Liste des abréviations

MPa: Mega pascal.

mM: Milli molaire.

nm: Nanomètre.

SH: Stress hydrique.

MF: Matière fraîche.

PMG: Poids de mille grains.

PEG: Poly Ethylen Glycol.

LEA : Late Embryogenesis Abundant.

BP : Bloc soumis au régime pluvial.

BI : Bloc irrigué.

Sommaire

Introduction

Synthèse bibliographique

1. Données sur le blé dur 3

1.1. L'origine génétique du blé dur 3

1.2. Origine géographique 4

2. La germination 5

2.1. Composition de grain du blé 5

2.1.1. Les enveloppes 5

2.1.2. Le germe 6

2.1.3. L'albumen ou amande 6

2.2. Définition de la germination 6

2.3. Physiologie de la germination 7

2.4. Composition de l'amidon 10

2.5. Les amylases 10

2.5.1. α-amylase 10

2.5.2. β-amylase 11

2.6. Hétérogénéité de la germination 11

2.7. Action des gibbérellines sur l'hydrolyse des réserves amylacées et la germination de la graine 11

3. Définition de stress hydrique 11

4. Effet du stress hydrique sur les plantes 12

5. Effet du stress hydrique sur la germination 13

6. Mécanisme de résistance contre le déficit hydrique 14

Matériel et méthodes

1. Objectifs de l'expérimentation…….....16

2. Matériel végétal…….....16

3. Localisation de l'expérimentation ……..18

3.1. Conduite de l'expérimentation au laboratoire…….....18

3.1.1. Conditions de germination des graines…….....18

3.1.2. Les mesures effectuées……..19

3.1.2.1. Le taux d'imbibition et de germination des graines ……...19

3.1.2.2. La longueur de la radicule et de la coléoptile et le nombre des racines formées…….....20

3.1.2.3. Activité des amylases au niveau des graines en germination…….....20

a. Extraction du complexe enzymatique……..20

b. Dosage de l'activité des amylases ……..20

c. Réalisation de la courbe d'étalonnage…….....20

3.1.2.4. Dosage des sucres simples…….....21

3.2. Caractérisation agronomique des génotypes utilisés……22

3.2.1. Conduite de l'essai……...……..22

4. Méthode des analyses statistiques …….....22

Interprétation des résultats

1. Les paramètres physiques de la germination.....23

1.1. Paramètres d'évolution du taux d'imbibition.....23

1.2. Taux de germination des graines (%).....25

1.2.1. Après les 24h de la mise en germination.....31

1.2.2. Après les 72h de la mise en germination.....31

1.3. Longueur de la racine principale.....32

1.4. Longueur du coléoptile.....34

1.5. Nombre de racines.....36

2. Les paramètres biochimiques.....38

2.1. Activité totale des amylases.....38

2.1.1. Après 24 heures de mise en germination.....39

2.1.2. Après 48 heures de mise en germination.....41

2.2. Activité des α-amylases.....43

2.2.1. Après 24 heures de mise en germination.....44

2.2.2. Après 48 heures de mise en germination.....46

2.3. Taux des sucres solubles.....48

3. Essai en plein champ.....50

3.1. Paramètres morphologiques de la tige.....51

3.2. Les caractéristqiues de l'épi et les composantes du rendement.....52

Discussion des résultats.....54

Conclusion.....59

Références bibliographiques

Annexe

Introduction

La culture du blé et particulièrement celle du blé dur constitue une filière agricole importante dans l'économie nationale. La superficie emblavée par cette espèce, à chaque campagne s'évalue à un millions d'hectares (**ZITOUNI, 2006**). L'importance accordée à la culture de cette espèce se justifie à différents niveaux. Les produits issus de la transformation de ses grains, constituent un élément clé dans le modèle alimentaire dominant en Algérie. Néanmoins, sa production demeure largement plus faible pour satisfaire les besoins exprimés. Ce déséquilibre intègre notre pays parmi les plus grands importateurs de ce produit à partir des différents marchés mondiaux.

Les faibles productions s'expliquent principalement par les faibles rendements enregistrés pendant les différentes campagnes. Ces rendements s'avèrent non représentatifs des facultés qu'offre l'espace agricole Algérien. Ces rendement expriment l'interférence de nombreuses contraintes, dont principalement ceux d'ordre climatique. En effet, l'aire céréalière Algérienne se situe principalement dans les hauts plateaux et les plaines intérieures, régions assimilées à l'étage bioclimatique semi-aride (**ZITOUNI, 2006**). Dans ces zones, les déficits hydriques fréquents et persévérants constituent un facteur de variations prononcées de potentialités productives du matériel végétal cultivé (**ROYO et ABIO, 2003**). On note dans ce contexte que la sécheresse, présente le principal facteur abiotique, responsable des irrégularités des rendements et de leur faiblesse.

Toute stratégie visant à améliorer les niveaux de production de cette espèce, repose impérativement sur la qualité des solutions à apporter aux problèmes évoqués. La lutte contre les effets de la sécheresse nécessite deux voies. La pratique de l'irrigation d'appoint s'avère une solution difficile à atteindre, du fait de la rareté des ressources hydriques dont dispose la majorité des exploitations agricoles. Le recours à la culture des cultivars tolérants au déficit hydrique se montre comme la solution la plus judicieuse pour l'époque actuelle. L'obtention de ces génotypes repose sur la réalisation des programmes d'amélioration génétique, où la détermination des critères servant à la création de la variabilité génétique et sa sélection, constitue une étape primaire et déterminante pour accroitre l'efficacité de ces travaux.

Les effets de la sécheresse sur le comportement des plantes, dépendent de l'intensité de ce stress et les époques de sa déclaration au cours de leur développement.

La phase de germination constitue une étape primordiale dans l'installation des cultures et sur laquelle repose la réalisation de la croissance précoce des plantes et le mode de déroulement des stades ultérieures de développement. Pour la culture du blé, la germination conditionne différentes

composantes du rendement aussi importantes, que toute variation dans leur élaboration, affectent grandement la formation du rendement final.

L'eau constitue un élément principal et déterminant dans le déroulement du processus de la germination des graines. Le passage de la vie latente des graines desséchées à la vie active, est conditionné par une absorption massive de l'eau, dont la quantité et la qualité influent grandement la réalisation de ce processus. L'activation du processus métabolique au niveau des graines en germination est gérée par le potentiel hydrique interne de ces organes et dont l'eau constitue l'élément moteur de sa régulation.

Différents travaux démontrent que le déficit hydrique constitue le principal stress qui réduit significativement le déroulement optimal de la germination. La déclaration du déficit au cours de la germination, engendre de nombreuses contraintes au niveau des graines. L'abaissement du potentiel du milieu de germination traduit une réduction prononcée de la prise d'eau par les graines en germination. La germination caractérisée sur le plan morphologique par la percée des téguments par la radicule n'est en fait qu'un processus de croissance des cellules méristématiques radiculaires, où la turgescence constitue l'élément moteur de son déclenchement (**SCHIEFELBEIN et *al.*, 1997**). Sur le plan physiologique, le déficit hydrique perturbe grandement la synthèse des protéines et limite par conséquent la remobilisation des réserves glucidiques, substances énergétiques emmagasinées sous forme d'amidon au niveau des graines desséchées.

La sélection des paramètres limitant l'impact du déficit hydrique sur le déroulement des différentes phases de la germination constitue un objectif primordial dans tout travail d'amélioration visant à améliorer les aptitudes de tolérance à ce stress chez le blé dur.

Le travail présenté s'inscrit dans cette stratégie de recherche. Il consiste à évaluer l'effet du déficit hydrique sur les aspects biochimiques et leur contribution dans le processus de la germination. Une variabilité génétique représentée par huit génotypes de comportements vis-à-vis du déficit hydrique divers, a été utilisée pour la réalisation de cette étude. Des milieux caractérisés par quatre niveaux de potentiel osmotique décroissant sont conduits afin d'estimer les effets du déficit hydrique sur l'activité des amylases, la libération et l'accumulation des sucres réducteurs et la réalisation de la germination.

Afin de mieux caractériser le comportement des génotypes utilisés dans les différents essais de l'étude présenté, un essai en plein champ a été conduit en conditions hydriques variables.

Le travail est structuré en trois parties. Dans une première sont exposées les différentes recherches réalisées dans le domaine entrepris. Dans une seconde partie sont présentées les méthodes expérimentales employées. Enfin une dernière partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus ainsi que leur interprétation.

1. Données sur le blé dur

Le blé constitue l'une des principales cultures dans le globe. Les produits issus de sa transformation sont utilisés sous différentes formes et constituent des éléments dominants dans les modèles alimentaires de la population mondiale. Il est généralement admis que le blé est des premières espèces à grains à être cultivée à l'est de la méditerranée.

Le blé dur appartient au genre *Triticum* et à l'espèce *durum* (Desfontaines). Il fait donc partie du groupe des espèces tétraploïdes (2 n = 28) (**MOULE, 1980 ; BOULAL et *al*., 2006**).

1.1. L'origine génétique du blé dur

Les espèces ancestrales qui seraient à l'origine du blé dur cultivée sont diploïdes avec 2 n = 14. Une hybridation spontanée entre ces espèces a été à l'origine de la formation d'une nouvelle espèce riche en gluten, c'est le blé dur ou amidonnier (**CLERGET, 2011**).

Le blé dur est allotétraploïde (deux génomes : AABB), comptant au total 28 chromosomes (2*n*=4x=28), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome A a une paire de chromosomes homéologues dans le génome B, à laquelle elle est étroitement apparentée.

Les analyses cytologiques et moléculaires laissent croire que les sous-espèces de *T. turgidum* seraient issues de l'hybridation spontanée de *Triticum monococcum* L. subsp. *boeoticum* (Boiss.) (synonyme : *Triticum urartu* : AA) avec une espèce de blé diploïde inconnue contenant le génome B (**FELDMEN, 1976**). Selon **KIMBER** et **SERAS** (**1987**), une ou plusieurs des cinq espèces diploïdes de la section *Sitopsis* du genre *Triticum* pourraient avoir fourni le génome B aux blés polyploïdes. D'après l'analyse moléculaire, le génome de *T. speltoides* s'apparente plus au génome B du blé dur et du blé tendre (**TALBERT et *al*., 1995**). En outre, l'analyse de l'ADN des chloroplastes montre que *T. speltoides* est probablement le donneur maternel du blé dur (**WANG et *al*., 1997**). Le résultat de cette hybridation naturelle est l'amidonnier sauvage (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* (Korn.) Thell) qui a été domestiqué plus tard sous la forme du blé amidonnier (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* (Schrank) Thell). Des milliers d'années de culture et de sélection ont abouti à la formidable variabilité des blés tétraploïdes issus de l'amidonnier sauvage. Un certain nombre de sous-espèces ont donc été caractérisées, principalement d'après les caractères morphologiques (**VAN SLAGEREN, 1994**) : *T. turgidum* ssp. *paleocolchicum*, *T. turgidum* ssp. *polonicum*, *T. turgidum* ssp. *turanicum*, *T. turgidum* ssp. c*arthlicum*, *T. turgidum* ssp. *turgidum* et *T.*

Rapport-Gratuit.com

turgidum ssp. *durum.* Parmi tous les blés tétraploïdes cultivés, *T. turgidum* ssp. *durum* est de loin le plus important.

À son rythme, la nature fabrique donc à l'infini des organismes génétiquement modifiés assurant ainsi une grande diversité au monde vivant, c'est ce qu'on appelle l'évolution. Les blés domestiqués actuels sont en effet des espèces polyploïdes dérivées des espèces ancestrales sauvages diploïdes.

L'homme n'intervient ici qu'au niveau de la sélection qui n'a plus rien de naturelle. Il privilégie les espèces les plus faciles à cultiver, les plus résistantes, les plus productives, les plus rentables en fonction de l'utilisation qu'il en fait (**CLERGET, 2011**).

1.2. Origine géographique

Il y a environ 12.000 ans, un petit groupe d'humains a pris le virage du chasse-cueillette à la culture de plantes pour la survie durable. La découverte de l'agriculture a entraînée de nombreux changements dans la culture humaine, un phénomène connu sous le nom révolution néolithique est le résultat de la domestication progressive de graminées cultivées dont la plus ancienne semble être le blé dur (**FEILLET, 2000**). L'agriculture a renforcé le mode de vie sédentaire, ce qui a conduit à la stratification de la société et au développement de technologies (**SALAMINI et *al.*, 2002**).

Les plus anciennes concentrations connues de céréales résultant de pratiques agricoles ont été repérées lors de fouilles archéologiques en 10 000 avant J.-C. en Jordanie. Il s'agit de blés non brisants (engrain et amidonnier) et d'orge (paumelle) (**CLERGET, 2011**).

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (**HERVE, 1979**). Des restes de blés, diploïde et tétraploïde, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient d'après **HARLAN** (**1975**) et on croit que le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran selon **FELDMEN** (**2001**).

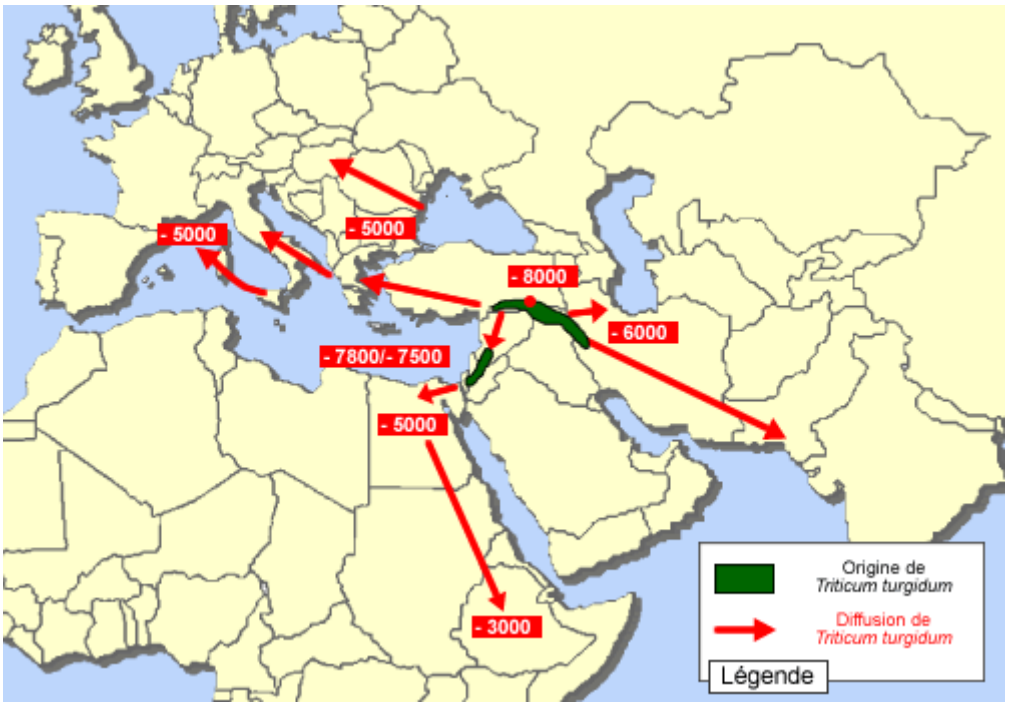


Figure 1. Origine et diffusion de *Triticum turgidum* (**BONJEAN, 2001**).

Par ailleurs, **GUEORGUIEV** et **ARIFI** (**1978**), considèrent le Maghreb comme origine secondaire du blé. **BONJEAN** et **PICARD** (**1990**) affirment que le monde Romain a largement contribué à la diffusion des céréales du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et l'Europe de l'Ouest.

2. La germination

2.1. Composition de grain du blé

Le blé est un fruit sec et indéhiscent contenant la graine, appelé « caryopse ». La coupe longitudinale de grain révèle de l'extérieure vers l'intérieur les parties suivantes : les enveloppes, le germe et l'albumen ou amande (**POMERANZ, 1988**).

2.1.1. Les enveloppes

Elles représentent 14 à 16 % du poids du grain. Elles sont constituées de l'extérieur vers l'intérieur par :

- Le péricarpe : parois de l'ovaire qui comprend l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.
- Le tégument : enveloppe de la graine qui comprend le tégument séminal et la bande hyaline.
- L'assise protéique : qui représente 60% du poids des enveloppes et constituée de cellules à aleurones, riches en protéines (**SOLTNER, 1987**).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.1.2. Le germe

Il représente 2,5 à 3 % du grain et comprend :

- Le cotylédon ou scutellum, séparé de l'amande par une assise diastasique destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plantule.
- La plantule, avec sa gemmule recouverte d'un étui, le coléoptile, sa tigelle courte, et sa radicule, recouverte d'un étui, la coléorhize.

Le germe est très riche en matières grasses, matières azotées et vitamines A, E et B (**SOLTNER, 1987**).

2.1.3. L'albumen ou amande

Il représente 83 à 85 % du poids du grain (**POMERANZ, 1988**), est composé de 70% d'amidon et de 7% de gluten. Chez le blé dur l'albumen est corné et vitreux, un peu comme celui du riz.

L'albumen joue un rôle essentiel dans la composition de la semence ; il sert de réserve et ne sera complètement utilisé qu'au moment de la germination (**GUERGAH, 1997**).

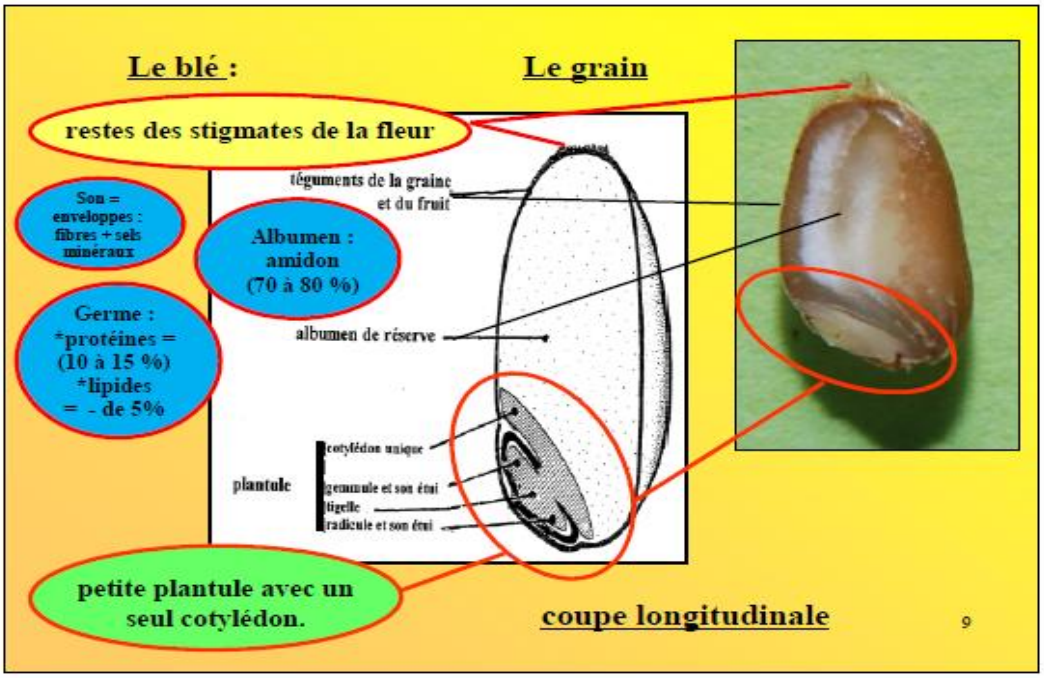


Figure 2. Coupe au niveau de grain du blé (**CLERGET, 2011**).

2.2. 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**).

2.3. Physiologie de la germination

La germination des graines comprend trois principales phases :

Phase1, ou phase d'imbibition, correspond à une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire (**HELLER et *al.*, 2004**). Elle implique un mouvement d'eau dans le sens de potentiel hydrique décroissant (**HOPKINS, 2003**).

La graine de blé absorbe 50% de son poids de départ. L'imbibition est rapide et réversible (**CHAUSSAT, 1999**).

Phase2, encore appelée phase de germination *sensu stricto*, est caractérisé par une stabilisation de l'hydratation et de l'activité respiratoire à un niveau élevé (**HOPKINS, 2003**). Durant cette phase, la graine peut être réversiblement hydratée et réhydratée sans dommage apparemment pour sa viabilité (**HELLER et *al.*, 2004**).

Elle est caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau ; l'hydratation des tissus et des enzymes est totale. La consommation en oxygène est stable. Durant cette phase, il y a reprise de la respiration et des activités métaboliques. La présence d'eau et d'oxygène permet l'activation des processus respiratoires et mitotiques. L'eau rend mobiles et actives les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graine. C'est le cas des gibbérellines qui sont véhiculées vers la couche à aleurones où elles vont activer la synthèse d'hydrolases (telles que les α-amylases, les nucléases ou les protéinases) nécessaires à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire.

- Les α-amylases hydrolysent l'amidon stocké dans l'albumen et libèrent des molécules de glucose, substrat du métabolisme respiratoire.
- Les nucléases permettent la libération d'acides nucléiques impliqués dans la formation des cytokinines, hormones qui stimulent la division cellulaire.
- Les protéinases lysent les réserves protéiques qui favorisent la formation de phytohormones telles que l'auxine responsable de l'élongation des cellules.

La phase de germination au sens strict se termine avec la percée du tégument par la radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules.

Phase3, caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une élévation de la consommation d'oxygène puis très rapidement, on assiste à une reprise des divisions et grandissement cellulaire (**HOPKINS, 2003**). A ce stade, la déshydratation des tissus cause la mort de la semence, la germination est terminée lorsque la radicule émerge les téguments de la graine.

Chez le blé dur ce phénomène se caractérise en première étape par l'imbibition de la semence, ensuite la réactivation des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par l'embryon. La radicule se dégage des enveloppes séminales.

Les événements précoces associés à la germination des graines comprennent, le début de la respiration, réparation de l'ADN, la réparation et la synthèse des mitochondries et la synthèse des protéines en utilisant des ARNm des ARNm existantes et nouvellement synthétisées (**ELAINE, 1976**).

BARROCO et *al.* (**2005**) ont proposé que l'élongation cellulaire soit nécessaire et soit généralement acceptée comme étant suffisante pour l'achèvement de protubérance de la radicule, la division cellulaire ne soit pas indispensable.

Trois mécanismes possibles ont été proposés dans le début de la croissance de la radicule:

- ✓ Le potentiel osmotique des cellules de la radicule devient plus négatif, ce qui conduirait à une absorption d'eau accrue et une extension de cellules,
- ✓ l'extensibilité des parois cellulaires des cellules de la radicule est augmentée, ce qui permet de leur allongement,
- ✓ les tissus de la graine autour de la pointe de la radicule s'affaiblissent, permettant ainsi à la pointe de s'allonger (**BEWELEY, 1997**).

