,0011573	128,23	0,000
Error	8	0,0000722	0,0000090		
Total	11	0,0035442			

5. Détermination de l'activité ascorbate peroxydase (APX)**Tableau 1. Variété Simeto**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	3,21939	1,07313	138,41	0,000
Error	8	0,06203	0,00775		
Total	11	3,28141			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,07654	0,02551	6,78	0,014
Error	8	0,03010	0,00376		
Total	11	0,10664			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,25294	0,08431	16,79	0,001
Error	8	0,04018	0,00502		
Total	11	0,29311			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,05565	0,01855	5,39	0,025
Error	8	0,02753	0,00344		
Total	11	0,08317			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,05969	0,01990	11,46	0,003
Error	8	0,01389	0,00174		
Total	11	0,07359			

6. Détermination des concentrations du Malondialdéhyde (MDA)**Tableau 1. Variété Simeto**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,0025141	0,0008380	37,31	0,000
Error	8	0,0001797	0,0000225		
Total	11	0,0026939			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,0012848	0,0004283	17,05	0,001
Error	8	0,0002009	0,0000251		
Total	11	0,0014857			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,132470	0,044157	60,36	0,000
Error	8	0,005852	0,000732		
Total	11	0,138322			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,122917	0,040972	116,59	0,000
Error	8	0,002811	0,000351		
Total	11	0,125728			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0,021362	0,007121	22,72	0,000
Error	8	0,002507	0,000313		
Total	11	0,023870			

Annexe 2

Effet du stockage sur la plantule

1. Teneur en sucres solubles

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	311,9	78,0	3,03	0,071
Error	10	257,3	25,7		
Total	14	569,2			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	278,1	69,5	5,83	0,011
Error	10	119,2	11,9		
Total	14	397,3			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1676	419	1,93	0,183
Error	10	2176	218		
Total	14	3853			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	863	216	1,19	0,372
Error	10	1810	181		
Total	14	2673			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	123,3	30,8	1,45	0,289
Error	10	213,2	21,3		
Total	14	336,5			

2. Teneur en proline

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	28,534	7,134	8,87	0,003
Error	10	8,047	0,805		
Total	14	36,581			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	23,947	5,987	37,68	0,000
Error	10	1,589	0,159		
Total	14	25,536			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	141,653	35,413	98,28	0,000
Error	10	3,603	0,360		
Total	14	145,256			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	30,78	7,70	6,49	0,008
Error	10	11,87	1,19		
Total	14	42,65			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	25,033	6,258	12,92	0,001
Error	10	4,845	0,485		
Total	14	29,879			

3. Teneur en protéines totales

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	203,59	50,90	28,00	0,000
Error	10	18,18	1,82		

Total	14	221,77
--------------	-----------	---------------

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	196,21	49,05	13,95	0,000
Error	10	35,16	3,52		
Total	14	231,37			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	156,396	39,099	51,22	0,000
Error	10	7,634	0,763		
Total	14	164,030			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	114,58	28,64	16,67	0,000
Error	10	17,19	1,72		
Total	14	131,76			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	78,44	19,61	9,37	0,002
Error	10	20,94	2,09		
Total	14	99,38			

4. Teneur relative en eau (RWC)

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	43,3	10,8	0,59	0,678
Error	10	183,9	18,4		
Total	14	227,3			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	71,01	17,75	1,83	0,201
Error	10	97,23	9,72		
Total	14	168,23			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	950,4	237,6	3,82	0,039
Error	10	622,4	62,2		
Total	14	1572,8			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	155,9	39,0	1,26	0,349
Error	10	310,1	31,0		
Total	14	466,0			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	161,9	40,5	3,32	0,056
Error	10	121,9	12,2		
Total	14	283,9			

5. Surface foliaire**Tableau 1. Variété Simeto**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	4,324	1,081	3,85	0,038
Error	10	2,810	0,281		
Total	14	7,134			

Tableau 2. Variété Gta Tableau

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	4,2002	1,0501	12,51	0,001
Error	10	0,8397	0,0840		
Total	14	5,0399			

