



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Agronomie**

Spécialité : **Production végétale**

Présenté par : - **Mr. NESSAH Ahmed**

- **Mr. ZADET Fodhil El-habib**

Thème

**Contribution à l'étude de l'effet du stress hydrique sur la
germination du blé dur (*triticum durum Desf.*).**

Soutenu le, 12/07/2021

Devant le Jury :

Mr. DRIS B	Président	M.A.B.	Univ-Tissemsilt
Mr. ZEMOUR K	Encadreur	M.A.B.	Univ-Tissemsilt
Mr. CHOUHIM K	Co-encadreur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
Mme. BENZAADI N	Examinatrice	M.A.A.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire: 2020-2021

Remerciement

*Avant tout, nous remercions le DIEU tout puissant de nous
avoir donné le privilège et la chance d'étudier et suivre le
chemin de la science.*

*Un grand merci a « Mr. Zemour k » et « Mr.chouhim k » pour son encadrement
et son assistance durant la réalisation de notre projet de fin d'étude.*

Nous remercions également les membres du jury :

« Mr. Dris b » et « Mme BENSAADI ».

Pour l'honneur qu'il nous ont fait d'évaluer ce travail.

Ainsi nous tenons à remercier

Tous les enseignants de département de snv

Et les ingénieurs de laboratoire surtout « Mme. Chahih hadjer »

Dédicace

A mes très chers parents

*Pour tout l'amour dont vous m'avez entouré, pour tout ce que vous avez fait pour moi.
Je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir.*

Que ce modeste travail, soit pour vous une petite compensation et reconnaissance envers ce que vous avez fait d'incroyable pour moi et de vos prières quotidiennes.

Que dieu, le tout puissant, vous préserve et vous procure santé

Et longue vie afin que je puisse à mon tour

Vous combler.

A mes très chers amis

*En souvenir de nos éclats de rire et des bons moments. En souvenir de
Tous ce qu'on a vécu ensemble. J'espère de tout mon Cœur que notre amitié Durera*

Éternellement et spécialement.

*N e s s a h
A h m e d*

Dédicace

A mes très chers parents

Pour tout l'amour dont vous m'avez entouré, pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir.

Que ce modeste travail, soit pour vous une petite compensation et reconnaissance envers ce que vous avez fait d'incroyable pour moi et de vos prières quotidiennes.

Que dieu, le tout puissant, vous préserve et vous procure santé

Et longue vie afin que je puisse à mon tour

Vous combler.

A mes très chers amis

En souvenir de nos éclats de rire et des bons moments. En souvenir de

Tous ce qu'on a vécu ensemble. J'espère de tout mon Cœur que notre amitié Durera

Éternellement et spécialement.

*Zadet fodhil
El-habib*

Résumé :

Le manque d'eau est le principal stress abiotique qui limite fortement la productivité du blé dur (*Triticum durum Desf.*). En Algérie La période de germination est l'une des étapes les plus sensibles aux l'impact de cette pression. Les travaux présentés portent sur l'impact de la rareté de l'eau représenté par réduire l'impact du potentiel hydrique environnemental sur la réalisation de l'étape principale de germination. Trois niveaux de potentiel osmotique induit par la solution PEG6000 a été adopté La germination de deux génotypes avec des sources et des comportements différents. Les résultats obtenus montrent La réduction du potentiel osmotique réduira considérablement la germination et la croissance en longueur de la racine. La tolérance des génotypes a cette contrainte nous a permet de déduire une variation interspécifique au cours de cette phase de germination. Néanmoins, Bousselem s'est avéré le plus résistant par rapport au Simeto. Les résultats montrent aussi Une augmentation significative de la teneur en sucres solubles. Cette augmentation peut être due au rôle osmoprotecteur des sucres solubles contre la déshydratation des cellules par maintien de l'équilibre de la force osmotique en gardant la turgescence et le volume cytosolique aussi élevé que possible et par une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés ainsi qu'une protection des protéines. Ceci constituerait une stratégie de la tolérance du blé dur à la sécheresse.

Mots clés : Blé dur, déficit hydrique, germination, génotype, sucres solubles.

Abstract:

The drought is the main abiotic stress, which strongly limits the productivity of durum wheat plants (*Triticum durum Desf.*). In Algeria, The seedling period is one of the most sensitive stages of the impact of this pressure. The presented work focuses on the impact of water scarcity represented by reducing the impact of environmental water potential on the realization of the main stage of germination. Three levels of osmotic potential induced by the PEG6000 solution was adopted the germination of two genotypes with different sources and behavior. The results obtained show that reduction of osmotic potential will significantly reduce the germination and the growth in root length. The tolerance of the genotypes to this constraint allowed us to deduce an interspecific variation during this phase. Nevertheless, Bousselem proved to be the most resistant compared to Simeto. The results also show a significant increase in the soluble sugar content. This increase may be due to the osmoprotective role of soluble sugars against cell dehydration by maintaining the balance of osmotic force by keeping turgor and cytosolic volume as high as possible and by preserving membrane integrity in desiccated organs and protecting proteins. This would be a strategy for drought tolerance in durum wheat.

Keywords: Durum wheat, water scarcity, germination, genotype, the soluble sugar.

ملخص:

يعتبر نقص المياه من الضغوط غير الحيوية الرئيسية التي تحد بشدة من إنتاجية النبات القمح الصلب (*Triticum durum Desf.*) وتعتبر فترة الإنبات من أكثر المراحل حساسية لتأثير هذا الضغط. العمل المقدم يتعلق بتأثير ندرة المياه المتمثل في الحد من تأثير المياه البيئية المحتملة على تحقيق المرحلة الرئيسية من الإنبات. تم اعتماد ثلاثة مستويات من الجهد التناضحي الناجم عن محلول PEG6000 إنبات نمطين وراثيين بمصادر وسلوكيات مختلفة. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن تقليل القدرة التناضحية سيقل بشكل كبير من الإنبات والنمو في طول الجذر. سمح لنا تحمل الأنماط الجينية لهذا القيد باستنتاج اختلاف بين الأنواع خلال هذه المرحلة من الإنبات. ومع ذلك، أثبت بوسليم أنه الأكثر مرونة مقارنة بسيميتو. كما أظهرت النتائج زيادة معنوية في محتوى السكريات الذائبة. قد تكون هذه الزيادة ناتجة عن دور السكريات القابلة للذوبان في الحماية ضد جفاف الخلايا عن طريق الحفاظ على توازن القوة التناضحية عن طريق الحفاظ على حجم الانتفاخ والخلوي على أعلى مستوى ممكن والحفاظ على سلامة الأغشية في الأعضاء المجففة وكذلك حماية البروتين. هذا من شأنه أن يشكل استراتيجية تحمل الجفاف للقمح الصلب

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الجفاف، الإنبات، النمط الوراثي، السكريات.

Liste des tableaux

Tableau 01: exigences du blé en somme de températures selon les stades physiologiques.....	8
Tableau 02: exigences du blé en somme de températures selon les stades physiologiques.....	8
Tableau 03: Degrés-jours nécessaires à la germination et à l'émergence.	16
Tableau 04: Les caractéristiques agronomiques des géotypes expérimentés.....	24
Tableau 05: Les compositions chimiques et les Potentiels osmotiques des milieux de germination.	25
Tableau 06: Analyse de variance de l' évolution du taux d' imbibition des graines mise en germination.	28
Tableau 07: Analyse de variance du taux de germination des graines.....	30
Tableau 08: Analyse de variance de la longueur de la racine principale.	31
Tableau 09: Analyse de variance de la longueur de coléoptile.....	33
Tableau 10: Analyse de variance du nombre de racines émergées.....	34
Tableau 11: Effet du géotype et du potentiel osmotique sur le teneur en sucres solubles des graines en germination.	36

Liste des figures

Figure 01: Généalogie des blés.	4
Figure 02: la morphologie de la plante.....	5
Figure 03: structure du grain de blé.....	5
Figure 04: cycle de développement de blé dur.....	7
Figure 05: grain de blé (<i>triticum aestivum</i>).....	10
Figure 06: Coupe longitudinale d'un grain de blé.....	11
Figure 07: graine de blé germée.	14
Figure 08: L'amidon est composé de deux polysaccharides, (l'amylose et l'amylopectine).....	16
Figure 09 : Evolution moyenne du taux d'imbibition des graines (%) de génotype Simeto.	29
Figure 10: Evolution moyenne du taux d'imbibition des graines (%) de génotype Bousselem.	29
Figure 11: Evolution moyenne du taux de germination en fonction du niveau de régime hydrique appliqué.	31
Figure 12: Evolution de la longueur des racines en fonction des régimes hydriques appliqués (cm).	32
Figure 13 : Longueur de coléoptile des génotypes en fonction des régimes hydriques adoptés (cm). ..	33
Figure 14: Nombre de racines formées par les génotypes en fonction des potentiels osmotiques appliqués.....	35
Figure 15: Evolution moyenne de la teneur en sucre soluble des graines (mg/100g.MF) en fonction des potentiels osmotiques appliqués.....	36

Liste des abréviations

MPa : Mega pascal.

SH : Stress hydrique.

MF : Matière fraîche.

PEG : Poly Ethylen Glycol.

Ddl : degré de liberté.

CM : Carre moyen.

P : Probabilité.

F : Teste de ficher.

Sommaire

Remerciement

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction :	1
Synthèse bibliographique	3
1 Généralité sur le blé :	4
1.1 Généalogie des blés :	4
1.2 Définition et caractéristique de blé dur :	4
1.3 La morphologie de blé dur :	4
1.4 Classification générale de blé dur :	5
1.5 Cycle de développement du blé dur :	6
1.6 Importance de la culture :	7
1.6.1 Dans le monde :	7
1.6.2 Dans l'Algérie :	7
1.7 Exigences climatiques du blé :	8
1.7.1 Température :	8
1.7.2 Humidité :	8
1.7.3 Lumière :	9
1.7.4 Terre :	9
1.7.5 pH :	9
1.7.6 Salinité :	9
1.7.7 Eléments de fertilisation :	9
2 La germination :	9
2.1 Morphologie et anatomie des grains des céréales :	9
2.2 Composition de grain du blé :	10
2.2.1 Les enveloppes :	10
2.2.2 L'endosperme (amande ou albumen) :	10
2.2.3 Le germe (embryon) :	11
2.3 Définition de la germination :	12
2.4 Physiologie de la germination :	12
2.5 Facteurs affectant la germination et l'émergence :	14
2.5.1 La dormance :	14

2.5.2	L'humidité :	14
2.5.3	Température :	15
2.6	Composition de L'amidon :	16
2.6.1	L'amidon dans les végétaux :	17
2.6.2	Les propriétés chimiques de l'amidon :	17
3	Stress hydrique :	17
3.1	Définition du stress hydrique :	17
3.2	Effet du stress hydrique sur les plantes :	18
3.2.1	Perte de feuilles :	18
3.2.2	Les dommages de la racine :	19
3.2.3	Les Dommages nuisibles :	19
3.2.4	La ralentissement du croissance :	19
3.3	Effet du stress hydrique sur la germination :	19
3.4	Mécanisme de résistance contre le déficit hydrique :	20
3.4.1	L'ajustement osmotique (ou l'osmorégulation ou modification du potentiel foliaire) : ..	20
3.4.2	Tolérance à la dessiccation :	21
3.4.3	Maintien de la translocation :	21
	Matériel et méthodes	22
1.	Le but de l'expérience :	23
2.	Matériel végétal :	23
3.	Emplacement de l'expérience :	25
3.1.	Expériences en laboratoire :	25
3.1.1.	Conditions de germination des graines :	25
3.1.2.	Mesures effectuées :	25
3.1.2.1.	Absorption d'eau par les graines et taux de germination :	25
3.1.2.2.	La longueur de la racine et le coléoptile et le nombre de racines formées :	26
3.1.2.3.	Détermination des sucres solubles :	26
4.	Méthode d'analyse statistique :	26
	Interprétation des résultats.....	27
1	Les paramètres physiques de la germination :	28
1.2	Paramètres d'évolution du taux d'imbibition (%) :	28
1.2.	Taux de germination des graines (%) :	30
1.3	Longueur de la racine principale (cm) :	31
1.4	Longueur de coléoptile (cm) :	33
1.5	Nombre de racines :	34

2 Les paramètres biochimiques :.....	36
2.1 Taux des sucres solubles (mg/g.MF) :.....	36
Discussion	39
Conclusion :.....	42
Référence bibliographique.....	43
Annexes	49

Introduction

Introduction :

Les blés sont les céréales les plus cultivées à l'échelle mondiale. Ils contribuent pour plus de 20 % de calories et de protéine dans l'alimentation humaine et sont utilisés par plus de 35% de la population du monde répartie dans plus de 40 pays. Le blé tendre (*Triticum aestivum L.*) est la céréale la plus produite à travers le monde, alors que le blé dur (*Triticum durum Desf.*) occupe une place importante surtout dans les régions au climat de type méditerranéen.