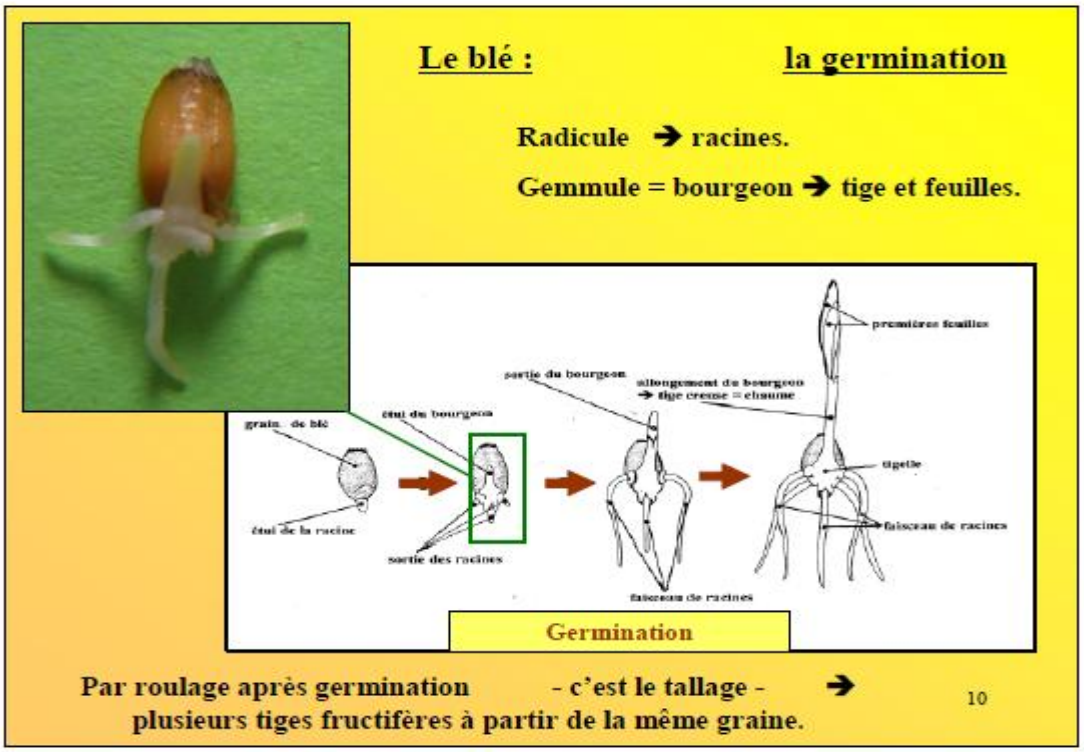


Figure 3. Germination de grain du blé (**CLERGET, 2011**).

Durant la germination, la présence de l'eau en quantité suffisante et qualité adéquate est indispensable pour que les jeunes plantes puissent se développer d'une façon correcte, alors que son manque peut provoquer une diminution de nombre de ces derniers (**KAROU et *al*., 1998 ; HELLER et *al*., 2004**).

L'humidité minimale pour la germination du blé est de 35 à 45% de son poids sec de graine (**EVANS et *al*, 1975**), alors que la température nécessaire est de 4 à 37 C^0 (la température considérée optimale est comprise entre 12 et 25 C^0).

La taille de graine n'a aucun effet sur la germination mais elle affecte sur la croissance, le développement et le rendement. De plus, les grandes graines ont plusieurs avantages comparativement à celles de petites (**SPILDE, 1989**).

L'albumen dont sa composition est présentée essentiellement par 70% d'amidon, a une grande importance, car ces réserves elles assurent l'alimentation du jeune embryon en cours de germination ce qui lui permet d'atteindre l'autotrophie.

L'amidon est le constituant principal des grains de céréale mûrs tels que le riz, le maïs, le blé et le sorgho (**GODFREY et WEST, 1996**). Lorsque les graines sont imbibées dans l'eau, des enzymes présentent en graines sèches deviennent actifs (**HELLAND et *al*., 2002**).

2.4. Composition de l'amidon

Les granules d'amidon se composent de deux types d'alpha-glucan ; amylose (en général 26 à 28%) et amylopectine (72 à 74%), qui représentent approximativement 98-99% du poids sec. La répartition granulométrique des grains d'amidon est directement liée au rapport amylose/amylopectine de l'amidon (**GIBSON et *al*., 1997**).

Ces deux polymères ont des structures très différentes, l'amylose étant linéaire et l'amylopectine très ramifiée. Les teneurs respectives en amylose et en amylopectine influent sur les propriétés chimiques et technologiques d'un amidon, propriétés telles que sa susceptibilité à l'hydrolyse enzymatique, ses propriétés gélifiantes et épaississantes. Les proportions de l'amidon et de ses deux polymères varient d'une plante à l'autre **(GODFREY et WEST, 1996**).

Les amidons de céréale contiennent des lipides intégraux sous forme de lysophospholipids (LPL) et acides gras libres (FFA) qui sont franchement corrélés avec la fraction d'amylose. LPL peut présenter jusqu'à 2% de poids d'amidon. Cependant, les granules peuvent également être souillés avec des lipides extérieurs (**MORRISON, 1985, 1988, 1995**).

Les amidons purifiés contiennent également près de 0.6% de protéine dans leurs compositions. Les lipides et les protéines ont la capacité de modérer la fonctionnalité de l'amidon (**APPELQVIST et DEBET, 1997**).

Des quantités relativement petites de minéraux (environ 0.4%) (Calcium, magnésium, phosphore, potassium et sodium) font partie aussi de la composition d'amidon. Le phosphore est trouvé sous trois formes principales, monoesters de phosphate, phospholipides et phosphates inorganiques (**BLENNOW et *al*., 1998, 2000, 2002 ; KASEMSUWAN et JANE, 1996**).

Les enzymes hydrolysant l'amidon sont classifiées comme amylases (α et β amylases). (**BAMFORTH et QUAIN, 1989**).

2.5. Les amylases

Les amylases sont des enzymes qui catalysent l'hydrolyse de l'amidon. Ils ont le rôle de rompre les liaisons glucosidiques spécifiques de l'amidon en présence de l'eau.

2.5.1. α-amylase

Est l'enzyme prédominant à la dégradation de l'amidon (**GOPALDAS et *al*., 1988**), qui sert essentiellement à mobiliser le réserve de l'amidon vers l'endosperme. Elle hydrolyse aléatoirement la liaison α-1,4-glucane dans les polymères d'amidon : amylose et amylopectine (**BATHGATE et PALMER, 1973**). Par la suite, toute l'amylose sera convertie en maltose. L'amylopectine montre une dégradation plus complexe, et les produits libérés incluent le glucose, maltose et dextrines limites (**BAMFORTH et QUAIN, 1989**).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.5.2. β-amylase

Il attaque les chaînes d'amylose et d'amylopectine à partir de l'extrémité non réductrice pour produire du maltose de manière récurrente et des dextrines limites (erythrodextrines). Elle attaque la laison α-1,4 glucosidique et brise chaque deuxième lien pour libérer le maltose.

La combinaison de l'action de α et β-amylase dégrade l'amidon plus rapidement et plus complètement que seul l'un ou l'autre.

2.6. Hétérogénéité de la germination

Le pouvoir germinatif des graines dépend majoritairement des conditions dans lesquelles on les place. Les causes de la variabilité des propriétés germinatives sont multiples (**CÔME, 1970**) et dépend surtout du patrimoine héréditaire. Selon **MAZLIAK** (**1982**), cette hétérogénéité due essentiellement à trois catégories de facteurs. Les conditions de développement des semences sur la plante, les conditions de conservation des graines et les conditions de germination.

2.7. Action des gibbérellines sur l'hydrolyse des réserves amylacées et la germination de la graine

Les gibbérellines stimulent la germination des graines en régulant l'expression génique, les produits codés par ces gènes comprennent les amylases aussi que d'autres enzymes responsables de la dégradation des glucides mis en réserve et utilisés dans le développement de l'embryon (**HOPKINS, 2003**). Les gibbérellines produites dans l'embryon pendant la germination doivent être transmises aux cellules de l'aleurone pour induire l'expression des enzymes hydrolytiques.

Selon **HELLER** (**1998**), si par exemple on applique des moities de grains d'Orge sur des milieux contenant de l'acide gibbérelliques (GA), on constate au bout de quelques heures une stimulation très marquée de l'α-amylase.

Des études cinétiques ont montré qu'après un traitement par la gibbérelline, la vitesse de synthèse de l'α-amylase était en étroite corrélation avec la vitesse d'accumulation de son ARNm. Ces études montrent indubitablement que l'action première des gibbérellines, du moins au cours de la germination des graines est de régler la transcription des gènes responsables de la synthèse de l'α-amylase (**HOPKINS, 2003**).

3. Définition de stress hydrique

Le stress hydrique a été définit comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou

l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation suboptimale des tissus (**LAMAZE et *al*., 1994**).

L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatrice (**KIANI, 2007**).

Le manque d'eau peut se manifester aussi bien dans le sol que dans l'atmosphère (**VESELOVSKY H., 1985**). Généralement, la sécheresse du sol est lente (**LARCHER, 1995**), mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide (**YOKOTA et *al*., 2006**). D'un point de vue physique, le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le sol en dessous d'une certaine valeur, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température, vent) (**LAMAZE et *al*., 1994**).

4. Effet du stress hydrique sur les plantes

Les stress abiotiques, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**WANG et *al*., 2003**).

le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalière dans les zones arides et semi-arides (**El MOURID et *al*., 1996**) qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations (**BOUTIFIRASS et *al*., 1994**).

Le climat méditerranéen est caractérisé par des périodes de sécheresse erratiques imprévisibles, ce qui limite considérablement les productions végétales et celle des céréales en particulier (**ADDA et *al*., 2005**).

Chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. En Algérie, la rareté et le caractère irrégulier des précipitations (200 à 600 mm/an) peuvent être les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, en particulier dans le cas des céréales.

L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (**YOKOTA et *al*., 2006**).

Chez le blé dur, le déficit en eau affect son développement et ralenti son taux de croissance, ceci engendre un faible tallage, une réduction de la surface foliaire (**LEGG et *al*, 1979**), ceci se traduit par réduction de biomasse finale (**VILLEGAS et *al*., 2001**).

La répercussion du déficit hydrique se traduit par la diminution de la matière sèche durant la période végétative et reproductrice et par conséquent diminue les rendements (**TANNER et SINCLAIR., 1983**).

Le déficit hydrique n'affecte pas seulement la partie aérienne, mais la partie racinaire prend aussi sa place. La répercussion se traduit par ralentissement de la croissance du système racinaire (**BENLARIBI et *al*., 1990**). Le blé dur met en place un système racinaire très développé dans le cas d'un déficit hydrique, ce qui a une conséquence sur les produits photosynthèse qui seront détournés la production de grains (**BALDY, 1973**).

Selon **MEYER** et **ALSTON** (**1978**), le rendement du blé dépend essentiellement à la configuration du système racinaire et la disponibilité en eau.

Le déficit hydrique peut affecter la durée des stades de croissance, en effet la durée du cycle de semis à l'anthèse se raccourcit au fur et à mesure qu'augmente le déficit hydrique, particulièrement le stade de la floraison qui se manifeste par sa diminution (**GARCIA DEL MORAL et *al*., 2003 ; MAGRIN, 1990**).

5. 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 traduit 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 et *al*., 1996**), à travers la perturbation du fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus. Il a été démontré que le glyceraldéhyde-3-déshydrogénase cytolosique est fortement induite par le déficit hydrique ce qui est l'origine d'un changement de l'acuité de la glycose (**VELASCO et *al*., 1994).**

De nombreux gènes contrôlant le métabolisme des sucres simples sont régulés en amont par les variations de l'hydratation cellulaire. Quoi que 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

Rapport-Gratuit.com

l'ajustement osmotique, assurent une protection des macromolécules essentiellement membranaires (**BRAY et *al*., 1989**).

6. Mécanismes de résistance contre le déficit hydrique

Du point de vue agronomique, l'adaptation à la sécheresse est la capacité d'une plante à maintenir un rendement à travers des environnements où les périodes de sécheresse, leurs durées et leurs intensités sont fluctuantes.

De ce fait, une réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter aux conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité s'impose (**HASSANI et *al*., 2008**).

Plusieurs études ont montré que, lors d'un déficit hydrique, les plantes adoptent des stratégies d'adaptation qui diffèrent d'une espèce à une autre et qui font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques **(ZERRAD et *al*., 2008 ; El FAKHRI et *al*., 2010 ; HAYAK et *al*, 2000**).

TURNER (**1986**) a classé les mécanismes d'adaptation à la sécheresse :

- ✓ L'esquive permet à certains génotypes d'échapper au stress en accomplissant leur cycle de développement en dehors des périodes de sécheresse. Ce phénomène est largement expliqué par la phénologie.

Mais la sécheresse est imprévisible et les plantes sont forcément confrontées au stress une année ou l'autre.

- ✓ Certains caractères d'adaptation, inductibles, permettent une tolérance avec maintien du potentiel hydrique foliaire ou évitement (système racinaire développé, réduction de la surface foliaire, présence de cires à la surface des feuilles, enroulement foliaire).

Lorsque le potentiel hydrique foliaire est réduit, certaines plantes sont capables de maintenir leur turgescence cellulaire par ajustement osmotique (AO) (**TURNER et JONES, 1980**).

l'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à la contrainte hydrique (**MUNNS et *al*., 2006**). L'ajustement osmotique apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation à la sécheresse. L'intérêt croissant qui lui est porté est lié à différents facteurs (maintien de la turgescence et de la croissance) (**BOYER, 1985**), retardement de l'enroulement et de la sénescence foliaire, régulation stomatique (**HSIAO et *al*., 1984**), relations avec le comportement agronomique (relation entre capacité d'ajustement osmotique et rendement en grains sous stress hydrique) (**MORGAN et *al*., 1986**).

En effet, pour maintenir la balance de la force osmotique, après la chute du potentiel hydrique causée par le stress hydrique (**El MOURID, 1988 ; CASALS, 1996**), les plantes accumulent un certain nombre d'osmoticums tel que la proline, les carbohydrates et la betaine (**WANG et *al*., 2003**) qui en association avec d'autres facteurs tels que la réduction de la transpiration par la fermeture des stomates et la réduction de la surface foliaire **(BOUZOUBAA et *al*., 2001**), permettent de garder la turgescence et le volume cytosolique aussi élevé que possible (**MONNEVEUX et NEMMAR, 1986 ; BOUZOUBAA et *al*., 2001 ; WANG et *al*., 2003**).

Cette chute du potentiel hydrique stimule non seulement le phénomène d'osmorégulation mais également l'inhibition **(ZERRAD et *al.*, 2008**), ou la synthèse de nouvelles protéines dont les protéines LEA qui assurent une protection de l'ensemble vitale des protéines cellulaires (**DAVID et GRONGNET, 2001**), et les protéines de choc thermique qui permettent un maintien des structures protéiques et membranaires de la cellule végétale (**BAKER et *al*., 1988**).

Enfin, s'il y a perte de turgescence, il peut y avoir une tolérance à la déshydratation des tissus (**TURNER, 1986**).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1. Objectifs de l'expérimentation

Notre essai consiste à étudier l'effet du déficit hydrique sur le processus de la germination des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Les paramètres retenus sont d'ordres biochimiques dont ceux impliqués dans la remobilisation des réserves glucidiques à travers l'activité des amylases indispensables à la dégradation de l'amidon. Les effets des variations des potentiels osmotiques adoptés dans les différents milieux de germination sur l'évolution d'imbibition des graines et leurs germinations, ont été estimés. Le travail comporte également l'évaluation des effets du déficit hydrique sur la croissance végétative chez les jeunes plantules. Les huit génotypes utilisés dans la réalisation des différents essais permettent par conséquent d'estimer la variabilité intra-spécifique de comportement dans des conditions de sécheresse au cours de cette phase de développement, caractérisant cette espèce.

Un essai conduit en plein champ sous deux régimes hydriques (pluvial, irrigué) est réalisé dans le but d'une caractérisation des propriétés de tolérance à la sécheresse du matériel végétal utilisé.

2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de huit génotypes du blé dur. Le choix de ces génotypes est géré par l'origine, les paramètres phénologiques, les paramètres morphologiques et le degré de tolérance à la sécheresse, qui s'avèrent très contrastes. Les principales caractéristiques des génotypes utilisés sont mentionnées dans le tableau 01. La collection des génotypes utilisés, intègre les variétés issues de sélection des populations locales, réputées de leur rusticité. Des génotypes dits à haut rendement et résistants au déficit hydrique tel Waha font partie de cette variabilité. Des génotypes sensibles à la sécheresse (Acsad1363, Hedba3) figurent également parmi le choix du matériel expérimenté.

Tableau 01. 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%	-Oidium feuille: moyennement sensible -Oidium épi : résistante -Rouille brune : moyennement sensible -Résistante à la sécheresse -Résistante au froid

WAHA	Syrie	Rendement : élevé	-PMG : élevé -Qualité semoulière : très bonne -Mitadinage : sensible -Teneur en protéines : 13,95%	-Oidium feuille: résistante -Oidium épi : résistante -Rouille brune : très sensible -Septoriose : moyennement sensible -Tolérante à la sécheresse -Tolérante au froid
CHEN'S	Syrie	-Cycle végétatif : précoce -Tallage : moyen à fort	-PMG : 35 à 45 g -Mitadinage : moyennement résistante	-Oidium : moyennement sensible -Rouille brune : moyennement sensible -Septoriose : sensible -Tolérante au froid -Moyennement tolérante à la sécheresse
HEDBA 3	Algérie	-Rendement : moyen -Cycle végétatif : tardif -Tallage : moyen	-PMG : moyen -Qualité semoulière : assez bonne -Mitadinage : résistante	-Tolérante au froid -Sensible à la verse -Sensible à la sécheresse -Sensible aux rouilles jaune, noire et brune, à la septoriose et à l'oidium
OFANTO	Italie	Rendement : élevé	-PMG : moyen -Qualité semoulière : bonne -Mitadinage : sensible -Teneur en protéines : 15,64%	-Oidium feuille: moyennement sensible -Oidium épi : résistante -Rouille brune : moyennement sensible -Septoriose : moyennement sensible
POLONICUM	France	-Cycle végétatif : semi-tardif -Tallage : moyen à fort	-PMG : moyen -Qualité semoulière : assez bonne -Mitadinage : bonne résistante	-Tolérante au froid -Tolérante à la sécheresse -Modérément tolérante aux rouilles, à la septoriose et à la fusariose
OUED ZENATI	Algérie	-Rendement : élevé -Cycle végétatif : tardif -Tallage : moyen	-PMG : élevé -Qualité semoulière : bonne -Mitadinage : assez résistante	-Sensible à la verse -Résistante à la rouille noire
ACSAD1363	Italie	/	/	-Sensible à la sécheresse

Source (**ANONYME, 2009 ; 1974**)

3. Localisation de l'expérimentation

Le travail comporte deux types d'essais, différents par leurs objectifs et leurs conduites. Des essais traitants les différents aspects de la germination ont été conduits au niveau de l'équipe d'amélioration des plantes et biotechnologie végétale du laboratoire d'agro-biotechnologie et de nutrition en zones semi-arides de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret (35° 23′ 17′′ N, 1° 19′ 22′′ E, altitude 1080). L'essai en plein champ a été conduit dans l'unité expérimentale de la même faculté et Université.

3.1. Conduite de l'expérimentation au laboratoire

3.1.1. Conditions de germination des graines

Les graines ont été mises en germination dans des boites de Pétri à base recouverte de deux couches de papier filtre (Whatman2) et imbibées dans des solutions de germination préparées suivant des valeurs de potentiel osmotique décroissant (0MPa, -1MPa, -1.5MPa, -2MPa). L'essai comporte quatre traitements en se référant à ces potentiels osmotiques. Les variations des potentiels osmotiques des milieux de germination ont été réalisées par un apport de PEG 6000. Les différentes concentrations utilisées sont mentionnées dans le tableau 02. Chaque traitement osmotique comporte quatre répétitions et chaque répétition comporte dix graines de chaque génotype. L'essai est constitué de 96 répétitions. Les graines ont été mises en germination dans une étuve à une température de 20°C.

On a procédé par le choix des graines mises en germination, par observation avec un stéréo-microscope. Les graines sélectionnées ne présentent aucune altération des téguments ainsi que l'embryon et présentant un poids de mille grains caractéristique du génotype concerné. Cette procédure a été réalisée dans un but de limiter toute erreur pouvant survenir à la suite de la qualité du grain, pouvant imposer des variations en dehors de celle recherchée des facteurs de notre étude (nature du génotype, potentiel osmotique du milieu de germination).

Rapport-gratuit.com

Tableau 02. 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
-2 MPa	523 g/l d'eau distillée

3.1.2. Les mesures effectuées

3.1.2.1. Le taux d'imbibition et de germination des graines

Le taux d'imbibition ou la prise d'eau relative des graines en germination de l'ensemble des génotypes et au niveau des quatre traitements osmotiques est déterminée chaque 12 heures, du début de la germination jusqu'à la percée des téguments par la radicule, équivalent à 72 heures de temps de germination. L'imbibition est déterminée par le rapport suivant :

Imbibition (%)= ((Pt-Pi)/Pi) x100

Où Imbibition, représente la prise d'eau pendant un temps t, exprimée en pourcentage. Pt représente le poids du grain après un temps t de mise en germination exprimé en grammes. Pi est le poids initial de la graine déterminé avant la mise en germination exprimé en grammes. Le poids Pt est estimé par pesée des graines prélevées des différents milieux de germination et essuyées délicatement avec un papier buvard afin d'éliminer toutes traces de l'eau de surface.

La taux de germination des graines relevé chaque 12 heures pendant 72 heures de mise en germination, est exprimé en pourcentage et représente le nombre de graines germées par rapport au nombre total des graines initialement mises en germination, à travers le rapport suivant :

Taux de germination (%)= (nombre de graines germées/nombre total des graines) x 100

Une graine est considérée germée lorsqu'elle présente sa radicule est visible après percée des téguments.

3.1.2.2. La longueur de la radicule et du coléoptile et le nombre des racines formées

La longueur de la radicule et du coléoptile exprimée en centimètre (cm) est réalisée sur l'ensemble des génotype et des traitements après 72 heures de mise en germination des graines. Pendant ce temps le nombre de racines émises par plantule est déterminé.

3.1.2.3. Activité des amylases au niveau des graines en germination

L'activité des amylases a été déterminée au niveau des graines après 24 et 48 heures de mise en germination. L'estimation de cette activité repose sur les opérations d'extraction du complexe enzymatique et l'évaluation de son activité in vitro.

a. Extraction du complexe enzymatique

Le substrat de l'extraction est constitué de 0.25g de graines issues des différents milieux de germination. L'ensemble est broyé en présence de la glace dans 5ml de tampon acétate (50mM acétate de sodium, acid acétique et 20mM $CaCl_2$), pH 4.8 (**KAUR et *al*., 1998**).

Le broyat est filtré, le filtrat est recueilli dans un tube d'Eppendorf de 1.5 ml et centrifugé pendant 10mn à 8000 g. Le surnagent est récupéré (extrait A).

b. Dosage de l'activité des amylases

Dans chaque tube contenant de l'extrait enzymatique (1ml extrait A), on ajoute 0.25ml de solution d'amidon à 1% (dilution dans la solution tampon acétate pH 4.8), après on le passe au vortex et le laisse incuber au bain marie à 33°C pendant 20mn.

Un volume de 0.5ml du réactif contenant l'acide dinitrosalicylique (70ml NaOH(2N),1g l'acide 3-5 dinitrosalicylique , 30g de tartrate K/Na et 100ml d'eau distillée) est y ajouté. Ce réactif permet l'arrêt de l'hydrolyse et le dosage simultané du maltose formé. Le dosage a été fait au spectrophotomètre à une longueur d'onde λ=530nm. L'activité est exprimée en mg/g.MF/t.

Le dosage de l'activité des α-amylases s'est produit par inactivation des β-amylases (**GUGLIELMINETTI et *al*., 1995**). L'extrait enzymatique (extrait A) est chauffé à 70°C pendant 10mn. La même manipulation que le dosage de l'activité totale des amylases est employée dans ce cas.

c. Réalisation de la courbe d'étalonnage des amylases

La réduction en milieu alcalin de l'acide 3-5 dinitrosalicylique par le maltose, provoque une coloration orangée dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en glucide.

A partir d'une solution mère de maltose (1g/l) on réalise dans les tubes à essai une gamme étalon dans du tampon acétate (acid acétique, acétate de sodium et $CaCl_2$, 10mM, pH 4.8) à des dilutions de 1/10,1/5,1/3,1/2 atteignant un volume final de 1ml.
On prélève 0.5ml de chaque dilution dans des tubes à essai, à lequel on ajoute 0.5ml de réactif, constitué de 70ml NaOH(2N),1g l'acide 3-5 dinitrosalicylique , 30g de tartrate K/Na et 100ml d'eau distillée.