Tableau 3. Variété

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	6,698	1,675	1,90	0,188
Error	10	8,832	0,883		
Total	14	15,530			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	3,822	0,955	3,33	0,056
Error	10	2,867	0,287		
Total	14	6,689			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	4,8357	1,2089	38,81	0,000
Error	10	0,3115	0,0311		
Total	14	5,1471			

6. Poids radicules**Tableau 1. Variété Simeto**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,0001353	0,0000338	26,38	0,000
Error	10	0,0000128	0,0000013		
Total	14	0,0001481			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,0000789	0,0000197	6,04	0,010
Error	10	0,0000327	0,0000033		
Total	14	0,0001116			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,0001371	0,0000343	1,88	0,191
Error	10	0,0001827	0,0000183		
Total	14	0,0003197			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,000981	0,000245	2,33	0,127
Error	10	0,001053	0,000105		
Total	14	0,002035			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,0002598	0,0000649	23,87	0,000
Error	10	0,0000272	0,0000027		
Total	14	0,0002870			

7. Poids coleoptiles**Tableau 1. Variété Simeto**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,0009632	0,0002408	15,67	0,000

Error	10	0,0001537	0,0000154
Total	14	0,0011169	

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,0008068	0,0002017	14,11	0,000
Error	10	0,0001430	0,0000143		
Total	14	0,0009497			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,0031443	0,0007861	9,31	0,002
Error	10	0,0008447	0,0000845		
Total	14	0,0039890			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,002595	0,000649	5,33	0,015
Error	10	0,001216	0,000122		
Total	14	0,003811			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,002649	0,000662	6,19	0,009
Error	10	0,001070	0,000107		
Total	14	0,003718			

8. Longueurs des tiges

Tableau 1. Variété Simeto

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	32787	8197	57,26	0,000
Error	40	5726	143		
Total	44	38513			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	19351	4838	10,65	0,000
Error	40	18176	454		
Total	44	37527			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	30568	7642	5,50	0,001
Error	40	55624	1391		
Total	44	86192			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	37563	9391	70,26	0,000
Error	40	5346	134		
Total	44	42909			

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	18987	4747	3,76	0,011
Error	40	50560	1264		
Total	44	69547			

8. Longueurs des racines**Tableau 1. Variété Simeto**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1709	427	3,70	0,012
Error	40	4619	115		
Total	44	6328			

Tableau 2. Variété Gta

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	2194	548	1,22	0,316
Error	40	17936	448		
Total	44	20129			

Tableau 3. Variété Waha

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	42826	10707	5,27	0,002
Error	40	81225	2031		
Total	44	124051			

Tableau 4. Variété Vitron

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	2694	674	3,02	0,029
Error	40	8907	223		

Total	44	11602
-------	----	-------

Tableau 5. Variété Bidi

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1948	487	1,91	0,127
Error	40	10186	255		
Total	44	12133			

Annexe 3

Effet du stockage sur la plante

1. Teneur en sucres solubles

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C2	2	383,45	383,45	191,72	15,66	0,000
C3	4	1089,02	1089,02	272,26	22,24	0,000
C2*C3	8	5260,08	5260,08	657,51	53,72	0,000
Error	30	367,18	367,18	12,24		
Total	44	7099,73				

2. Teneur en proline

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C2	2	36,637	36,637	18,319	10,54	0,000
C3	4	44,841	44,841	11,210	6,45	0,001
C2*C3	8	66,747	66,747	8,343	4,80	0,001
Error	30	52,137	52,137	1,738		
Total	44	200,362				

3. Teneur en protéines totales

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C3	2	101,382	101,382	50,691	7,46	0,002
C2	4	348,668	348,668	87,167	12,83	0,000
C3*C2	8	137,377	137,377	17,172	2,53	0,031
Error	30	203,888	203,888	6,796		
Total	44	791,315				

4. Teneur relative en eau

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C2	2	47,77	47,77	23,89	1,38	0,266
C3	4	1396,16	1396,16	349,04	20,22	0,000
C2*C3	8	200,88	200,88	25,11	1,45	0,215
Error	30	517,85	517,85	17,26		
Total	44	2162,67				