En Algérie, le blé dur est une culture ancestrale dont le produit constitue la base de l'alimentation de la population sous diverses formes notamment semoule et pâtes (**Hannachi, 2010**). La production algérienne, quoiqu'en augmentation, passant de 1,35 millions de tonnes, moyenne de la période en 2000-2008, à 2,1 millions de tonnes, moyenne de la période 2009-2015, est loin de couvrir les besoins du pays, estimés à 8 millions de tonnes par an. Le faible niveau des rendements explique en grande partie celui de la production, puisque les superficies allouées à cette culture varient peu dans le temps. Les alternatives offertes pour augmenter la production de blé dur et ainsi diminuer de la dépendance de l'extérieur sont peu nombreuses, dont entre autres l'augmentation de la surface réservée à cette espèce au dépendant des autres céréales, l'intensification de l'itinéraire technique dont l'irrigation et l'amélioration génétique pour sélectionner des variétés plus tolérantes, mieux adaptées et plus productives (**Hannachi, 2010**).

L'augmentation des superficies est une solution improbable car la céréaliculture empiète déjà sur la zone d'isohyète 300 mm de pluie/an, limite supérieure de la steppe. La rareté de l'eau, dans un pays au climat essentiellement semi-aride, fait que le recours à l'irrigation, quoique ce soit une option séduisante, est peu envisagée puisque l'objectif actuel du gouvernement est d'atteindre 600 000 hectares irrigués en 2019 (**MADR, 2006**).

Malheureusement, la production reste faible et les rendements oscillent aux grés des aléas climatiques. Cette situation a pour origine des variations climatiques défavorables marquées surtout par un déficit hydrique sévère et régulier, accompagné de fortes chaleurs de fin de cycle. Le déficit hydrique est le facteur limitant majeur des rendements des céréales. Or, la presque totalité de la superficie emblavée en céréales en Algérie est localisée dans les zones à faibles potentialités agro-climatiques. Ces zones sont caractérisées par une insuffisance et mauvaise répartition interannuelles et saisonnières des pluies, se traduisant souvent par un déficit hydrique important coïncidant avec les phases critiques de

Introduction

développement des céréales à l'origine de l'obtention de faibles niveaux de rendement. Face à cette situation, diverses stratégies d'améliorations des rendements et d'adaptation peuvent être appliquées. Parmi ces stratégies la sélection de génotypes aux potentiels productifs acceptables et qui se caractérisent par une adaptation au milieu pour minimiser les baisses de productions lors des années difficiles.

Cependant, Si cette approche de sélection directe aux champs du rendement en grains et de sa stabilité est indispensable, elle reste néanmoins insuffisante en ce sens qu'elle ne rend pas compte des mécanismes mis en jeu dans la réalisation de ces performances. Aussi, le recours aux caractères morpho-physiologiques de tolérance au stress hydrique permettent dans le cadre d'une approche intégrative d'identifier les plus pertinents d'entre eux pour la recherche de génotypes stables.

A ce titre, l'étude et l'identification des caractères morpho-physiologiques liées à la tolérance au déficit hydrique réalisé au stade juvénile de la plante s'avère très efficace pour l'obtention de génotypes adaptés et stables.

L'objectif de notre travail s'intègre dans un contexte de recherché qui évalue l'effet de ce stress abiotique sur le comportement de développement du blé dur. Vu que, le stade de germination constitue la phase d'installation de chaque culture, cette étude a pour principale objet d'évaluer l'influence de déficit hydrique provoqué par un ajout d'un produit de PEG6000 (Poly Éthylène Glycol) sur le processus de déroulement de cette phase.

Synthèse bibliographique

1 Généralité sur le blé :

1.1 Généalogie des blés :

Sa forme sauvage est *T. monococcum* subsp., la figure 01 résume les divisions qui se produisent.

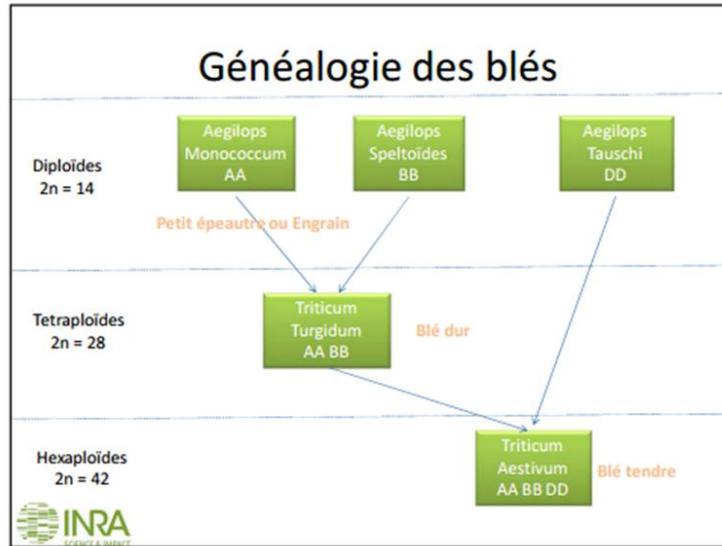


Figure 01 : Généalogie des blés (INRA, 2007).

1.2 Définition et caractéristique de blé dur :

Le blé est l'une des plantes monocotylédones annuelles, appartenant à la famille des graminées *Triticum*. C'est une sorte de grain, et son grain est une sorte de fruit sec et non fêlé appelé drupe.

Les caractéristiques du blé dur sont :

-Un épi avec un "axe central partant des deux côtés de la branche la plus courte", de fortes glumes en forme de quille s'étendant jusqu'à la base du lemme inférieur et une longue barbe colorée à l'extrémité.

-Une très grosse particule "de 45 à 60 mg" avec une section transversale sub-triangulaire. Posséder une protéine vitreuse, ce qui la rend appropriée pour fournir de la semoule.

-Les talles sont très faibles (généralement un seul épi par plante) (Laaboudi, 2006).

1.3 La morphologie de blé dur :

Le blé produit généralement des tiges ressemblant à des thalles et mesurant de 1 à 1,5 m de haut. Les variétés plus petites ont l'avantage de pouvoir être semées à des densités plus élevées et de résister à la verse. Il forme de longues feuilles avec une langue membraneuse courte et des oreilles velues.

Les inflorescences de blé sont des épis formés à l'extrémité supérieure de la tige. Les épis sont cylindriques et portent des rangées de graines (4 à 6). Les grains de blé sont des caryopses ovales avec des rainures au centre. Le grain est enveloppé de paléa et de lemme. Il est généralement brun (**Grignacs, 1978 in Ghanem, 1995**).

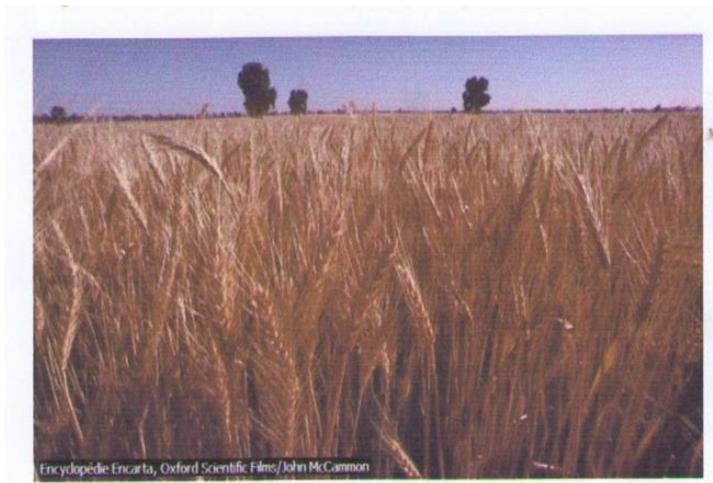


Figure 02 : la morphologie de la plante (**Encarta,2005**).

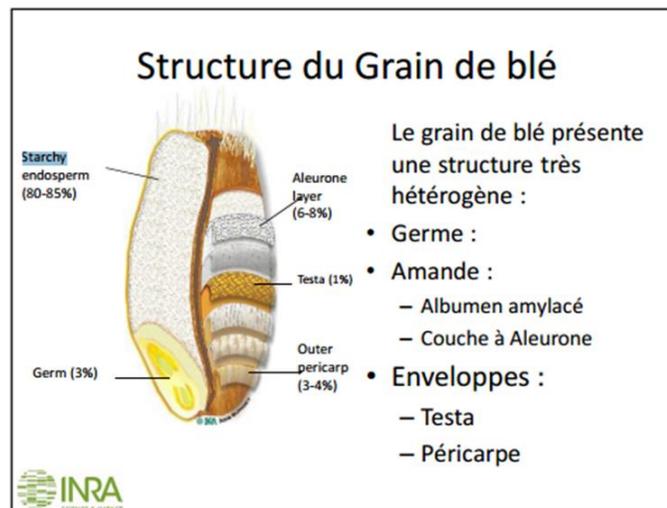


Figure 03 : structure du grain de blé (**Surget et Barron, 2005**).

1.4 Classification générale de blé dur :

Classification systématique :

Règne : végétal.

Embranchement : phanérogames.

Sous/embranchement : Angiospermes.

Classe : Monocotylédones.

Ordre : Glumifloales.

Famille : Graminée.

Genre : *Triticum*.

Espèces : *Triticum durum*. SP (**Bourahla et Hadji, 2009**)

1.5 Cycle de développement du blé dur :

Le développement de la culture du blé dur est passé par plusieurs étapes, principalement les étapes suivantes :

-Germination : Dans la première étape, la graine passe d'un état de vie lent à un état de vie actif, le blé est très sensible aux conditions climatiques, et nous parlerons de l'émergence de 50 plantes dans le sol.

-Talling : Comprenant 03 processus : la formation du plateau de tallage, le lancement des talles et l'émergence de nouvelles racines.

-Maturité : Elle commence à apparaître dès le stade de l'oreille de 1 cm, provoquant l'allongement du premier entre-nœud et la formation d'un épillet blanc dans le tiers inférieur de la future oreille.

- Epitage : C'est l'apparition de l'amande de la dernière feuille. L'épi dégainé fleurit généralement 8 jours après l'épiaison.

-Formation de la graine : Après la fécondation, l'évolution de la graine se déroule en trois étapes :

Étape 1 : Augmenter le poids des graines grâce à une prolifération cellulaire dense.

Étape 2 : Le poids de l'eau dans la graine devient constant, ce qui correspond au niveau d'eau.

La troisième étape : le séchage des grains. Ceci est réalisé en réduisant le poids de l'eau et en stabilisant la matière sèche (**Laaboudi, 2006**).

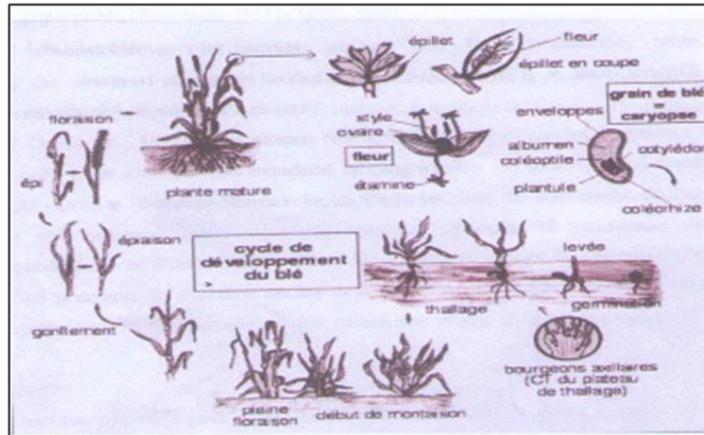


Figure 04 : cycle de développement de blé dur (Boudrai et Ben Mabrouk, 2007).