L'ensemble est mélangé délicatement. Les tubes sont placés dans un bain marie bouillant pendant 15mn, ensuite on les laisse refroidir. Le dosage est effectué par un spectrophotomètre à une longueur d'onde d'absorption de λ=530nm.

L'activité totale des amylases et celle des α-amylases est exprimée en mg/g.MF/t.

3.1.2.4. Dosage des sucres simples

Les sucres simples (glucose, fructose et saccharose) sont extraits par un solvant capable de les solubiliser et de bloquer les activités enzymatiques susceptibles de les dégrader. Le dosage a été effectué en se référant à la méthode de **YEMN** et **WILLIS** (1954) reportée par **SIDARI et *al*.** (2008).

Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique. Ce dernier très concentré, transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une coloration bleu vert avec l'anthrone.

100mg de graines germées issues des différents milieux sont trempés pendant 24h dans 5ml d'éthanol à 80%. L'extrait obtenu est dilué 10 fois avec l'éthanol à 80%. 2ml sont prélevés de la solution obtenu, auxquels on ajoute 4ml de réactif (préparé 4 heures à l'avance) composé de 2g d'anthrone pure additionné à 1000ml d'acide sulfurique (H_2SO_4).

Le mélange, extrait et réactif, est maintenu dans la glace fondante. Après agitation, les tubes sont placés au bain marie à 92^0C pendant 8 minutes puis refroidis pendant 30 minutes à l'obscurité.

La lecture a été faite au spectrophotomètre (Jenway) à une longueur d'onde de 530 nm. Les données en densité optique sont transformées en mg/100mg.MF en référant à la courbe d'étalonnage (Annexe, b).

3.2. Caractérisation agronomique des génotypes utilisés

Un essai en plein champ a été conduit dans un but d'estimer le comportement des génotypes utilisés dans les différents essais de notre étude.

3.2.1. Conduite de l'essai

Les huit génotypes concernés par l'étude sont suivis dans un dispositif englobant 169 génotypes. Ils ont été installés selon deux traitements hydriques, en conditions pluviales et irriguées. Le traitement irrigué a reçu une irrigation d'appoint ramenant l'humidité du sol au voisinage de 80%. Différentes mesures ont été pratiquées durant le cycle de développement des plantes en place. L'ensemble des mesures ont porté sur 4 plantes par génotype et au niveau de chaque traitement hydrique.

- **La hauteur de la plante :** la hauteur exprimée en centimètres, a été évaluée à la maturité complète. La hauteur est comprise entre le collet et le point d'insertion du rachis sur la tige ;
- **La longueur de dernier nœud :** longueur de la partie de la tige (cm) située entre le dernier nœud et le point d'insertion du rachis ;
- **La longueur du col de l'épi :** longueur (cm) de la partie exposée de la gaine de la dernière feuille, du dernier entre nœud ;
- **Le nombre de talles épi** ;
- **La longueur de l'épi :** la longueur de l'épi (cm) en dehors de la barbe ;
- **Le nombre de grains par épi** ;
- **Le poids 1000 grains (PMG) exprimé en grammes**

4. Méthodes des analyses statistiques

L'analyse statistique des données obtenues a été réalisée en utilisant le logiciel STATISTICA (Stat Soft) version 8. La méthode utilisée est ANOVA factoriel.

1. Les paramètres physiques de la germination

1.1. Paramètres d'évolution du taux d'imbibition

L'analyse des résultats obtenus (Tab.03), indique que les variations de la quantité d'eau absorbée par les graines sont fortement influencées par la nature des génotypes testés ($p<0.01$).

Le potentiel influe également et de manière importante sur l'expression et les variations des niveaux d'absorption hydrique à 12h, 24, 36, 48, 60 et 72h après la mise en germination ($p<0.001$).

L'interaction de la nature des génotypes avec les variations du potentiel osmotique de la solution de germination permet également des variations significatives de la prise d'eau par les grains ($p<0.05$). Ceci indique que les génotypes testés expriment des réponses différentes en réaction aux variations des niveaux des potentiels osmotiques adoptés.

Tableau 03. 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 12h	0.0000	0.0000	0.0344
Taux d'imbibition après 24h	0.0000	0.0000	0.0078
Taux d'imbibition après 36h	0.0000	0.0000	0.0000
Taux d'imbibition après 48h	0.0000	0.0000	0.0000
Taux d'imbibition après 60h	0.0000	0.0000	0.0034
Taux d'imbibition après 72h	0.0015	0.0000	0.0052

D'une manière générale et concernant l'ensemble des génotypes testés et dans les quatre traitements retenus, la prise d'eau par les grains en germination est importante au cours de la première phase du processus. Cette acuité de prise d'eau pendant cette période se limite entre 12 et 24h. On note également une variation dans les niveaux d'absorption d'eau à l'échelle des génotypes expérimentés.

Les résultats moyens obtenus (Fig. 04), montrent une nette prédominance du taux d'imbibition des graines au niveau des témoins par rapport aux potentiels osmotiques appliqués dés le début de germination jusqu'à 72h, en enregistrant une moyenne d'imbibition évaluée à 110.23%. Les

Rapport-Gratuit.com

réductions du taux d'imbibition, après les 72h, pour les différents traitements par rapport au lot témoin sont estimées à -46, -50, et -60% respectivement dans les lots -1, -1.5 et -2MPa. Au niveau de même traitement (0MPa) et après les 72h, le génotype Acsad1363 a inscrit le taux d'imbibition le plus élevé (155.42%), par contre le plus faible taux est détenu par le génotype Oued zenati en inscrivant un taux évalué à 91.05%.

Au niveau du lot conduit avec un potentiel osmotique de -1MPa, c'est le génotype Waha qui a enregistré le taux d'imbibition le plus élevé par rapport aux autres génotypes avec une valeur estimée à 75.50% en évaluant une réduction de l'ordre de -29% par rapport au témoin. La variété Hedba3 a indiqué le taux le plus faible (52.79%) dans le même niveau (-1MPa), avec un taux de régression estimé à -53% comparativement à son témoin.

Au niveau du milieu mené à -1.5MPa, l'intervalle des valeurs est délimité par 63.64% montrée par Acsad1363 et 49.06% donnée par Oued zenati. Dans la même situation (-1.5MPa), le taux de réduction le plus élevé est enregistré par le génotype Acsad1363 (-59%), donc il s'avère comme le plus sensible. Tandis que Ofanto avec -44% de diminution se révèle comme le plus résistant à ce niveau du stress (-1.5MPa).

Enfin, dans le milieu du stress conduit à -2MPa, les graines du génotype Chen's ont absorbé de l'eau après 72h d'une façon plus évoluée par rapport à ceux des autres génotypes, avec un taux d'imbibition fixé à 48.51%, en indiquant une réduction de l'ordre de -58% par rapport à son témoin. A l'opposé, le taux d'imbibition le plus faible a été enregistré par le génotype Ofanto (35.64%) qui ayant enregistré une réduction de son imbibition estimée à -61%. Le génotype le plus affecté par ce stress (-2MPa) est celui qui a inscrit un taux de réduction le plus élevé, évalué à -70% et exprimé par le génotype, Acsad1363. Tandis que, le génotype Oued zenati s'avère le moins affecté par cet abaissement du potentiel osmotique après 72h, en inscrivant une réduction par rapport au lot témoin, évaluée à -51%.

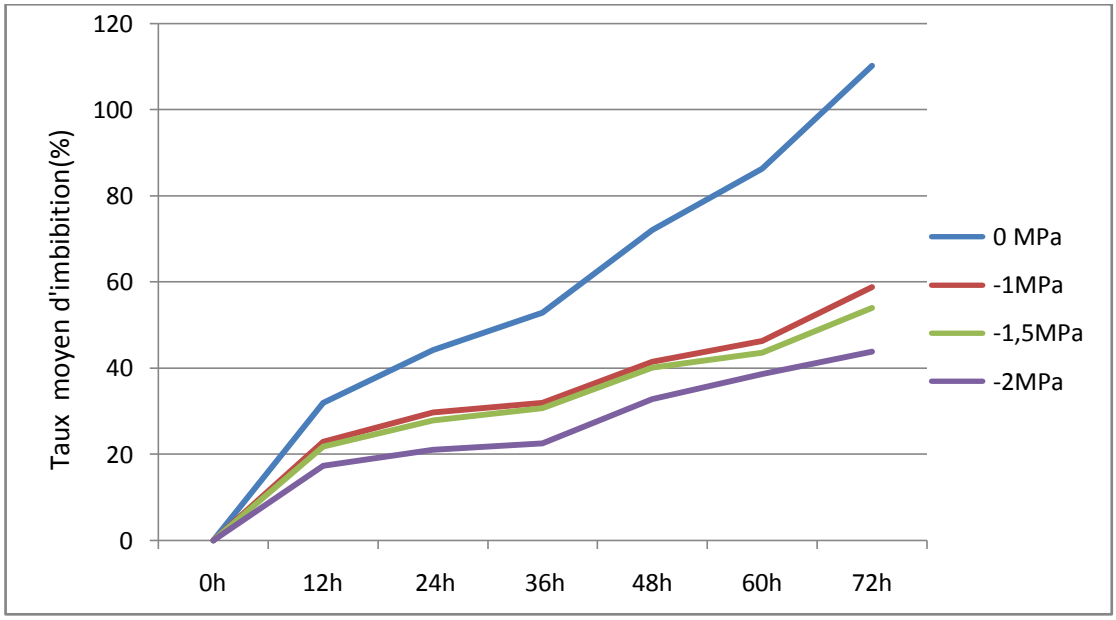


Figure 04. Evolution moyenne du taux d'imbibition des graines (%) des génotypes.

Tableau 04. Variation du taux d'imbibition des graines (%) des différents génotypes en fonction de l'intensité du stress hydrique après 72h de la mise en germination.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution (%)	-1.5MPa	Evolution(%)	-2MPa	Evolution(%)
Oued zenati	91.05	56.70	-37.73	49.06	-46.11	44.40	-51.23
Ofanto	93.77	53.07	-43.40	51.61	-44.96	35.64	-61.99
Polonicum	107.51	59.32	-44.82	50.47	-53.06	46.93	-56.35
Hedba3	112.33	52.79	-53.00	52.69	-53.09	44.46	-60.42
Acsad1363	155.42	61.26	-60.58	63.64	-59.05	45.62	-70.65
Chen's	115.69	59.01	-48.99	57.36	-50.41	48.51	-58.07
Simeto	98.20	53.62	-45.40	49.29	-49.81	42.40	-56.82
Waha	107.84	75.50	-29.98	58.36	-45.88	42.90	-60.21

1.2. Taux de germination des graines (%)

Le taux de germination, exprimé par le pourcentage des graines germées par rapport au lot de départ, a été évalué à différents temps (24, 36, 48, 60, 72h). Les résultats obtenus (Tab. 05), démontrent que ce paramètre est significativement influencé par la nature des génotypes testés ainsi que par le traitement osmotique appliqué ($p<0.001$). En effet, l'abaissement du potentiel osmotique du milieu de germination, s'est accompagné d'une nette diminution du pourcentage de germination. L'influence des propriétés hydriques du milieu se perçoit de manières divergentes par la variabilité conduite ($p<0.001$). Ces constatations se prouvent selon les résultats obtenus, à travers l'ensemble des périodes d'estimation de ce paramètre.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Tableau 05. Analyse de variance du taux de germination des graines.

Source de variation / Variable	Génotype	Traitement osmotique	Interaction traitement osmotique*génotype
Taux de germination après 24h	0.0000	0.0000	0.0000
Taux de germination après 36h	0.0007	0.0000	0.0000
Taux de germination après 48h	0.0000	0.0000	0.0000
Taux de germination après 60h	0.0000	0.0000	0.0000
Taux de germination après 72h	0.0385	0.0000	0.0302

L'évolution du taux de germination en fonction du temps de mise en germination (Fig. 05) se réalise de façons très différentes dans les différents milieux de germination. L'abaissement du potentiel osmotique s'exprime par un retard dans le temps de la germination des graines. Ainsi dans les trois milieux à faible potentiel osmotique, cette germination ne s'est déclarée qu'à partir de 36h de mise en germination. Alors que le maximum du taux de germination dans le lot témoin a été obtenu après 48h de mise en germination.

A la limite d'estimation de la germination située à 72h, les taux sont de l'ordre de 100, 92, 84 et 35%. L'influence d'abaissement du potentiel osmotique s'est soldée par des diminutions des taux de germination évalués à -7, -15 et -75% respectivement au niveau des traitements conduits à -1, -1.5 et -2MPa.

L'évolution de la germination en fonction du temps (Fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) se montre différente parmi les génotypes testés. Dans le traitement conduit à -1MPa, la germination a été détectée chez l'ensemble des génotypes testés, après 36h de mise en germination. Dans le lot conduit à -1.5MPa, la germination a débuté après 36h de temps de germination, et ce pour tous les génotypes expérimentés. Alors que dans le traitement mené à -2MPa, la germination n'a été observée qu'après 60h de mise en germination, chez sept génotypes (Oued zenati, Ofanto, Hedba3, Acsad1363, Chen's, Polonicum et Waha). Dans ces mêmes conditions l'exception est donnée par le seul génotype Simeto, chez lequel les premières graines germées ont été observées après 36h, situation similaire à celle constatée dans le traitement conduit à -1.5MPa.

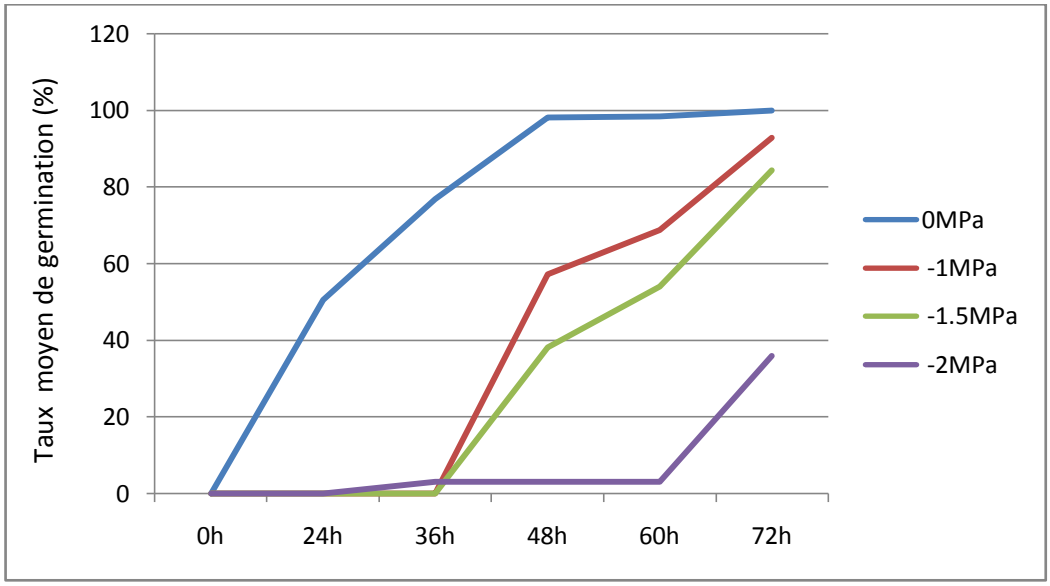


Figure 05. Evolution moyenne du taux de germination (%) en fonction du temps de mise en germination.

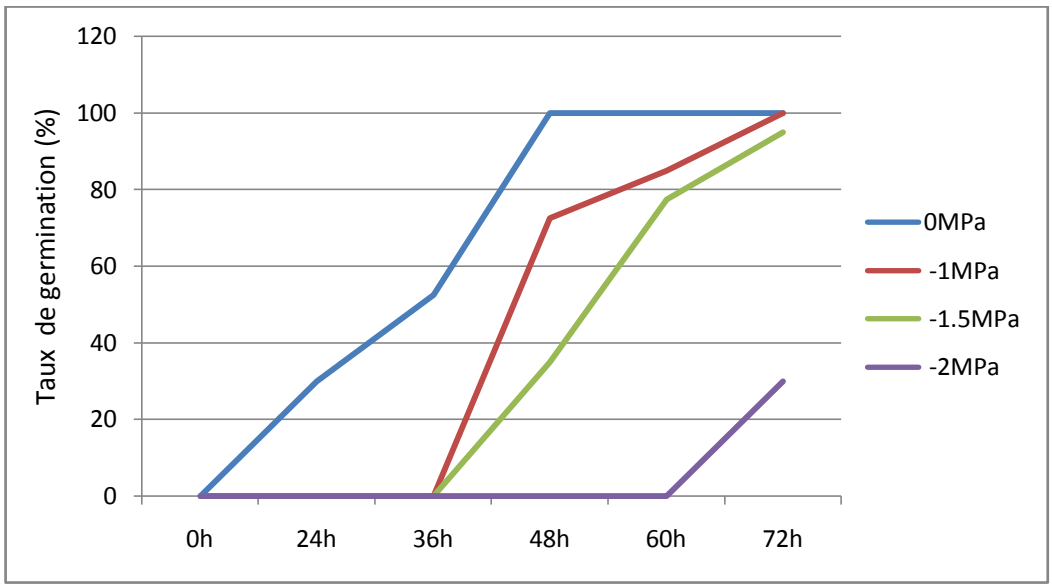


Figure 06. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Oued zenati en fonction du temps de mise en germination.

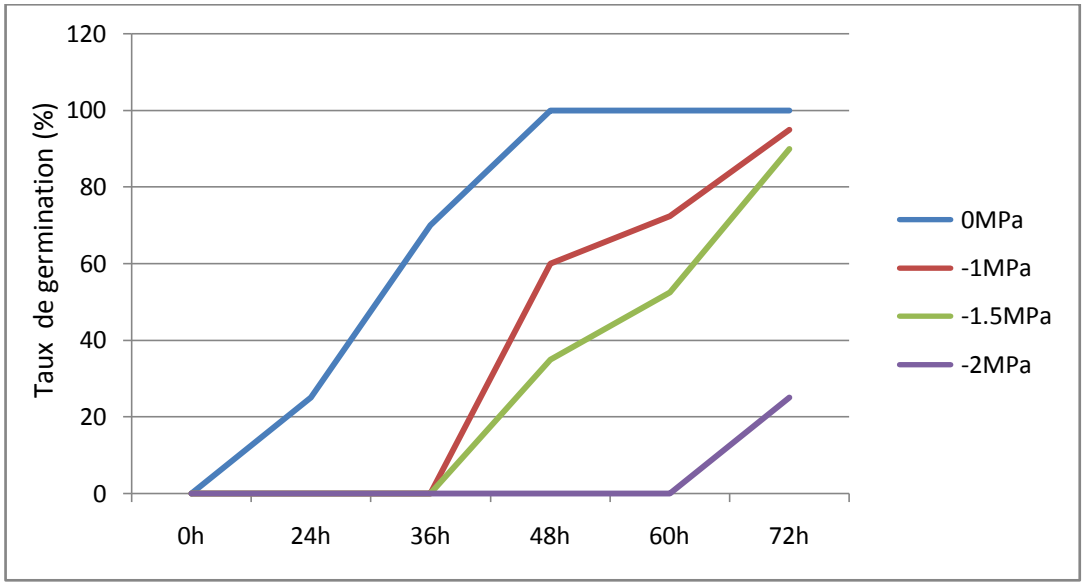


Figure 07. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Ofanto en fonction du temps de mise en germination.

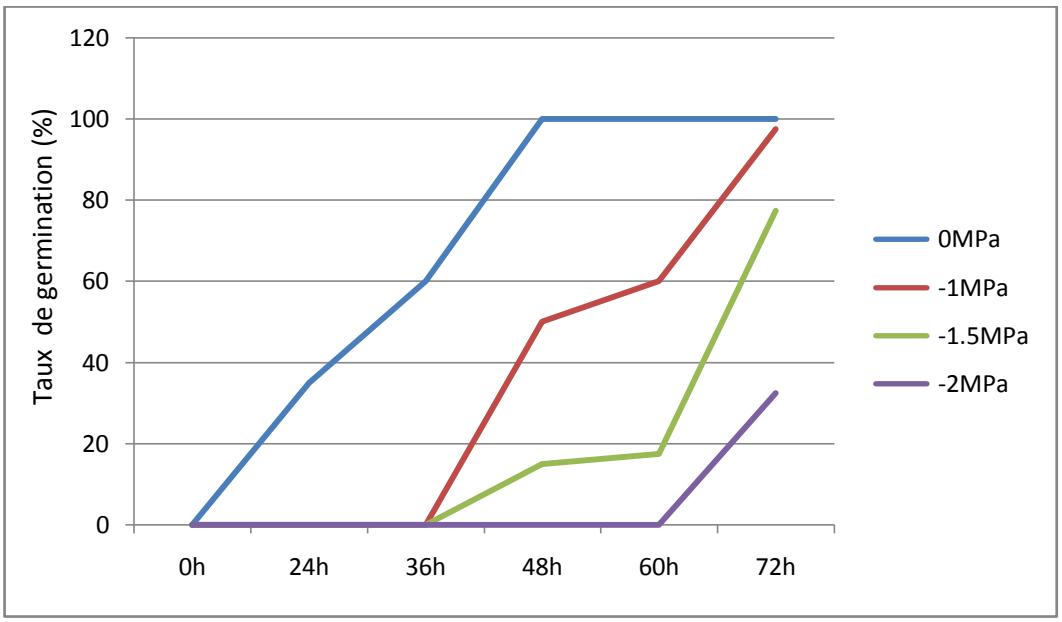


Figure 08. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Polonicum en fonction du temps de mise en germination.

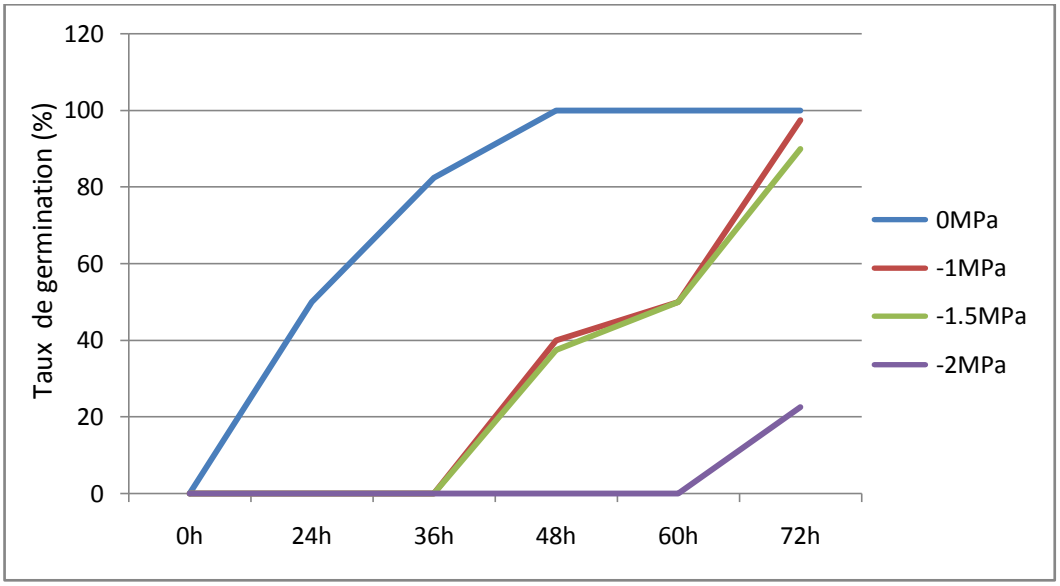


Figure 09. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Hedba3en fonction du temps de mise en germination.