5. Taux de déperdition d'eau (RWL)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C2	2	0,0000001	0,0000001	0,0000001	4,35	0,022
C3	4	0,0000003	0,0000003	0,0000001	5,19	0,003
C2*C3	8	0,0000002	0,0000002	0,0000000	1,76	0,124
Error	30	0,0000005	0,0000005	0,0000000		
Total	44	0,0000012				

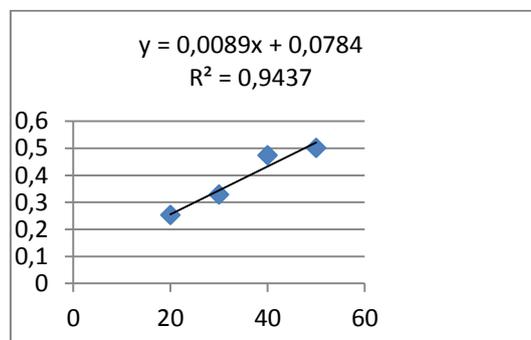
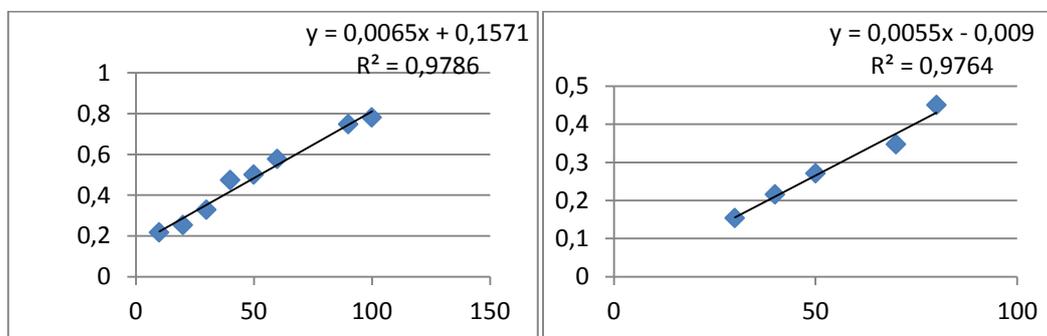
6. Surface foliaire

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
C2	2	173,99	173,99	87,00	6,65	0,004
C3	4	400,50	400,50	100,12	7,66	0,000
C2*C3	8	339,17	339,17	42,40	3,24	0,009
Error	30	392,34	392,34	13,08		
Total	44	1306,00				

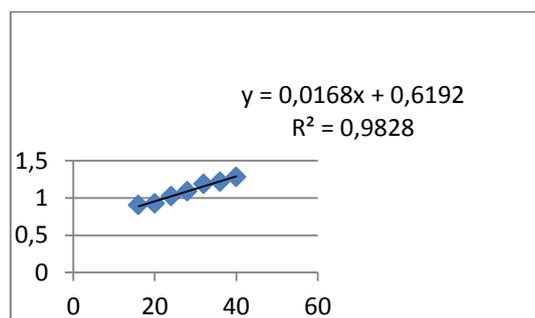
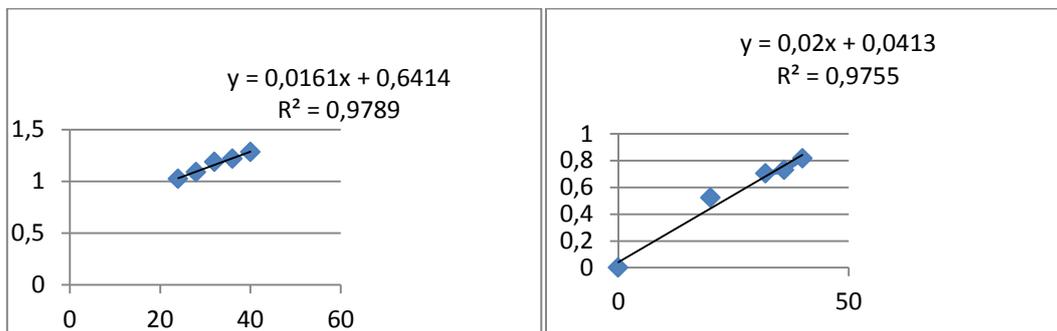
Annexe 4

Courbes d'étalonnage

1. Courbes des sucres solubles



2. Courbes des protéines totales



3. Courbes de la proline