1.6 Importance de la culture :

1.6.1 Dans le monde :

Le blé est la principale ressource de l'alimentation humaine, la principale source de protéines, et la ressource privilégiée pour l'alimentation animale et diverses applications industrielles. La quasi-totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les céréales, dont 95% sont produites par les principales cultures céréalières. La production mondiale de blé est estimée à environ 580 millions de tonnes, couvrant une superficie de 215 millions d'hectares (INRA, 2007). Le blé dur représente environ 8 % de la superficie cultivée en blé dans le monde. Cependant, plus de 70 % du blé est cultivé dans des conditions méditerranéennes. Au cours de cette période (1980-1990), la superficie de plantation de blé dur dépassait même celle de blé tendre, et la Turquie maintenait la plus grande production mondiale. Durant cette période, le marché mondial était dominé par quelques pays exportateurs et importateurs. D'où la consommation de blé dur représenté environ 5 de la collecte mondiale de blé.

1.6.2 Dans l'Algérie :

En Algérie, le blé dur représente la plus grande part des céréales semées car c'est une ressource essentielle dans l'alimentation de la population algérienne (couscous, pâtes).

Comparé à une demande de population estimée à 220 kg/habitat/an, le rendement moyen en grains fluctue autour de 7,19 quarks/ha. C.

Depuis 1982, plus de 82 % de l'approvisionnement de l'industrie de transformation est assuré par les importations, et 90 % des semoules et 84 % des farines proviennent de l'étranger.

L'Algérie est le premier importateur mondial de blé dur et 50% de la production mondiale est vendue sur le marché international (**Ghanem, 1995**).

Le blé dur occupe une place centrale dans l'économie algérienne, son rendement est faible et irrégulier, son ordre de grandeur est de 8q/ha.

1.7 Exigences climatiques du blé :

Le bon comportement de la culture tout au long de son cycle de développement dépend de certains facteurs qui conduisent aux rendements plus élevés observés :

1.7.1 Température :

La température est toujours un facteur important affectant la physiologie du blé : La végétation zéro est de 0°C, mais la température optimale se situe entre 20 °C et 22 °C (**Boudrai et Ben Mabrouk, 2007**).

Tableau 01: exigences du blé en somme de températures selon les stades physiologiques.
(**Boudrai et Ben Mabrouk ,2007**).

Les phases	Somme des températures (C°)
Somme des températures (C°)	150
Levée fin tallage	500
Montaison floraison	850
Floraison maturation	850
Semis maturation	2350

Tableau 02: exigences du blé en somme de températures selon les stades physiologiques.
(**Boudrai et Ben Mabrouk ,2007**).

1.7.2 Humidité :

Le climat relativement sec est préférable pour le blé dur, ou plus précisément, pendant la maturité du grain (ce qui lui confère une excellente qualité de verre). Le blé, comme tout, a besoin d'eau tout au long de son cycle de développement, la quantité d'eau estimée est pour une culture qui produit 48 quintaux/ha et 580 mm/an. La quantité d'eau nécessaire pour préparer un gramme de matière sèche est de 300 grammes et 400 grammes d'eau/gramme de M.S. Cela suppose que le blé nécessite différentes quantités d'eau, selon l'environnement (climat) et la variété (**Boudrai et Ben Mabrouk, 2007**).

Trop d'eau affectera négativement la germination et le développement des racines. Pendant la montaison et avant la floraison, il faut jusqu'à 180 cm d'eau.

1.7.3 Lumière :

Le blé est une plante de jours longs qui a besoin de lumière pour assurer de bonnes talles, ce qui joue un rôle déterminant dans l'évolution des rendements végétaux. L'intensité de la photosynthèse, dont dépendent à la fois la résistance des tiges et le rendement, est directement affectée par la lumière (Soltner, 1999).

1.7.4 Terre :

Le blé s'adapte à différents types de sols. Afin d'obtenir de meilleurs rendements, il faut éviter les sols très collants et mal drainés avec une mauvaise nitrification au printemps (Soltner, 1987).

1.7.5 pH :

Le meilleur PH est de 6 à 8 (Malki, 2008).

1.7.6 Salinité :

Le blé général est tolérant au sel, mais l'effet variété est important (Melki, 2008).

1.7.7 Eléments de fertilisation :

La classification agronomique des éléments minéraux porte sur l'importance et le rôle de ces éléments (Boudrai et Ben Mabrouk, 2007), on distingue :

- Éléments principaux : N, P, K
- Éléments mineurs : Ca, Mg, S
- Oligoéléments : Fe, Zn, Cu, B, Mo 1.

2 La germination :

2.1 Morphologie et anatomie des grains des céréales :

Chez les graminées, le fruit est sec et indéhiscence, c'est-à-dire que la graine proprement dite reste enfermée dans le tégument du fruit nommé péricarpe, provenant des tissus de l'ovaire.

Comme la graine est adhérente au péricarpe, le fruit est un caryopse, couramment appelé « grain ».

Chez le sarrasin, au contraire, la graine n'est pas adhérente aux téguments secs du fruit : elle est libre à l'intérieur de ces téguments ; il s'agit alors d'un akène.

Les grains de céréales diffèrent largement suivant les espèces, et au sein de chaque espèce selon les cultivars (variétés) (Boyeldieu, 2017).

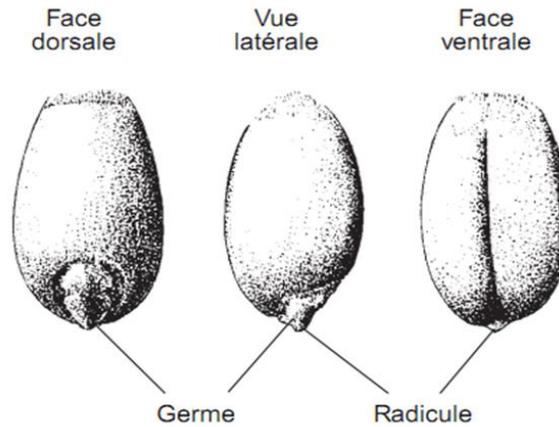


Figure 05 : grain de blé (*triticum aestivum*) (Boyeldieu, 2017).

2.2 Composition de grain du blé :

Les trois parties principales du grain étant le germe, les enveloppes ou téguments, et l'albumen amylicé ou endosperme, chacune de ces parties comporte des tissus différents. Leur composition n'est absolument pas la même et leurs proportions respectives varient beaucoup. Ainsi, le germe représente 2,5 à 3,5 % du poids du grain.

2.2.1 Les enveloppes :

Les enveloppes sont de nature cellulosique qui protège le grain et représentent 14 - 16% de la masse du grain. Elles renferment une teneur importante en protéines, en matières minérales et en vitamine du complexe B.

-le péricarpe ou tégument du fruit constitué de trois assises cellulaires :

-épicarpe, protégé par la cuticule et les poils.

-mésocarpe, formé de cellules transversales.

-endocarpe, constitué par des cellules tubulaires.

Il est riche en celluloses, hémicelluloses et pentosanes ainsi qu'en éléments minéraux (Boyeldieu, 2017).

2.2.2 L'endosperme (amande ou albumen) :

Constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersées au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellululosiques sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80 - 85 %). Il forme environ 80% du poids d'un grain et est constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique (gluten). (Boyeldieu, 2017).

2.2.3 Le germe (embryon) :

Il constitue un organe de réserve, riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule et forme environ 2,5% à 3% du grain de blé. Composé d'un embryon (lui-même formé de coléoptile, de la gemmule, de la radicule, le coléorizhe et de la coiffe) et du scutellum (Surget et Barron, 2005).

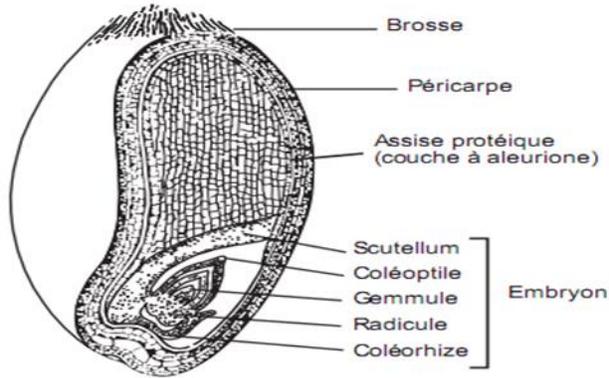


Figure 06 : Coupe longitudinale d'un grain de blé. (Boyeldieu, 2017).

De l'extérieur vers l'intérieur, on distingue les tissus suivants :

- Le péricarpe, ou tégument du fruit, provient des cellules de l'ovaire issu de la plante mère. Il est composé de trois assises de cellules :
- l'épicarpe, cellules rectangulaires à paroi épaissie (cellules protectrices).
- le mésocarpe, comportant une ou deux couches de cellules isodiamétriques à paroi également épaissie, et une couche de grandes cellules appelées transversales parce qu'elles sont allongées perpendiculairement à celles de l'épicarpe.
- l'endocarpe, représenté par des cellules tubulaires disposées dans le sens de la longueur du grain.
- Le tégument propre de la graine (tégument séminale) provient des cellules protectrices de l'ovule. Appelé « Testa », il est formé de deux couches de cellules aplaties à paroi mince. C'est la couche interne du Testa qui est fortement pigmentée chez les blés à grain roux.
- Le tégument du nucelle, appelé dans le grain « bande hyaline », forme une simple couche transparente. Entre le nucelle et le Testa existe un fin dépôt de matériel lipidique semi-perméable qui forme une protection continue du gain contre les pénétrations parasites.

– L'albumen (ou endosperme) commence par une couche de grosses cellules cubiques, appelée couche à aleurone ou assise protéique à cause de sa richesse en réserves azotées (sous forme de grains d'aleurone). Tout le reste de l'albumen, dit albumen farineux, est constitué de cellules bourrées de grains d'amidon et comportant aussi des réserves protéiques (gluténines et gliadines). (**Boyeldieu, 2017**).

2.3 Définition de la germination :

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

La germination recouvre la séquence des événements allant de la graine au repos jusqu'à l'obtention d'une plantule autotrophe (viable). Les réserves qui jusque-là assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (**LAURENT et al., 1991 ; MAZOYER, 2002**).

2.4 Physiologie de la germination :

Phase 1 : Absorption de l'eau

La phase 1 commence lorsque la graine commence à absorber l'humidité. En général, une graine de blé doit atteindre un taux d'humidité d'environ 35-45% de son poids sec pour commencer la germination.

La vapeur d'eau peut commencer le processus de germination aussi rapidement que le liquide.

Les graines de blé commencent à germer à une humidité relative de 97,7 %. Un sol si sec que les racines ne peuvent pas extraire d'eau a toujours une humidité relative de 99%, bien plus élevée que celle d'une graine sèche.

Ainsi, même dans des conditions sèches, il peut y avoir suffisamment d'humidité pour que la graine puisse absorber et commencer la phase 1, mais cela prend plus de temps que dans des conditions humides (**Agronomists, 2007**).

Phase 2 : Activation des enzymes

Une fois que l'embryon a gonflé, il produit des hormones qui stimulent l'activité enzymatique. Le site enzymes décompose l'amidon et les protéines stockés dans la graine en sucres et acides aminés, fournissant de l'énergie à l'embryon en croissance. Plus la graine est grosse, plus elle a d'amidon et, par

conséquent, d'énergie. Si la graine se dessèche avant que l'embryon ne commence à se développer, elle reste viable.

La phase 2 se poursuit jusqu'à la rupture de l'enveloppe de la graine, premier signe visible de la germination (**Agronomists, 2007**).

Phase 3 : germination visible

Au cours de la phase 3, l'embryon commence à se développer de manière visible. La racicule émerge, suivie peu après par d'autres racines primaires et le coléoptile. Les enzymes produites en phase 2 mobilisent les sucres et acides aminés stockés dans la graine et permettent leur transfert à l'embryon en croissance (**Agronomists, 2007**).