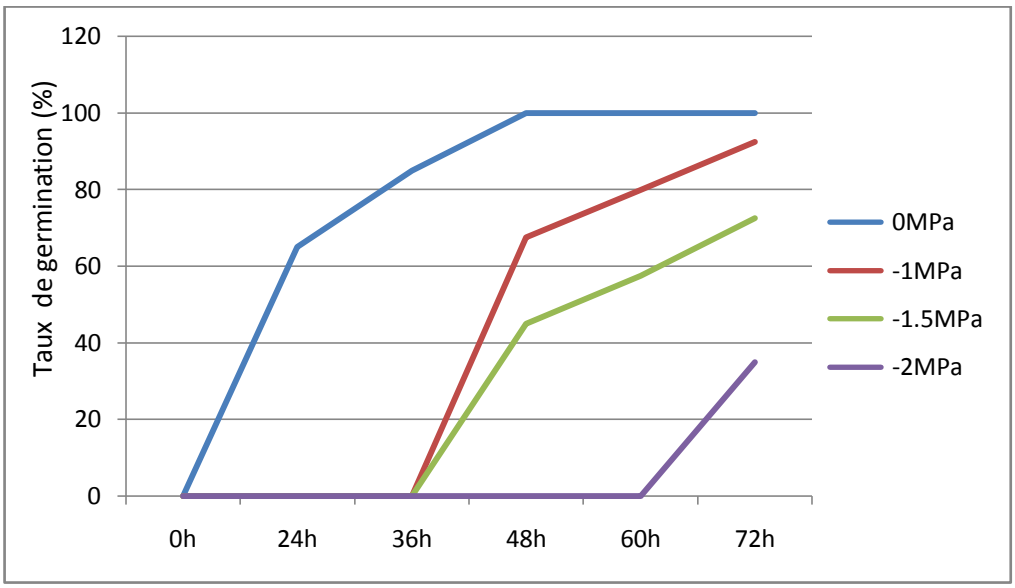


Figure 10. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Acsad1363 en fonction du temps de mise en germination.

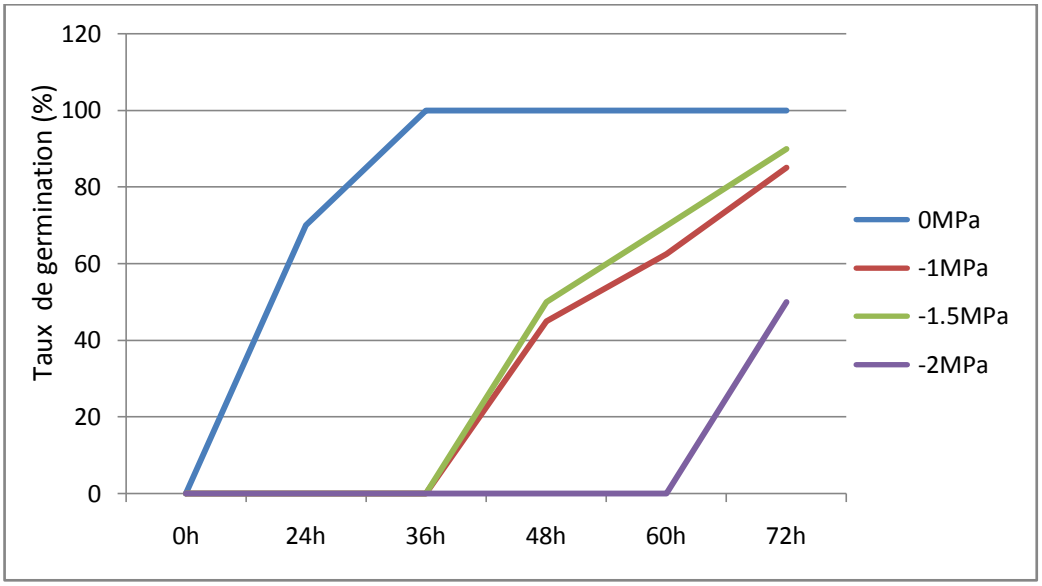


Figure 11. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Chen's en fonction du temps de mise en germination.

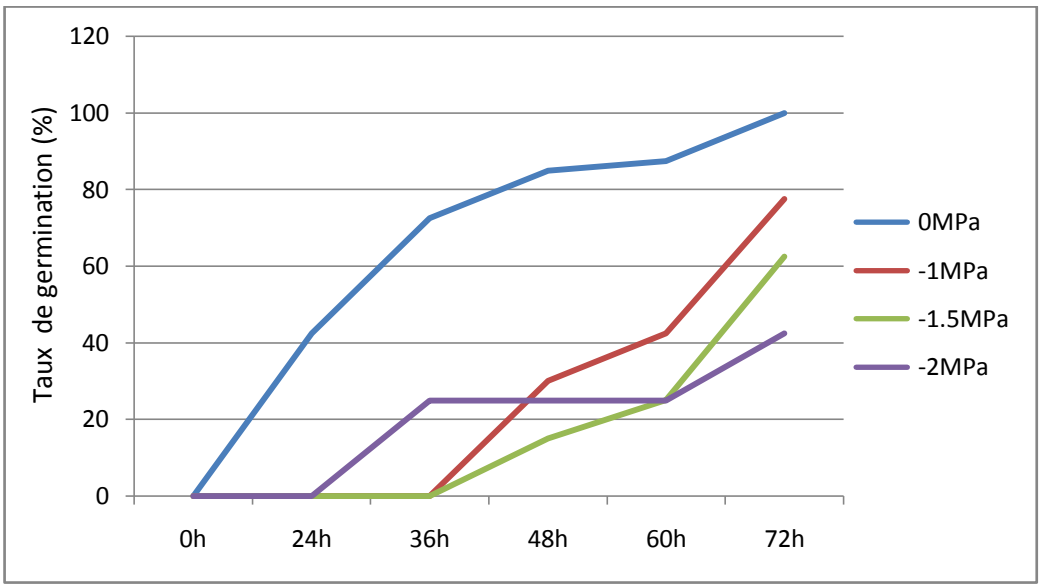


Figure 12. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Simeto en fonction du temps de mise en germination.

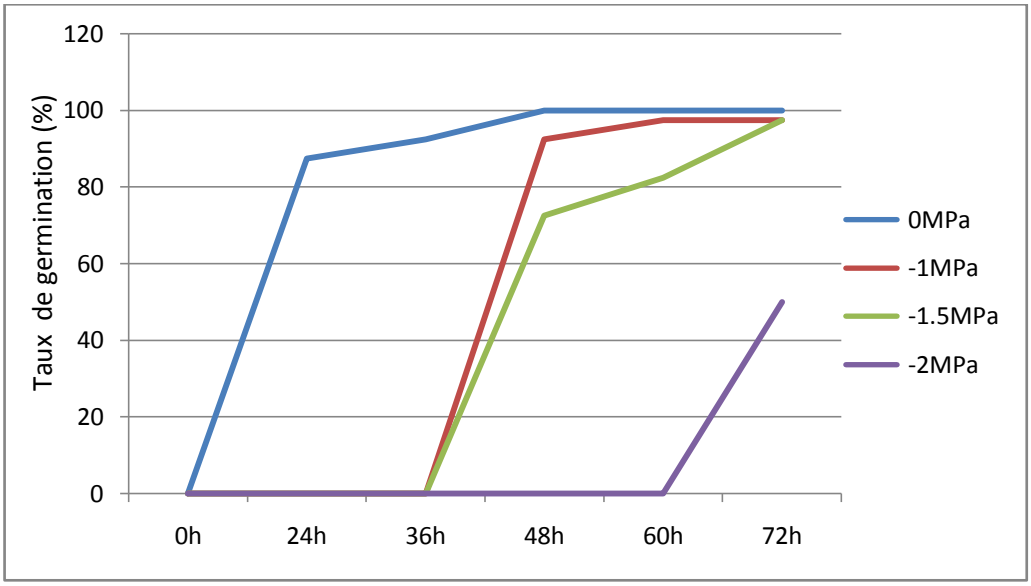


Figure 13. Evolution du taux de germination (%) chez le génotype Waha en fonction du temps de mise en germination.

1.2.1. Après les 24h de la mise en germination

Le taux de germination estimé à cette phase, se montre plus élevé au niveau du lot témoin avec une moyenne exprimée par l'ensemble des génotypes de 50%. Alors, au niveau de l'ensemble des dispositifs conduits avec modification du potentiel osmotique (-1,-1.5, -2MPa), aucune germination n'a été constatée (0%).

Au niveau du lot témoin ce taux de germination se montre variable parmi les génotypes. Ainsi, c'est le génotype Waha qui a présenté le taux le plus élevé avec 87%, tandis que Ofanto a manifesté le plus faible taux (25%).

1.2.2. Après les 72h de la mise en germination

A la fin du temps accordé au processus de germination, une variabilité comportementale s'est manifestée dans le déroulement de phase de développement.

Au niveau du lot témoin, le taux de germination a atteint le maximum (100%) pour l'ensemble des génotypes étudiés.

A l'échelle du traitement mené à -1MPa, le taux le plus élevé est détenu par le génotype Oued zenati (100%). A l'opposé, le génotype Simeto a inscrit le taux le plus faible (77%), représentant un taux de réduction équivalent à -22%.

A un potentiel osmotique de -1.5MPa, l'intervalle des valeurs inscrites sont délimitées par 97.5% donnée par Waha et 62% inscrite par Simeto. Ce qui indique des taux de réductions respectifs de -2 et -37%.

A l'échelle du -2MPa, le taux de germination des graines est fortement influencé par l'abaissement du potentiel osmotique. Le taux le plus élevé est enregistré par les génotypes Waha et Chen's (50%), tandis que la plus faible valeur est détenue par le génotype Hedba3 (22%), en inscrivant des taux de régressions respectifs estimés à -50 et -77%.

Tableau 06. Variation du taux de germination (%) des génotypes expérimentés en fonction de l'intensité du stress hydrique après 72h de la mise en germination.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	-2MPa	Evolution(%)
Oued zenati	100	100	0	95	-5	30	-70
Ofanto	100	95	-5	90	-10	25	-75
Polonicum	100	97.5	-2.50	77.5	-22.50	32.5	-67.50
Hedba3	100	97.5	-2.50	90	-10	22.5	-77.50
Acsad1363	100	92.5	-7.50	72.5	-27.50	35	-65
Chen's	100	85	-15	90	-10	50	-50
Simeto	100	77.5	-22.5	62.5	-37.5	42.5	-57.5
Waha	100	97.5	-2.50	97.5	-2.50	50	-50

1.3. Longueur de la racine principale

L'analyse des résultats obtenus (Tab.07) de la longueur de la radicule montre que les variations de cette caractéristique se réalise d'une manière dépendante de la nature des génotypes étudiés ($p<0.01$). L'abaissement du potentiel osmotique de la solution de germination s'accompagne d'une nette réduction de la longueur de la radicule ($p<0.001$).

Ces résultats indiquent que l'abaissement du potentiel osmotique a affecté l'ensemble des génotypes pour l'élaboration de ce paramètre, d'une manière indistincte. Ceci se prouve par l'absence de tout effet émanant de l'interaction de ces deux facteurs d'étude sur les variations de la longueur de la radicule ($p>0.05$).

Tableau 07. Analyse de variance de la longueur de la racine principale.

Longueur de la radicule	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	4.768	3.319**	0.0033
SH	3	202.891	141.232***	0.0000
Génotype*SH	21	1.549	1.078 ns	0.3844

ns non significatif, **significatif à 1%, ***significatif à 0.1%

Les longueurs moyennes de la radicule, de l'ensemble des génotypes testés sont de l'ordre de 7.82, 5.86, 5.01 et 1.77cm, exprimées respectivement dans les traitements conduits à 0, -1, -1.5 et -2MPa.

Les valeurs de la longueur exprimées dans les lots stressés et conduits à -1, -1.5 et -2MPa présentent des réductions respectives de -24.95, -35.82 et -77.29%, par rapport à celles exprimées dans le lot témoin.

Au niveau du lot témoin (0MPa), les longueurs sont comprises entre 8.99cm, valeur maximale, donnée par le génotype Hedba3 et une autre minimale 6.38cm, extériorisée par Polonicum.

Au lot conduit à -1MPa, les génotypes présentent des valeurs qui varient entre 6.86cm pour le génotype Waha et 4.21cm pour le génotype Chen's, ce qui présente des taux de régressions respectifs de -17 et -38% par rapport à leur lot témoin. Dans ces mêmes conditions (-1MPa), le génotype Chen's s'avère le plus sensible relativement à l'expression de la longueur de la radicule, en indiquant le taux de réduction le plus important (-38%) par rapport au lot témoin. Cependant, Polonicum indique une légère résistance avec une augmentation de l'ordre de 3%.

Dans le milieu de germination avec un potentiel de -1.5MPa, le génotype Chen's a montré la plus faible longueur (3.66cm). Dans les mêmes conditions (-1.5MPa), le génotype Polonicum se révèle le moins sensible quant à l'élaboration de cette caractéristique en enregistrant la faible réduction de la longueur avec -21%. Au contraire, le génotype Chen's se représente comme le plus sensible (-46%).

A l'échelle du traitement mené à -2MPa, la réduction de la longueur de la radicule s'accentue, et par conséquent les valeurs varient entre 1.40cm (Ofanto et Oued zenati) et 2.28cm, valeur inscrite par le génotype Simeto. Ce dernier génotype (Simeto) se révèle comme le moins sensible (-66%) et Oued zenati montre la sensibilité la plus élevée en inscrivant un taux de réduction évalué à -84%.

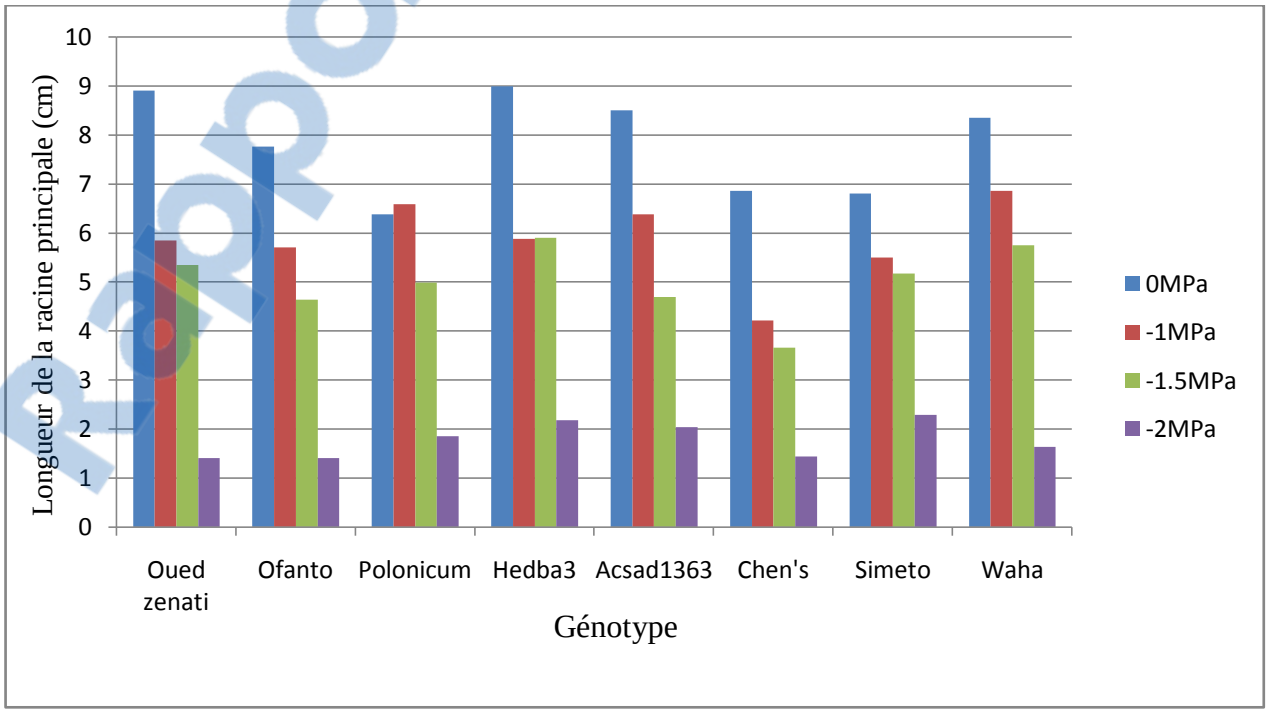


Figure 14. Evolution de la longueur des radicules en fonction des régimes hydriques appliqués (cm).

Tableau 08. Variation de la longueur de la radicule des graines des génotypes expérimentés (cm) en fonction de l'intensité du stress hydrique.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	-2MPa	Evolution(%)
Oued zenati	8.9	5.84	-34.38	5.34	-40.03	1.4	-84.27
Ofanto	7.76	5.7	-26.55	4.64	-40.26	1.4	-81.96
Polonicum	6.38	6.58	3.13	4.98	-21.96	1.85	-70.98
Hedba3	8.99	5.88	-34.59	5.9	-34.35	2.18	-75.8
Acsad1363	8.5	6.38	-24.94	4.69	-44.85	2.04	-76.03
Chen's	6.85	4.21	-38.54	3.66	-46.53	1.44	-79.01
Simeto	6.8	5.49	-19.26	5.17	-23.96	2.28	-66.54
Waha	8.35	6.86	-17.84	5.75	-31.11	1.63	-80.54

1.4. Longueur du coléoptile

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

Le stress osmotique appliqué exerce également des variations très hautement significatives des résultats obtenus ($p<0.001$). En effet, l'abaissement du potentiel osmotique du milieu de germination induit des réductions importantes des valeurs de cette longueur.

Les réponses extériorisées par les génotypes testés, en réaction au stress osmotique imposé s'avèrent différentes, ce qui se justifie par une influence significative de l'interaction des deux facteurs d'étude sur l'expression de ce paramètre ($p<0.05$).

Tableau 09. Analyse de variance de la longueur du coléoptile.

Source	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	0.9947	3.435**	0.0025
SH	3	58.6790	202.646***	0.0000
Génotype*SH	21	0.5321	1.838*	0.0248

*significatif à 5%, **significatif à 1%, ***significatif à 0.1%

Les résultats moyens (Fig.15), indiquent que la longueur du coléoptile variée proportionnellement avec l'abaissement du potentiel osmotique, ainsi les plus longues coléoptiles sont enregistrées au niveau du traitement témoin (0MPa), avec une valeur moyenne de 3.46cm. Néanmoins, l'abaissement du potentiel osmotique provoqué dans le milieu de germination se traduit par une nette réduction des valeurs de cette longueur. Ainsi on évalue les réductions à -52, -67 et -88% dans l'ordre, dans les traitements conduits à -1, -1.5 et -2MPa. Toutefois, cette influence reste tributaire, au niveau de chaque acuité du stress, de la nature des génotypes testés.

Au niveau du lot témoin (0MPa), les valeurs de longueurs sont les plus élevées et on note ainsi une distinction des génotypes Polonicum et Chen's qui inscrivent des données extrêmes évaluées respectivement à 4.41cm et 2.53cm.

Dans le traitement conduit à -1MPa, les valeurs sont comprises entre 0.9cm (Oued zenati) et 2.86cm (Ofanto), représentant des réductions respectives de -74 et -26% par rapport au lot témoin. Dans les mêmes conditions, le génotype Ofanto s'avère le moins sensible quant à l'élaboration de cette caractéristique en inscrivant la faible réduction de la longueur avec -26%. A l'opposé, le génotype Oued zenati se présente comme le plus sensible en enregistrant la plus importante réduction avec -74%.

A l'échelle du traitement -1.5MPa, les longueurs enregistrées par les variétés oscillent entre 0.63cm (Simeto) et 1.84cm (Waha). Parmi les génotypes expérimentés, Waha s'avère le moins sensible avec un taux de diminution estimé à -37%, alors Simeto se représente comme le plus sensible (-78%).

Au niveau des graines issues du milieu de germination traité à -2MPa, le stress induit un niveau de réduction plus important de la longueur du cet organe par rapport aux autres milieux. A cet effet, les valeurs inscrites sont comprise entre 0.09cm (Oued zenati) et 1.36cm (Polonicum), représentant respectivement des diminutions de l'ordre de -97 et -69% par rapport au lot témoin.

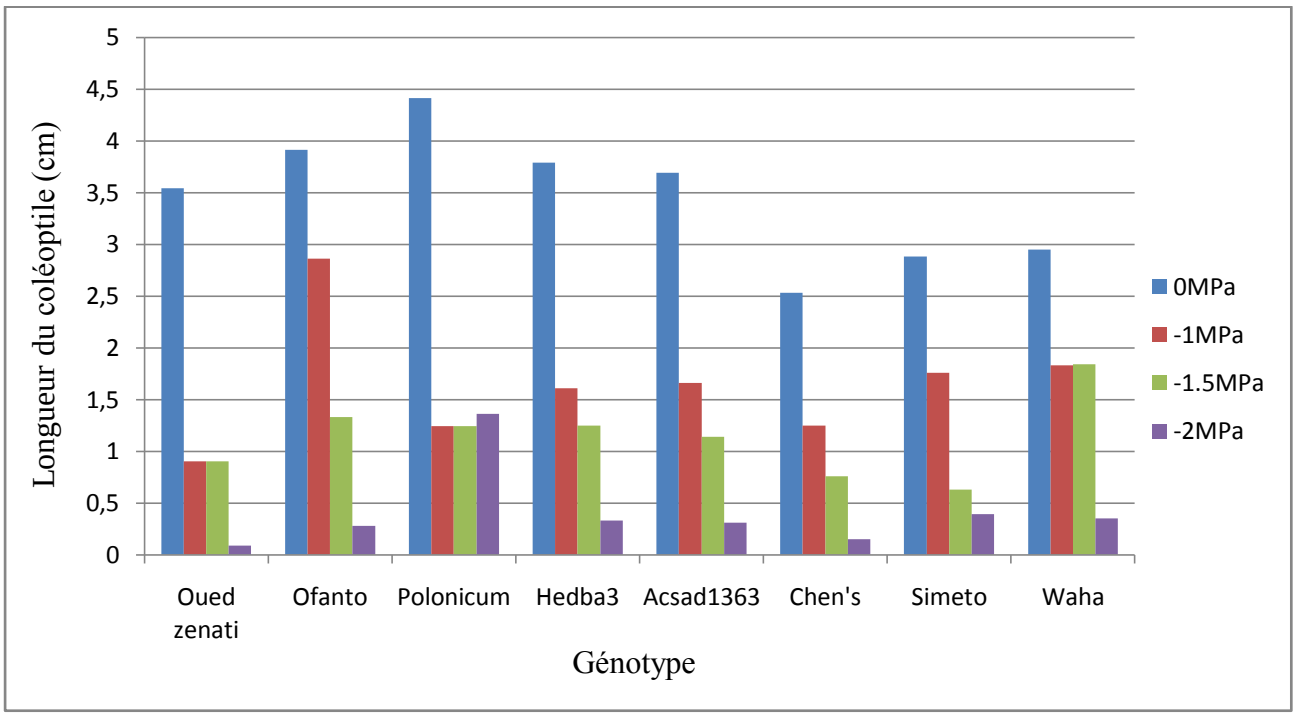


Figure 15. Longueur du coléoptile des génotypes en fonction des régimes hydriques adoptés (cm).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Tableau 10. Variation de la longueur du coléoptile des graines des génotypes expérimentés (cm) en fonction de l'intensité du stress hydrique.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	-2MPa	Evolution(%)
Oued zenati	3.54	0.90	-74.58	0.90	-74.58	0.09	-97.46
Ofanto	3.91	2.86	-26.84	1.33	-65.98	0.28	-92.84
Polonicum	4.41	1.24	-71.88	1.24	-71.88	1.36	-69.16
Hedba3	3.79	1.61	-57.52	1.25	-67.02	0.33	-91.29
Acsad1363	3.69	1.66	-55.01	1.14	-69.11	0.31	-91.60
Chen's	2.53	1.25	-50.50	0.76	-69.96	0.15	-94.07
Simeto	2.88	1.76	-38.89	0.63	-78.13	0.39	-86.46
Waha	2.95	1.83	-37.97	1.84	-37.63	0.35	-88.14

1.5. Nombre de racines

L'analyse des résultats obtenus (Tab.11) 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 génotypes conduits ($p<0.05$). Les variations des potentiels osmotiques induisent d'importantes réductions du nombre de racines chez les génotypes 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.

Tableau 11. Analyse de variance du nombre de racines émergées.

Source	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	1.109	2.122*	0.0484
SH	3	62.174	118.928***	0.0000
Génotype*SH	21	0.829	1.585 ns	0.0691

ns non significatif ,*significatif à 5%,***significatif à 0.1%

Les résultats moyens illustrés dans figure (16), montrent d'importance variations du nombre de racines apparues à travers les différents traitements hydriques. En effet, l'accentuation du potentiel osmotique contribue à une nette diminution de ce nombre. D'une manière générale, c'est au niveau du lot témoin (0MPa) que les valeurs des racines sont les plus élevées avec une moyenne de 5 racines/plant. Les réductions enregistrées dans les traitements -1, -1.5 et -2MPa sont évaluées à -26.17, -36.13 et -63.31%.

À l'échelle de traitement 0MPa, on note que les génotypes Chen's et Polonicum ont formé le nombre de racines le plus élevé avec 6 racines. Par contre, le génotype Simeto montre le plus faible nombre avec 4 racines/plant.

Les valeurs relevées au niveau de milieu de germination de -1MPa montrent des nombres vacillants entre 3 racines/plant (Ofanto, Hedba 3) et 4 racines/plant (Polonicum). Dans les mêmes conditions hydriques (-1MPa), le génotype Simeto se révèle comme le moins sensible à l'expression de ce paramètre en indiquant un taux de régression de l'ordre de -5% par rapport au lot témoin, tandis que, Hedba3 s'avère le plus sensible (-36%).

Dans le traitement conduit à -1.5MPa, les valeurs du nombre de racines se limitent à 3 racines/plant, accompagnées de quelques faibles variations de ce nombre. Au niveau de ce même traitement (-1.5MPa), le génotype Waha se représente comme le moins sensible (-29%). A l'opposé, Chen's montre la sensibilité la plus élevée parmi les génotypes étudiés avec une réduction de l'ordre de -41%.

Les graines soumises à la germination dans le milieu de -2MPa subissent les plus importantes réductions du nombre de racines formées, avec un taux moyen de -63%. Le nombre de racines/plant enregistré dans ce traitement, varie entre 1 (Waha) et 2 (Chen's). A cette échelle, le génotype Simeto enregistre le plus faible degré de sensibilité en inscrivant la plus faible réduction avec -50% par rapport au témoin. Le génotype Waha manifeste par contre, une sensibilité plus élevée avec un taux de diminution estimé à -81%.

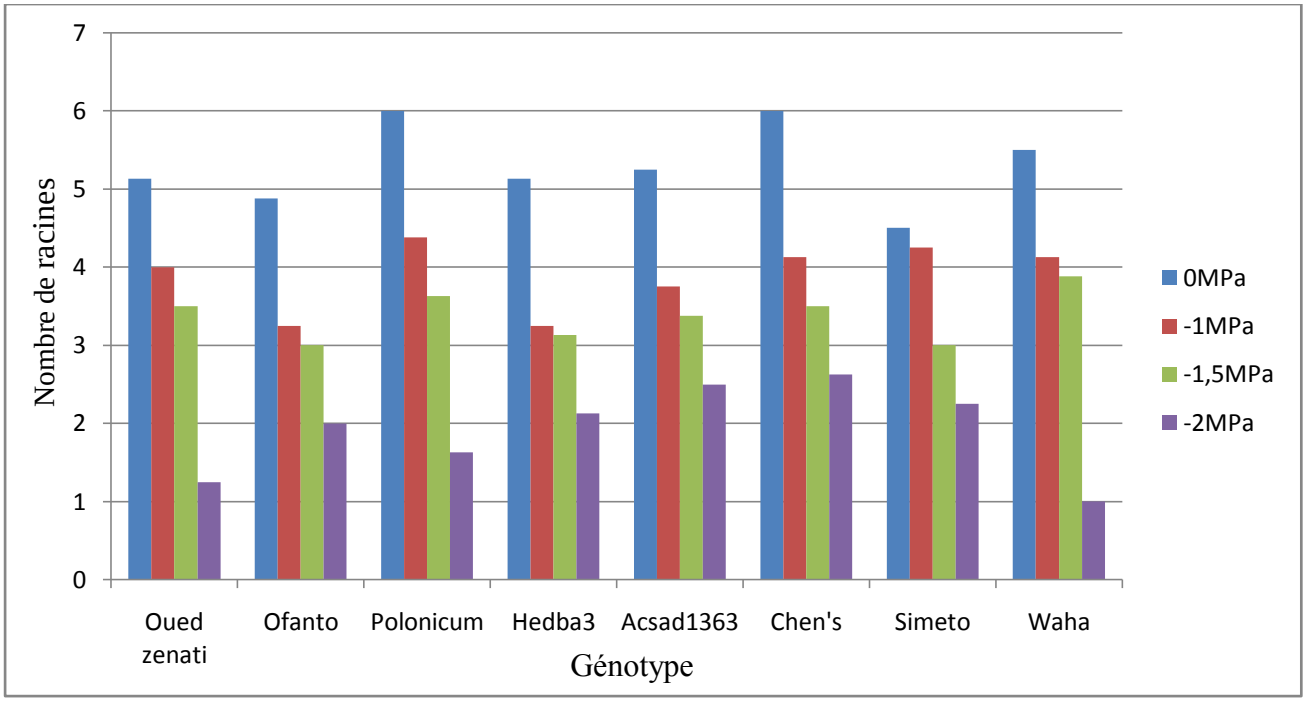


Figure 16. Nombre de racines formées par les génotypes en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

Tableau 12. Variation du nombre des racines des génotypes expérimentés en fonction de l'intensité du stress hydrique.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	-2MPa	Evolution(%)
Oued zenati	5.13	4	-22.03	3.50	-31.77	1.25	-75.63
Ofanto	4.88	3.25	-33.40	3	-38.52	2	-59.02
Polonicum	6	4.38	-27.08	3.63	-39.50	1.63	-72.83
Hedba3	5.13	3.25	-36.65	3.13	-38.99	2.13	-58.48
Acsad1363	5.25	3.75	-28.57	3.38	-35.62	2.50	-52.38
Chen's	6	4.13	-31.17	3.50	-41.67	2.63	-56.17
Simeto	4.50	4.25	-5.56	3	-33.33	2.25	-50
Waha	5.50	4.13	-24.91	3.88	-29.45	1	-81.82

2. Les paramètres biochimiques

2.1. Activité totale des amylases

L'activité globale des amylases a été estimée après 24 et 48 heures de la mise en germination des graines. Ce choix nous permettra de définir le temps de mise en germination optimum de cette activité et d'évaluer également les effets du stress osmotique sur son maintien et son évolution.

Les résultats obtenus démontrent que d'une manière générale, l'optimum de cette activité est situé après 48h de mise en germination des graines (Fig.17). Cette constatation reste dépendante de la nature des génotypes concernés et du traitement osmotique appliqué lors de cette étude.

Les résultats globaux (Fig.17), démontrent que l'activité est supérieure après 48h de mise en germination, par rapport à celle estimée après 24h de germination, au niveau des lots, témoin (0MPa), -1MPa et -2MPa. L'exception est constatée au niveau du traitement mené à -1.5MPa, où cette activité s'est montrée maximale après 24h de mise en germination au lieu de 48h.

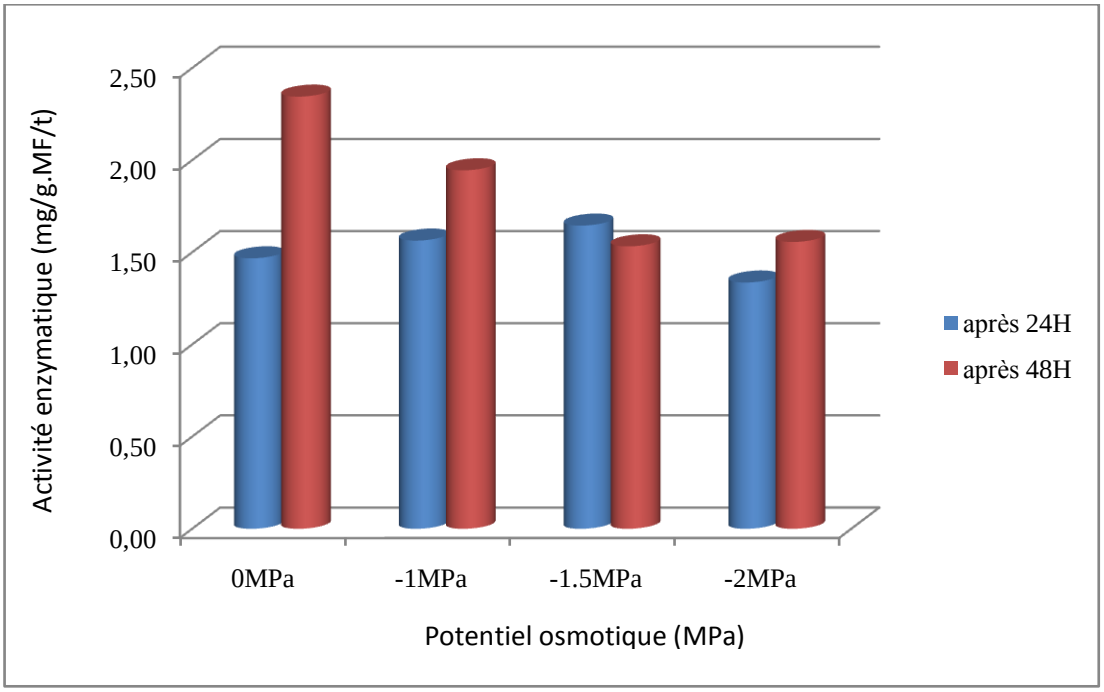


Figure 17. Evolution moyenne de l'activité totale des amylases (mg/g.MF/t) en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

2.1.1. Après 24 heures de mise en germination

L'analyse des résultats obtenus (Tab.13), démontre que l'activité totale des amylases après 24h de mise en germination est grandement dépendante du potentiel osmotique de la solution de germination (P<0.001). La variabilité conduite permet également des variations hautement significatives sur l'expression de cette activité (p<0.001). La présence d'un effet hautement significatif (p<0.001), émanant de l'interaction de ces deux facteurs met en exergue une distinction génotypique importante en réaction aux variations des potentiels osmotiques des solutions de germination, dans le contrôle de l'activité des amylases.

Tableau 13. Analyse de variance de l'activité totale des amylases de graines germées après 24h de la mise en germination.

Activité des amylases après 24h	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	1.5893	49.294***	0.0000
SH	3	0.4229	13.117***	0.0000
Génotype*SH	21	0.2024	6.278***	0.0000

*** significatif à 0.1%

Les résultats moyens de cette activité (Fig. 18), indiquent que le maintien de l'activité est en fonction de l'intensité d'abaissement du potentiel osmotique dans le milieu de germination. A une

intensité modérée du stress osmotique, on relève un accroissement de cette activité et dont les évolutions estimées à 6 et 12% par rapport au lot témoin (0MPa) ont été enregistrées respectivement dans les milieux conduits à -1 et -1.5MPa. A l'opposé des ces faits, l'abaissement du potentiel osmotique à un niveau de -2MPa s'est soldé par une réduction de cette activité à un taux évalué à -9% par rapport à celle enregistrée dans le lot témoin (0MPa).

Une variabilité intra-spécifique importante, relative à ces évolutions est constatée à travers les génotypes testés.

Au niveau du lot témoin (0MPa), la moyenne de l'activité des amylases est de 1.47mg/g.MF/t. Dans cette situation des comportements génotypiques différents sont observés. Ainsi le génotype Oued zenati se distingue parmi la collection en inscrivant la plus haute activité, estimée à 1.91mg/g.MF/t. A l'opposé, Simeto montre la plus faible activité (0.87mg/g.MF/t).

Dans le traitement conduit à -1MPa, les valeurs de cette activité sont comprises entre 1.99mg/g.MF/t (Oued zenati) et 0.57mg/g.MF/t, valeur inscrite par Chen's. Concernant la sensibilité des différents génotypes quant à cette activité enzymatique, à ce niveau de potentiel osmotique, on remarque que ces derniers se distinguent en deux groupes. Le premier groupe est représenté par Hedba3, Chen's et Acsad1363 qui inscrivent une diminution de leur activité par rapport au témoin à des taux respectifs de -10, -47 et -2%. Le reste des génotypes sont caractérisés par une progression de leur activité, où Waha, Ofanto et Simeto se distinguent par les plus importants taux de cette évolution et qui sont de l'ordre de 23, 26 et 68%.

Dans le lot conduit à -1.5MPa, l'activité enzymatique la plus élevée a été inscrite par le génotype Ofanto avec 2.07mg/g.MF/t. À l'opposé la plus faible activité est de 0.76mg/g.MF/t de la part du génotype Chen's. À ce même niveau, la moyenne de cette activité est de 1.65mg/g.MF/t. Le génotype Simeto indique une résistante considérable à l'expression de ce paramètre en extériorisant une augmentation estimée à 128% par rapport à celle donnée par le lot témoin (0MPa). A l'opposé, la sensibilité la plus élevée indique une diminution évaluée à -30% de la part de Chen's.

Au sein du traitement -2MPa, les données enregistrées oscillent entre 0.49mg/g.MF/t (Chen's) et 1.85mg/g.MF/t (Oued zenati). Concernant à la sensibilité, on distingue deux groupes, l'un regroupe les génotypes Hedba3, Ofanto et Simeto qui apparaissent comme les plus résistants à l'abaissement du potentiel osmotique en inscrivant respectivement une augmentation de l'ordre de 9, 10 et 27%. L'autre groupe réunit Waha et Chen's qui indiquent une nette sensibilité à l'expression de ce paramètre (-46, -55%).

Tableau 14. Variation de l'activité totale de graines germées des génotypes expérimentés (mg/g.MF/t) en fonction de l'intensité du stress hydrique après 24h de la mise en germination.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	-2MPa	Evolution(%)
Hedba3	1.59	1.42	-10.69	1.52	-4.40	1.74	9.43
Waha	1.52	1.87	23.03	1.50	-1.32	0.81	-46.71
Ofanto	1.46	1.85	26.71	2.07	41.78	1.61	10.27
Chen's	1.09	0.57	-47.71	0.76	-30.28	0.49	-55.05
Oued zenati	1.91	1.99	4.19	1.91	0	1.85	-3.14
Polonicum	1.52	1.60	5.26	1.55	1.97	1.44	-5.26
Acsad1363	1.78	1.74	-2.25	1.86	4.49	1.64	-7.87
Simeto	0.87	1.47	68.97	1.99	128.74	1.11	27.59

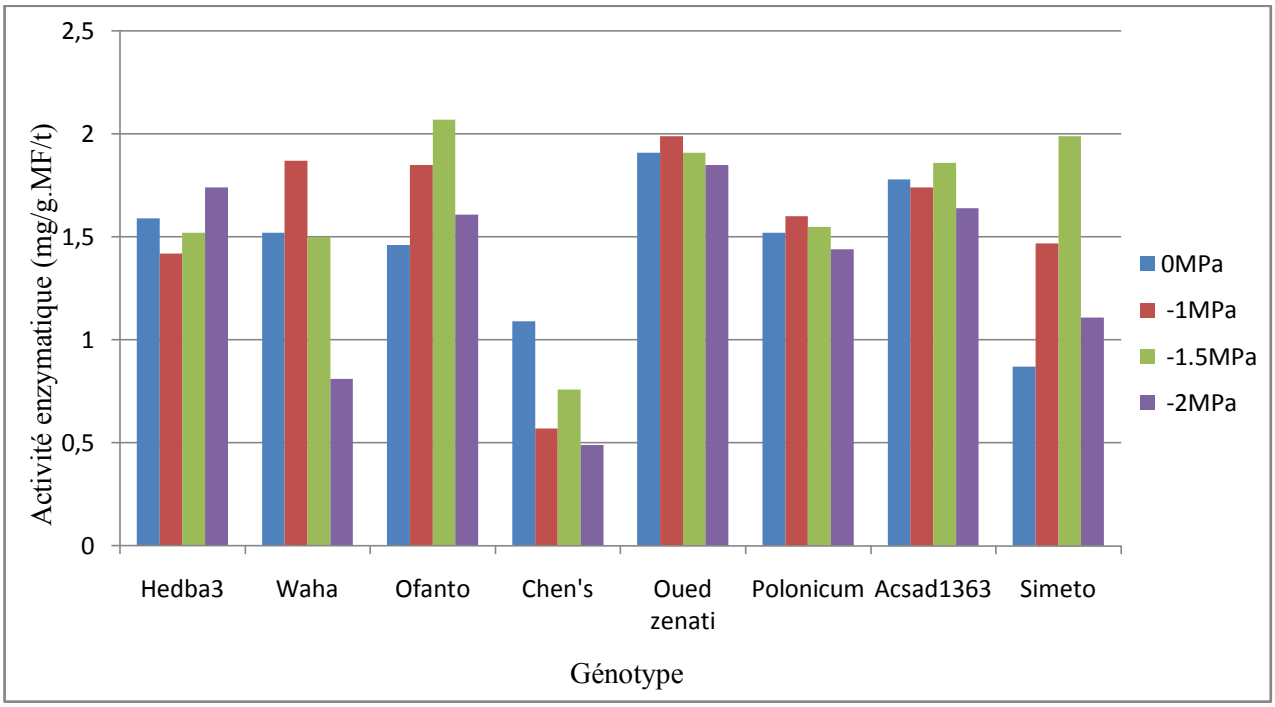


Figure 18. Evolution de l'activité totale des amylases (mg/g.MF/t) après 24h de mise en germination en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

2.1.2. Après 48 heures de mise en germination

L'analyse des résultats obtenus de l'estimation de l'activité amylasique après 48h de mise en germination (Tab.15) indique que ce paramètre est fortement influencé par la variabilité génétique utilisée ($p<0.001$). Les traitements osmotiques appliqués conditionnent de manière très prononcé l'activité des amylases pendant cette phase de germination des graines ($p<0.001$).

Les réponses révélées par les génotypes testés, en réaction au stress osmotique appliqué s'avèrent différentes, ce qui se justifie p[illegible] leux facteurs d'étude sur l'expression de ce[illegible]

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Tableau 15. Analyse de variance de l'activité totale des amylases de graines germées après 48h de la mise en germination.

Activité des amylases après 48h	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	1.3764	19.512***	0.0000
SH	3	3.5285	50.021***	0.0000
Génotype*SH	21	0.7269	10.305***	0.0000

*** significatif à 0.1%

Après 48 heures de la mise en germination, l'activité amylasique présente différentes tendances par rapport à la première période (après 24h), L'abaissement du potentiel osmotique du milieu de germination provoque une diminution importante de cette activité jusqu'à atteindre une valeur moyenne estimée à 1.53mg/g.MF/t au sein du milieu conduit à -1.5MPa par rapport à une activité moyenne estimée à 2.34 mg/g.MF/t au lot témoin.

Les résultats moyens (Fig. 19), montrent qu'au niveau du traitement témoin (0MPa) la valeur moyenne de l'activité des amylases est comprise entre 1.40 (Oued zenati) et 3.67mg/g.MF/t (Ofanto).

Les graines soumises à la germination dans le milieu de -1MPa, révèlent une activité moyenne de 1.94mg/g.MF/t. À l'échelle de ce même traitement, les génotypes Polonicum et Ofanto se distinguent parmi la variabilité conduite, en inscrivant des données extrêmes évaluées respectivement à 1.48mg/g.MF/t et 2.34mg/g.MF/t. Dans ces conditions (-1MPa), deux groupes se sont imposées. Le premier est celui où figurent les génotypes, Waha, Ofanto, Chen's et Polonicum et qui se révèlent comme les plus sensibles en extériorisant des régressions dans l'ordre de -38, -36, -23 et -20% par rapport aux valeurs inscrites dans le lot témoin. Le second groupe est représenté par le génotype Oued zenati qui est caractérisé par une augmentation estimée à 35%.

Au lot conduit à -1.5MPa, les données extrêmes se délimitent par des valeurs de 0.69mg/g.MF/t et 1.94mg/g.MF/t, inscrites respectivement par Oued zenati et Waha. Dans ce niveau, les génotypes Waha, Ofanto, Chen's, Oued zenati et Polonicum s'identifient dans le groupe le plus sensible qui sont caractérisés par des réductions de leurs activités enzymatiques à des niveaux respectifs de -38, -59, -45, -50 et -41% par rapport au lot témoin. Le deuxième groupe est présenté par le génotype Acsad1363 et qui se définit comme le moins sensible en inscrivant une augmentation de son activité (6%).

A l'échelle du traitement mené à -2MPa, l'activité enzymatique a indiqué des valeurs oscillantes entre 0.83mg/g.MF/t (Acsad1363) et 2.30mg/g.MF/t, valeur enregistrée par Waha. Les génotypes

Ofanto et Acsad1363 avec des taux de -73 et -52% de diminution, ils appartiennent dans le groupe le plus sensible. Par contre le second groupe, il englobe les génotypes Oued zenati et Polonicum, qui s'avèrent les plus résistants en inscrivant respectivement un haussement de leurs activités dans l'ordre de 15 et 6% par rapport à leurs témoins.

Tableau 16. Variation de l'activité totale de graines germées des génotypes expérimentés (mg/g.MF/t) en fonction de l'intensité du stress hydrique après 48h de la mise en germination.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	- 2MPa	Evolution(%)
Hedba3	1.93	1.93	0	1.79	-7.25	1.44	-25.39
Waha	3.16	1.93	-38.92	1.94	-38.61	2.30	-27.22
Ofanto	3.67	2.34	-36.24	1.50	-59.13	0.98	-73.30
Chen's	3.03	2.32	-23.43	1.66	-45.21	1.86	-38.61
Oued zenati	1.40	1.90	35.71	0.69	-50.71	1.61	15
Polonicum	1.86	1.48	-20.43	1.08	-41.94	1.99	6.99
Acsad 1363	1.74	1.80	3.45	1.86	6.90	0.83	-52.30
Simeto	1.97	1.86	-5.58	1.74	-11.65	1.44	-26.90

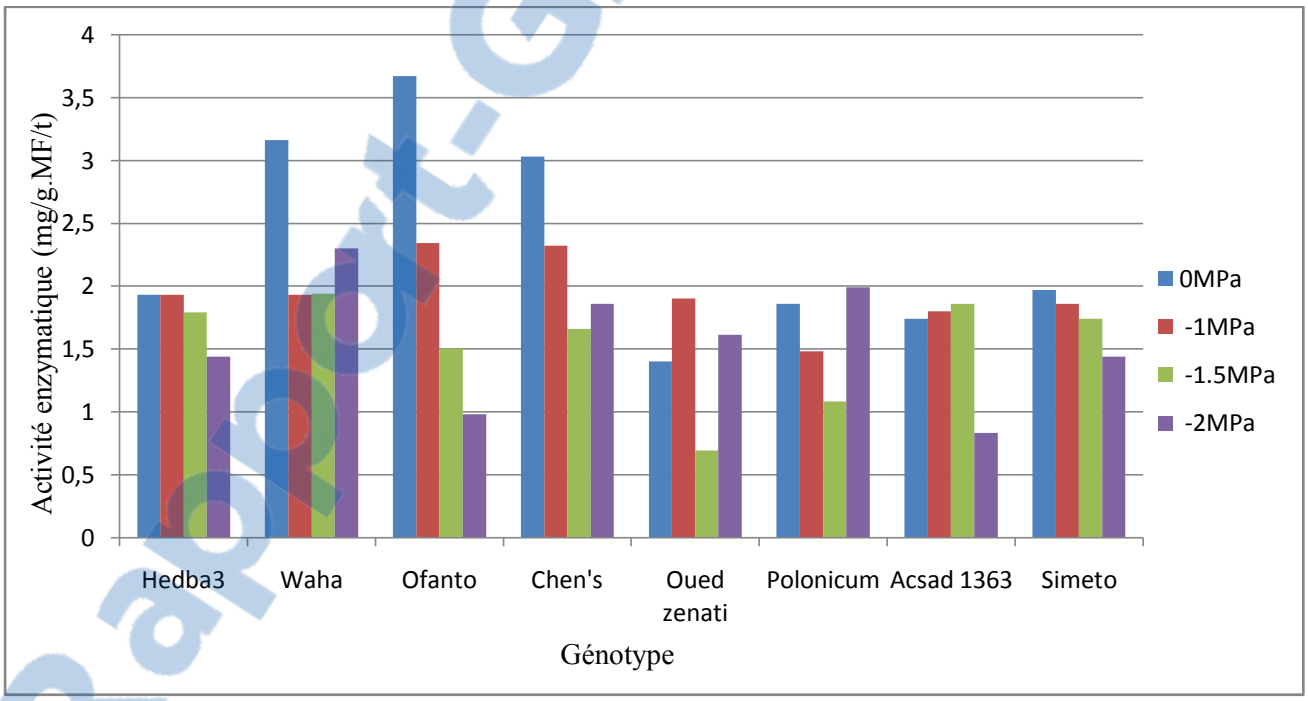


Figure 19. Evolution de l'activité totale des amylases (mg/g.MF/t) après 48h de mise en germination en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

2.2. Activité des α-amylases

L'analyse des résultats démontrent que l'optimum de cette activité est enregistré après 48h de mise en germination des graines (Fig. 20). Cette constatation reste valable pour l'ensemble des niveaux

des potentiels osmotiques du milieu de germination utilisés et elle concerne l'ensemble des génotypes expérimentés.