Emergence :

Lorsque les premières racines primaires apparaissent, le coléoptile traverse le tégument et commence à pousser vers la surface. L'émergence est le moment où le coléoptile ou la première feuille devient visible au-dessus de la surface du sol (**Agronomists, 2007**).

Formation du coléoptile :

Le coléoptile (Figure 07) est bien développée dans l'embryon, formant une structure en forme de dé à coudre qui recouvre la feuille du tube de semis et la pousse. Une fois que le coléoptile émerge de la graine, il augmente en longueur jusqu'à ce qu'il perce la surface du sol. Le coléoptile complètement allongé est une structure tubulaire d'environ 50 mm de long et 2 mm de diamètre. Il est blanc, à l'exception de deux brins de tissu qui contiennent de la chlorophylle. L'extrémité de coléoptile est en forme de balle et est fermé à l'exception d'un petit pore, de 0,25 mm de long, et une courte distance derrière l'extrémité. Lorsque le coléoptile détecte la lumière, il arrête de croître et la première vraie feuille passe par le pore à l'extrémité. Jusqu'à ce stade, la plante vit sur les réserves de la graine. La différence entre la coléoptile et la première vraie feuille est que la coléoptile sait de quel côté se trouve la surface du sol. Dans quel sens se trouve la surface du sol. S'il n'atteint pas la surface, la première feuille peut émerger sous le sol et pousser dans n'importe quelle direction (**Agronomists, 2007**).

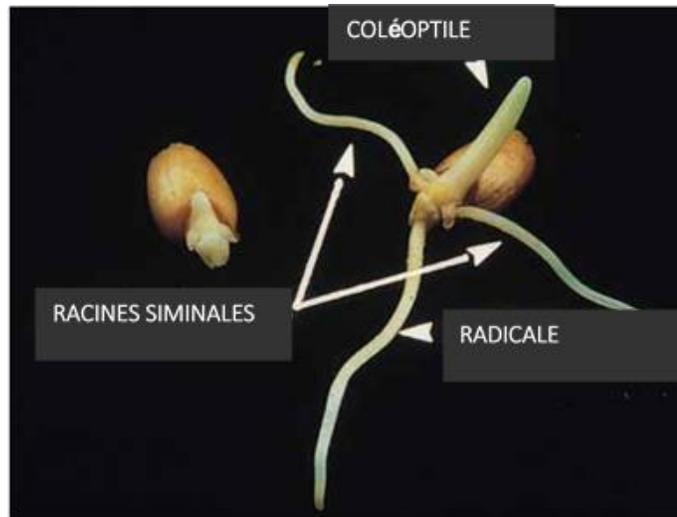


Figure 07 : graine de blé germée (Agronomists, 2007).

2.5 Facteurs affectant la germination et l'émergence :

2.5.1 La dormance :

Dans une graine de blé, la germination commence après une très courte période de dormance. Les blés australiens ont un faible niveau de dormance qui se décompose facilement, permettant à la germination de commencer.

En revanche, les variétés de blé rouge européennes et nord-américaines présentent une dormance dérivée de leur tégument qui dure de 3 à 7 mois. Cette dormance est liée aux anthocyanes, les enzymes qui donnent à l'enveloppe de la graine sa couleur rouge.

Chez les blés blancs australiens, au moins deux gènes influencent le niveau de dormance. Un gène est exprimé dans l'embryon de la graine et doit être présent pour qu'un niveau de dormance de la graine se développe. Ce gène rend le grain sensible à l'hormone végétale l'acide abscissique, qui empêche la germination au moment de la maturité de la culture. Le second gène est exprimé dans l'enveloppe de la graine et, en combinaison avec le gène de l'embryon, il produit une graine plus robuste et plus stable. Ce niveau de dormance est essentiel dans les variétés destinées au Queensland et au nord de la Nouvelle-Galles du Sud en raison des pluies d'été. Et est hautement souhaitable dans le sud de l'Australie (Agronomists, 2007).

L'humidité :

L'humidité du sol influe sur la vitesse de germination. La germination est rapide si le sol est humide. Lorsque le sol s'assèche jusqu'à atteindre le point de flétrissement permanent, la vitesse de germination ralentit. Au lieu de 5 jours à 7°C lorsque l'humidité est suffisante, la germination prendra 10 jours à 7°C lorsque le sol atteint le point de flétrissement permanent.

Le processus de germination d'une graine peut s'arrêter et démarrer en fonction de l'humidité disponible. Par conséquent, les graines qui ont absorbé de l'eau et sont entrées dans la phase 2, mais n'ont pas atteint la phase 3, restent viables si le sol s'assèche. Cela peut se produire lorsque le semis à sec est suivi par une petite chute de pluie qui maintient le sol humide pendant quelques jours avant de s'assécher. Lorsque la pluie suivante, la graine reprend sa germination, absorbe de l'eau et passe rapidement en phase 2. De sorte que la germination est rapide. Cette capacité à démarrer et à arrêter le processus de germination (en réponse aux conditions) avant que les racines et le coléoptile n'aient atteint leur stade de développement. Si le lit de semence s'assèche avant que le coléoptile n'ait émergé, la culture doit être surveillée pour déterminer si elle émergera, si elle se développera ou non. Afin de pouvoir prendre la décision critique de semer à prendre.

L'humidité du sol affecte également la levée. Semer dans un sol dur ou croûté qui s'assèche après le semis peut entraîner une mauvaise levée. Le sol dur rend difficile la pénétration du coleoptile jusqu'à ce qu'il atteigne le sol.

En particulier pour les variétés à coléoptile court. Dans certains sols encroûtés, le gypse et/ou la chaux peuvent améliorer la structure du sol et favoriser la levée des semis. Le chaume réduit l'impact des gouttes de pluie sur la surface du sol et aide à prévenir la formation de croûtes. La rétention du chaume favorise également l'activité biologique et augmente la quantité de matière organique, ce qui améliore la stabilité du sol en liant les particules du sol (**Agronomists, 2007**).

2.5.2 Température :

La germination dépend de la température. La plage de température idéale pour la germination du blé est de 12° à 25°C, mais la germination se produit entre 4° et 37°C. La vitesse de germination est déterminée par la température accumulée, ou degrés-jours. Les degrés-jours sont la somme des températures maximales et minimales quotidiennes moyennes sur plusieurs jours consécutifs. Le blé a besoin de 35 degrés-jours pour que la germination soit visible (tableau 02). Par exemple, à une température moyenne de 7°C, il faut 5 jours avant une germination visible. A 10°C, il faut 3,5 jours (**Agronomists, 2007**).

Tableau 03: Degrés-jours nécessaires à la germination et à l'émergence
(Agronomists, 2007).

Stade	Nombre de degrés-jours
Racine juste visible	27
Coléoptile visible	35
Emergence (40 mm)	130
Chaque feuille	100

L'extension de coléoptile est directement liée à la température du sol. Les sols trop froids ou trop chauds raccourcissent la longueur de coléoptile. Les recherches montrent que les coléoptiles sont les plus longs lorsque la température du sol se situe entre 10° et 15°C. C'est une des raisons pour lesquelles il y a la levée et l'implantation varient selon les régions productrices de blé (Agronomists, 2007).

2.6 Composition de L'amidon :

L'amidon (du latin *amylum* qui signifie non moulu) est un sucre complexe qui sert de réserve glucidique chez les végétaux. C'est l'équivalent du glycogène chez les animaux. L'amidon est un mélange de deux polysaccharides, l'amylose et l'amylopectine, dont les proportions sont variables selon les espèces (il faut en fait parler d'amidons au pluriel et non d'amidon). Il présente une formule générale $(C_6H_{10}O_5)_n$ où n est un entier compris en moyenne entre 500 et 1.000.

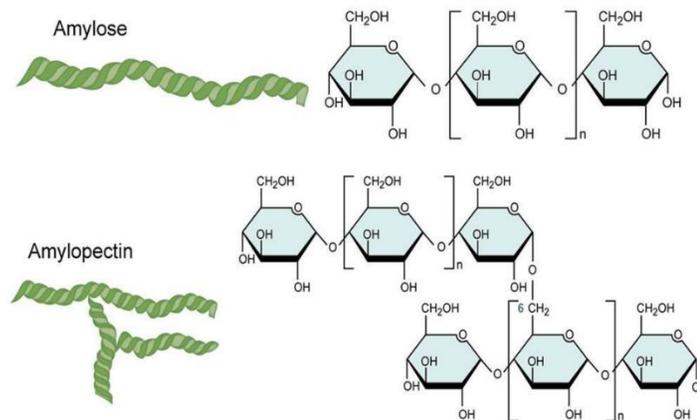


Figure 08 : L'amidon est composé de deux polysaccharides, (l'amylose et l'amylopectine).

2.6.1 L'amidon dans les végétaux :

L'amidon sert à stocker le surplus de glucose qui servira à la croissance de la plante la saison suivante. On en trouve dans les céréales (maïs, blé...), les graines (par exemple la châtaigne), les racines, certains fruits (banane) et les tubercules (pomme de terre, manioc, patate douce...). On parle plutôt dans ce dernier cas de fécule. L'amidon représente 20 % à 70 % du poids sec d'un tissu végétal. La pomme de terre en contient ainsi 20 %, le blé 55 % et le maïs 65 %. L'amidon est également présent au niveau des feuilles de façon transitoire : synthétisé durant la journée grâce à la photosynthèse, il est dégradé pour alimenter les autres organes en carbone durant la nuit.

2.6.2 Les propriétés chimiques de l'amidon :

L'amidon est insoluble dans l'eau froide et forme par agitation une suspension instable appelée lait d'amidon. Lorsqu'on le chauffe à 60 °C, en revanche, les molécules d'amylopectine et l'amylose se déroulent et s'entremêlent conduisant à un réseau réticulé renfermant la phase aqueuse. Les grains d'amidon absorbent ainsi plusieurs fois leur poids en eau et forment un gel épais appelé empois d'amidon. Une propriété très recherchée pour lier des sauces ou des crèmes par exemple.

3 Stress hydrique :

3.1 Définition du stress hydrique :

Le manque d'eau, déficit hydrique ou la sécheresse représente le stress abiotique le plus sévère, auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de productions des zones arides et semi- arides (**Chennafi et al. 2006**).

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire. La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol. L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, pour tolérer la sécheresse (**Chennafi et al. 2006**).

3.2 Effet du stress hydrique sur les plantes :

Selon le texte "Botanique", le manque d'eau est le facteur le plus limitant dans la régulation de la photosynthèse et le processus par lequel les plantes convertissent l'énergie lumineuse (**WANG et al., 2003**).

Flétrissure :

Les cellules végétales contiennent de grands navires appelés vacuoles. Ces structures servent un certain nombre de fonctions, y compris le stockage de l'eau. Vacuoles bien hydraté poussent contre les parois cellulaires épaisses faisant la cellule rigide, ou turgescente. Lorsque toutes les cellules sont turgescentes, la plante elle-même est ferme et croquante. Quand une plante perd de l'eau, les contrats vacuoles et ne peuvent pas maintenir cette pression. Les cellules deviennent flasques et flétrit la plante (**WANG et al., 2003**).

Stomates fermés :

Lorsque les plantes sont bien hydratées, "les Botanistes" note que jusqu'à 95 pour cent de l'eau absorbée par les racines retourne dans l'atmosphère par la transpiration. La transpiration est la libération de vapeur d'eau et de l'oxygène gazeux à travers de minuscules trous dans les feuilles appelés stomates. Lorsque l'humidité est limitée, les stomates se ferment pour ralentir la transpiration et de conserver l'eau. La photosynthèse ne peut se produire lorsque les stomates sont fermés, et la croissance s'arrête (**WANG et al., 2003**).