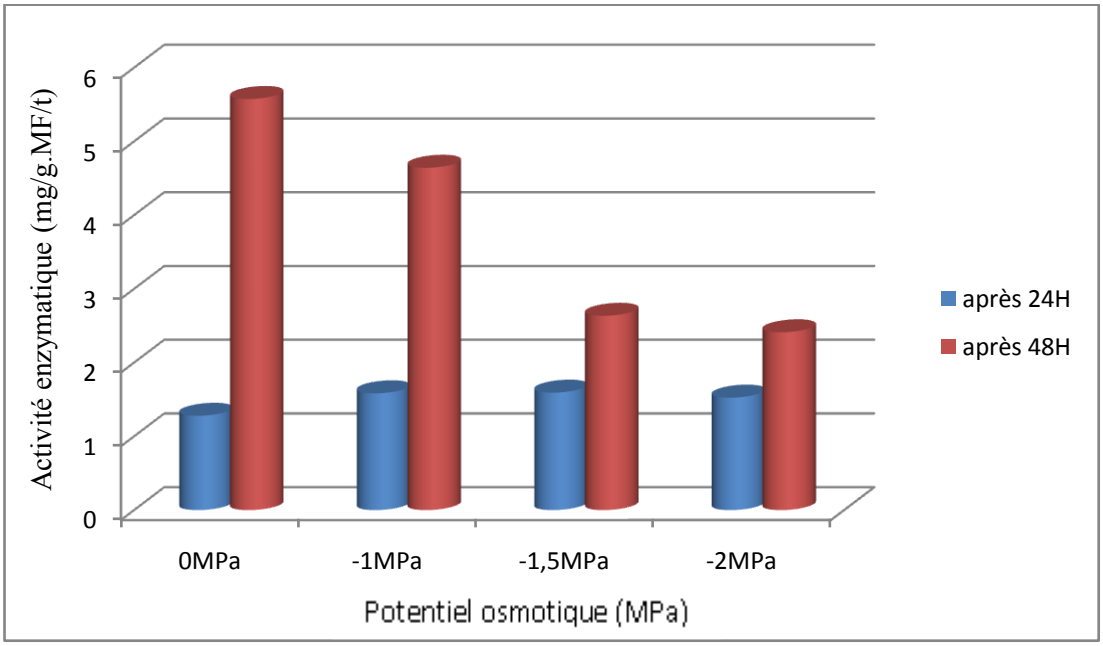


Figure 20. Evolution moyenne de l'activité totale des α-amylases (mg/g.MF/t) en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

2.2.1. Après 24 heures de mise en germination

L'étude des résultats obtenus (Tab.17) affiche que la quantité de l'amidon hydrolysé en maltose après 24h est influencée grandement par le régime hydrique imposé ($p<0.001$). Sous les mêmes conditions, les variations de l'activité des enzymes extraites des graines en germination s'opèrent de manière dépendante des génotypes étudiés ($p<0.001$). En effet, l'interaction de ces deux facteurs extériorise également une forte influence sur cette activité des α-amylases ($p<0.001$).

Tableau 17. Analyse de variance de l'activité des α-amylases de graines germées après 24h de la mise en germination.

Activité des α-amylases après 24h	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	0.4764	9.397***	0.0000
SH	3	0.5169	10.195***	0.0000
Génotype*SH	21	0.7635	15.059***	0.0000

*** significatif à 0.1%

L'activité des α-amylases s'avère plus importante et présente une certaine élévation dans les trois conditions hydriques (-1, -1.5 et -2MPa) par rapport aux conditions optimales. Ainsi cette activité est en dépendante de l'acuité du stress osmotique mené dans chaque milieu de germination.

Les résultats moyens dégagés au niveau du traitement témoin (0MPa) illustrent que le génotype Hedba3 montre l'activité la plus importante avec 2.01mg/g.MF/t. A l'opposé, 0.82mg/g.MF/t de maltose, valeur présentée par le génotype Ofanto.

Dans le lot conduit en potentiel hydrique à -1MPa, les génotypes testés ont exprimé des valeurs comprises entre 2.46mg/g.MF/t présentée par Ofanto et 0.89mg/g.MF/t, activité inscrite par Hedba3. A ce niveau du traitement (-1MPa), on distingue deux groupes. Le premier est présenté par le génotype Hedba3 qui s'avère le plus sensible en mettant en exergue une diminution de l'ordre de -52%. Le second groupe englobe Ofanto, Oued zenati, Acsad1363 et Simeto, ils se révèlent comme les plus résistants (200, 90, 43 et 28%).

Au niveau du troisième traitement (-1.5MPa), le génotype Oued zenati a indiqué l'activité la plus élevée (2.05mg/g.MF/t), tandis que la plus faible activité a été enregistrée par le génotype Ofanto (1.07mg/g.MF/t). Dans cette même situation, l'ensemble des génotypes ont manifesté une augmentation de leur activité enzymatique. Les génotypes Oued zenati et Chen's se révèlent comme les plus résistants à l'abaissement du stress hydrique pour l'expression de ce paramètre, en indiquant respectivement des augmentations évaluées à 91 et 59% par rapport au lot témoin.

A l'échelle du potentiel hydrique conduit à -2MPa, les valeurs sont comprises entre 0.74mg/g.MF/t (Hedba3) et 2.22mg/g.MF/t (Waha). Dans ces conditions deux groupes se sont révélés. Le premier groupe est présenté par Hedba3 et Simeto, et est considéré comme le plus sensible (-63, -20%). Le deuxième groupe englobe Waha, Chen's, Oued zenati, Acsad1363 et Ofanto, qui se révèlent comme les génotypes les plus résistants en inscrivant respectivement des augmentations estimées à 143, 68, 71, 55 et 30% par rapport au lot témoin.

Tableau 18. Variation de l'activité des α-amylases de graines germées des génotypes expérimentés (mg/g.MF/t) en fonction de l'intensité du stress hydrique après 24h de la mise en germination.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	-2MPa	Evolution(%)
Hedba3	2.01	0.95	-52.74	2.01	0.00	0.74	-63.18
Waha	0.91	0.89	-2.20	1.26	38.46	2.22	143.96
Ofanto	0.82	2.46	200	1.07	30.49	1.07	30.49
Chen's	1.07	1.07	0.00	1.71	59.81	1.80	68.22
Oued zenati	1.07	2.04	90.65	2.05	91.59	1.83	71.03
Polonicum	1.66	1.65	-0.60	1.68	1.20	1.66	0.00
Acsad 1363	0.98	1.41	43.88	1.16	18.37	1.52	55.10
Simeto	1.71	2.20	28.65	1.80	5.26	1.36	-20.47

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

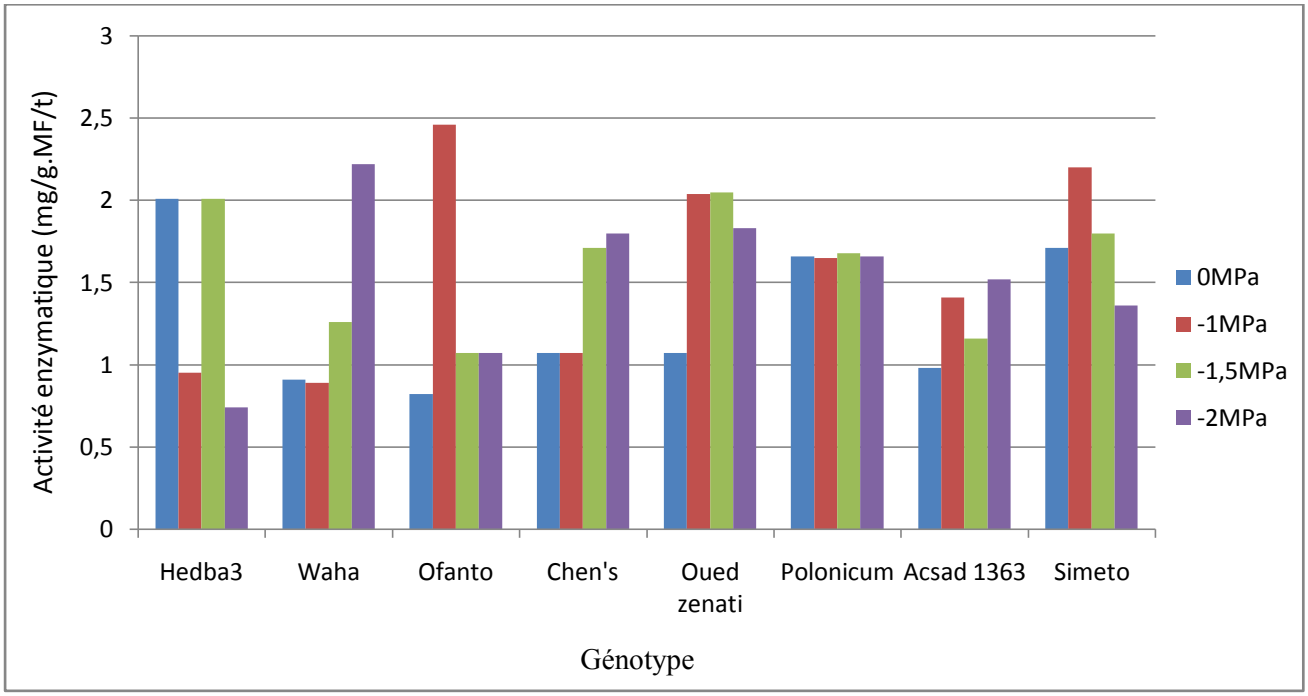


Figure 21. Evolution de l'activité des α-amylases (mg/g.MF/t) après 24h de mise en germination en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

2.2.2. Après 48 heures de mise en germination

A la lecture des résultats obtenus, il se démontre qu'au cours de cette période de germination, la variabilité génétique utilisée provoque des variations notables dans le processus de l'activité des α-amylases extraites des graines ($p<0.05$). L'application du stress hydrique s'accompagne d'un effet prononcé sur l'activité des α-amylases ($p<0.05$). L'interaction des deux facteurs exerce une influence significative ($p<0.05$) sur cette activité, prouvant l'existence d'une distinction génotypique en réactions aux potentiels hydriques appliqués.

Tableau 19. Analyse de variance de l'activité des α-amylases de graines germées après 48h de la mise en germination.

Activité des α-amylases après 48h	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	4.085	52.69**	0.00
SH	3	57.110	736.53**	0.00
Génotype*SH	21	5.662	73.02**	0.00

** significatif à 1%

Au cours de cette phase de mise en germination des graines, l'analyse des résultats (Fig. 22), démontre que l'activité des α-amylases est diminuée au fur et à mesure de diminution du potentiel

hydrique adopté. Il se confirme que cette activité est maximale dans le témoin chez la plupart des génotypes étudiés. Les moyennes de l'activité enzymatiques sont de 5.57, 4.64, 2.64 et 2.60mg/g.MF/t respectivement enregistrées à 0MPa, -1MPa, -1.5MPa et -2MPa.

Au niveau du traitement témoin (0MPa), les génotypes Chen's et Hedba3 inscrivent des données extrêmes évaluées respectivement à 7.39mg/g.MF/t et 1.80mg/g.MF/t.

Dans le traitement conduit à -1MPa, les valeurs oscillent entre 6.94mg/g.MF/t (Chen's) et 2.65mg/g.MF/t (Oued zenati). Dans ce milieu, on peut distinguer deux groupes. L'un regroupe les génotypes Waha, Ofanto, Oued zenati, Polonicum et Acsad1363 qui annoncent une nette sensibilité se traduisant par une diminution de leurs activités respectivement évaluée à -28, -26, -45, -26 et -23% comparativement à leurs témoins. L'autre groupe est présenté par le génotype Hedba3, qui déclare une résistance absolue en inscrivant une élévation de son activité de l'ordre de 114%.

Dans milieu de germination conduit avec potentiel hydrique de -1.5MPa, l'activité de l'enzyme la plus élevée a été indiquée par le génotype Ofanto (4.42mg/g.MF/t). Par contre, les génotypes Simeto et Oued zenati ont enregistré la plus faible activité avec 1.56mg/g.MF/t. Ainsi le groupe qui englobe le génotype Hedba3, s'avère le plus résistant en indiquant une augmentation de cette activité estimée à 111%, tandis que le reste des génotypes est inclue dans un groupe qui se représente par une nette sensibilité.

Dans le lot conduit à -2MPa, le génotype Hedba3 a inscrit l'activité de l'enzyme la plus importante avec 4.47mg/g.MF/t. À l'opposé, la plus faible activité (1.70mg/g.MF/t) a été inscrite par Simeto. Dans ces conditions, le génotype Hedba3 appartient à un groupe caractérisé par sa résistance à l'expression de ce paramètre en enregistrant une augmentation de l'ordre de 148% par rapport au lot témoin. Le reste des génotypes s'intègre dans un groupe le plus sensible.

Tableau 20. Variation de l'activité des α-amylases de graines germées des génotypes expérimentés (mg/g.MF/t) en fonction de l'intensité du stress hydrique après 48h de la mise en germination.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	- 2MPa	Evolution(%)
Hedba3	1.80	3.86	114.44	3.80	111.11	4.47	148.33
Waha	7.00	5.03	-28.14	3.72	-46.86	1.86	-73.43
Ofanto	6.71	4.95	-26.23	4.42	-34.13	2.19	-67.36
Chen's	7.39	6.94	-6.09	1.83	-75.24	1.96	-73.48
Oued zenati	4.85	2.65	-45.36	1.56	-67.84	3.58	-26.19
Polonicum	6.11	4.52	-26.02	2.07	-66.12	1.80	-70.54
Acsad 1363	5.40	4.13	-23.52	2.12	-60.74	1.73	-67.96
Simeto	5.34	5.06	-5.24	1.56	-70.79	1.70	-68.16

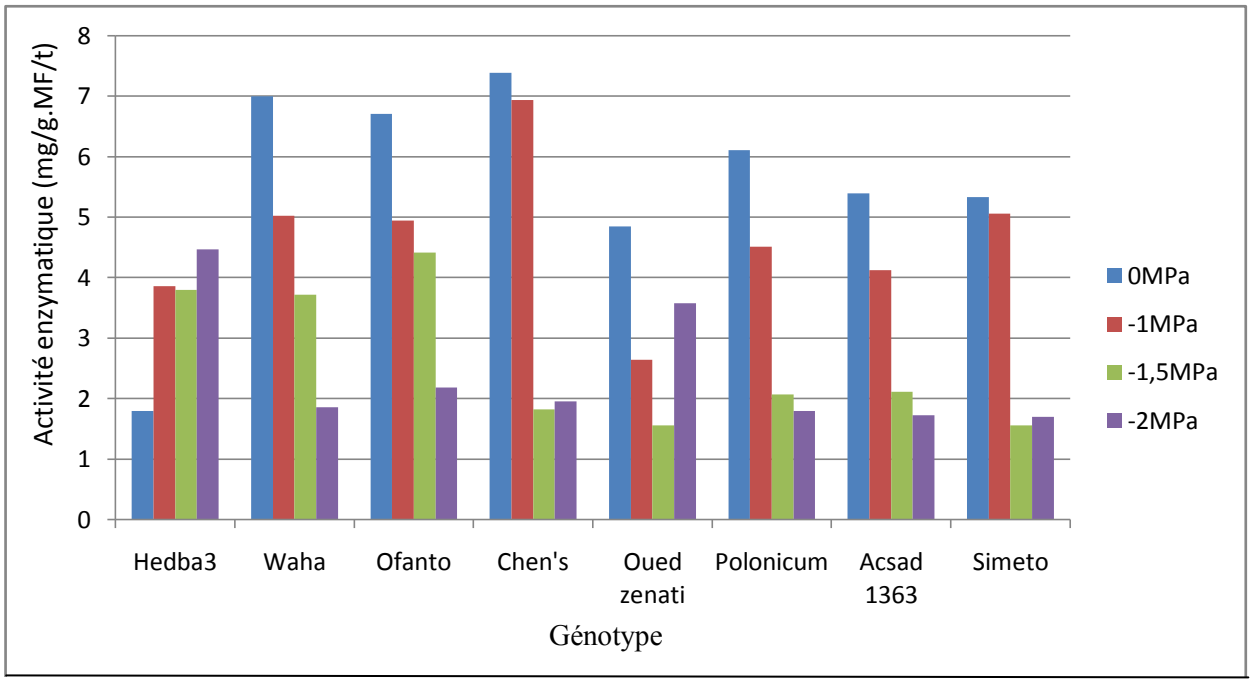


Figure 22. Evolution de l'activité des α-amylases (mg/g.MF/t) après 48h de mise en germination en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

2.3. Taux des sucres solubles

L'analyse des résultats obtenus des mesures de ce paramètre (Tab.21) montre que son élaboration est significativement conditionnée par la nature des génotypes testés ($P<0.05$), ainsi que par les variations des niveaux du potentiel osmotique des milieux de germination ($p<0.05$). Les génotypes conduits n'ont manifesté que de faibles distinctions à l'égard des variations du potentiel osmotique. Ceci se justifie par une faible influence de l'interaction entre la nature des génotypes et les potentiels osmotiques appliqués sur les variations de la teneur en sucres réducteurs des grains en germination ($P>0.05$).

Tableau 21. Effet du génotype et du potentiel osmotique sur le teneur en sucres solubles des graines en germination.

Taux des sucres	Degré de liberté	CM	F	P
Génotype	7	0.188	2.542*	0.034
SH	3	0.264	3.571*	0.025
Génotype*SH	21	0.057	0.772ns	0.730

ns non significatif, *significatif à 5%

Les résultats moyens (Tab. 22), démontrent que 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 -1.5MPa et diminue ensuite dans le traitement mené à -2MPa.

La lecture de ces résultats, montre que le lot témoin, la valeur la plus élevée est observée chez le génotype Polonicum (1.515mg/100mg.MF). A l'opposé, le génotype Simeto inscrit la plus faible teneur en sucres avec une valeur de 1.019mg/100mg.MF.

Dans le traitement conduit à -1MPa, les génotypes Oued zenati, Polonicum et Acsad1363 ont enregistré les taux de sucres les plus élevés avec des teneurs respectives de 1.561, 1.561 et 1.821mg/100mg.MF, représentant des augmentations par rapport au lot témoin, estimées dans l'ordre à 6, 3 et 32%. Dans les mêmes conditions, le génotype hedba3 se distingue par la plus importante augmentation avec 45%.

Dans le lot conduit à -1.5MPa, les teneurs en sucres sont plus élevées, en comparaison avec celles notées dans le lot témoin. Ainsi, les génotypes, Simeto et Waha, extériorisent les plus hautes progressions avec des niveaux respectifs de 40 et 45% exprimant des teneurs de 1.434 et 1.613mg/100mg.MF. Dans le même traitement, le génotype, Ofanto se définit par la faible augmentation (2%) en inscrivant une valeur de 1.335mg/100mg.MF.

Dans le traitement mené à un potentiel de -2MPa, les génotypes se distinguent en deux groupes. Un premier groupe englobe ceux dont les teneurs en sucres ont augmenté par rapport à celles enregistrées dans les traitements témoin respectifs. Ce groupe est représenté par les génotypes, Ofanto, Simeto et Waha. Parmi cette collection, Ofanto se distingue par la plus importante accumulation (37%) avec une valeur de 1.786mg/100mg.MF. Dans le second groupe, se présentent les génotypes (Oued zenati, Polonicum, Hedba3, Acsad1363, Chen's) dont la teneur en sucres a été diminuée par l'abaissement du potentiel osmotique, par rapport au lot témoin. Par cet ensemble de génotypes, Chen's se distingue par la plus importante réduction de sa teneur en sucres par rapport à celle donnée dans son lot témoin respectif avec une valeur de -7% et enregistrant une teneur évaluée à 1.358mg/100mg.MF.

Tableau 22. Résultats moyens de la teneur en sucres solubles des génotypes (mg/100mg.MF), sous différentes conditions osmotiques.

Génotype	0MPa	-1MPa	Evolution(%)	-1.5MPa	Evolution(%)	- 2MPa	Evolution(%)
Oued zenati	1.465	1.561	6.55	1.648	12.49	1.399	-4.51
Polonicum	1.515	1.561	3.04	1.630	7.59	1.443	-4.75
Ofanto	1.302	1.328	2	1.335	2.53	1.786	37.17
Simeto	1.019	1.186	16.39	1.434	40.73	1.311	28.66
Hedba3	1.035	1.506	45.51	1.190	14.98	1.032	-0.29
Waha	1.110	1.459	31.44	1.613	45.32	1.296	16.76
Acsad1363	1.376	1.821	32.34	1.876	36.34	1.343	-2.40
Chen's	1.470	1.530	4.08	1.881	27.96	1.358	-7.62

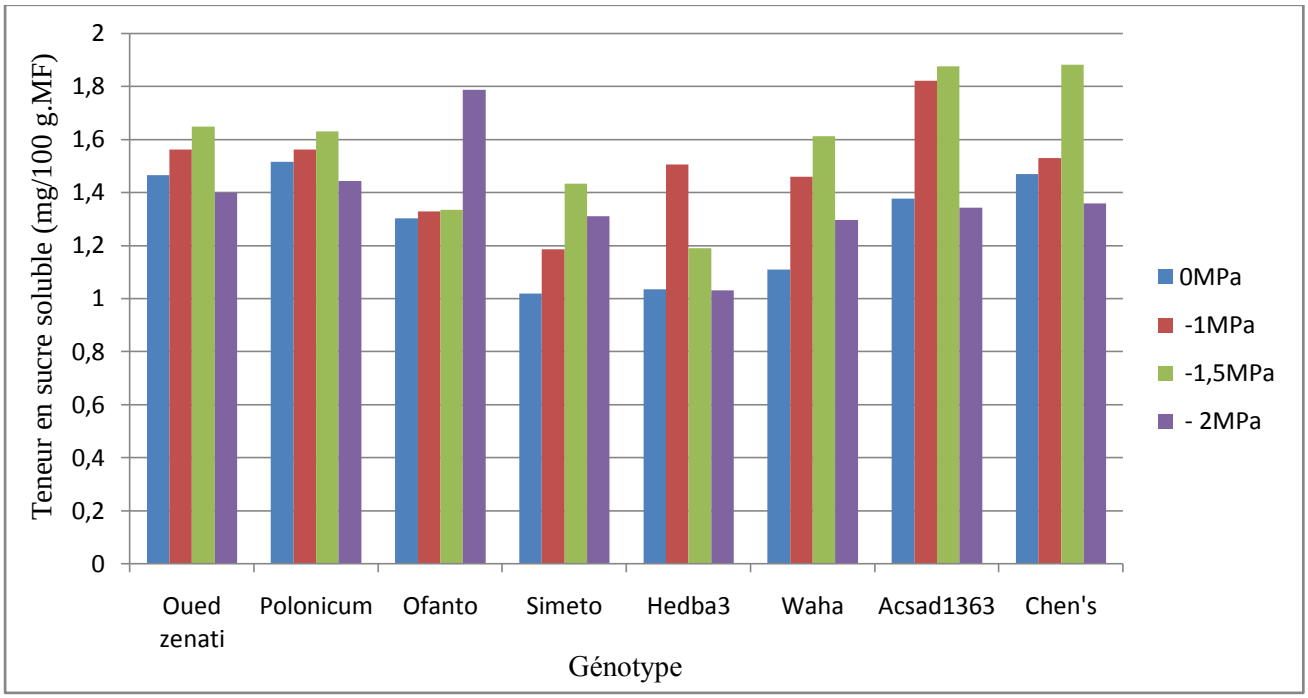


Figure 23. Evolution moyenne de la teneur en sucre soluble des graines (mg/100g.MF) en fonction des potentiels osmotiques appliqués.

3. Essai en plein champ

Cet essai est conduit dans un objectif de caractériser les génotypes expérimentés et d'estimer leur comportement dans des situations hydriques contrastes. Les résultats obtenus se rapportent aux paramètres morphologiques, les composantes du rendement ainsi qu'une évaluation de la tolérance aux variations du régime hydrique pour l'élaboration de ces paramètres.

3.1. Paramètres morphologiques de la tige

Ces paramètres concernent la hauteur de la plante, la longueur du dernier entre nœud et du col de l'épi.

L'étude des résultats obtenus (Tab. 23) des mesures de ces paramètres indiquent que leur élaboration est fortement dépendante de la nature des génotypes testés ($p<0.001$). Les variations des régimes hydriques appliqués ont eu des influences divergentes selon la nature de l'organe concerné. L'influence de ce facteur est significative sur la hauteur de la plante ainsi que sur la longueur du col de l'épi ($p<0.05$), alors que la longueur du dernier entre nœud, sa formation s'avère indépendante des variations du régime hydrique pratiquées ($p>0.05$). L'interaction entre les deux facteurs d'étude (génotypes, situation hydrique) a eu une influence sur la longueur du dernier entre nœud et du col de l'épi, définissant une distinction génotypique en réaction au régime hydrique pour leur élaboration. Aucune distinction comportementale des génotypes testés ne semble apparaitre quant à la formation de la hauteur de la tige, indiquant que l'influence de la nature des génotypes sur ce caractère est importante et qu'il se réalise indépendamment du facteur hydrique. L'étude des résultats obtenus démontrent que la hauteur de la tige est corrélée positivement et d'un niveau hautement significatif à la longueur du dernier entre nœud ($r=0.70^{**}$) et la longueur du col de l'épi ($r=0.72^{**}$).

Les résultats moyens (Tab. 24), illustrent que les génotypes testés se distinguent en deux groupes. Dans un premier groupe s'assemblent les génotypes, Hedba3, Oued Zenati et Polonicum et sont caractérisés par des hauteurs situées au-dessus de 100cm et sont dits à paille haute. Les autres génotypes de la collection sont dits à tiges courtes, où les valeurs enregistrées se situent dans un intervalle de 50 et 70cm.

Tableau 23. Analyse de variance des paramètres morphologiques de la tige et des composantes de rendement en fonction du régime hydrique appliqué.

Source de variation / Paramètre	Génotype		Traitement hydrique		Génotype*Traitement hydrique	
	Test F	P	Test F	P	Test F	P
Hauteur de la plante	57.523***	0.0000	6.669*	0.012	0.455ns	0.86
Longueur du dernier entre nœud	40.567***	0.0000	0.675ns	0.415	16.137***	0.0000
Longueur du col de l'épi	35.452***	0.0000	6.595*	0.013	8.610***	0.0000
Longueur de l'épi	6.99***	0.0000	16.72ns	0.415	1.72 ns	0.128
Nombres de talles épis	184.8***	0.0000	175.4***	0.0000	32.1***	0.0000
Nombre de grains/épi	7.378***	0.0000	13.773***	0.0000	2.789*	0.016
Poids de mille grains	118.7***	0.0000	341.4***	0.0000	56.7***	0.0000

ns non significatif, *significatif à 5%, ***significatif à 0.1%

3.2. Les caractéristiques de l'épi et les composantes du rendement

Les résultats (Tab. 23) montrent que l'élaboration de la longueur de l'épi est grandement influencée par la nature des génotypes testés ($p<0.001$). L'irrigation pratiquée cet essai n'a eu aucun effet sur les variations relevées sur cette longueur ($p>0.05$).

L'ensemble des composantes du rendement retenues dans cette étude s'élaborent d'une manière très dépendante de la nature des génotypes expérimentés ($p<0.001$), de l'irrigation pratiquée ($p<0.001$) et de leur interaction ($p<0.001$). On note dans ce contexte que l'irrigation apportée a permis une augmentation significative du nombre de talles épis, du nombre de grains par épi et du poids de mille grains à des taux respectifs de 11, 8 et 14%.

Concernant l'indice de sensibilité au déficit hydrique calculé en fonction de l'élaboration du poids de mille grains, les génotypes testés se distinguent en trois groupes. Dans un premier groupe, figurent les génotypes les moins sensibles au déficit hydrique et représentés par Ofanto, Chen's

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Hedba3 et Simeto avec des indices respectifs de 4, -1, -8 et -9%. Les génotypes Oued zenati et Waha se prononcent moyennement sensible avec des indices respectifs de -22 et -14%. Enfin, les génotypes, Acsad1363 et Polonicum s'avèrent les plus sensibles au déficit hydrique pour l'élaboration de cette composante avec des indices respectifs de -57 et -44%.

Tableau 24. Paramètres morphologiques de la tige.

Génotype	Hauteur de la plante (cm)		Longueur du col de l'épi (cm)		Longueur du dernier entre noued (cm)	
	BP	BI	BP	BI	BP	BI
Chen's	66.95	68.75	14.75	19	31.45	34
Oued zenati	98.75	104.75	25.975	26.75	44.25	50.38
Acsad1363	68.50	63.50	15.88	31.65	31.58	17.18
Polonicum	110	109.25	33.025	27	54.25	50
Simeto	56.77	62.25	18.00	17.4	33.05	31.68
Waha	66.23	69.58	17.75	16.125	32.1	31.98
Hedba3	106.37	117.27	32.87	32.47	51.57	54.87
Ofanto	67.37	72.37	14.87	18.4	30.25	33.25

Tableau 25. Les caractéristiques de l'épi et les composantes du rendement.

Génotype	Longueur de l'épi (cm)		Nombre de talles épi		Nombre de grains/épi		PMG	
	BP	BI	BP	BI	BP	BI	BP	BI
Chen's	5.45	5.9	68	77	36	42.75	49.58	50.25
Oued zenati	4.78	5.63	36	60	33.75	46.5	43.93	53.66
Acsad1363	6.75	5.75	47	43	42	46.5	40	63
Polonicum	6.425	6.575	50	54	43.75	46.5	39.37	56.8
Simeto	4.88	5.93	49	53	37	43.75	57.43	63.03
Waha	5.25	6.13	55	60	48.25	53.25	44.78	51.47
Hedba3	6.25	6.87	41	46	49.5	49.5	50.14	54.22
Ofanto	6	5.55	43	48	48.75	43.5	63	60

Rapport-Gratuit.com

Discussion

La germination des graines constitue l'une des étapes fondamentales dans la croissance et le développement des plantes. Elle représente l'une des phases critiques, dont le mode de réalisation conditionne la productivité des espèces cultivées. En effet, la qualité d'élaboration du rendement dépend étroitement du déroulement de cette étape de développement de chaque espèce (**ALEI et *al.*, 2010**). C'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 débute par la réhydratation de la graine et s'achève par la percée de la radicule des téguments (**ANZALA, 2006**).

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques ainsi que par les conditions environnementales (**NDAUR et DANTHU, 1998**). Parmi les facteurs de l'environnement, la quantité et la qualité de l'eau du milieu de germination constituent des paramètres déterminants, sur lesquels repose la réalisation des différentes étapes de la germination.

La première étape de la germination est l'absorption d'eau et la réhydratation des tissus de la graine par un processus appelé imbibition (**HOPKINS, 2003 ; ALEI et *al.*, 2010 ; DOV, 1972**). Selon **ALMANSOURI et *al.*** (**2001**), la prise d'eau par la graine dépend du potentiel hydrique de la solution de germination. L'absorption d'eau n'a lieu que si la valeur du potentiel hydrique des tissus constituant la graine, est inférieure à celle exprimée par le milieu de germination.

La tolérance à la sécheresse pendant la germination est un critère important pour l'identification de variétés de blé dur capables de supporter un déficit hydrique pendant les premières phases de développement.

Les résultats obtenus de cette étude montrent que l'abaissement du potentiel hydrique, exprimé par le potentiel osmotique et provoqué par la réalisation de solutions à différentes concentrations à base de PEG 6000, est accompagné d'une réduction de l'intensité de prise d'eau par les grains mis en germination. Ce résultat démontre que la réhydratation de la graine à travers son imbibition ne dépend uniquement de la quantité d'eau du milieu de germination, mais également de sa qualité. Cette qualité se définit principalement par les forces de liaison de l'eau aux différents constituants du milieu de germination.

Ces résultats se confirment par les travaux de **HARDEGRE et EMMERICHE** (**1994**), qui démontrent les résultats définissent les particularités de comportement de l'espèce vis-à-vis du

déficit hydrique pendant la réalisation de cette phase. Ainsi, toutes les valeurs du potentiel osmotique adopté dans cette étude informent l'expression d'un potentiel hydrique des grains maintenus plus bas.

Néanmoins, l'acuité d'imbibition maintenue à des niveaux variables en fonction de la qualité hydrique du milieu de germination a eu des impacts différents sur la réalisation des phases ultérieures de cette germination. Parmi ces dernières, c'est l'étape de la germination proprement dite, engendrant l'apparition de la radicule qui serait la plus impliquée dans l'évaluation des modes de déroulement de cette imbibition.

En effet, selon (**SCHIEFELBEIN et *al*., 1997**), la croissance de la radicule résulte principalement d'une croissance des cellules méristématiques formant l'ébauche de la radicule que d'une multiplication cellulaire au niveau du méristème radiculaire. Selon cette constatation, le niveau d'affluence de l'eau au niveau des graines en germination conditionne physiquement l'apparition de la radicule. Selon les résultats dégagés de cette étude, les variations constatées dans les taux d'imbibitions des graines dans les différents milieux ont été déterminantes dans la réalisation de la germination.

L'abaissement du potentiel hydrique du milieu de germination a induit un ralentissement très prononcé de la vitesse de germination de l'ensemble des génotypes testés. Le retard enregistré dans la déclaration de la germination que la réduction de son taux essentiellement dans les milieux conduits à -1.5 et -2MPa résulteraient d'une réduction dans l'acuité de prise d'eau et qui serait compensée par un ajustement osmotique résultant de la libération des sucres réducteurs issus de la dégradation d'amidon.

Ces résultats confirment de nombreux travaux (**HEGARTY et ROSS, 1978 ; MANOHAR, 1966 ; GILL et *al*. 2003 ; HARDEGRE et EMMERICH, 1994**) qui démontrent que l'inhibition de la germination des graines résulterait en particulier d'une difficulté d'hydratation des tissus, qui se répercute sur le processus d'élongation de la radicule et d'une difficulté de la pénétration de la molécule d'eau dans les graines, de sorte que l'ajustement osmotique ne soit pas réalisé d'une façon favorable. Cependant, il est à remarquer qu'un léger déficit hydrique améliore la faculté germinative. Un tel résultat a été affirmé par de nombreux auteurs et sur diverses cultures tels que le tournesol et le millet (**CHOJNOWSKI et *al*. 1977 ; ASHRAF et *al.* 2003**).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Selon **MNIF et *al*** (**2001**), l'abaissement du potentiel hydrique affecte la mobilisation des réserves amylacées de plusieurs espèces (**BOUAZIZ et HICKS, 1990 ; LIN et KAO, 1995 ; PRAKASH et PRATHAPASENAN, 1988**).

La remobilisation des réserves glucidiques constitue une étape physiologique primordiale dans le processus de germination des graines amylacées (**HELDT, 2005**). En effet ces réserves constituent les substances énergétiques dont le produit conditionne l'activité cellulaire et par conséquent assurer la croissance et l'organogenèse au niveau de l'embryon (**LOTAN et *al*., 1998**). Ces études confirment les résultats obtenus lors de cette étude, où l'abaissement accentué du potentiel osmotique (-1.5, -2MPa) affecte considérablement l'activité des amylases.

Les résultats obtenus démontrent que l'abaissement du potentiel osmotique du milieu de germination ayant réduit significativement l'activité des amylases, s'est accompagné d'une nette accumulation des sucres réducteurs au niveau des graines. Cette situation expliquerait l'établissement d'un mécanisme d'ajustement osmotique au niveau des graines leur permettant la réalisation de la phase d'imbibition dans des milieux gérés par une réduction progressive de leurs potentiels osmotiques. Les résultats traduisent que chez l'ensemble des génotypes testés, une accumulation des sucres simples dans les milieux à faible potentiel osmotique s'est démontrée. Ces propos se confirment par les travaux de **CÔME et CORBINEAU** (**1998**), **ZERRAD et *al.*** (**2006**) qui démontrent qu'en conditions de stress osmotique les graines en germination utilisent les sucres simples par l'activité des amylases en tant qu'osmoticums régulant leur potentiel osmotique et protégeant leurs structures.

L'abaissement du potentiel hydrique peut être aussi attribué à des différences entre les variétés dans le pouvoir d'accumulation des métabolites et de l'ajustement osmotique pour le maintien de la turgescence cellulaire et les activités physiologiques. Une augmentation de la teneur en sucres réducteurs assure un rôle osmoprotecteur contre la déshydratation des cellules par maintien de l'équilibre de la force osmotique en gardant la turgescence et le volume cytolosique aussi élevé que possible et par une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés (**DARBYSHIRE, 1974**).

Selon ces résultats, le piégeage des sucres simples servirait à l'ajustement du potentiel osmotique des graines et induirait certainement une inhibition dans le processus d'organisation des structures responsables de la percée des radicules. Ces propos se confirment par les résultats obtenus en évaluant la longueur des radicules ultérieurement dans le processus de germination. En effet, les milieux de germination caractérisés par les plus faibles potentiels osmotiques réduisent

significativement la croissance en longueur des racines ainsi formées. Les difficultés exprimées par les graines pour la prise d'eau dans ces milieux affectent négativement le déroulement de la multiplication et la croissance, cellulaires responsables de cette élongation racinaire. Ces résultats se confirment par les travaux de **KAUR et *al*.** (**1998**), **FRASER et *al*.** (**1990**), **PESSARAKLI** (**2001**), **TAIZ et ZEIGER** (**2002**) et **SCHULZE et *al*.** (**2005**) qui démontrent que les faibles taux d'imbibition conduit probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau des racines en croissance.

Ces conditions hydriques optimales n'existent que rarement dans la nature et les différentes espèces procèderaient alors par l'établissement des mécanismes de tolérance qui reste des particularités et aptitudes propres à chaque espèce. Selon les résultats obtenus, le blé dur offre de grandes potentialités de variabilité intra-spécifique de tolérance au déficit hydrique durant cette phase de développement.

La sensibilité de la croissance en longueur du coléoptile au déficit hydrique a été évoquée par de nombreux résultats de recherche (**CROES et *al*., 2009**). Ces effets s'expriment par des contraintes dans le déroulement de la multiplication et la croissance cellulaires. Les résultats obtenus lors de cette étude se confirment par ces travaux. Ainsi, l'abaissement du potentiel osmotique exprimant une intensification du déficit hydrique dans le milieu de germination, s'est soldé par une inhibition significative et équivalente de la croissance en longueur de cet organe. Cependant, on note une variabilité dans les degrés de sensibilité des génotypes conduits dans la tolérance au déficit hydrique pour la réalisation de cette étape de la morphogenèse.
Les aptitudes de tolérance des différents génotypes dépendent de l'intensité du déficit hydrique adoptée. Dans le milieu conduit à -1MPa, ce sont les génotypes Waha et Ofanto qui se montrent les plus tolérants. Dans le milieu de germination à potentiel osmotique de -1.5MPa, les génotypes Waha et Ofanto se distinguent parmi la collection testée en étant les moins sensibles. Enfin à -2MPa, le génotype Polonicum s'est montré le plus tolérant au déficit hydrique pour la croissance en longueur du coléoptile.

Les objectifs établis de la réalisation d'un essai en plein-champ des génotypes utilisés dans les différentes expérimentations de laboratoire, se rapportent essentiellement à une évaluation de leur sensibilité aux variations de l'alimentation hydrique et leurs modes d'élaboration de la qualité des grains.

Les résultats obtenus démontrent que l'ensemble des paramètres retenus ont enregistré des réductions de grandeurs imposées par une quelconque réduction des niveaux d'alimentation hydrique. Ainsi, la longueur de l'épi (r= -0.36), le nombre de grain/épi (r= -0.32) et le poids final du grain (r= -0.46), se montrent les plus sensibles aux variations des régimes hydriques adoptés.
Ces résultats montrent la sensibilité du blé dur vis-à-vis de déficit hydrique du milieu. **TOMPKINS** et ***al.,*** (**1991**) ; **KHANZADA et *al.,*** (**2001**) ; **QADIR et *al.,*** (**1999**) ; **THAKUR et RAI** (**1982**) et **KHAN et *al.,*** (**2005**) ont signalé que le stress hydrique au cours du développement végétatif et reproducteur provoque une réduction significative du nombre de grains par épi de blé et une diminution de poids de mille grains. Les effets relevés restent variables parmi les génotypes testés, imposant donc des degrés de tolérance du déficit hydrique différents.

La qualité du grain repose sur le poids de mille grains évalué à la maturité. Cette composante demeure très dépendante des particularités des différents génotypes. Selon les résultats obtenus, le poids de mille grains est augmenté chez les génotypes à faible masse végétative aérienne. Ainsi, les génotypes à paille courte, englobant une réduction de l'ensemble des paramètres caulinaires se définissent alors par une productivité, expliquée par un poids du grain élevé, plus importante.

Conclusion

Le déficit hydrique est le principal facteur environnemental, responsable des faibles rendements et leurs irrégularités chez le blé dur. Cependant, l'impact de ce stress abiotique sur la productivité de cette espèce, est tributaire de son intensité et le temps de sa persévérance.

La phase germination est considérée comme l'une des phases critiques sur laquelle repose le départ végétal, le mode de réalisation des étapes de morphogénèse ultérieure et l'élaboration du rendement des espèces végétatives cultivées. Elle est soumise à deux nombreux stress environnementaux lors de sa réalisation. Le déficit hydrique et le stress osmotique, imposé par la salinité, s'avèrent les principaux paramètres, affectant considérablement son déroulement.

Le déficit hydrique, engendrant un abaissement du potentiel hydrique est préjudiciable à l'imbibition des graines en germination. Cette difficulté limite la réactivation de l'activité métabolique et inhibe ainsi tout fonctionnement cellulaire capable d'une quelconque reprise de l'activité végétative. Parmi les principaux objectifs que traitent les différents travaux de recherche dans ce domaine, ceux optant la définition des mécanismes d'ajustement osmotique à ce stade précoce de développement de la plante, sont d'un intérêt primordial.

Les résultats obtenus du travail présenté indique que l'espèce, blé dur, offre une variabilité génétique appréciable, d'un grand intérêt dans la réalisation des travaux d'amélioration des potentialités de tolérance au déficit hydrique. Ceci se justifie par des comportements contrastes, quant aux réponses extériorisés à l'égard des déficits hydriques imposés au cours de la germination, par les génotypes testés. Ces résultats indiquent que le déficit hydrique affecte la germination des graines du blé dur à travers différentes actions.

Le déficit hydrique imposé dans ce travail par un abaissement des niveaux de potentiel osmotique de la solution de germination, limite l'absorption d'eau par les graines desséchées et altère par conséquent leur imbibition optimale. Les réductions des taux d'imbibition constatées dans les traitements soumis à ces stress, ont engendré des perturbations dans le déroulement de la germination des graines et ce réduisant sa vitesse. La réduction de la vitesse de germination serait une conséquence de mise en place des mécanismes d'ajustement osmotique au niveau des graines afin d'intensifier l'absorption d'eau. Quoi qu'une nette diminution de l'activité des amylases a accompagnée la recrudescence des niveaux du déficit hydrique imposé, une nette accumulation des sucres simples a été relevée au niveaux des graines en germination. Les sucres libérés par l'activité des amylases au niveau du traitement témoin seraient intensément métabolisés au cours de l'activité végétative intense. Cette accumulation des sucres dans les milieux à faible potentiel hydrique serait

imposée par une inhibition de l'activité végétative et serait donc favorable à l'abaissement du potentiel hydrique interne des graines soumises au stress hydrique.

L'activité globale des amylases et des α-amylases, présente des divergences à l'égard des déficits hydriques imposés. Ainsi elles s'intensifient au cours de la première de son estimation (24h) avec l'augmentation des niveaux de stress. Au cours de la seconde période (48h) elle présente des tendances contraires, chez la plupart des génotypes.

Les résultats obtenus démontrent que les faibles potentiels osmotiques imposés réduisent grandement l'élongation de la radicule et du coléoptile. Concernant la longueur de la radicule qui dans une première étape de la germination repose essentiellement sur la croissance cellulaire affectant les cellules méristématiques serait dans ces conditions expliquée par l'inhibition de l'intensité de prise par les graines en germination et soumises au stress.

Références bibliographiques

ADDA A., SAHNOUNE M., KAID-HARCH M. et MERAH O., 2005. Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. C. R. Biologies, 328: 918-927.

ALEAI M., ZAEFIZADEH M., KHAYATNEZHAD M., ALAEI Z. and ALAEI Y., 2010. Evaluation of Germination Properties of Different Durum Wheat Genotypes under Osmotic Stress.Islamic Azad University-Ardabil Branch, Ardabil, Iran. Middle-East Journal of Scientific Research 6 (6): 642-646.

ALMANSOURI M., KINET J.M., et LUTTS S., 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and soil, 231: 243-254.

ANONYME, 1974. Principes caractéristiques des variétés de céréales cultivées en Algérie. 72p.

ANONYME, 2009. Bulletin des variétés “Céréales”. Centre national de contrôle et de certification des semences et plants. Algérie. 96p.

ANZALA F.J., 2006. Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (Zea mays) : étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l’aspartate et recherche de QTLs. Thèse Doct. Université d’Angers.148p.

APPELQVIST I.A.M. et DEBET M.R.M., 1997. Starch–biopolymer interactions: a review. Food Reviews International, 13: 163-224.

ASHRAF M., KAUSAR A., et ASRAF MY., 2003. Alleviation of salt stress in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) through seed treatment. Agronomy, 23: 227-234.

BAKER J., STEEL C.H. et DURE I.L. 1988. Sequence and characterization of 6 LEA proteins and their genes from cotton. Plant Mol. Biol., 11: 277-291.

BALDY C., 1973. Progrès récents concernant l’étude du système racinaire du blé. Ann. Agron. 24 (2).

BAMFORTH C. W. et QUAIN D. E., 1989. Enzymes in brewing and distilling. Ed., In G. H. Palmer, Cereal science and technology. UK, Aberdeen University Press: 326-367

BARROCO R M., VAN POUCKE K., BERGERVOET J H W., DE VEYLDER L., GROOT S P C., INZE D. et ENGLER G. 2005. The role of the cell cycle machinery in resumption of postembryonic development. Plant Physiology, 137:127-140.

BATHGATE G. N. et PALMER G. H., 1973. The in vivo and in vitro degradation of barley and malt starch granules. Journal of the Institute of Brewing, 79: 402.