Sensibilité accrue aux photo inhibition :

La surexposition au soleil peut réduire l'efficacité photosynthétique. Botanistes appellent cela photo inhibition. Experts cru que stomates fermés représentait à elle seule réduit la photosynthèse dans des conditions de sécheresse, mais une étude publiée dans le "Australian Journal of Plant Physiology" a indiqué que la sécheresse modifie fonctions physiologiques ainsi, Le stress hydrique augmente la proportion d'éléments photosynthétiques les plus sensibles aux dommages légers, ce qui rend la plante entière plus vulnérables (**WANG et al., 2003**).

3.2.1 Perte de feuilles :

Lorsque l'eau est rare, le vieillissement du feuillage devient un passif à l'usine. Plantes à feuilles caduques peuvent subir la sénescence précoce, qui laisse passer par le processus de l'excrétion naturelle d'avance. D'autres plantes peuvent simplement jeter feuilles fanées. Les symptômes de la défoliation

causée par la sécheresse comprennent le curling, le laminage, le pliage et l'excrétion éventuelle des feuilles (WANG *et al.*, 2003).

3.2.2 Les dommages de la racine :

Les poils principalement responsables de l'absorption d'eau profondes sont aussi les plus susceptibles d'être endommagés. L'université de Georgia École des ressources forestières explique que durant les premiers stades de stress hydrique, les augmentations de croissance des racines d'accéder à l'eau plus profondément dans le sol. Comme la sécheresse continue, cette surface supplémentaire conduit à la perte d'eau. Les plantes répondent en convertissant les poils absorbants à Woody liège, les rendant impropres pour le transport de l'eau (WANG *et al.*, 2003).

3.2.3 Les Dommages nuisibles :

Les plantes qui sont affaiblis de stress hydrique sont plus sensibles aux dommages provenant d'espèces de ravageurs et les maladies des plantes. L'Université de la Géorgie affirme que les arbres stressés ont moins de ressources disponibles pour la défense contre les envahisseurs et les agents pathogènes ou en cas de dégâts (WANG *et al.*, 2003).

3.2.4 La ralentissement du croissance :

Les dommages aux racines, l'invasion de ravageurs et la croissance des plantes lente de réduction de la photosynthèse. Allongement des pousses et la formation, la formation des bourgeons et le développement des feuilles ne peuvent avoir lieu avec des ressources insuffisantes. Cela peut être particulièrement important pour les espèces d'arbres qui ont des fenêtres de croissance limitée au cours de l'année. Pour ces espèces, une brève sécheresse estivale peut influencer sur la croissance de l'ensemble de l'année (WANG *et al.*, 2003).

3.3 Effet du stress hydrique sur la germination :

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placé dans le sol, elle n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture et en cas de persistance de sécheresse la situation peut se traduire par une absence de levée (Feliachi *et al.*, 2001). La sécheresse est l'un de principaux facteurs environnementaux qui affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement.

Au cours de cette phase, c'est le métabolisme des carbohydrates qui se trouve fortement affecté (INGRAM J. *et al.*, 1996), à travers la perturbation du fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus. Il a été démontré que le glyceraldéhyde-3-déshydrogénase cytotogiques est fortement induite

par le déficit hydrique ce qui est l'origine d'un changement de l'acuité de la glycolyse (**Velasco et al., 1994**).

De nombreux gènes contrôlant le métabolisme des sucres simples sont régulés en amont par les variations de l'hydratation cellulaire. Quoique l'hydrolyse de l'amidon et la libération des sucres réducteurs énergétiques constituent une étape incontournable dans le déroulement de la germination, mais indirectement la disponibilité des carbohydrates pendant cette phase assure un rôle de protection contre le déficit hydrique. Ils constituent les principaux osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique, assurent une protection des macromolécules essentiellement membranaires (**Bray et al., 1989**).

3.4 Mécanisme de résistance contre le déficit hydrique :

si l'évitement ou l'esquive ne sont pas possibles, il faut faire face et résister, ce qui n'est possible que dans certaines limites. Une plante résistante au stress hydrique possède des caractères morphologiques et métaboliques lui permettant de maintenir une teneur en eau de ses tissus élevés. Ces caractères sont conditionnés par la nature de leur métabolisme et par les propriétés chimiques de leurs protoplasmes. (**Elhassani et Persoons, 2008**) considèrent qu'une plante est résistante au déficit hydrique, quand elle est capable de maintenir son activité métabolique sous de faibles potentiels d'eau jusqu'à un point donné. Ces auteurs ont observé que la tolérance au déficit hydrique est liée à des adaptations de nature physiologiques et son degré varie selon les espèces et le stade de croissance.

En matière d'adaptation et de résistance au stress hydrique, rapporte qu'il apparaît dans la plante des caractères d'adaptation des structures ou des molécules. Adaptation de structures membranaire, stabilisation cytoplasmique par la synthèse des protéines spéciales ; changement d'activité peroxydase, accumulation d'antioxydants (acide ascorbique) des substances osmotiquement actives (polyols, proline, bétaine) ou des métabolites secondaires intervenant dans de nombreux processus de défense (Anthocyanes, flavonoïdes variées), des hormones dites de détresse (A.B.A, acide jasmonique). Parmi les mécanismes de résistance à la sécheresse, nous citons :

3.4.1 L'ajustement osmotique (ou l'osmorégulation ou modification du potentiel foliaire) :

L'ajustement osmotique se réalise par le maintien d'une turgescence partielle qui implique la préservation de l'assimilation chlorophyllienne et la réduction plus ou moins marquée de la croissance. Pour, en cas de déficit hydrique, l'ajustement osmotique est le maintien d'un potentiel hydrique relativement élevé associé à une accumulation de sucres solubles.

pour maintenir la croissance cellulaire, il faut que l'eau puisse pénétrer dans les cellules malgré la baisse du potentiel de turgescence, cela n'est possible que si le potentiel osmotique diminue pour assurer un gradient suffisant entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule : c'est l'ajustement osmotique qui permet à la plante de différer les effets du stress. Ce phénomène est particulièrement efficace quand la contrainte hydrique est progressive, et il semble que les molécules impliquées dans ce phénomène sont la proline et la bétaine (**TURNER, 1986**).

3.4.2 Tolérance à la dessiccation :

Elle correspond à une capacité de la membrane cytoplasmique de retenir les électrolytes, donc de conserver son intégrité, en cas de dessiccation (**Elhassani et Persoons, 2008**).

3.4.3 Maintien de la translocation :

Il constitue un autre mécanisme de tolérance au déficit hydrique. Il faut signaler que le stress n'est pas seulement une contrainte, mais aussi un stimulant qui va en définitive promouvoir l'apparition de génotypes mieux adaptés à un milieu donné et à un type de sol donné. En effet, le stress hydrique contribue à étendre les processus de sélection et les capacités de variation phénotypiques des plantes, donc à favoriser l'adéquation des différentes espèces et variétés à leur milieu (**TURNER N. et JONES M., 1980**).

Matériel et méthodes

1. Le but de l'expérience :

Notre travail consiste à étudier l'effet du déficit hydrique sur le processus de germination des graines de blé dur (*Triticum durum Desf.*). Les paramètres utilisés sont des paramètres physiologiques et biochimiques, qui ont : Estimé l'influence des changements de potentiel osmotique utilisés dans différents milieux de germination sur l'absorption des graines et l'évolution de la germination. Ce travail consiste également à évaluer les effets du manque d'eau sur la longueur des racines, la longueur des coléoptiles et la croissance du nombre de racines. Par conséquent, les deux génotypes utilisés pour effectuer divers tests peuvent estimer la variabilité et la croissance de la teneur en sucres solubles (24 heures et 48 heures) dans des conditions environnementales. (Voir l'annexe)

2. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé est constitué de deux génotypes de blé dur. La sélection de ces génotypes est Géré par source, paramètres de faciès osseux, paramètres morphologiques et degré Tolérance à la sécheresse, le résultat est très contrasté. Les principales caractéristiques des génotypes utilisés sont présentées dans le tableau 03. (Voir l'annexe)

Tableau 04: Les caractéristiques agronomiques des génotypes expérimentés.

Variété	Origine	Caractéristiques agronomiques et culturales	Caractéristiques technologiques	Résistance aux maladies et aux différentes conditions climatiques
Simeto	Italie	Rendement : élevé	-PMG : élevé -Qualité semoulière : très bonne -Mitadinage : résistante -Teneur en protéines : 15,80%	-Oïdium feuille: moyennement sensible -Oïdium épi : résistante -Rouille brune : moyennement sensible -Résistante à la sécheresse -Résistante au froid
Bousselem	Sélection dans la population Heider (Algérie)	Rendement : élevé	-PMG : élevé	-Rouilles (J, B,N) : résistante -Oïdium feuilles : moyennement sensible -Oïdium épis : résistante -Septoriose : moyennement sensible -piétin échaudage : résistante -fusariose : résistante

Source : ITGC (Institut Technique de Grandes Cultures) ,2006

3. Emplacement de l'expérience :

Ce travail implique deux types de tests avec des objectifs et des comportements différents. Test La gestion des différents aspects de la germination est effectuée au niveau du laboratoire de la Faculté des sciences naturelles et de la vie de l'Université Ahmed Ben Yahya Elwancharisi Tissemsilt.

3.1. Expériences en laboratoire :

3.1.1. Conditions de germination des graines :

Les graines germent dans une boîte de Pétri basique recouverte de deux couches. Papier filtre (Whatman2) et tremper dans la solution de germination préparée selon la méthode suivante Réduire le potentiel de pénétration (0MPa, -1MPa, -1,5MPa). Le test a réalisé trois traitements en référence à ces potentiels osmotiques. Le potentiel osmotique du milieu de germination est modifié en ajoutant du PEG 6000. Les différentes concentrations utilisées sont mentionnées dans le tableau 05. Chaque traitement d'infiltration comprenait trois réplicats, et chaque réplicat comprenait 10 graines de chaque génotype. Les graines germent dans un four à 22°C.

Tableau 05: Les compositions chimiques et les Potentiels osmotiques des milieux de germination.

Valeurs des potentiels osmotiques des milieux de germination	Quantité du PEG ajoutée/l d'eau distillée
0 MPa	0 g/L d'eau distillée
-1 MPa	287g/L d'eau distillée
-1.5 MPa	355g/L d'eau distillée

3.1.2. Mesures effectuées :

3.1.2.1. Absorption d'eau par les graines et taux de germination :

L'absorption d'eau ou l'absorption d'eau relative des graines germées de tous les génotypes et des trois niveaux de traitement osmotique est mesurée toutes les (6, 24, 36, 48, 54 et 72) heures, depuis le début de la germination jusqu'à la sortie de la radicule, qui est équivalent à 72 heures de temps de germination. L'imbibition est déterminée par le rapport suivant : $\text{Inhalation (\%)} = ((P_t - P_i) / P_i) \times 100$ Parmi eux, Imbibition représente l'absorption d'eau au temps t, exprimée en pourcentage. P_t représente le poids du grain après le temps de germination t, exprimé en grammes. P_i est le poids initial de la graine déterminé avant germination, exprimé en grammes. Le poids de P_t est estimé en pesant les graines prélevées sur

différents milieux de germination et en les essuyant légèrement avec du papier buvard pour éliminer toute trace d'humidité en surface.

3.1.2.2. Longueur de la radicule, le coléoptile et le nombre de racines formées :

La longueur de la radicule et de coléoptile est exprimée en centimètres (cm) après 72 heures de la germination. Pendant cette période, on détermine le nombre de racines émises par chaque plantule.

3.1.2.3. Détermination des sucres solubles :

100 mg de grains germés avant la sortie de la radicule issus de différents milieux ont été trempés dans 5 ml d'éthanol à 80% pendant 24 heures. L'extrait obtenu a été dilué 10 fois avec de l'éthanol à 80 %. Dans des tubes à essais propres, on met 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans l'eau distillée), on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique Concentrez 96% en évitant de verser de l'acide sur la paroi du tube. Une solution jaune orangé est obtenue en surface, vortexée pour uniformiser la couleur de la solution. Laisser reposer les tubes à essai pendant 10 minutes, puis les placer dans un bain-marie à une température de 30°C pendant 10 à 20 minutes (la couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures). La mesure d'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 485 nm.

4. Méthode d'analyse statistique :

Utilisez le logiciel STATISTICA (Stat Doux) version 8. La méthode utilisée est l'analyse factorielle de la variance.

Interprétation des résultats

1 Les paramètres physiques de la germination :

1.2 Paramètres d'évolution du taux d'imbibition (%) :

Tableau 06: Analyse de variance de l'évolution du taux d'imbibition des graines mise en germination.

Source de variation Variable	Génotype	Traitement osmotique	Interaction traitement osmotique*génotype
Taux d'imbibition après 6h	0.00888	0.00026	0.04585
Taux d'imbibition après 24h	0.00931	0.00022	0.00912
Taux d'imbibition après 36h	0.00752	0.00022	0.00820
Taux d'imbibition après 48h	0.00117	0.00148	0.00964
Taux d'imbibition après 54h	0.00974	0.00100	0.00927
Taux d'imbibition après 72h	0.00636	0.00060	0.00906

L'analyse de la variance des résultats (Tab.06), montrent que la quantité d'eau absorbée par les graines est fortement influencées par la nature des deux génotypes testés ($p < 0.05$).

Le potentiel osmotique appliqué influe l'expression et les variations des niveaux d'absorption hydrique à 6h, 24, 36, 48, 60 et 72h après la mise en germination ($p < 0.001$). Ces résultats indiquent que l'interaction de la nature des génotypes avec les variations du potentiel osmotique de la solution de germination donner également des variations significatives de la prise d'eau par les grains ($p < 0.05$).

Interprétation des résultats

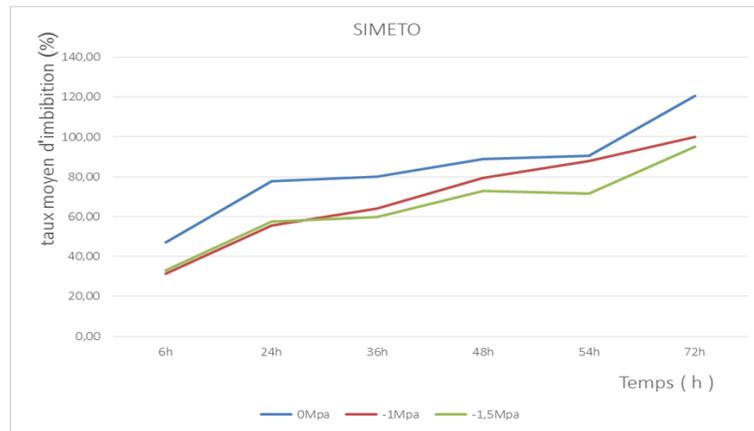


Figure 09 : Evolution moyenne du taux d'imbibition des graines (%) de génotype Simeto.

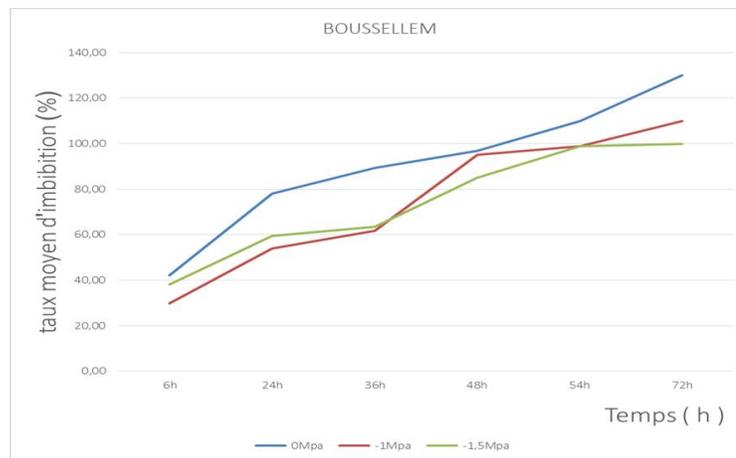


Figure 10 : Evolution moyenne du taux d'imbibition des graines (%) de génotype Bousselem.

- Taux d'imbibition après 24h de mise en germination :

Le taux d'imbibition estimé a révélé des plus hautes valeurs au niveau du témoin avec une moyenne totale de 77.5%.

Au niveau des graines soumises à un potentiel osmotique (-1 et -1.5Mpa), le taux d'imbibition mesuré a enregistré des taux de 54.5 et 58 % respectivement. D'après les résultats obtenus, le taux d'imbibition le plus faible a été remarqué chez Bousselem avec une moyenne de 54 % à -1Mpa tandis que à -1.5Mpa on a constaté que le taux le plus faible a été inscrite chez Simeto avec une moyenne de 57%.

- Taux d'imbibition après 48h de mise en germination :

Au niveau du lot témoin, le taux d'imbibition a dépassé 80% pour les deux géotypes étudiés.

A l'échelle du traitement mené a -1Mpa, le taux d'imbibition a dépassé 60% pour les deux géotypes mais avec une déférence de 16% pour le géotype Bousselem. Le taux de diminution par rapport au témoin est de l'ordre de 2%.

A -1.5Mpa, le taux d'imbibition le plus élevé a été inscrit par le géotype Bousselem (85%) avec un taux de régression de 12% par rapport au lot témoin.

- Taux d'imbibition après 72h de mise en germination :

Au niveau du lot témoin, le taux d'imbibition a atteint le maximum (100%) pour les deux géotypes testés.

A -1Mpa, le taux d'imbibition est supérieur à 100% pour les deux géotypes mais avec une déférence de 10% pour le géotype Bousselem. Le taux de diminution par rapport au témoin est de l'ordre de 20%.

Au niveau du lot -1.5Mpa le taux d'imbibition le plus élevé a été inscrit par le géotype Bousselem (100%) avec un taux de régression de 30% par rapport au témoin.

1.2. Taux de germination des graines (%) :

Tableau 07: Analyse de variance du taux de germination des graines.

Variable \ Source de variation	Géotype	Traitement Osmotique	Interaction traitement osmotique*géotype
Taux de germination après 24h	0.00840	0.00021	0.00835
Taux de germination après 36h	0.00745	0.00026	0.00931
Taux de germination après 48h	0.01263	0.00151	0.00762
Taux de germination après 54h	0.00975	0.00100	0.00652
Taux de germination après 72h	0.00962	0.00081	0.00744

Interprétation des résultats

L'analyse de la variance des résultats (Tab.04) de taux de germination évalué à différents temps (6, 24, 36, 48, 54 et 72h) a démontré que ce paramètre est significativement influencé par la nature des géotypes conduits ($p < 0.01$). Ainsi, le stress hydrique induit par PEG provoque une diminution du pourcentage de germination ($p < 0.001$). Ces résultats indiquent que l'influence de régime hydrique se perçoit de manières divergentes par la variabilité utilisée ($p < 0.05$).

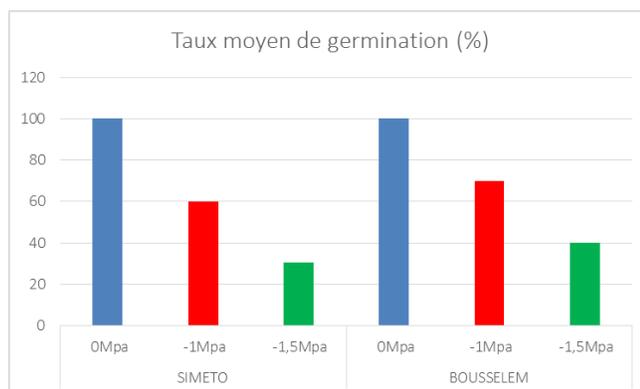


Figure 11 : Evolution moyenne du taux de germination en fonction du niveau de régime hydrique appliqué.

Les résultats obtenus (figure 11) ont montré que l'ensemble des géotypes testés au niveau du témoin, le taux de germination après 72h a inscrit une valeur moyenne de 100%. Tandis que, l'application d'un stress hydrique a affecté le nombre de graines germées mais avec des pourcentages différents. Par conséquence, au niveau du lot conduit à -1Mpa, le taux de germination le plus élevé a été détenu par le géotype Bousselem avec une valeur de 70%. Alors que, le géotype Simeto a enregistré un taux estimé à 60%.

A l'échelle du traitement -1.5Mpa, les valeurs enregistrées sont délimitées par une valeur minimale de 35% inscrite par Simeto, et une valeur maximale de 40% observée chez le géotype Bousselem.

1.3 Longueur de la racine principale (cm) :

Tableau 08: Analyse de variance de la longueur de la racine principale.

Longueur de la racine	ddl	CM	F	P
Géotype	1	0,09	0,28	0,006
SH	2	5,25	16,05	0,000
Géotype *SH	2	0,12	0,36	0,699

Interprétation des résultats

L'analyse de la variance des résultats (Tab.05) de la longueur de racine fait paraître que les variations de la longueur de la racine se produit d'une manière dépendante de la nature des génotypes testés ($p < 0.01$). La diminution du potentiel osmotique du milieu de germination s'accompagne d'une nette réduction de la longueur de la racine ($p < 0.001$). Ces résultats indiquent que la régression du potentiel osmotique a affecté l'ensemble des génotypes pour l'élaboration de ce paramètre, d'une manière indifférente. C'est le résultat de tout effet émanant de l'interaction de ces deux facteurs d'étude sur les variations du paramètre mesuré ($p > 0.05$).

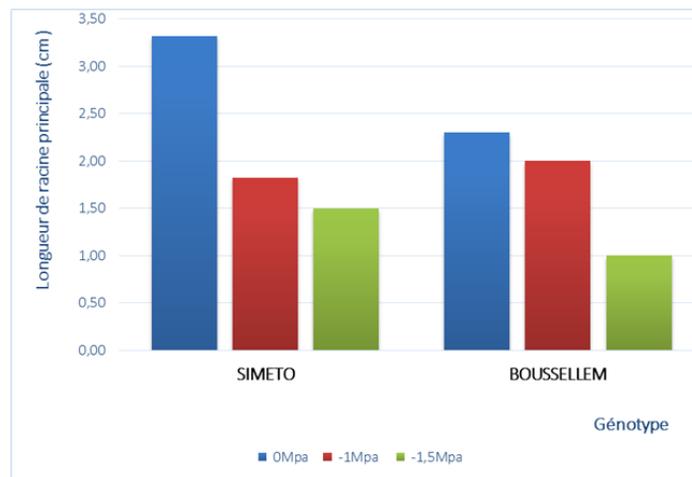


Figure 12 : Evolution de la longueur des racines en fonction des régimes hydriques appliqués (cm).

Les valeurs de la longueur de la racine (figure 12), ont démontré qu'il y a une variation interspécifique et cela en fonction du régime hydrique appliqué.

D'après les données (figure 12), on constate au niveau du témoin, la variété Simeto a extériorisé la longueur la plus élevée de la racine principale (3.5cm) tandis que la variété Bousselem a révélé une valeur de 2.3cm.

Dans le lot -1Mpa, les génotypes conduits ont présenté des longueurs de 1.7cm et 2cm chez Bousselem et Siméto respectivement.

Chez le traitement -1.5Mpa, les valeurs de la longueur sont révélés les plus faibles par rapport aux autres régimes. En effet, les valeurs observées sont de l'ordre de 1.5cm et 1cm chez Siméto et Bousselem respectivement.

1.4 Longueur de coléoptile (cm) :

Tableau 9: Analyse de variance de la longueur de coléoptile.

Longueur de coléoptile	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	1	0,40500	4,0055	0,006849
SH	2	4,26389	42,1703	0,000004
Génotype *SH	2	0,45167	4,4670	0,035479

L'étude des résultats (Tab.09), démontré que l'élaboration de la longueur de coléoptile est grandement conditionnée par la nature des génotypes ($p < 0.01$).

Le stress osmotique appliqué exerce également des variations très hautement significatives sur le paramètre mesuré ($p < 0.001$). En effet, l'abaissement du potentiel osmotique du milieu de germination induit des réductions importantes des valeurs de la longueur de coléoptile.

Cette analyse de variance a également révélé une influence significative de l'interaction des deux facteurs d'étude sur l'expérience de ce paramètre ($p < 0.05$).

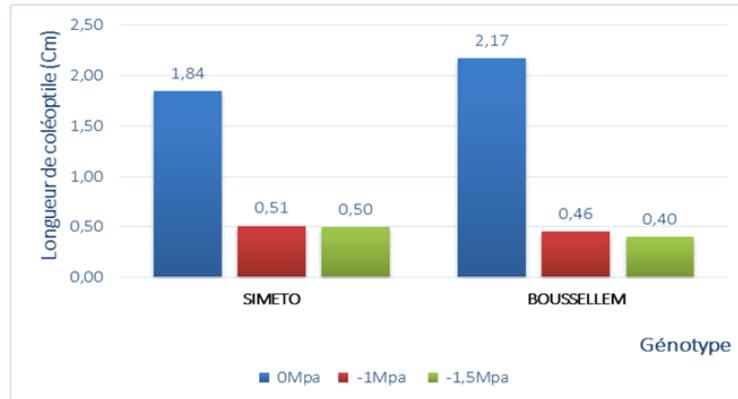


Figure 13 : Longueur de coléoptile des génotypes en fonction des régimes hydriques adoptés (cm).

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la longueur de coléoptile sont grandement affecte par le régime hydrique et en fonction de la variabilité génétique conduite.

C'est au niveau du lot témoin (0Mpa) que la longueur de ce paramètre s'est montrée la plus élevé. Dans ce même lot, le génotype Bousselem a extériorisé la plus haute valeur (02.17cm), et le génotype Simeto a indiqué une longueur de 1.84cm.

Interprétation des résultats

Les géotypes conduits sous stress hydrique se distinguent par sa faible valeur de la longueur du coléoptile plus principalement au niveau du lot -1.5Mpa.

A l'échelle du traitement -1Mpa, le géotype Simeto a montré une longueur de 0.50cm contre une valeur de 0.46cm, longueur indiqué par Bousselem.

Au niveau du lot -1.5Mpa, l'intervalle des valeurs est délimité par 0.40cm et 0.5cm qui sont enregistrées par Bousselem et par Simeto respectivement.

1.5 Nombre de radicules :

Tableau 10: Analyse de variance du nombre de racines émergées.

Nombre de racines	Degré de liberté	CM	F	P
Géotype	1	3.55	8,00	0,015
SH	2	2.88	6,50	0,0012
Géotype *SH	2	0.22	0,50	0,062

L'analyse des résultats obtenus (Tab.10) du nombre de racines formées après germination des graines, révèle que les variations de cette caractéristique s'opèrent d'une manière dépendante de la nature des géotypes conduits ($p < 0.05$). Les variations des potentiels osmotiques induisent d'importantes réductions du nombre de racines chez les géotypes testés ($p < 0.001$).

L'interaction entre les deux facteurs d'étude influe d'une manière faible sur l'élaboration de cette caractéristique ($p > 0.05$), montrant ainsi l'absence de toute distinction génotypique, à l'égard des traitements osmotiques adoptés.

Interprétation des résultats

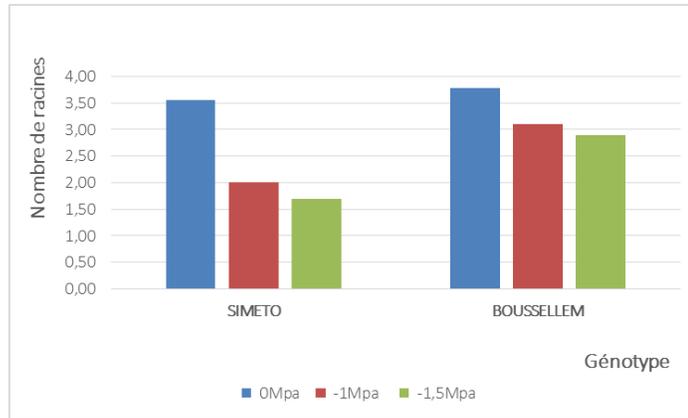


Figure 14 : Nombre de racines formées par les génotypes en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

Les résultats moyens obtenus (figure 14), montrent une nette prédominance du nombre des racines émergées au niveau des témoins par rapport aux potentiels osmotiques appliqués.

A 0Mpa, le génotype Bousselem a inscrit le nombre de racine le plus élevé 3.78, par contre la plus faible valeur est détenue par le génotype simeto (3.5 racines).

Dans le milieu a -1Mpa, le génotype Bousselem a enregistré un nombre élevé de racines (3.11), alors que le nombre de racine le plus faible a été démontré par le génotype simeto (02 racines).

Au niveau du lot conduit avec un potentiel osmotique de -1.5Mpa, les valeurs extrêmes ont été inscrites par Simeto (1.7 racines) et Bousselem (2.89 racines).

2 Les paramètres biochimiques :

2.1 Taux des sucres solubles (mg/g.MF) :

Tableau 11: Effet du génotype et du potentiel osmotique sur le teneur en sucres solubles des graines en germination.

Variable \ Source de variation	Génotype	Traitement osmotique	Interaction traitement osmotique*génotype
Sucres solubles après 24h	0,025	0,011	0,134
Sucres solubles après 48h	0,072	0,061	0,885

L'analyse des résultats obtenus (Tab.08) montre que la remobilisation des sucres solubles est significativement influencée par la nature des génotypes testés ($P < 0.05$), ainsi que par les variations des niveaux du potentiel osmotique des milieux de germination ($p < 0.05$). Par contre, une faible influence de l'interaction entre ces deux facteurs contrôle sur les variations de la teneur en sucres des grains en germination ($P > 0.05$).

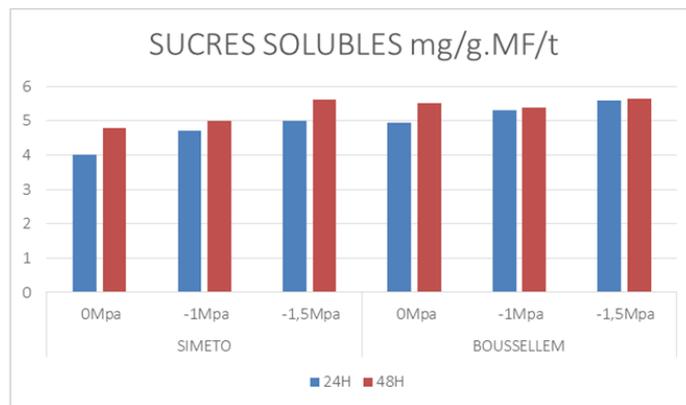


Figure 15 : Evolution moyenne de la teneur en sucre soluble des graines (mg/100g.MF) en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

Selon la figure (15) la teneur en sucres des grains en germination dépend du niveau du potentiel du milieu. D'une manière globale, la teneur en sucres augmente, du témoin (0MPa) jusqu'au lot conduit à

Interprétation des résultats

-1.5MPa. Ainsi, il a été révélé que le taux de sucres a augmenté après 48h de mise en germination par rapport à 24h et ce pour l'ensemble des génotypes et des traitements osmotiques appliqués.

Au niveau du lot témoin, la valeur la plus élevée est observée chez le génotype Bousselem (4.9mg/g.MF à 24h et 5.5mg/g.MF à 48h). A l'opposé, le génotype Simeto a inscrit une valeur de 4mg/g.MF à 24h.

Dans le traitement conduit à -1MPa, le génotype Bousselem a enregistré les taux de sucres le plus élevé avec une teneur de 5.39mg/g.MF à 24 et 5.4mg/g.MF à 48h, représentant des augmentations par rapport au lot témoin, estimées de 40%.

Dans le lot conduit à -1.5MPa, les teneurs en sucres sont plus élevées, en comparaison avec celles notées dans le lot témoin dont les deux génotypes ont extériorisé une haute accumulation des sucres des graines. Cette élévation a été clairement constatée chez Bousselem (5.64mg/g.MF à 24h) contre une valeur de 5 mg/g.MF pour Simeto.

Discussion

Discussion :

La tolérance au stress abiotique notamment à la sécheresse pendant la germination constitue un mécanisme physio-biochimique qui détermine la réussite des étapes ultérieures jusqu'à la production. Chez le blé dur cette tolérance présente comme un critère important pour l'identification des variétés capables de supporter un déficit hydrique pendant la première phase de développement. Néanmoins, des réponses différentes de certains géotypes de blé au stress hydrique pendant la germination ont été signalées par (**Millequant, 1980**). Ainsi, ce dernier chercheur a divulgué une sensibilité de ces géotypes au stress hydrique appliqué.

Notre étude a exprimé un taux élevé de germination chez le géotype Bousselem par rapport au Sémito au fur et à mesure de l'accroissement de stress osmotique. Cette inhibition de la germination serait due en particulier d'une difficulté d'hydratation des tissus, qui se répercute sur le processus d'élongation de la racine (**Manohar, 1966 ; Ross, 1978**). Cependant, il est à noter qu'un léger stress hydrique restaure ce pouvoir germinatif. Nombreux travaux ont confirmé ces résultats sur différentes espèces telles que le tournesol et le millet (**Chojnowski et al., 1977 ; Ashraf et al., 2003**). L'abaissement de potentiel osmotique a provoqué une réduction de la longueur et du nombre des racines d'autant plus importante que le stress est plus sévère. C'est le résultat d'un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine (**Fraser et al., 1990**), conduisant à une sorte de tubérisation qui consiste à une lignification du système racinaire permettant à la plante une « entrée en vie » ralentie (**Vartanian, 1973**). L'analyse de la variance a révélé une interaction variété*stress hydrique hautement significative. Par conséquent, le nombre et la longueur des racines sont des critères valables pour la sélection pour la tolérance à la sécheresse. La longueur de coléoptile est un paramètre qui a extériorisé des valeurs faibles sous l'effet d'un stress hydrique appliqué (**Boubaker and Yamada, 1995**). Il a été prouvé qu'il y a eu une diminution accentuée de la longueur de coléoptile lorsque le déficit hydrique est d'autant plus élevé. Néanmoins et en dépit d'un stress hydrique sévère (-1.5Mpa), la graine a réussi à percer son coléoptile vers l'extérieur. Ceci permettra d'assurer le déclenchement de la photosynthèse le plus vite possible afin de fournir l'énergie nécessaire pour le développement et la formation des racines pour les stades ultérieurs (**Bayoumi et al., 2008**). Ces résultats montrent que les paramètres liés au stade post-germination peuvent servir comme indicateur de tolérance à la sécheresse.

Discussion

Une augmentation significative de la teneur en sucres solubles a été enregistrée chez les deux variétés testées après 24h et 48h de mise en germination. Cette augmentation peut être due au rôle osmoprotecteur des sucres solubles contre la déshydratation des cellules par maintien de l'équilibre de la force osmotique en gardant la turgescence et le volume cytosolique aussi élevé que possible et par une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés ainsi qu'une protection des protéines (**Darbyshire, 1974**). Ceci constituerait une stratégie de la tolérance du blé dur à la sécheresse.

Conclusion

Conclusion :

Le stress hydrique est l'un des facteurs abiotiques qui affectent le développement et le bon fonctionnement des plantes. L'étude de la réponse des plantes vis-à-vis à ces stress demeure indispensable. L'amélioration des plantes commence par des études préalables avant d'installer une culture dans des régions caractérisées par des conditions environnementales limitantes. Par ailleurs, et pour bien se développer, la plante doit disposer des mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter la sécheresse. Notre étude fait partie de cet objectif. Elle a examiné l'effet d'un stress hydrique sur le processus de germination de deux variétés de blé dur.

A travers les résultats obtenus on a constaté que l'application d'une contrainte hydrique réalisée par des concentrations différentes de PEG affecte grandement l'ensemble des variétés de blé étudiées. Il s'agit, d'une modification morpho-physiologique et biochimique en réponse au stress au cours de la germination. Parmi les paramètres mesurés les plus affectés, figurent le taux de germination et la longueur de la racine et de coléoptile. Ces paramètres ont été solidifiés par une analyse statistique révélant un effet hautement significatif entre les graines témoins et les lots stressés. Cependant, un accroissement de niveau du stress hydrique a provoqué une forte accumulation des sucres solubles chez l'ensemble des variétés testées. Par conséquent, ces éléments sont considérés comme un marqueur biochimique et qui s'impose comme une nécessité première pour l'étude de la tolérance du blé dur à la sécheresse et de choisir parmi les géotypes la variété la plus tolérante. De ce fait, on peut signaler que la variété Bousselem est le géotype le plus résistant à un stress hydrique appliqué.

Références bibliographiques

- Agronomists, 2007.** Wheat growth and development. PROCROP Series, NSW Department of Primary Industries. *Annuaire Review of Plant Physiolo. And plant mol. Biolo.*, 47 :377-403.
- Ashraf M, Kausar A. And Asraf MY, 2003.** Alleviation of salt stress in pearl millet (*Pennisetum glaucum L.*) through seed treatment. *Agronomy* 23: 227.
- Bayoumi TY, Manal H. and Metwali EM, 2008.** Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology* 14: 2341-2352.
- BEWELEY D, 1997.** Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*, 9: 1055-1066.
- Boubaker M. and Yamada T, 1995.** Differential genotypic responses of string wheat early
- Boudrai et Ben Mabrouk, 2007.** Effet de la salinité sur la croissance des feuilles du blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Memoire de DES en biologie.M'sila.*
- Boudrai et Ben Mabrouk, 2007.** La production végétale.Vol 1. Les composantes de la production. ED. Baillièrè. France.
- Bourahla et Hadji, 2009.** L'effet de stress hydrique sur la teneur de chlorophylle de blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Mémoire de DES en biologie. M'sila.*
- Boyeldieu Jacques, 2017.** Ingénieur Agronome, Professeur honoraire à l'Institut National Agronomique Paris-Grignon. le grain des céréales et ses utilisations.

Bray E. ET Ziegler P, 1989. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. *Annual Review of Plant Physiologie*. And plant mol. Bio. 40: 95-117p.

Chennafi H, Aidaoui A, Bouzerzour H. et Saci A, 2006. Yield response of durum wheat (*Triticum durum Desf.*) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian Journal of Plant Science*. 5: 854-860.

Chojnowski M., Corbineau F. and Côme D, 1977. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. *Seed Science Technology*, 7: 323-331.

Darbyshire B, 1974. The function of the carbohydrate units of tree fungal enzymes in their resistance to deshydration. *Plant Physiology* 54 : 714-721.

Direction des Statistiques Agricoles et des Enquêtes Economiques. Séries B01, 2006

Doumandji et al, 2003. doumandji A., Doumandji S., Doumandji-Mitiche B. (2003) : Cours de technologie des céréales, office des publications universitaires.

Ed. Collecton sciences et techniques agricoles.

Encarta, 2005. Site web.

enzyme activity of cytosolic GAPDH in the resurrection plant. *Plant mol. Biol.*, 26: 541-546.

évaluation. In Adaptation of plants to water and high temperature stress, N Tumer et P Kramer eds,

Feliachi K., Amroune R. et Khaldoune, 2001. Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie : céréaliculture N0 35.ED. ITGC. Algérie.

Fraser TE, Silk WK. and Rost TL, 1990. Effect of low water potential on cortical cell length in

Ghanem L, 1995. Caractérisation phénologique et morphologique de 20 variétés de blé dur. (*Triticum durum Desf.*). Thèse d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. INRA-El-Harach.

Grignac. P, 1978. Le blé. Monographie succincte. Annale de l'INR. Paris.

growing region of maize roots. *Physiology* 93: 648-651.

Hannachi A. et Fellahi A, 2010. Effets des résidus et du travail du sol sur le comportement du blé dur (*Triticum durum Desf.*) en milieu semi-aride. INRAA.

HASSANI A., DELLAL A., BELKHODJA M. et KAID-HARCHE M., 2008. Effets de la salinité

Hegarty TW. And Ross HA. 1978. Differential sensitivity to moisture stress of seed germination and seedling radicle growth in calabrese (*Brassica oleracea* var. *italica*) and cress (*Lepidium*

INGRAM J. et BARTLZQ D., 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants.

INRA, 2007. Instituts nationale des recherches agricoles.

ITGC, 2006. Institut technique des grandes cultures, Algérie

Laaboudi. A ,2006. Problématique et axe de recherche pour les régions du sud-ouest Algérien (

LAURENT B. et AHMED B., 1991. La germination des semences en conditions sèches. Science et changements planétaires/ sécheresse. Vol. 2 (4): 239-249.

MADR, 2006. Ministère de l'agriculture .Statistiques agricoles, superficies et productions.

Malki, 2008. Comportement Différentiel De Quelques Variétés De Blé Tendre (*Triticum aestivum* L.) Vis-A-Vis Le Stress Hydrique. Mémoire Des Etudes Supérieures En Biologie. Université Mohamed Boudiaf – M'sila.

Manohar MS: 1966. Effect of osmotic systems on germination of peas. *Planta*. 71: 81-86.

MAZOYER M, 2002. La rousse agricole. Ed., Paris: 320-321.

Millequant A ,1980. Contribution à la connaissance des réactions morphologiques, physiologiques et biochimiques de jeunes plants de deux hybrides de maïs soumis à une contrainte hydrique modérée et momentanée. Thèse de doctorat, INAPG (Paris).

Research. Vol. 23 (1): 61-69.

Saoura, Touat, Tidikelt). INRA ((l'institut Nationale de la recherche Agricole). Adrar

sativum). *Annals of Botany*. 42 : 1003–1005.

Sécheresse. In : Réponses des plantes aux facteurs climatiques. (eds). Actes Coll Uppsala. Unesco.

Seedling growth to limited moisture conditions. *Tropicultura* 13 : 50-53.

SOLTNER D, 1987. Les grandes productions végétales « Céréales-plante sarclées-prairies ». 15ème

Soltner, 1999. Les grandes productions végétales. Sciences et Techniques Agricoles. Paris.

sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare*). *European journal of Scientific*

Surget A., et Barron C., 2005. Histologie du grain de blé, *Industrie des céréales* 145, 4-7.

TURNER N. et JONES M., 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and

TURNER N., 1986. Adaptation to water déficit: a changing perspective. *Aust J Plant Physiol.*, 13:

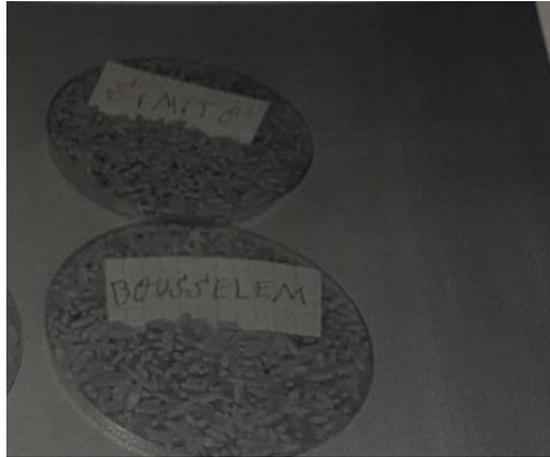
Vartanian N , 1973. Particularités adaptatives de la moutarde blanche (*Sinapsis alba L.*) à la

Velasco R., Salamini et Bartlett D, 1994. Dehydration and ABA increase mRNA levels and

WANG W.X., BRAK T., VINOCUR B., SHOSEYOV O. et ALTMAN A., 2003. Abiotic resistance and chaperones: possible physiological role of SP1, a stable and stabilising protein from *Populus*. In: Vasil IK (ed), *Plant biotechnology 2000 and beyond*. Kluwer, Dordrecht : 439-443.

Wiley, New York: 87-107.

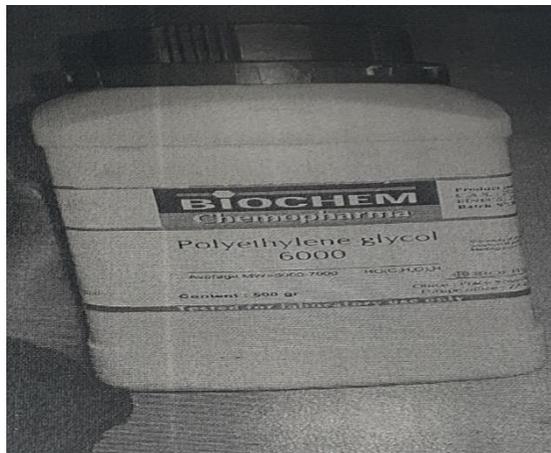
Annexes



a. Les grains de blé dur utilisé dans

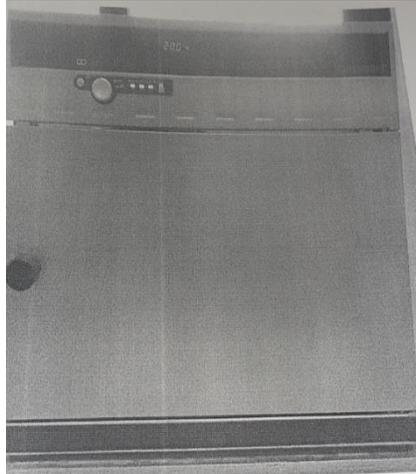


b. La balance utilisée dans l'expérimentation

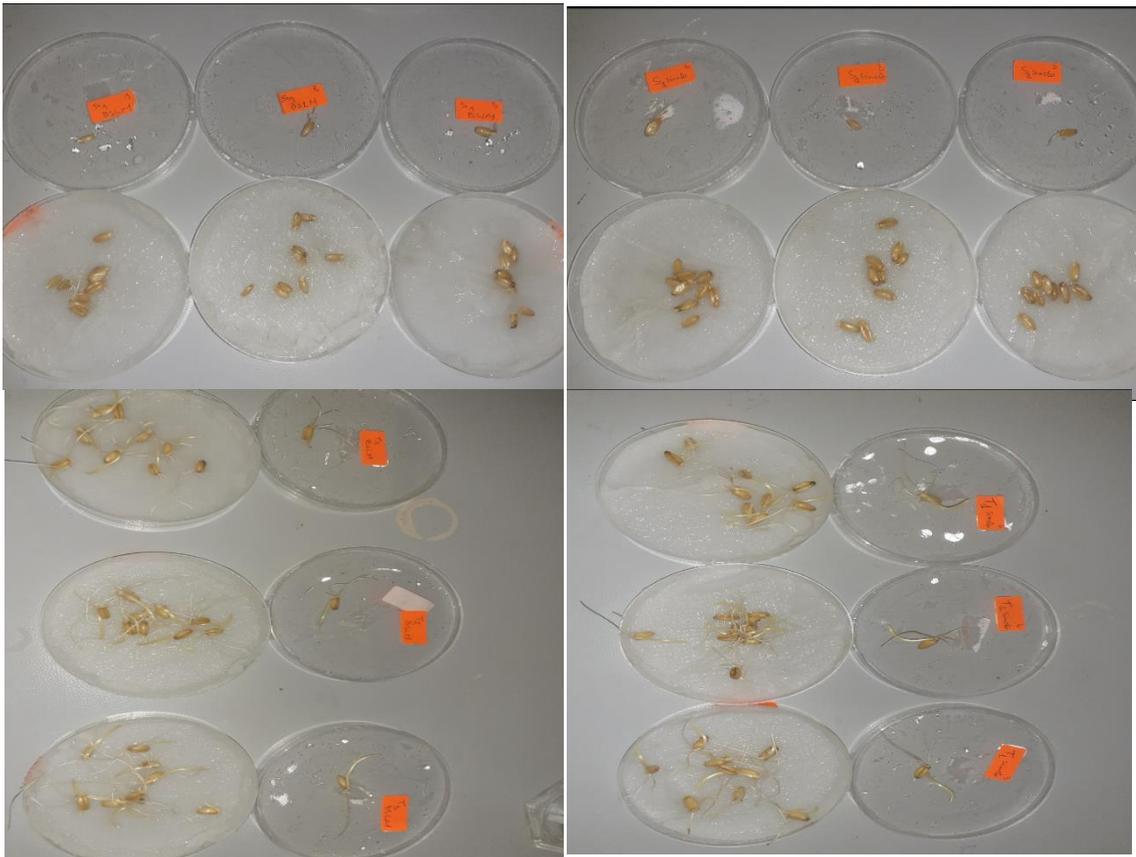


c. Polyethylene glycol

Annexes



d. L'étuve utilisé dans experimentation



e. Graines de blé mise en milieu stressé