BENLARIBI M., MONNEVEUX P. et GRIGNAC P., 1990. Etude des caractères d’enracinement et de leur rôle dans l’adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Agronomie, 10: 305-322.

BEWELEY D., 1997. Seed germination and dormancy. The Plant Cell, 9: 1055-1066.

BLENNOW A., BAY-SMIDT A.M., WISCHMANN B., OLSEN C.E. et MOLLER B.L., 1998. The degree of starch phosphorylation is related to the chain length distribution of the neutral and phosphorylated chains of amylopectin. Carbohydrate Research, 30: 45-54.

BLENNOW A., BAY-SMIDT A.M., OLSEN C.E. et MOLLER B.L., 2000. The distribution of covalently bound phosphate in the starch granule in relation to starch crystallinity. International Journal of Biological Macromolecules, 27: 211-218.

BLENNOW A., ENGELSEN S.B., MUNCK L. et MOLLER B.L., 2002. Starch molecular structure and phosphorylation investigated by a combined chromatographic and chemometric approach. Carbohydrate Polymers, 41: 163-174.

BONJEAN A. et PICARD E., 1990. Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Ed, Nathan, 235p.

BONJEAN A., 2001. Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, 21: 29-37.

BOUAZIZ A., HICKS DR., 1990**.** Consumption of wheat seed reserves during germination and early growth as affected by soil water potential. Plant soil, 128 : 161-165.

BOUTFIRASS M., KARROU M. et EL MOURID M., 1994. Irrigation supplémentaire et variétés de blé dans les zones semi-arides du Maroc. In : El Gharous M., Karrou M. et El Mourid M. (Eds) ; Aquis et perspectives de la recherche agronomique dans les zones arides et semi-arides du Maroc. INRA-MIAC Eds. Actes de conférence, Rabat 24-27 Mai 1994, Maroc : 176-179.

BOULAL H., ZAGHOUANE O., EL MOURID M. et REZIGUI S., 2006. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed., ITGC., INRA., ICARADA., 176p.

BOUZOUBAA Z., EL MOURID M., KARROU M. et El GHAROUS M. 2001. Manuel d'analyse chimique et biochimique des plantes. Eds INRA Maroc.

BOYER JS., 1985. Water transport. Ann Rev plant physiol., 36: 473-516.

BRAY E. et ZIEGLER P., 1989. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. Annual Review of Plant Physiol. And plant mol. Bio., 40: 95-117.

CASALS M.L. 1996. Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse dans un modèle dynamique de croissance et de développement du blé dur. Thèse de Doctorat de l'INRA Paris Grignon, 93p.

CHAUSSAT R., 1999. Productions végétales : croissance et développement des plantes. Ed., Paris: 1-6.

CHOJNOWSKI M, CORBINEAU F. et 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.

CLERGET Y., 2011. Biodiversité des céréales : Origine et évolution. Montbéliard. 17p.

CÔME D., 1970. Les obstacles à la germination. Collection « monographie et physiologie végétale ». Masson. Paris, 162p.

CÔME D. et CORBINEAU F., 1998. Semences et germination. *In* "Croissance et développement. Physiologie végétale II". Hermann, Paris : 185-313.

CROES E., KURT GEBRUERS K., LUYTEN N., DELCOUR J. et COURTIN C., 2009. The three classes of wheat xylanase-inhibiting proteins accumulate in an analogous way during wheat ear development and germination. Journal of plant physiology. 166: 1253-1262.

DARBYSHIRE B., 1974. The function of the carbohydrate units of tree fungal enzymes in their resistance to dehydratation. Plant Physiol., 54: 717-721.

DAVID J.C. et GRONGNET J.F. 2001. Les protéines de stress. INRA Prod. Anim., 14(1): 29-40.

DOV K., 1972. Environmental control of seed germination. 101p.

ELAINE R.R., 1976. Ribonucleic acid synthesis during wheat germination. Ed. University of Wisconsin. 64p.

El FAKHRI M., MAHBOUB S., BENCHKROUN M. et NSARELLAH N., 2010. Effet du stress hydrique sur les caractéristiques d'enracinement du blé dur (*Triticum Durum* Desf). Revue « Nature et Technologie », 03 : 6-12.

El MOURID M. 1988. Performance of wheat and barley cultivars under different soil moisture regimes in semi arid region. Ph.D. dissertation, Iowa State University Ames USA, 229p.

El MOURID M., KARROU M. et EL GHAROUS M., 1996. La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement. Al Awamia, 92: 69-81.

EVANS L.T., WARDLAW I.F. et FISCHER R.A., 1975. Wheat. In L.T. Evans, eds. Crop Physiology. Cambridge University Press. USA : 101-149

FEILLET P., 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN: 1144-7605.

FELDMEN M., 1976. Taxonomic Classification and Names of Wild, Primitive, Cultivated, and Modern Cultivated Wheats. Dans : Simmonds, N.W. (ed)., Evolution of Crop Plants. Longman, Londre: 120-128.

FELDMEN M., 2001. Origin of cultivated wheat. Dans Bonjean A.P. and Angus W.J. (ed). The world wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept limited, Andover, Angle Terre: 3-58.

FELIACHI K., AMROUNE R. et KHALDOUNE, 2001. Impact de la sécheresse sur la production des cereals cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N^0 35.ED. ITGC. Algérie.

FRASER TE., SILK WK. et ROST TL., 1990. Effect of low water potential on cortical cell lenth in growing region of maize roots. Plant Physiology, 93: 648-651.

Rapport-Gratuit.com

GARCIA DEL MORAL L.F., RHARRABTI Y., VILLEGAS D., et ROYO C., 2003. Evaluation of Grain Yield and its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach. Agron, 95: 266-274.

GIBSON T.S., SOLAH V.A., et MCCLEART B.V, 1997. A procedure to measure amylose in cereal sterches and flours with concanavalin A. journal of cereal Science, 25: 111-119.

GILL PK., SHARMA AD., SINGH P. et BHULLAR SS., 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of Sorghum bicolor (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. Plant Growth Regulation 40: 157-162.

GODFREY T. et WEST S., 1996. Industrial enzymology, 2nd Ed. London, UK.

GOPALDAS T., SUNEETA D. et CINNAMMA J., 1988. Studies on a wheat-based amylase rich food. Food and Nutrition Bulletin, 10 : 55-59.

GUEORGUIV D. et ARIFI, 1978. Corrélation entre le tallage et l'épiaison du blé dur .AL AWAMIA, 55 : 57-53.

GUERGAH N., 1997. Contribution a l'étude de l'effet de la profondeur de semis sur let comportement d'un génotype de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en pot et en plein champs dans la région d'El-Khroub. Memoire. Ing. Univ. Batna: 69p.

GUGLIELMINETTI L., YAMAGUCHI J., PERATA P. et ALPI A., 1995. Amylolytic activities in cereal seeds under aerobic and anaerobic conditions. Plant Physiol, 109:1069-1076.

HARDEGRE S. P. et EMMERICH W. E., 1994. Seed germination response to polyethylene glycol (PEG 6000) solution depth. Seed. Sci &Technol., 22: 1-7.

HARLAN J.R., 1975. Our vanishing genetics resources. Science, 188:618-621.

HASSANI A., DELLAL A., BELKHODJA M. et KAID-HARCHE M., 2008. Effets de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare*). European journal of Scientific Research. Vol. 23 (1): 61-69.

HAYAK T., BENSALEM M., et ZIDI E., 2000. Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse : cas du blé, de l'orge et du Triticale. Options Méditerranéennes Zaragoza, 40 : 287-290.

HEGARTY TW. et ROSS HA., 1978. Differtentiel sensitivity to moisture stress of seed germination and seedling radicle growth in calabrese (*Brassica oleracea* var. italica) and cress (*Lepidium sativum*). Annals of Botany, 42: 1003-1005.

HELDT H. W., 2005. Plant biochemistry. Elsevier Academic Press 2005, Elsevier Inc. 657p.

HELLAND M., WICKLUND T. et NARVHUS J., 2002. Effect of germination time on alpha-amylase production and viscosity of maize porridge. Food Research International, 35: 315-321.

HELLER R., ESNAULT R. et LANCE C., 2004. Physiologie végétale II, développement. Ed., Dunod, Paris, Pp. 64-240.

HERVE Y., 1979. Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.

HOPKINS W. G., 2003. Physiologie végétale traduction de la 2ème edition américaine par SERGE RAMBOUR.Révision scientifique de CHARLE MARIE EVRARD.Edition DEBOEK Université, Bruxelles : 66-81, 237-309, 362-514.

HSIAO TC., O'TOOLE JC., YAMBAO EB. et TURNER NC., 1984. Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Physiol., 75: 338-341.

INGRAM J. et BARTLZQ D., 1996. The molecular basis of dehydratation tolerance in plants. Annula Review of Plant Physiolo. And plant mol. Biolo., 47 :377-403.

KAROU M., HAFFID R., SMITH D.N. et SAMIR K., 1998. Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early – season drought .Agronomie, 18: 180-186.

KASEMSUWAN T. et JANE J.L., 1996. Quantitative method for the survey of starch phosphate derivatives and starch phospholipids by P-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy. Cereal Chemistry, 73:702–707.

KAUR S., GUPTA AK. et KAUR N., 1998. Gibberellic acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chickpea. Plant Growth Regulation, 25: 29-33.

KHANZADA S., ALA A., YASIN M., SHIRAZI M.U., ALAM S.M., ANSARI R., ALI M., MUKHTIAR S.M., et KHAN M.A., 2001. Effect of water stress on yield and yield components of different Guar (*Cyamopsis tetragonaloba* L.) genotypes. Pak. J. of Biological Sci., 4: 371-374.

KHAN A.J., AZAM F., ALI A., TARIQ M., et AMIN M., 2005. Inter-relationship and path co-efficient analysis for biometric traits in drought tolerant wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian J. Plant Sci., 4: 540-543.

KIANI P., 2007. Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

KIMBER G. et SEARS E.R., 1987. Evolution in the Genus Triticum and the Origin of Cultivated Wheat. Dans : Heyne, E.G. (ed), Wheat and Wheat Improvement. American Society of Agronomy, Madison (WI). 31p.

LAMAZE T., TOUSCH D., SARDA X., GRIGNON C., DEPIGNY-THIS D., MONNEVEUX P. et BELHASSEN E., 1994. Résistance de plantes a la sécheresse: mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45: 75-85.

LARCHER W., 1995. Plant under stress. In, Physiological Plant Ecology. 3éme ed. Springer: 321-448.

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

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

LEGG B.J., DAY W., LAWLOR D.W., et PARKINSON K.J., 1979. The effects of drought on barley growth: models and measurements showing the relative importance of leaf area and photosynthetic rate. J. Agric. Sci., 92: 703-716.

LIN C. C. et KAO C. H., 1995. NaCl stress in rice seedlings: starch mobilization and the influence gibberellic acid on seedling growth.Bot.Bull.Acad.Sin., 36:169-173.

LOTAN T., OHTO M.A., YEE K.M., WEST M.A., LO R., KWONG R.W., YAMAGISHI K., FISHER R.L., et GOLDBERG R.B., 1998. *Arabidopsis LEAFY COTYLEDON1* is sufficient to induce embryo development in vegetative cells. *Cell*, 93: 1195-1205.

MAGRIN G., 1990. Facteurs de stress agissant sur la production du blé en Argentine. Evaluation de mécanismes d'adaptation à la sécheresse. Thèse. Ing. ENSA Montpellier France.

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

MAZLIAK P., 1982. Physiologie végétale. Nutrition et métabolisme. 530p.

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

MEYER W.S. et ALSTON A.M., 1978. Resistance to water flow in the seminal roots of wheat. Journ. Exp. Bot. Vol. 29 (113).

MNIF L., CHAIEB M. et FERCHICHI A., 2001. Comportement germinatif de différentes provenances de Cenchrus ciliaris L. collectées de la zone aride Tunisienne: 107-111.

MONNEVEUX P. et NEMMAR M. 1986. 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.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie, 6: 583-590.

MORGAN JM., HARE RA. et FLETCHER RJ., 1986. Variation in osmoregulation in bread and durum wheats and its relationship to grain yields in a range of field environments. Aust J Agric Res., 37: 449-57.

MORRISON W.R., 1985. Lipids in cereal starches. In: Hill, R.D., Munck, L. (Eds.), New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates, Elsevier, Amsterdam: 61-70.

MORRISON W.R., 1988. Lipids in cereal starches: a review. Journal of Cereal Science, 8: 1-15.

MORRISON W.R., 1995. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. Cereal Foods World, 40: 437-446.

MOULE C., 1980. Effte des contraintes hydrique et saline 1 sur la germination de quelques acacias africains. 66p.

MUNNS R., Richard A.J. et Lauchli A., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, Vol. 57 (5): 1025-1043.

NDAUR P. et DANTHU P., 1998. Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains: 105-122.

PESSARAKLI M., 2001. Physiological responses of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to salt stress. *In*: Handbook *of Plant and Crop Physiology.* Marcel Dekker, Inc. New York: 681-696.

POMERANZ Y., 1988. Chemical composition of kernel structures. Wheat: chemistry and technologiy. Volume I: 97-158.

PRAKASH L. et PRATHAPASENAN G., 1988. Putrescine reduces NaCl induced inhibition of germination and early seedling growth of rice (Oryza sativa L.).Aust.J.Plant physiol.,15: 761-767.

QADIR G., MOHAMMAD S., et MUMTAZ A.C., 1999. Effect of water stress on growth and yield performance of four wheat cultivars. Pak. J. Biol. Sci., 2: 236-239.

ROYO A. et ABIO D., 2003. Salt tolerance in durum wheat cultivars. Spanish journal of Agriculture Research. Zaragoza. 9p.

SALAMINI F., ÖZKAN H., BRANDOLINI A., SCHAFER-PREGL R. et MARTIN W., 2002. Genetics and geography of wild cereal domestication in the near. Nature Reviews. Vol.3: 429-441.

SCHIEFELBEIN J. W., MASUCCI J. D. et WANG H., 1997**.** Building a root: The control of patterning and morphogenesis during root development. *Plant Cell*, 9: 1089-1098.

SCHULZE E.D., BECK E. et MULLER-HOHENSTEIN K., 2005. Plant ecology. Edition Springer Berlin- Heidelberg. 692p.

SIDARI M., SANTONOCETO C., ANASTASI U., PREITI G. et MUSCOLO A., 2008. Variations in Four Genotypes of Lentil under NaCl-Salinity Stress. Am J Agri & Biol. Vol.3 (1): 410-416.

SOLTNER D., 1987. Les grandes productions végétales « Céréales-plante sarclées-prairies ».15ème Ed. Collecton sciences et techniques agricoles. 461p.

SPILDE L.A., 1989. Influence of seed size and test weight on several agronomic traits of barley and hard red spring wheat. J. Prod. Agric., 2: 169-172.

TAIZ L. et ZEIGER E., 2002. Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, 427p.

TALBERT L.E., BLAKE N.K., STORLIE E.W. et LAVIN M., 1995. « Variability in wheat based on lowcopy DNA sequence comparisons. » *Genome*, 38: 951-957.

TANNER C.B. et SINCLAIR T.R.,1983. Efficient water use in crop production: Research or re-search? In: Taylor, H.M, Jordan, W.R , Sinclair, T.R . (Eds). Limitations to efficient water Use in Crop Production. American Society of Agronomy Madison WI. : 29-43.

THAKUR P. et RAI V. K., 1982. Effect of water stress on protein content in two maize cultivars differing in drought resistance. Biologia Plant (Praha); 24: 96-100.

TOMPKINS D.K., FOWLER D.B. et WRIGHT A.T., 1991. Water use by no till winter wheat influence of seed rate and row spacing. Agron. Journal: 766-769.

TURNER N. et JONES M., 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and évaluation. In Adaptation of plants to water and high température stress, N Tumer et P Kramer eds, Wiley, New York: 87-107.

TURNER N., 1986. Adaptation to water déficit: a changing perspective. Aust J Plant Physiol., 13: 175-190.

VAN SLAGEREN M.W., 1994. Wild wheats: a monograph of Aegilops L. and Amblyopyrum (Jaub. and Spach) Eig (Poaceae). Wageningen Agriculture University Papers, (7).

VELASCO R., SALAMINIF., et BARTLETS D., 1994. Dehydratation and ABA increase mRNA levels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the resurrection plant. Plant mol. Biol., 26: 541-546.

VESELOVSKY H., 1985. Sunflower growing. J. Selyskoe Hozayaystvo I lesovodstivo. T.O. XLVIII (In Russian).

VILLEGAS D., APARICIO N., BLANCO R. et ROYO C., 2001. Biomass accumulation and Main Stem Elongation of Durum Wheat Grown under Mediterranean Conditions. Annals of Botany, 88: 617-627.

WANG G.Z., MIYASHITA N.T. et TSUNEWAKI K., 1997. Plasmon analyses of Triticum (wheat) and Aegilops: PCR-single-strand conformational polymorphism (PCR-SSCP) analyses of organellar DNA. PNAS., 94: 14570-14577.

WANG W.X., BRAK T., VINOCUR B., SHOSEYOV O. et ALTMAN A., 2003. Abiotic resistance and chaprones: 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.

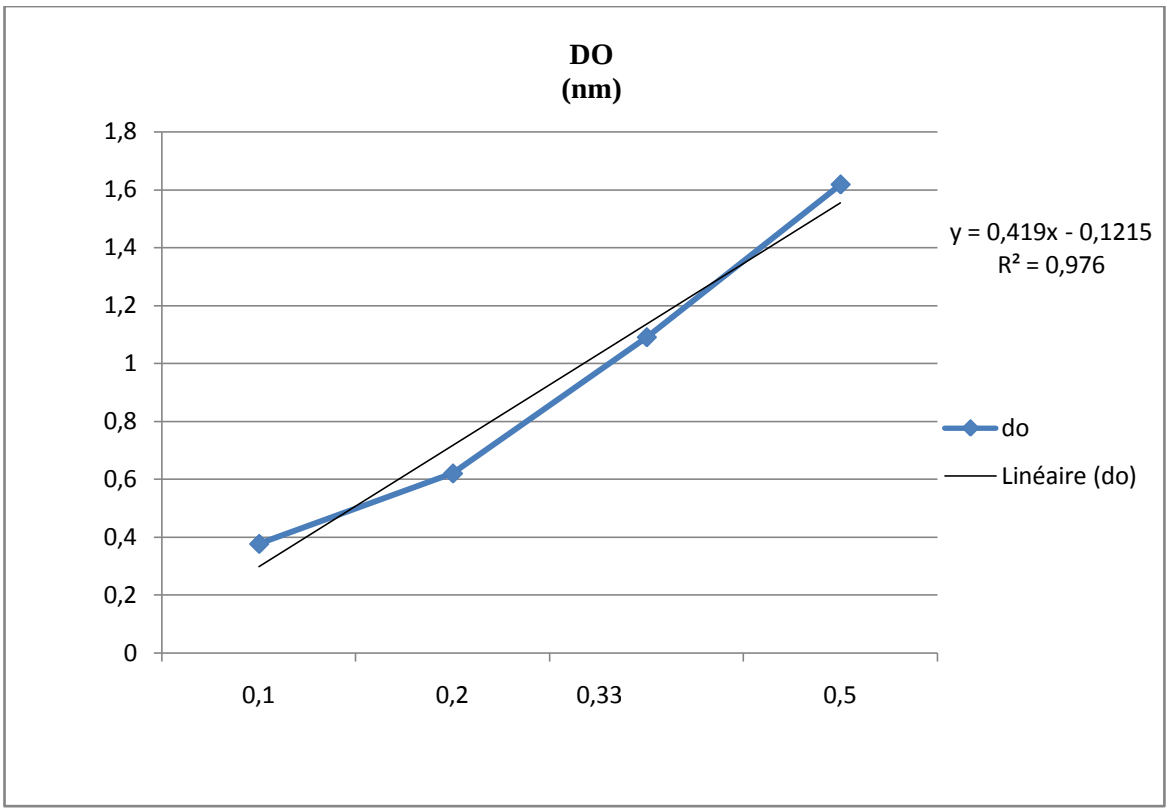
YEMN EW., WILLIS AJ., 1954. The estimation of carbohydrates in plants extracts by anthrone. Biochem J., 57: 508-514.

YOKOTA A., TAKAHARA K. et AKASHI K., 2006. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 15-39.

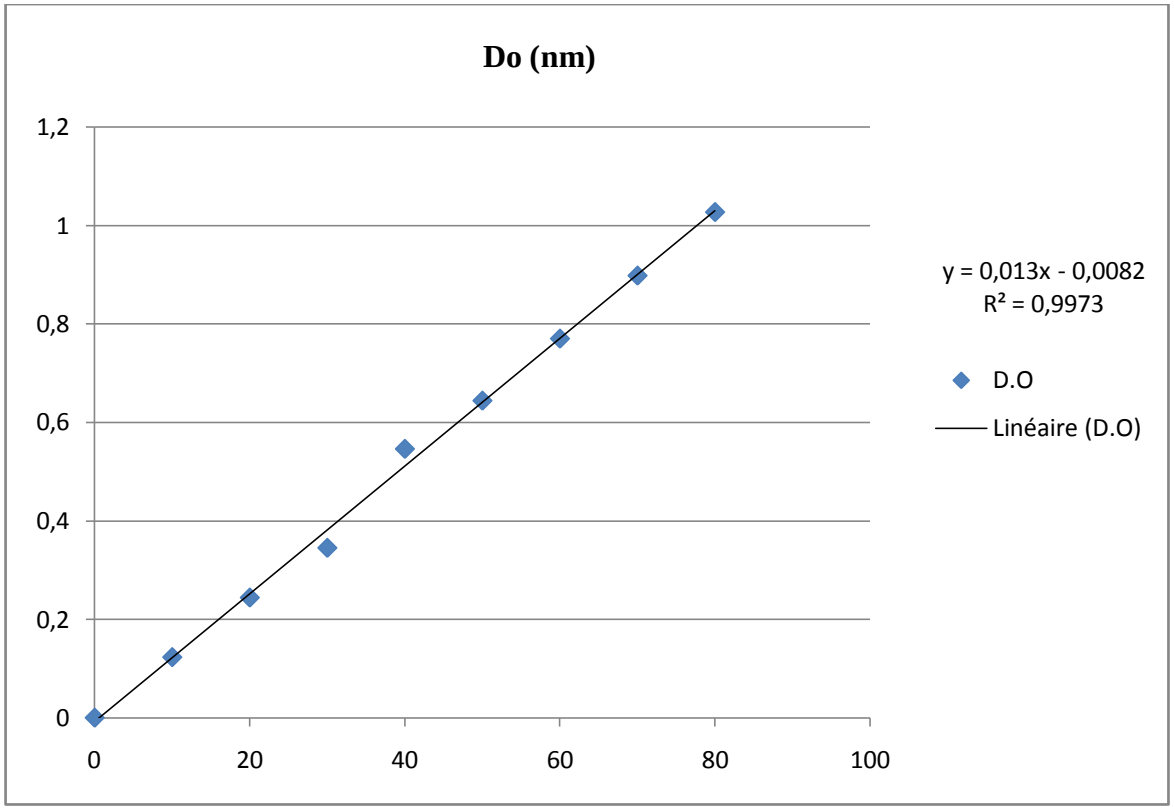
ZERRAD W., HILLALI S., MATAOUI B., El ANTRI S. et HMYENE A., 2006. Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Biochimie, Substances naturelles et environnement. Congrès international de biochimie. Agadir.

ZERRAD W., MAATAOUI B., HILALI S., El ANTRI S. et HMYENE A., 2008. Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Lebanese Science Journal, Vol.9 (2): 27-36.

ZITOUNI Z., 2006. Cinétique de quelques paramètres physiologiques du blé dur *triticum durum* (variété vitron) sous contrainte hydrique dans la plaine de Mitidja. Mémoire Ing. INA. El-Herrach. Alger. 171p.



a. La courbe d'étalonnage de l'activité amylasique.



b. La courbe d'étalonnage des sucres solubles.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES