

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : Ketfi Salma, Guergueb Hadjer, Mansouri Roumaissa

Intitulé

**Biotechnologie et l'effet du stress hydrique sur le maïs
(*Zea mays* L.)**

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. HADJI Abbas	MAA	Université M.B de M'Sila	Président.
Dr. GUETTOUCHI Ahlem	MCA	Université M.B de M'Sila	Encadreur.
Dr. BELKASSAM Abdelouahab	MCA	Université M.B de M'Sila	Examineur.

Année universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant, qui nous a comblés de ses bénédictions et bénédiction Il nous a donné assez de force pour terminer ce travail

Toute notre gratitude et nos remerciements à ceux qui grâce à leur aide précieuse permet de faire ce travail:

Tout d'abord, notre profonde gratitude est exprimé à Mme Ahlem Guettouchi car, malgré ses nombreuses responsabilités, elle a su nous suivre tout au long de ce travail pour lequel vous trouvez ici l'expression de nos plus sincères remerciements.

Nous tenons également à adresser nos sincères remerciements à M Hadji Abbas qui nous a fait l'honneur présider le jury et M Belkassam Abdelwahab pour examiner et juger ce modeste travail.

Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à faire ce travail, nous les remercions tous.

الأهداء

إلى قدوتي في كل خطواتي، من ربياحيهما فأصابت أقداري،

وظلا يعهدان حلمي في صلاتهما حتى صار الحلم واقعا

جميلا أتجمع اليوم سعاده

إليكما يا أجمل أقداري

إلى من إختصت بالجنة لتكون ملاذي إلى شجرتي التي لا تذبل

-اطال الله عمرها- أمي الغالية

إلى من أحمل اسمه بكل فخر سندي وأكبر دعم لي في هاته المتاهة

أبي الغالي أدامه الله ورعاه

إلى من شددت عضدي بهم فكانوا لي نبراسا منيرا وكنت من كل نبراس أضيء لأرتقي

إخوتي الأعزاء

إلى هبة السماء، وورود قلبي ومنيع سمي

أخواتي الفاضلات

إلى كل رفقاء رحلة النجاح ومن كان مصاحب لي أثناء دراستي،

إلى من جمعنا عطور الصداقة، وورود المحبة

رفيقاتي الغاليات

إلى من كانت ظلي حين نال مني التعب

مشرفتي وأستاذتي الغالية

وأخيرا وليس آخرا أهدي عملي المتواضع إلى كل من يكبد عناء قراءته،

سواء لتقبمه أو لنقده أو لزيادة علمه أو لإشباع فضوله

Sommaire

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

CHAPITRE I : Revue bibliographique

I. 1. Généralité sur la maïs :	3
I. 1.1. Origine et distribution :.....	3
I. 1.2. Taxonomie de la plante :.....	4
I.1.3. Description du maïs :	4
I.1.3.1. La tige :	4
I.1.3.2. Le système racinaire:	5
I.1.3.3. Les organes reproducteurs :	5
I.1.4. Cycle de développement du maïs :	8
I.1.4.1. Phase Végétative :.....	8
I.1.4.2. Phase reproductive :.....	9
I.1.4.3. La phase du développement du grain :	9
I.1.5. Les différents types de maïs :.....	10
I.1.5.1. Le maïs à grains dentés :.....	10
I.1.5.2. Le maïs à grains vitreux :.....	10
I.1.5.3. Le maïs farineux :	10
I.1.5.4. Le maïs perlé (éclaté) :.....	10
I.1.5.5. maïs hi-lysine :.....	10
I.1.6. Production du maïs :	11
I.1.6.1. Dans le monde :	11
I.1.6.2. En Algérie :.....	12
I.1.7. Exigences écologiques :.....	13
I.1.7.1. Besoins en températures :	13
I.1.7.2. Besoins en eau :	14

I.1.7.3. Besoins en lumière :	14
I.1.7.4. Besoin en sol :	14
I.1.8. Utilisation du maïs :	14
I.1.8.1. Alimentation animale :	14
I.1.8.2. Alimentation humaine :	15
I.1.8.3. Industries agro-alimentaires :	15
I.1.9. Les maladies et ravageurs :	15
I.1.9.1. Anthracnose :	15
I.1.9.2. Fontes de semis :	16
I.1.9.3 . Rhizoctone :	17
I.1.9.4. Rouille :	17
II.1. Généralité sur le stress hydrique :	18
II.1.1 Le stress :	18
II.1.2. Différents types de stress :	18
II.1.2.1. Stress hydrique :	18
II.1.2.2. Stress salin :	19
II.1.2.3. Stress thermique :	19
II.1.4 . L'eau dans la plante :	19
II.1.5. Effet du stress hydrique sur la germination :	19
II.1.6. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique :	20
II.1.6.1. Adaptation phénologique :	20
II.1.6.2 . Adaptation morphologique :	21
II.1.6.3. Adaptation physiologique.....	21

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

I.1. L'objectif de l'essai:	22
I.2. Le matériel végétal:	22

I. 3. Matériel de laboratoire:.....	22
I.4. Plan expérimental:	22
I.4.1. La germination des graines et mise en culture:.....	22
I.4.2. Préparation de substrat de culture :	23
I.4.3. Préparation des pots:	23
I.4.4. L'application du stress hydrique:.....	24
I.4.5. Paramètres morphologiques:.....	24

CHAPITRE III : Résultats et discussion

I.1. Résultats des tests de germination préliminaires:	26
I.1.1. Pourcentage de germination:.....	26
I.1.2. La longueur des racines :	26
I.1.3. Le nombre des racines :	27
I.2. développement des plantes dans les pots :	27
I.2.1. Longueur de la plante :	29
I.2.2. La longueur des feuilles :	29
I.2.3. Le nombre des feuilles :	31
I.3. Discussion:.....	31
Conclusion.....	33
Reference bibliographique	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	pages
Tableau 01: Importance de la production de maïs dans le monde. Données issues du site Internet de la FAO	12
Tableau 02: Importance du maïs en Algérie	13

LISTE DES FIGURES

Figures	Pages
Figure 01 : Carte de la propagation du maïs dans le monde.	3
Figure02 : La fleur femelle maïs	6
Figure03 : La fleur male maïs	7
Figure 04 : Les différentes phases de développement chez le maïs	8
Figure 05 : la pourriture de la tige et la brûlure des feuilles maïs	16
Figure 06: Graines de maïs jaune (photo original)	22
Figure 07: La germination des graines de maïs (photo original)	23
Figure 08: Préparation du substrat de culture (Photo Original)	23
Figure 09: Transplantation (Photo Original)	24
Figure 10: Graine germée (photo original)	24
Figure 11: Plante de maïs (photo original)	25
Figure 12: Variation de la longueur des racines	26
Figure 13: Nombre des racines	27
Figure14: Variation de 3 caractères chez le milieu (sable et tourbe) en fonction de l'intensité du stress hydrique.	27
Figure 15: Variation des 3 caractères chez le milieu (sable et tourbe et sol) en fonction de l'intensité du stress hydrique.	28
Figure 16: variation de la longueur de la plante pour les deux substrats (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol)	29

Figure 17: Variation de la longueur des feuilles pour les deux substrats (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol)	30
Figure 18: Variation du nombre des feuilles pour les deux substrat et (sable, tourbe et sol)	31

Introduction générale

Le maïs (*Zea mays* L.), est l'une des céréales les plus cultivées dans le monde à cause de la richesse de ses graines en amidon, il représente la première production céréalière devant le riz et le blé (**Paliwal et al., 2001 et Mejía, 2003**).

Les rendements élevés et l'importante production en Amérique du Nord et en Amérique centrale sont principalement dus aux Etats-Unis, qui produisent davantage que de pays comme le Mexique où le maïs est la principale céréale de base (**Lobell et al., 2011**).

Le maïs est l'une des cultures importantes, qui sert de nourriture et d'huile de maïs à la consommation humaine (**Hu et al., 2005**).

L'expansion des populations avec plus de nourriture et les besoins énergétiques augmentent la demande d'une plus grande production mondiale de maïs. Malheureusement les limitations d'environnement telles que la température et la sécheresse continuent de freiner les niveaux de production de maïs comme ils l'ont fait plus tôt des décennies et dans de nombreux domaines, qui devrait empirer avec l'évolution des climats (**Battisti et al., 2009**).

En Algérie, les céréales sont les principales cultures, cultivées sur une superficie annuelle d'environ 3,6 millions d'hectares (**Madr, 2012**).

Le maïs était connu des indigènes avant 1830, il ne semble pas cependant que sa culture ait été très développée en Algérie avant l'implantation de la colonisation (**Rozet, 1833**).

Les plantes répondent aux contraintes de l'environnement par de nombreux Changements, révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques (**Bataillon et al., 2006**).

Le stress hydrique implique soit un déficit en eau pour les plantes durant la saison de croissance, soit un excès d'eau dans les sols. Un excès d'eau, tout comme un déficit en eau, affecte les rendements des cultures. Les excès d'eau peuvent engendrer une détérioration des propriétés physiques du sol et les rendent plus vulnérables à la dégradation (**Bois et al., 2010**).

En Algérie, le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalières, puisque 60% de la superficie réservée aux céréales se situe dans les zones arides et semi-arides qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations et de fortes températures sur une grande partie de l'année (**Bataillon et al., 2006**).

En fonction de ces considérations, la recherche d'une résistance vis-à-vis de la sécheresse peut se concevoir en essayant d'assembler des mécanismes de résistance dans un même génotype, présentant par ailleurs des caractéristiques agronomiques intéressantes.

Introduction générale

Actuellement, les programmes d'amélioration du maïs s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (**Pfeiffer et al., 2000**).

Nous avons donc travaillé sur une partie de cette perspective dont le but était de collecter des informations sur les mécanismes d'adaptation ou de tolérance au stress hydrique des semences de maïs. Pour ce faire, nous des semences de maïs et étudié leur comportement lors de la phase de germination.

Alors comment le stress hydrique influe sur la culture du maïs ?

Pour répondre à cette préoccupation, ce travail vise à connaître l'effet du stress hydrique sur la germination du maïs et l'ampleur de son effet sur ses différentes composantes telles que les racines et feuilles.

Notre étude est basée sur trois chapitres principaux:

Le premier chapitre: est une synthèse bibliographique qui présente une description générale de maïs, quelques notions de stress hydrique, et les mécanismes de tolérance des plantes au stress hydrique.

Le Deuxième chapitre: Nous verrons successivement les équipements végétaux et de laboratoire utilisés dans ce travail, ainsi que les méthodes de culture sous différents systèmes d'irrigation.

Le troisième chapitre: comprend la présentation et la discussion des résultats obtenus dans ce travail. Terminez ensuite la thèse par une conclusion suivie d'une liste de références bibliographiques.

Chapitre I
Revue bibliographique

I. 1. Généralité sur la maïs

I. 1.1. Origine et distribution

Le maïs (*Zea mays* L.), est l'une des céréales les plus cultivées dans le monde à cause de la richesse de ses graines en amidon, il représente la première production céréalière devant le riz et le blé (Paliwal et al., 2001 et Mejía, 2003).

La culture du maïs a probablement commencé en Amérique centrale (figure 1), notamment au Mexique (Hubert, 1978). Le maïs a été introduit en Europe après la découverte de l'Amérique durant le XVI^e siècle et de là en Afrique et en Asie, à partir de l'Espagne il s'est répandu dans l'Europe du sud, le Proche-Orient et l'Afrique du nord pour coloniser, au XVII^e siècle, toutes les zones de cultures traditionnelles (Iram et Meriem, 2013).

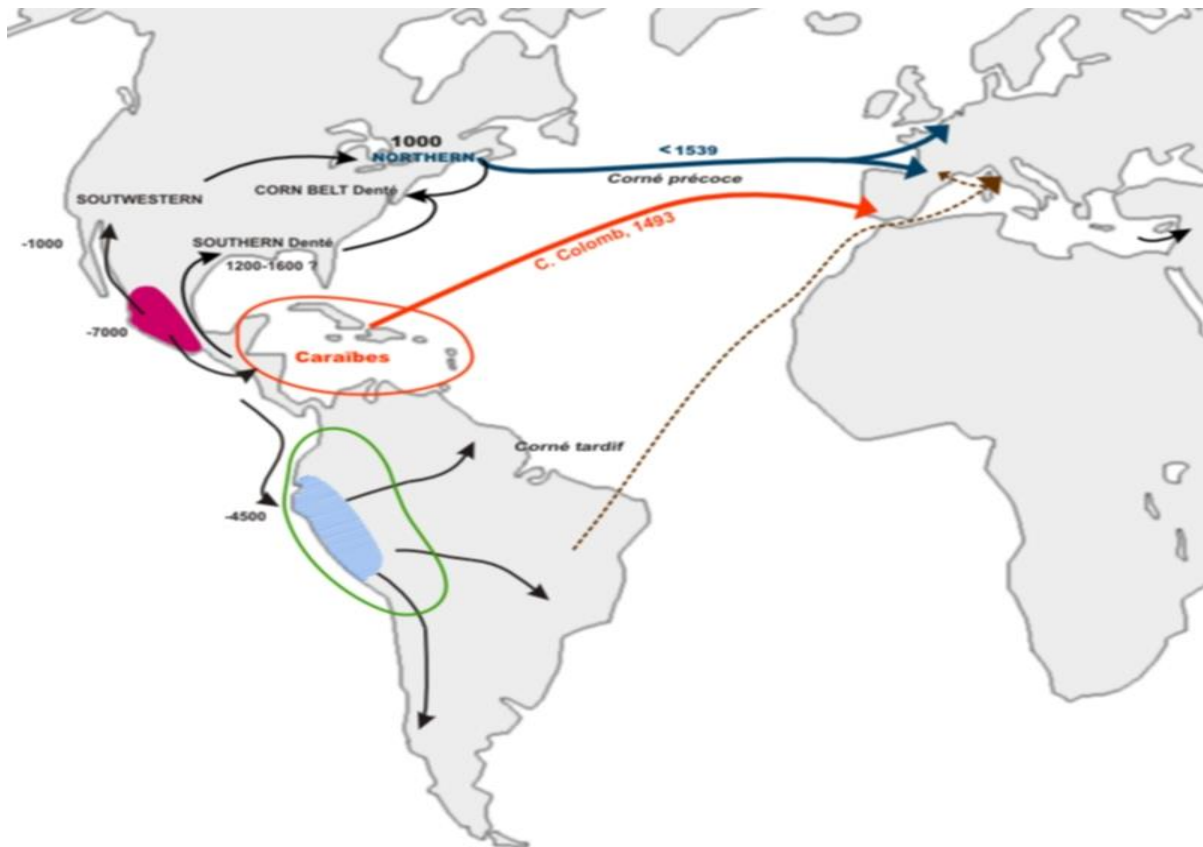


Figure 01: Carte de la propagation du maïs dans le monde.

https://mots-agronomie.inrae.fr/images/d/d8/Mais_teosinte_aux_hybrides4.jpg

I. 1.2. Taxonomie de la plante

Selon (Iltis et Doebley, 1980 et Doebley, 1990) le maïs appartient à la classification suivante :

Règne:	Végétal
Sous-Règne:	Tracheobionta
Division :	Magnolio
Classe:	Liliopsidées
Sous classe :	Commeliniadae
Ordre:	Cypérales
Famille:	Poacées
Sous-famille:	Panicoidées
Tribu :	Maydeae
Genre:	<i>Zea</i>
Espèce:	<i>Zea mays</i>
Sous-espèce :	<i>Zea mays</i> sub sp

I.1.3. Description du maïs

Le maïs est une plante tropicale, herbacée annuelle, de taille variable (de 40cm jusqu'à 10 m, généralement entre un à trois mètres pour les variétés cultivées (Goalbaye, 2014).

I.1.3.1. La tige

La tige unique et de gros diamètre est pleine, lignifiée et formée de plusieurs entre neuds d'une vingtaine de centimètres séparés par autant de neuds. Le nombre de neuds peut varier de 8 à 48 et la longueur de la tige de 0,60 cm à 6 m (Esau, 1977). La tige de 3 à 4 cm d'épaisseur s'amincit vers le sommet (Ndiaye, 1987).

A la base du limbe se trouve la ligule qui a quelques millimètres de haut. La taille des feuilles de maïs varie en fonction de la variété et de leur position sur la plante. Le nombre de feuilles est fonction de la durée de la phase végétative. Contrairement aux autres graminées, le pied de maïs ne talle généralement pas (Marty, 1992) Même si parfois on peut observer ce phénomène suite à des perturbations d'origine génétique, physiologique, accidentelle ou parasitaire (Gay, 1984). Selon Gay, ces facteurs induisent un développement des bourgeons axillaires formés à la base de la tige, concourent à la formation des tiges secondaires, de taille limitée, à la base de la tige principale. Cependant, même si le tallage correspondre un mécanisme de régulation de

rendement chez d'autres espèces (Gay et Menetrier, 1978), les talles produites donnent rarement des épis pour le cas du maïs (Marty, 1992).

I.1.3.2. Le système racinaire

Le système racinaire comprend un très grand nombre de racines adventives qui naissent sur les nœuds situés à la base de la tige, formant des couronnes successives, tant sur les nœuds enterrés que sur les premiers nœuds aériens, dans une zone où les entraîneurs sont très courts. Ces racines forment un système fasciculé qui peut atteindre une profondeur de 2,5 mètres (Ndiaye, 1987). Le système racinaire fasciculé comporte des racines adventives et des racines séminales qui alimentent la plante jusqu'au stade 5-6 feuilles en complémentarité avec les réserves de la semence (Feldman, 1994 et Gay, 1983). Les racines séminales sont déjà présentes dans l'embryon de la semence et les racines adventives sont formées après la levée à partir de la tige (Kiesselbach, 1949 cité par Bonhomme (1983). Le rythme d'apparition de ces racines est en relation avec le rythme d'apparition des feuilles. Le profil de densité racinaire est variable en fonction des conditions d'alimentation en eau (Bonhomme, 1983).

I.1.3.3. Les organes reproducteurs

- **fleurs:** Autres caractéristiques qui distinguent le maïs des autres graminées, sont unisexuées et regroupées en inflorescences mâles et femelles composées d'épillets de deux fleurs.
- **Les fleurs femelles :** sont groupées en épi inséré à l'aisselle d'une feuille (figure 02) au 1/3 moyen de la tige (Ritchie et Hanway, 1992).

L'axe de l'épi ; appelé rafle, porte 10 à 20 rangées de fleurs femelles. Une seule fleur par épillet est fertile. Il est entouré des feuilles modifiées, les spathes, desséchées à maturité. A l'extrémité supérieure, les spathes laissent dépasser les stigmates filiformes ou soies. L'ovaire est surmonté d'un long style représenté par une soie qui est bifide et réceptive sur toute sa longueur et qui peut atteindre 25 cm ou plus (FAO, 1987).



Figure02: La fleur femelle maïs

https://www.miaimeaou.com/photos_ile_reunion/img/faune_flore/zea_mays_02.jpg

- **Les fleurs male** sont groupées dans une panicule terminale qui apparaît après la dernière feuille (figure 03). Cette panicule est constituée d'épillets, insérés par paire et dont l'un est pedicellé et l'autre sessile contenant deux fleurs chacune à trois étamines. Chaque épillet est composé à l'extérieur de deux glumes et à l'intérieur, de deux fleurs. Les glumes renferment deux fleurs mâles composées chacune de deux glumelles dont celle intérieure est appelée Palea, et celle extérieure Lemma. Un pied peut produire jusqu'à 50 000 grains de pollen (**Ndiaye, 1987**). La panicule apparaît 25 à 35 jours après le semis. Les fleurs mâles fleurissent avant les fleurs femelles. La fécondation est donc croisée. On compte normalement 95% d'allogamie et 5% d'autogamie. Les inflorescences mixtes sont parfois rencontrées suite à des anomalies mais elles ne sont pas productives (**Marty, 1992**).



Figure 03: La fleur male maïs

<https://previews.123rf.com/images/wanchanta/wanchanta1604/wanchanta160400022/56560941-inflorescence-de-ma%C3%AFs-dans-le-champ-pendant-le-beau-coucher-de-soleil.jpg>

I.1.4. Cycle de développement du maïs

Le cycle du maïs se décompose en trois phases de développement bien distinctes, définies par la formation d'un ou de plusieurs organes essentiels de la plante (figure 04).

<https://www.uscpcd.com/maïs/>

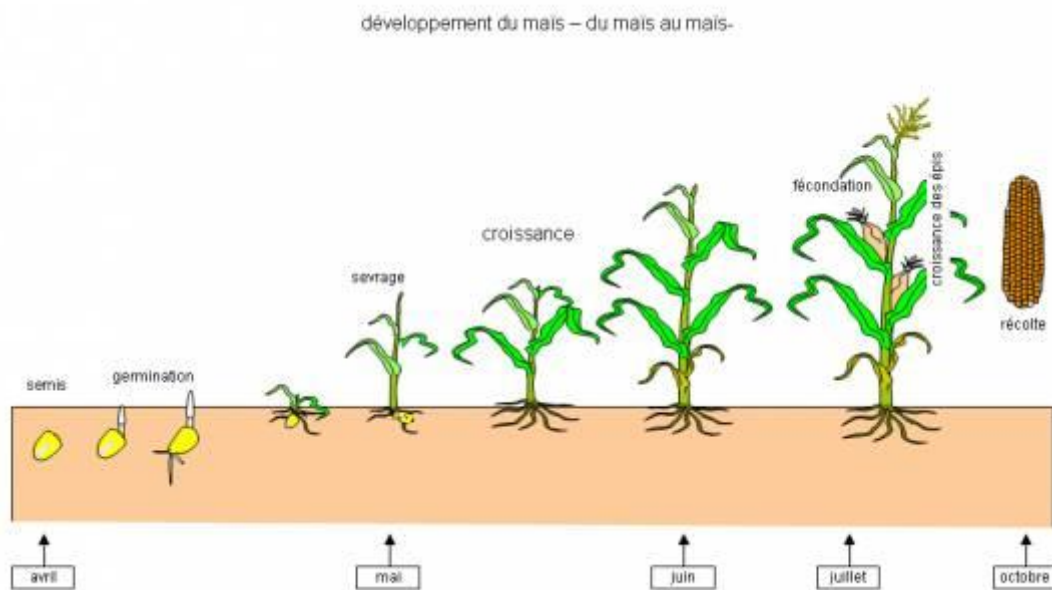


Figure 04: Les différentes phases de développement chez le maïs

<https://www.superprof.fr/ressources/wp-content/uploads/fiches/50239-schema-des-differentes-phases-de-croissance-du-maïs-du-grain-planté-a-l-épi-recolte.jpg>

I.1.4.1. Phase Végétative

Le nombre de feuilles visibles permet de reconnaître les stades végétatifs du maïs. Cette phase de développement de la plante se termine lorsque 12 à 14 feuilles sont visibles à l'extérieur. Le maïs mesure alors 20 à 40 cm de hauteur selon les hybrides et les conditions de croissance. Deux à huit semaines peuvent s'écouler depuis le semis jusqu'à la fin de cette phase dépendamment de la précocité des hybrides et des conditions climatiques (INRA, 1983).

Lors de cette phase, la tige et les feuilles se développent pour que le jeune plant de maïs devienne progressivement autotrophe.

<https://www.semæe-pedagogie.org/sujet/maïs-origine-caracteristiques/>

I.1.4.2. Phase reproductrice

Cette phase est caractérisée par trois principaux phénomènes : l'émission de la panicule, appelée floraison mâle, suivie d'une émission d'épis et de soies, dite floraison femelle, et le remplissage des grains formés. En effet, après la sortie de la dernière feuille, s'initie la panicule à l'extrémité de la tige par le bourgeon terminal. C'est donc la floraison mâle. Elle est atteinte sur une parcelle lorsque plus de 50% des plantes ont une panicule (INRA, 1983).

Un nombre variable de rangées de grains qui fournissent entre 300 et 1000 grains pesant 190 à 300 g par 1000 grains se forment sur les épis (Alphonse, 2014). Chaque grain est composé d'un germe (embryon + cotylédon), d'un albumen et d'un péricarpe (CTA/ISF, 2012). Les grains représentent environ 42% du poids sec de la plante et leur poids dépend des facteurs génétiques, environnementaux et agronomiques (Alphonse, 2014).

I.1.4.3. La phase du développement du grain

- **Développement du grain**

Environ 10 jours après la pollinisation, le grain de maïs contient du liquide et peu de matière solide. A 21 jours après pollinisation, les grains ont accumulé environ un tiers du rendement total en matière solide qu'ils auront à leur maturité physiologique. A partir de ce stade, tout

Type de stress est plus susceptible d'affecter la taille du grain plutôt que le remplissage de l'épi à l'extrémité de celui-ci. Huit jours après, le grain passe à la phase pâteuse).

<http://www.gnis.fr/>

Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la maturité, les feuilles du bas jaunissent et meurent. Chez une plante saine et bien nourrie, ceci ne devrait se produire que lorsque l'épi est pratiquement mûr. Cependant, tout facteur de stress sérieux, sécheresse, faible fertilité du sol, chaleur excessive, maladies peut causer la perte prématurée des feuilles. (Cheikh Ahmadou, 2018).

- **Maturation**

A la maturité physiologique, les grains ont atteint leur rendement maximal et ont cessé d'accumuler davantage de matières sèches. Mais ils ont toujours une teneur en eau de 30 à 35%, ce qui est trop élevé pour pouvoir les récolter mécaniquement (ramasseuse-égrenouse) sans entraîner des dommages ou les entreposer sans qu'ils ne se détériorent (Cheikh Ahmadou, 2018).

I.1.5. Les différents types de maïs

Il existe cinq principales variétés de maïs :

I.1.5.1. Le maïs à grains dentés

C'est l'espèce la plus cultivée aux U.S.A. L'extrémité de sa graine contient de la fécule molle qui se rétrécit et forme une dent en haut du grain.

I.1.5.2. Le maïs à grains vitreux

Très cultivé en Amérique latine, en Asie, en Afrique et en Europe. Ses grains sont durs et lisses avec très peu de fécule molle. Cette espèce résiste davantage à l'attaque des insectes d'entreposage tels que les charançons que le maïs denté le maïs farineux.

I.1.5.3. Le maïs farineux

Composé essentiellement de fécule molle et largement cultivé dans la région des Andes en Amérique du Sud. Il est plus susceptible à l'attaque des insectes d'entreposage et se casse plus facilement que les espèces plus dures.

I.1.5.4. Le maïs perlé (éclaté)

C'est en fait une forme extrême du maïs vitreux.

Le maïs sucré: Son contenu en sucre est au moins deux fois plus élevé que celui du maïs ordinaire. Il est consommé sous forme immature lorsque son rendement en grains n'en est qu'à un tiers de son potentiel. Il est plus susceptible à l'attaque des insectes lors de sa culture, ceux-ci s'attaquant particulièrement aux épis.

Il existe une espèce au potentiel très important appelée .

I.1.5.5. maïs hi-lysine

À haute teneur en lysine) dont le contenu en lysine est plus du double. Cette espèce en est presque au stade d'application en masse, maïs il faudra résoudre certains problèmes de culture et d'entreposage avant d'en arriver à ce stade (**Gay J.P, 1978**).

I.1.6. Production du maïs

I.1.6.1. Dans le monde

Le maïs est la céréale la plus cultivée au monde, d'importantes surfaces sont aussi consacrées à la production de maïs fourrage pour l'alimentation du bétail soit en vert, soit sous forme d'ensilage occupant une superficie totale d'environ 140 millions d'hectares (Tableau 01). La production n'a cessé de croître de 325 millions de tonnes dans les années 1980 à 650 millions de tonnes dans la décennie actuelle, ce qui correspond à 4,2 tonnes par hectare (**Iram et Meriem, 2003**).

Tableau 01: Importance de la production de maïs dans le monde. Données issues du site Internet de la FAO(**FAO, 2006**)

	Production millions de tonnes	Rang du maïs dans la production nationale	Exportation millions de tonnes
Ètats- Unis	280	1	48
Chine	131	4	23
Brèsil	35	6	5
Mexique	21	4	_____
Argentine	20	4	10
Inde	15	3	1
France	13	6	6
Indonèsie	12	5	_____
Afrique du sud	12	1	0,4
Italie	11	7	_____

I.1.6.2. En Algérie

La période coloniale allant de 1854 à 1878 était marquée, par l'introduction de variétés de maïs françaises et espagnoles et par un élargissement considérable et rapide des plantations de maïs partant de 5076 ha à 33075 ha respectivement Par la suite, une nette régression était enregistrée et la culture fut progressivement abandonnée (**Iram et Meriem, 2013**).

Après l'indépendance, de 1961 à 1989, la surface occupée par la culture du maïs à diminuée de 6000ha à 1000 ha et à partir des années 90, cette culture a fait l'objet d'un désintéressement

total et les surfaces emblavées en maïs alors chuté à 450 ha (tableau 02). En 2009, une surface de 168 ha lui fut consacrée pour un rendement total de 34,226 q/ha (FAO STAT, 2011).

Tableau 02: Importance du maïs en Algérie (FAO, 2012)

Années	Superficies	Rendement (q/ha)	Production (tonnes)
1991	260	19,230	500
1994	410	45,12	185
1997	120	21,416	257
2000	430	36,186	1556
2003	340	28,852	981
2009	168	34,226	575
2010	139	25,827	359
2011	246	23,374	575
2012	686	25,558	1755

I.1.7. Exigences écologiques

I.1.7.1. Besoins en températures

Le maïs pousse bien dans la zone tropicale chaude. D'ailleurs, la chaleur est d'une importance capitale car elle règle le rythme de développement des plantes. Il a des exigences en température assez importantes à la germination (**Memento de l'Agronome, 2002**).

La plante exige des températures de 20 à 25 °C pendant la germination, de 20 à 30 °C pour la croissance et 21 à 30 °C pour une bonne floraison. Sa floraison est plus rapide durant les jours courts et les meilleurs rendements s'obtiennent avec 11 à 14 heures de lumière par jour (**Bonilla, 2009**).

I.1.7.2. Besoins en eau

Il a été estimé qu'il faut une moyenne mensuelle de 100mm d'eau durant toute la période de sa végétation. Le maïs est une plante exigeante en eau, surtout en phase de germination, croissance, floraison, fécondation et grossissement des grains. Mais la période la plus critique pour l'eau s'étend sur les 15 jours qui précèdent et les 15 jours qui suivent l'apparition des inflorescences mâles (**Hubert, 1978 et Cirad-Gret, 2002**).

I.1.7.3. Besoins en lumière

Le maïs demande une forte insolation. C'est la raison pour laquelle un espacement minimal de 50cm a été préconisé par les agents de l'agriculture aux paysans (**Hubert, 1978 et Cirad-Gret, 2002**).

I.1.7.4. Besoin en sol

Le maïs s'adapte mieux dans les sols à forte teneur en matière organique (**Rouanet, 1997**).

En effet, la matière organique joue un rôle primordial dans la nutrition du maïs, en améliorant La

Qualité physique du sol, la capacité de rétention en eau du sol et le développement de la vie microbienne. Par contre, les sols acides ou salés limitent fortement la croissance et le rendement du maïs (**Cheikh –Ahmadou, 2018**).

Le maïs étant une plante exigeante, les meilleurs sols sont :

- Sols de pente < 12% pour éviter les risques d'érosion
- Sols pas trop acides, PH < 5 (**Belliard et Fraleigh, 1987**)

I.1.8. Utilisation du maïs

I.1.8.1. Alimentation animale

L'utilisation du maïs dans l'alimentation animale est de loin le premier débouché (environ les deux tiers globalement) et concerne surtout les pays industrialisés. En fonction des résultats escomptés en élevage, la couleur du grain est généralement prise en compte (**Gay J.P, 1984**).

I.1.8.2. Alimentation humaine

Dans les pays en voie de développement, notamment l'Afrique subsaharienne et l'Amérique latine, la consommation du maïs est particulièrement importante (**Joseph Clovis Dongmo**). Le maïs y constitue le plus souvent l'alimentation de base, Cette consommation est plus marginale dans les pays industrialisés, où son utilisation est beaucoup plus orientée vers les industries de transformation. Au Cameroun, la consommation du maïs est plus marquée dans l'ouest et le nord du pays, où il entre dans diverses compositions culinaires. Dans le sud et le centre du pays, il représente une faible proportion dans l'alimentation de base (**Joseph Clovis Dongmo**).

I.1.8.3. Industries agro-alimentaires

Environ 25 % de la production est destinée aux industries qui transforment le maïs en produit alimentaire ou non (**Anonyme, 1994**).

La semoulerie, qui sépare l'amidon farineux du germe, produit des farines spéciales, des semoules, des flocons à partir de l'amidon et une huile riche en vitamine E et F à partir du germe. L'amidonnerie quand à elle transforme par hydrolyse l'amidon en divers produits avec le glucose comme dérivé ultime. Ce glucose est utilisé en biscuiterie, en confiserie et en pharmacie. Au-delà de l'industrie agroalimentaire le maïs intervient également dans l'industrie de la fabrication de l'éthanol, des colles industrielles, des textiles, le papier, les boues de forage pour le pétrole, les matières plastiques biodégradables etc..(**Joseph Clovis Dongmo**).

I.1.9. Les maladies et ravageurs

Le maïs est Occupe (*Zea Mays*) en second lieu après le blé en termes de production dans le monde tel qu'il est l'une des cultures agricoles les plus importantes en Afrique du Sud (**FAO, 1996**). Le maïs est utilisé dans de nombreux produits alimentaires de sorte qu'il est la plus grande source d'énergie pour les humains et les animaux (*IITA, 006*). Cependant, cette plante à risque d'agents pathogènes fongiques qui causent des pertes importantes à la culture.

I.1.9.1. Anthracnose

Causer champignon dans cette maladie est, *Colletotrichum graninicola* à la fin du stade végétatif, *Zea Mays* montrent des lignes noires sur la partie inférieure de la jambe, ce récent spectacle en noir puis rot après que la poursuite du brun foncé sur le tissage domestique) de

pâte (de la jambe, les feuilles flétries et mourir, ce qui conduit à la mort de la plante soudainement avant l'échéance où il apparaît le maïs grain à l'état congelé (Crouch et Beirn, 2009).



Figure 05: La pourriture de la tige et la brûlure des feuilles maïs

Source:https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.syngenta.fr%2Ftraitements%2Fanthracnose-du-mais&psig=A0vVaw26QVIH0m_HkNEewGG2jv.

Charbon commun :

Causer champignon dans cette maladie est, *Ustilago maydis* présentent des symptômes de ce champignon sous la forme de pustules sur la base de la tige, la couleur blanche et douce, puis devenir gris, rempli de poussière noire, apparaissent les germes et libéré après la fissuration de la membrane externe note également l'émergence de ces boutons sur une course privée papiers centristes les bords de la lame. Il maintient le champignon pathogène dans le sol et les restes de plantes pendant plusieurs années sous la forme de bactéries, maïs après propagation un maïs peut contaminer en tout stade végétatif contribue également à stabiliser la blessure à la stabilité du champignon pathogène, multiplie la dernière présence de quantités importantes de pluie et une moyenne d'un niveau élevé d'humidité et de la chaleur (Munkacsi et al., 2007).

I.1.9.2. Fontes de semis

Fungus la cause de cette maladie est, *Fusarium roseum* est la principale source d'une infection fongique, en présence de champignons sur les céréales ou dans le sol. Après la transmission de pathogènes spores de champignons du grain aux racines. Et l'effet qui empêche la croissance des jeunes plantes pendant hautement une étape (Dorin et Gheorghe, 2009).

I.1.9.3. Rhizoctone

Causer champignon dans cette maladie est, *Rhizoctonia solani* lors de l'étape 6-5 feuilles, les racines apparaissent des taches, conduisant à des racines et prennent une couleur brun foncé. En provoquant un champignon dans les feuilles sèches) branches feuillues (et continue cette sécheresse jusqu'à la fin du cycle de vie des plantes. Fungus conserve les restes de plantes, racines, les mauvaises herbes ou de la terre dans un certain délai (**Agrios, 1997**).

I.1.9.4. Rouille

Causée par un champignon, *Puccinia sorghi* ressembler à des symptômes de la maladie sur les feuilles inférieures de la plante sous forme de verrues) pustules (, la structure de poussière rouge, avec un diamètre de boutons d'environ 1 mm, ces bactéries sont transmises aux parties supérieures de la plante, où devenir un des boutons noirs pendant à germe a. Il y a des boutons sur les feuilles, menant à l'une et les spores qui sont granulaires libéré stimuler grandement ces germes sur l'incidence à nouveau (**Berquist et Masias, 1974**).

II.1. Généralité sur le stress hydrique

II.1.1. Le stress :

Le mot stress fait référence à la réponse de l'organisme face aux situations agressives. Il s'agit de la « réponse au stress » qui permet d'agir et de réagir ; c'est-à-dire de s'adapter à un changement quelconque (**Faye et al., 2003**).

La définition du stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante. Ces stress peuvent être provoqués par des organismes vivants –on parle de stress biotique– ou par des excès physiques ou chimiques de l'environnement on parle de stress abiotique (**Chaumeil, 2006**).

II.1.2. Différents types de stress

II.1.2.1. Stress hydrique

Le stress hydrique est un accident relativement fréquent dans les sols à faible réserve hydrique, en culture pluviale ou insuffisamment irriguée. Il affecte plusieurs variables dans la physiologie de la plante, telles que la régulation de la température foliaire (**Patel et al., 2001 et Luquet et al., 2004**). Et son effet sur la plante dépend d'une série de facteurs tels que principalement l'intensité de l'épisode sec, sa durée et le climat pendant cette sécheresse (température, humidité relative et rayonnement), mais aussi la phase phénologique durant laquelle elle se produit, le génotype de la plante ou le fait qu'elle ait déjà souffert de sécheresse à un stade précédent, ou enfin les caractéristiques du sol et la tolérance de la plante au déficit hydrique (**Mujica et al., 2001**).

Le stress hydrique se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles (**Mefti et al., 2001**). Le déficit hydrique est la majeure contrainte environnementale qui affecte la production agricole mondiale, spécialement dans les zones aride et semi-aride (**Chahba et al., 2016**). La première manifestation du stress hydriques chez une plante est le flétrissement mais des recherches ont montré qu'on ne peut se baser sur le flétrissement du feuillage pour détecter le stress, car les fonctions métaboliques sont affectées chez une plante stressée avant que le stress ne soit visible.

Il faut avoir recours à des mesures au niveau de la plante, du sol ou à des estimations (**Pindard, 2000**).

II.1.2.2. Stress salin

Le stress salin est une contrainte environnementale importante qui limite la productivité des plantes de culture. Les effets de la salinité peuvent varier selon plusieurs facteurs, comme les conditions climatiques, les conditions du sol, l'intensité lumineuse ou encore l'espèce végétale (**Tang et al., 2015**).

Les impacts du sel sur le développement et le rendement des plantes sont nombreux. Chez plusieurs espèces végétales, les dégâts produits par le stress salin se manifestent communément par une séquence de changements morphologiques et physiologiques (**Levigneron et al., 1995**). Les fortes concentrations salines peuvent affecter les différents stades de développement de la plante (**Partridge et Wilson, 1987 et Thamir et al., 1992**).

II.1.2.3. Stress thermique

La température est l'un des principaux facteurs qui conditionne la productivité des plantes. Les plantes qui poussent dans des régions désertiques et dans des régions cultivées semi-arides sont soumises à des températures élevées en même temps qu'à des niveaux de radiations élevées, à des faibles humidités du sol et à des intensités potentiellement élevées de la transpiration (**Hopkins, 2003**).

II.1.4 . L'eau dans la plante

L'eau est l'élément vital pour la croissance et le développement des plantes. Elle permet le transport des substances nutritives, d'éléments issus du métabolisme et des déchets, etc. (**Calu, 2004**).

Le déficit hydrique intervient à partir du moment où les entrées (pluie et irrigation) n'arrivent pas à couvrir l'évapotranspiration réelle et à assurer le stock d'eau dans la plante. A partir de ce moment les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles pour les racines (**Gay et Bloc, 1992**).

II.1.5. Effet du stress hydrique sur la germination

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placée dans le sol, elle n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture, et en cas de persistance de sécheresse, la situation peut se traduire par une absence de levée (**Fellachi 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 cytosolique est fortement induite par le déficit hydrique ce qui est l'origine d'un changement de l'acuité de la glycolyse (**Velasco et al., 1994**).

II.1.6. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique

Afin de lutter contre le déficit hydrique, les plantes développent des stratégies qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (**Madhava Rao et al., 2006**).

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999**).

II.1.6.1. Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999**).

Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (**Ben Naceur et al., 1999**).

La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (**Bajji, 1999**).

La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (**Ben Salem et al., 1997**)

II.1.6.2. Adaptation morphologique

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (**Bajji, 1999**).

II.1.6.3. Adaptation physiologique

La stratégie de la tolérance est mise en œuvre par les plantes grâce à l'abaissement du potentiel hydrique qui maintient la turgescence (**Sorrells et al., 2000**).

Les mécanismes intervenant dans la tolérance assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire.

La réduction des pertes en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress. Cette diminution de la transpiration engendre une réduction de la photosynthèse. Les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le stress présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau élevée et une plus grande capacité de survie (**Araus et al., 2002**).

L'adaptation à des milieux aux régimes hydriques variables est en partie associée à l'ajustement osmotique (**Richards et al., 1997**).

L'ajustement osmotique constitue le processus majeur permettant à la cellule de maintenir sa turgescence sous contrainte hydrique (**Zhang et al., 1999**).

Chapitre II
Matériel et méthodes

I.1. L'objectif de l'essai

La présente étude a pour but l'étude effet du stress hydrique sur le maïs (*Zea mays* L.). Durant notre expérimentation, nous sommes intéressés à plusieurs paramètres physiologiques liés à la croissance et au développement des graines de maïs sous différentes doses d'eau .

I.2. Le matériel végétal

L'étude est porté sur les graines de maïs jaune (*Zea mays* L.).



Figure 06: Graines de maïs jaune (photo original)

I. 3. Matériel de laboratoire

Les boîtes pétris, l'eau distillée, l'étuve, coton stérile, bécher.

I.4. Plan expérimental

I.4.1. La germination des graines et mise en culture :

Les grains choisis ont été désinfectés dans une solution d'eau en ajoutant quelques gouttes de Javel (dans un 1L d'eau) et laisser reposer, puis ils ont été rincés, et placés dans l'eau distillée pendant quelques minutes .

Les graines stérilisées sont placées dans un bécher d'eau distillée, bien recouvertes de papier d'aluminium.

Après les graines sont placées dans des boîtes de pétri (On a mis le coton dans des boîtes de pétri) 4 graines dans chaque boîte, après elles sont bien pulvérisées avec de l'eau distillée, le coton est placé en deuxième couche et pulvérisé à nouveau, puis placé dans l'étuve à une température de 25° C.



Figure 07: La germination des graines de maïs (photo original)

Ils ont été surveillés et arrosés pour s'assurer que le coton ne se dessèche pas, les semences germées ont été ensuite repiquées dans des pots.

I.4.2. Préparation de substrat de culture

On a stérilisé le sol (on le met dans 2 flacons selon les supports préparés, puis directement dans l'étuve à une température de 120° C ensuite on le place dans les pots.

I.4.3. Préparation des pots

Nous avons utilisé pour notre essai, des pots en plastique, on les remplis par le mélange de terre.

Deux milieux de sol:

- 1- 1/2 tourbe+1/2 sable
- 2- 1/3tourbe+1/3sable+1/3sol agricole



Figure 08: Préparation du substrat de culture (Photo Original)

1^{er} jour

après 14 jours

Figure 09: Transplantation (Photo Original)

I.4.4. L'application du stress hydrique

L'étude de l'effet du stress hydrique et les modifications qu'il induit au niveau de la plante a été réalisée dans les pots, après un mois de semis la contrainte hydrique est appliquée selon le programme:

- Le premier lot comprend les plantes qui sont arrosées deux fois par semaine .
- Le deuxième lot comprend les plantes qui sont arrosées une fois par semaine .
- Le troisième lot comprend les plantes soumises à un stress hydrique par l'arrêt d'irrigation, arrosées une fois chaque 15 jours .

I.4.5. Paramètres morphologiques

- Longueur et nombre de racines (mm)

Les mesures des racines (nombre et longueur) sont prises quotidiennement jusqu'à leur plantation dans le pot, à l'aide d'une règle graduée .

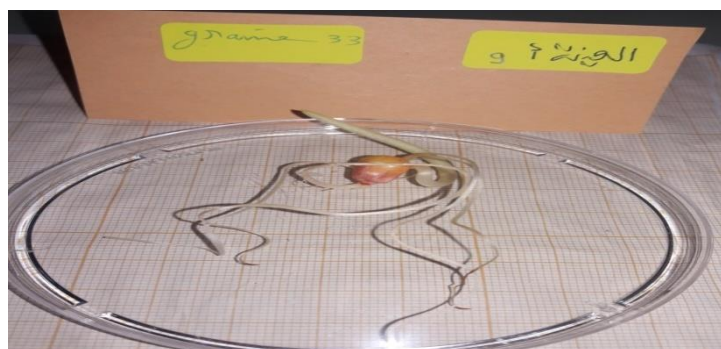


Figure 10: Graine germée (photo original)

• **Longueur et nombre de feuilles (mm)**

Longueurs et nombre de feuille sont relevés 2 fois par semaine à l'aide d'une règle graduée.



Figure 11: Plante de maïs (photo original).

Chapitre III
Résultats et discussion

I.1. Résultats des tests de germination préliminaires

I.1.1. Pourcentage de germination

Le taux de germination est calculé en comptant le nombre des graines germées chaque jour.

Le taux est calculé par la relation suivante :

$$G\% = S/L \times 100$$

(G) : Pourcentage de germination.

(S) : Nombre de graines germées.

(L) : Nombre total des graines.

Le pourcentage de graines germées obtenu est 72%.

I.1.2. La longueur des racines

Les résultats figurés dans (figure12) suivante, montre un développement des racines après la germination des graines.

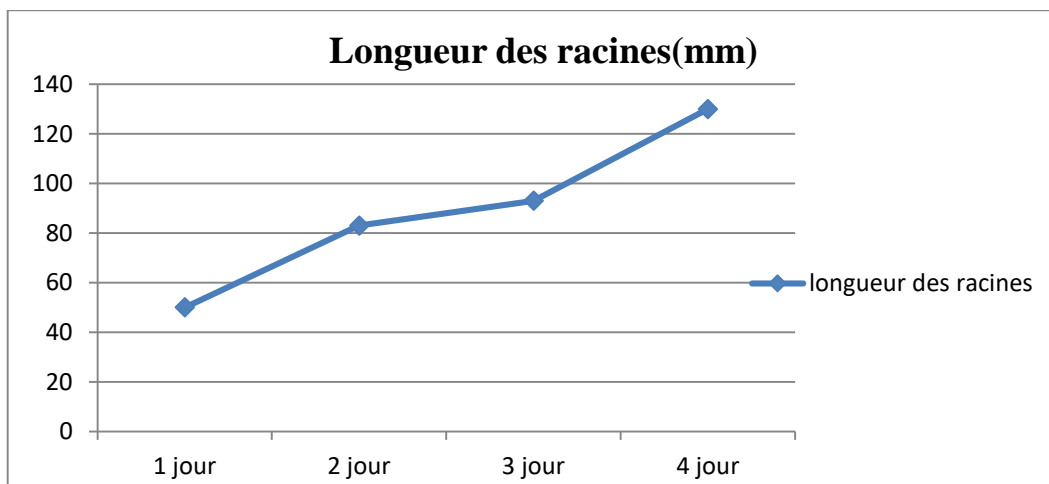


Figure 12: Variation de la longueur des racines

On a observé de la figure 12 une augmentation de la longueur des racines. Où la moyenne est plus élevée pour le 4^{ème} jour (130 mm).

I.1.3. Le nombre des racines

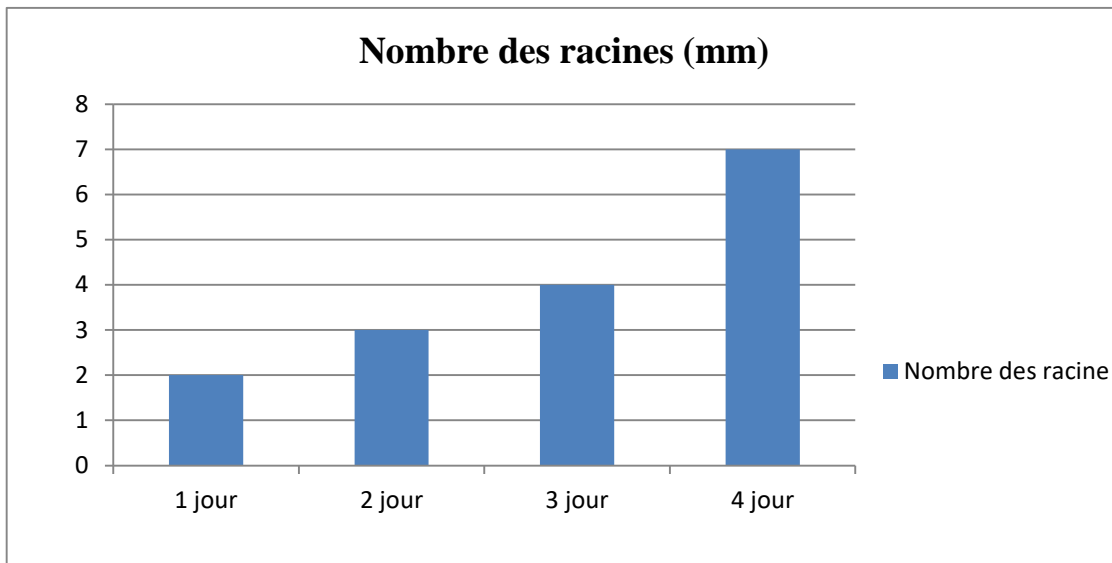


Figure 13: Nombre des racines

Selon figure 13 On a remarqué que la moyenne de nombre des racines est augmenté de manière continue à partir du premier jour avec une valeur de (2mm), jusqu’au (7mm).

I.2. développement des plantes dans les pots

Les résultats illustrées dans les deux figures 14 et 15 représentent le développement de la plante (longueur de la plante et longueur des feuilles et nombre des feuilles) pour les deux milieux (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol) après cinq semaines.

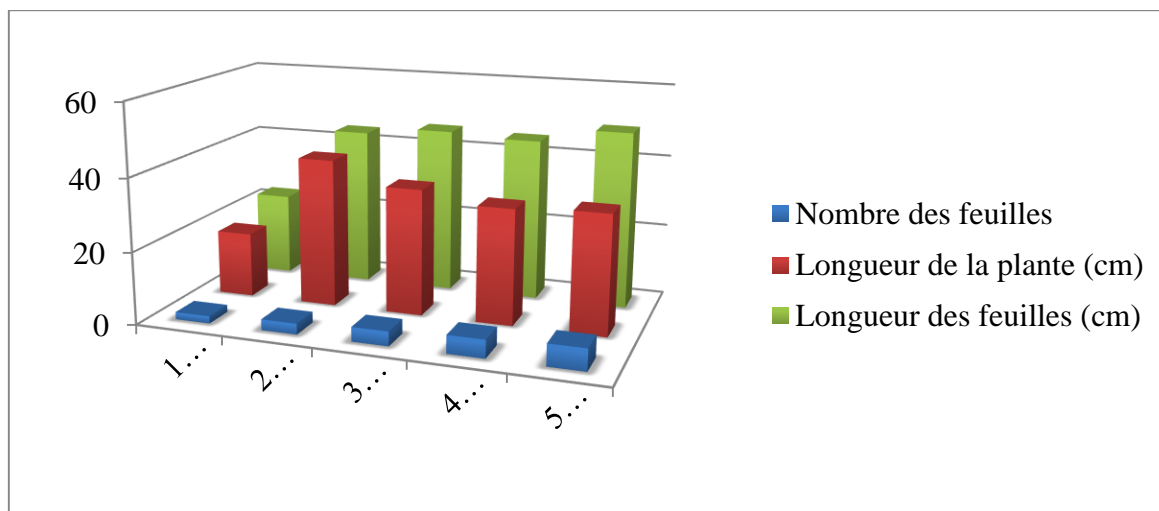


Figure14: Variation de 3 caractères chez le milieu (sable et tourbe) en fonction de l’intensité du stress hydrique.

Selon l'analyse d'histogramme (**figure 14**), pour le milieu (sable et tourbe) la longueur de la plante est en développement continu pour les deux semaines, où la première semaines elle était de (18cm), atteint (41cm) pour la deuxième semaines, après la quatrième semaines elle atteint (32cm), et cela confirme l'effet du stress hydrique sur celle-ci, pour revenir à une légère augmentation à la cinquième semaines avec (33cm) car la plante essaie de faire face à la pression du stress hydrique.

Pour la longueur des feuilles augmente constamment depuis le début de la première semaines avec (23cm), après on a observé une légère diminution pendant la quatrième semaine (45cm), et atteint la cinquième semaine (49cm).

Le nombre des feuilles augmente au fil des semaines jusqu'à 6 feuilles après un mois.

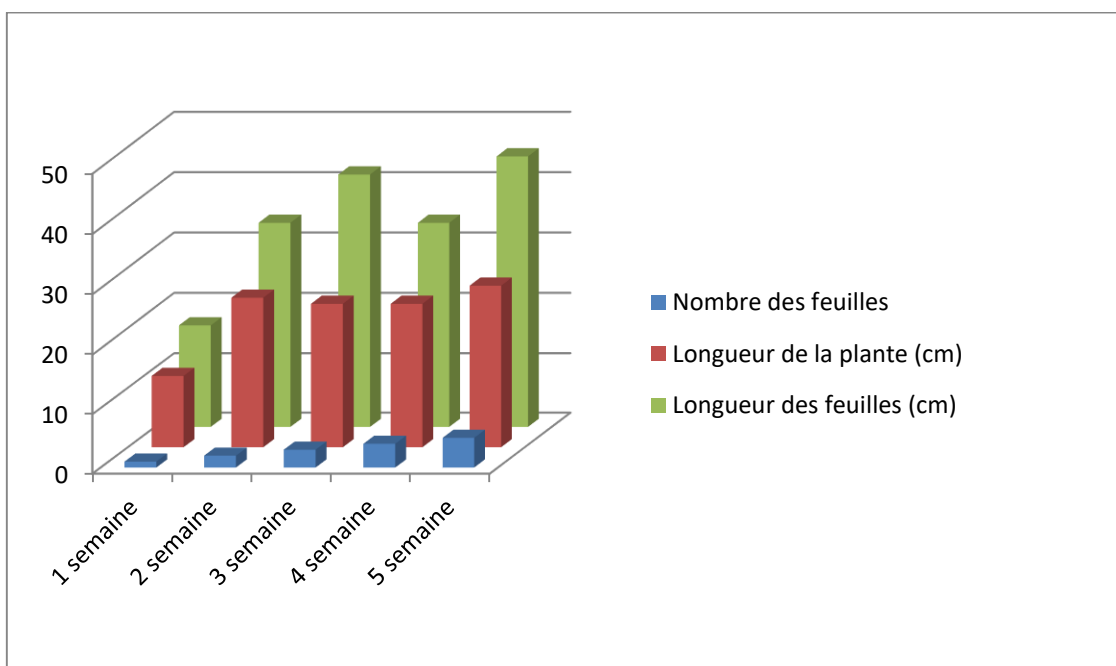


Figure 15: Variation des 3 caractères chez le milieu (sable et tourbe et sol) en fonction de l'intensité du stress hydrique.

Selon l'analyse d'histogramme (**figure 15**), pour la longueur des plants développer dans le milieu (sable et tourbe et sol) on remarque son développement la première semaine, puis on enregistre une diminution la troisième et la quatrième semaine, sous l'effet du stress hydrique, la plante a essayé de s'adapter à la pression du stress hydrique, et cela confirme l'augmentation de la longueur de plante (27cm) pour la cinquième semaine.

la longueur des feuilles ce sont bien développement dans la première semaine et troisième semaine avec une moyenne de (42cm) par rapport à la quatrième semaine, ils montre une faible diminution de longueur des feuilles sous l'effet du stress hydrique, et une augmentation de la longueur de cinquième semaine.

Le nombre des feuilles augmente au fil des semaines jusqu'à 5 feuilles après un mois.

I.2.1. Longueur de la plante

Les résultats illustrés dans la **figure (16)**, montre une variation de la longueur de la plante, pour les deux substrats (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol) après cinq semaines.

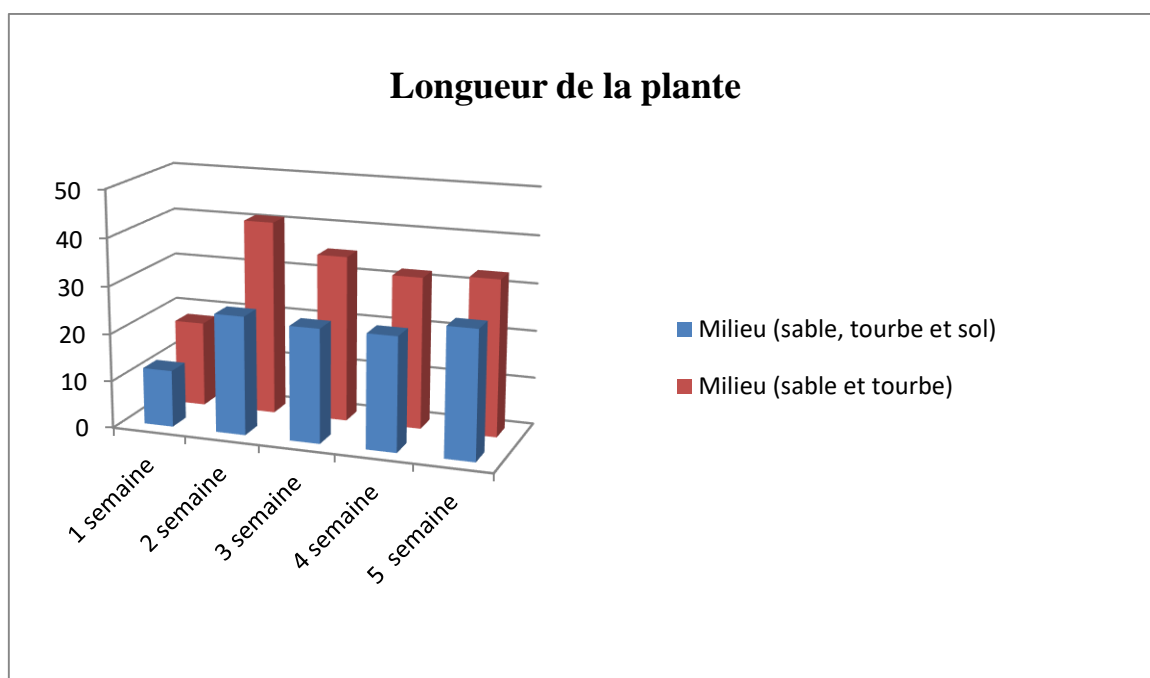


Figure 16: Variation de la longueur de la plante pour les deux substrats (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol)

D'après la **figure (16)**, pour le milieu (sable et tourbe) la longueur de la plante est mieux développer (33 cm) que le milieu (sable, tourbe et sol) (27cm).

L'analyse de variation de la longueur de la plante a révélé une différence entre les deux milieux (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol).

I.2.2. La longueur des feuilles

La **figure (17)** qui représente les différentes longueurs des feuilles pour les deux substrats (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol).

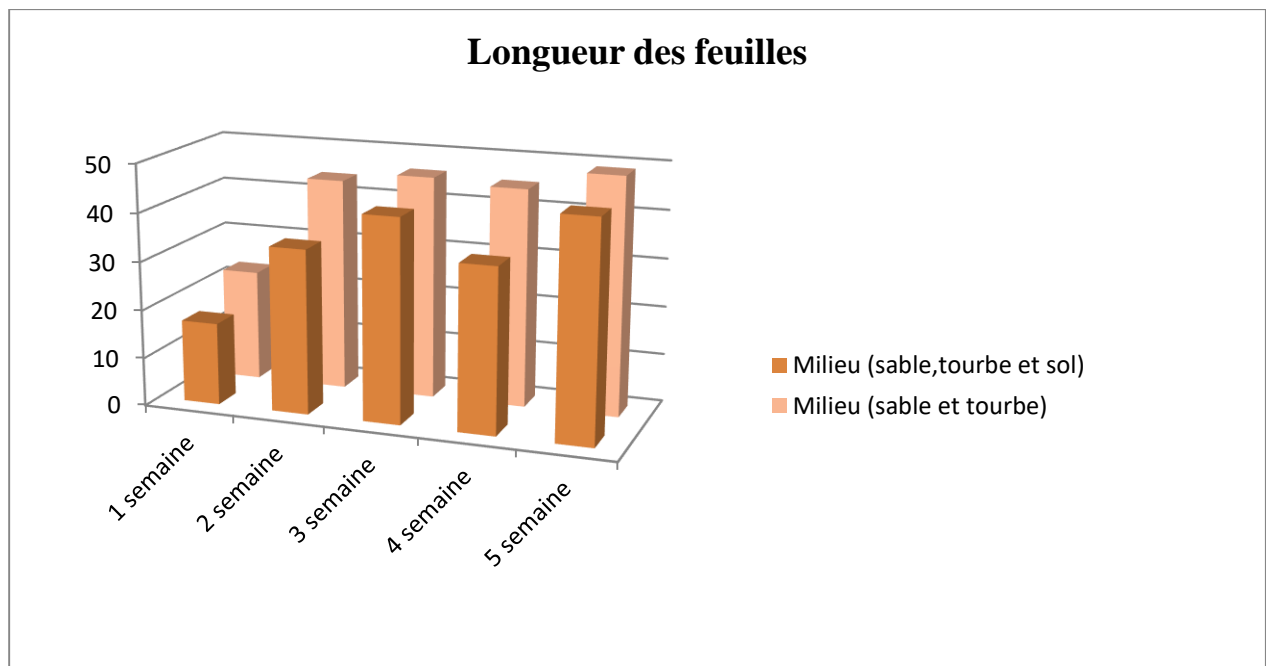


Figure 17: Variation de la longueur des feuilles pour les deux substrats (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol)

D'après ces résultats montrent que les feuilles sont développées dans les deux milieux (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol) pour cinq semaines. On a remarqué la longueur des feuilles après la première semaine dans le milieu (sable et tourbe) à une moyenne de (23cm) et pour le milieu (sable, tourbe et sol) (17cm).

Nous remarquons aussi que la longueur des feuilles qui sont obtenues dans le milieu (sable et tourbe) est mieux développer que sont dans le milieu (sable, tourbe et sol) avec 49cm.

On peut expliquer ces résultats que le milieu (sable et tourbe) contient un pourcentage important de substances organiques qui favorisent la croissance des plantes, il est donc plus résistant au stress hydrique.

I.2.3. Le nombre des feuilles

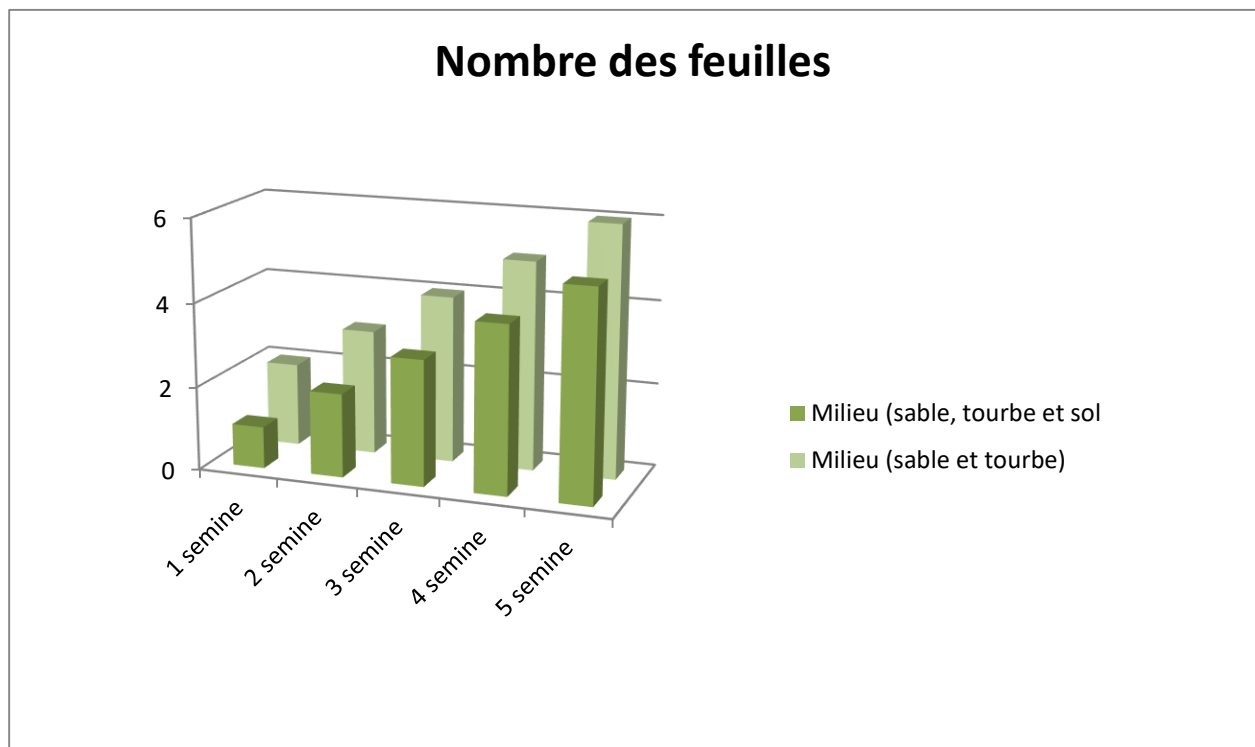


Figure 18: Variation du nombre des feuilles pour les deux substrat et (sable, tourbe et sol)

D'après ces résultats on remarque que le nombre des feuilles dans le milieu (sable et tourbe) est plus grand, par rapport le milieu (sable, tourbe et sol).

I.3. Discussion

Le travaux effectuées dans cette étude, enregistré une variation intéressante de la hauteur de la plante, de la longueur des feuilles et le nombre des feuilles pour les deux milieux (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol).

À travers une analyse comparative de certains paramètres morphologiques, une diminution a été observée dans le taux de croissance des plantes et des parties aériennes, et cette diminution était plus importante dans le milieu (sable, tourbe et sol) par rapport au milieu (sable et tourbe).

Ces résultats s'expliquent par la méthode d'adaptation du stress hydrique à chaque milieu.

Les déficits hydriques se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, il réduit davantage la croissance des parties aériennes.

En perspective de cette étude préliminaire, il est nécessaire de compléter les travaux par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables de tolérance au déficit hydrique afin de faciliter la sélection.

Conclusion

Conclusion

L'hydratation est un facteur limitant indispensable pour la croissance et productivité des plantes, particulièrement pour le maïs qui joue un rôle majeur dans l'alimentation et l'économie des agriculteurs.

Le travail réalisé dans ce mémoire nous a permis d'avoir certaines données sur l'effet de stress hydrique sur le maïs jaune dans deux milieux différents (sable et tourbe) et (sable, tourbe et sol) par quelques paramètres morphologique (la croissance, la longueur de la plante ,la longueur des feuille , nombre des feuilles ...).

D'après les résultats obtenus, il est possible de retenir les points essentiels suivants:

- La longueur de la plante est mieux développer pour le milieu (sable et tourbe), que le milieu (sable, tourbe et sol).
- La longueur des feuilles qui sont obtenues dans le milieu (sable et tourbe) est mieux développer que sont dans le milieu (sable, tourbe et sol).
- Le milieu (sable et tourbe) contient des feuilles plus grandes que le milieu (sable, tourbe et sol).
- Le stress hydrique induit une perturbation et une variation sur la croissance, lorsque le degré de stress augment, les croissances est moins développer.
- Le stress hydrique a provoqué une diminution de la longueur des plantes et de la longueur des feuilles chez les deux milieux étudiées. Cette diminution est variable selon le degré de stress hydrique appliqué.
- Les meilleurs résultats sont obtenus en milieu (sable et tourbe) par rapport au milieu (sable, tourbe et sol).

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable:

- D'établir une stratégie de sélection des variétés reproductives et résistantes aux multiples conditions climatiques.
- Utilisation d'autres paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.
- Recherche des marqueurs moléculaires liés à la résistance au stress hydrique.
- Etablissement des croisements et introduction des gènes de résistance.

Les Reference bibliographique

A

Agrios, G.N, (1997). Plant pathology. Academic. Press, New-York.USA. (Berquist et Masias,1974).

Anonyme, (1994). le maïs et ses industries. Association des producteurs de maïs. Montardon.

Araus J. L., Slafer G.A., Reynolds M. P. et Royo, C, (2002). Plant breeding and water relations in C3 cereals. What should we breed for? *Annals of Botany*. 89: 925-940.

B

Bajji M, (1999). Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.

Bataillon T.,Chantret N., Cenci A., Gautier MF., Joudrier Ph., Haudry A., Muller M.H., Poncet C. , Prospero J.M., Ronfort J., Roumet P., Santoni S., Thuillet A.C., David J, (2006). impact d'évènements démographique et sélectifs sur la diversité des plantes cultivées : apport de l'analyse du polymorphisme allélique à la théorie de la coalescence. *Les Actes du BRG*, 6 : en 243-257. In Mouellef Adra, 2010.

Battisti, D. S., & Naylor, R. L, (2009). Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal drought.

Ben Naceur M., Gharbi M. S. et Paul R, (1999). L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*.10:27- 33 p.

Ben Salem M., Boussen H. et Slama A, (1997). Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF / U R E F). Orsay. *Sécheresse*. 2 : 75- 83 p.

Billiard J. and Fraleigh B, (1987). Les plantes cultivées et l'homme, J.R. Harlan (Traduction de), éd. ACCT/CILF/PUF, 1987. 39p.

Bois, J.F., Ph.,Couchat et G.Lasceve, (1985). *Acta Horticulture*.171, P 297-304. In Amrai et al. 2010.

Bonhomme R, (1983). Mise en place des appareils foliaire et racinaire en physiologie de maïs. 63-85. In « physiologie du maïs > », communication au colloque, INRA, Paris (France),573 D.

BONILLA, N. M, (2009). Manuel de recommandations techniques du maïs. Costa Rica, INTA, 72 p.

C

Calu G, (2004). L'eau, le sol et les plantes. Diplôme de Master 1 en sciences végétales. SpectroScience : Free online library 21 p.

Chahbar, S., Belkohdja, M, (2016). Water deficit effects on morpho-physiologicals parameters in durum wheat. Journal of Fundamental and Applied Sciences, 8(3): 1166-1181.

Chaumeil, P, (2006) . Plasticité moléculaire de deux écotypes de pin maritime soumis à un stress osmotique. Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy I, 382 p.

Cheikh, M, (2018). Evaluation de variétés hybrides de maïs dans les conditions de culture du sud du bassin arachidier du Sénégal. Mémoire de Master *UNIVERSITE DE THIES*,7-9p.

CIRAD-GRET, (2002), MEMENTO DE L'AGRONOME, 34p.

Crouch, J.A et Beirn, L.A, (2009). Antrachnose of cereals and grasses. Fungal Diversity, 39: 19-44.

E

Esau k (1977). Anatomy of seed plants, 2 nd ed. New York, NY, USA, J.Wiley & Sons. Le maïs en zones tropicales Amélioration et production 17P.

F

FAO, (Organisation des nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation) 1987. Amélioration et production du maïs, du sorgho et du mil-vol 2 : sélection, agronomie et production des semences. Rome (Italie), 559p.

FAO, (1996). Food and Agricultural organization of the United National Year book production, Rome, Italy.

Faye, K., Heng, L.H., Collomp, R., Peroux, E, (2003). Hypertension et stress, Journal des M Patel, N.R., Mehta, A.N. and Shekh, A.M. (2001) Canopy Temperature and Water Stress

Quantification in Rainfed Pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). *Agricultural and Forest Meteorology*, 109, 223-232 aladies.

Feldman L, (1994). The maize root. In M. Freeling & V. Walbot, eds. *The maize handbook*, P.

Feliachik., Amroune R., Khaldoune, (2001). Impact de la sécheresse sur la production des cereals cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N0 35.ED. ITGC. Algérie.

G

Gay J.P, (1984) : « fabuleux maïs : histoire et avenir d'une plante », Ed. Ass. Grd. prod. Mais, Paris, p 284-286.

Gay J.P. Ménétrier M.A, (1978). Morphogenèse des organes reproducteurs chez le maïs. Echelle de notation des stades. Pau, France, AGPM. *Le maïs tropical et sélection pour le rendement* 22P.

Gay J.P, (1983). Le cycle du maïs. AGPM,122, 1-11 In: «physiologie du maïs» Communication au Colloque, INRA,Paris (France),573p.

Gay J.P, 1984. In *physiology and production of maize*. INRA, 1990.

Gaye J.P. & Bloc D, (1992). La tolérance au stress chez le maïs. *Perspectives agricoles*, 175: 100-106.

Goalbaye T, (2014) .Influence du stress hydrique sur la physiologie et rendement du maïs. Presses académiques francophones.,p.12.

H

Hafsi M., Monneveux, P., Merah, O., Djekoune., A, (2001) .Discrimination isotopique du carbone et rendement du blé dur dans les hautes plaines Sétifiennes, Algérie, 12(1) : 37-43.

<http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200420516>

<http://dx.doi.org/10.1126/science.1204531>

<http://www.gnis.fr/>

https://www.mi-aime-a-ou.com/photos_ile_reunion/img/faune_flore/zea_mays_02.jpg

https://mots-agronomie.inrae.fr/images/d/d8/Mais_teosinte_aux_hybrides4.jpg

<https://previews.123rf.com/images/wanchanta/wanchanta1604/wanchanta160400022/56560941-inflorescence-de-ma%C3%AFs-dans-le-champ-pendant-le-beau-coucher-de-soleil.jpg>

<https://www.semae-pedagogie.org/sujet/mais-origine-caracteristiques/>

<https://www.superprof.fr/ressources/wp-content/uploads/fiches/50239-schema-des-differentes-phases-de-croissance-du-mais-du-grain-planté-a-l-épi-recolte.jpg>

<https://www.uscpcd.com/mais/>

Hu, Y., & Schmidhalter, U, (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J Plant Nutr Soil Sci*, 168, 541-549.

HUBERT, P, (1978). Recueil de fiche technique d'Agriculture spéciale à l'usage des lycées agricole à Madagascar – BDPA, 6p.

J

Ilitis, H. H. et Doebley, J. F, (1980). Taxonomy of *Zea* (gramineae). Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis American. *Journal of Botany*, 67 : 994- 1004.

Ingram J., Bartizq D, (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annua Review of Plant Physiolo. And plant mol. Biolo.*, 47 :377-403.

Iram et Merieme, (2013). Essai de l'association légumineuse céréales (mais) sur la disponibilité du phosphore dans la rhizosphère. Thèse ingéniorat. ENSA. EL HARRACH. Alger, 5-18p.

J

Joseph Clovis Dongmo université de Yaoundé I – DESS 2009.

K

Kiesselbach T.A, (1949), The structure and reproduction of corn, Nebraska Agricultural Experimental Station Research Bulletin 161: 1-96.

L

Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., & Casse-Delbart, F. (1995). Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4(4), 263-273.

Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J, (2010). Climate trends and global crop production since 1980.

Luquet, D., Vidal, A., Dautat, J., Bégué, A., Olioso, A. and Clouvel, P, (2004) Using Directional TIR Measurements and 3D Simulations to Assess the Limitations and Opportunities of Water Stress Indices. *Remote Sensing of Environment*, 90, 53-62.

M

Madhava Rao K.V.,Raghavendra A.S et Janardhan Reddy K.(2006) .Printed in the Netherland *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*.Springer: 1-4p.

MADR, (2012). Annuaires statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Série B.

Marty P, (1992). Fiche Technique d'agriculture spéciale à l'usage de l'enseignement agricole d'Afrique sub-saharienne. BDPA éd., Paris- (Sénégal).

Maryse Carraretto, (2005) . Histoires de maïs, d'une divinité amérindienne à ses avatars transgéniques, CTHS, (ISBN 2-7355-0577-4).

Mefti, M., Abdelguerfi, A., Chebouti, A, (2001) . Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn. In: Delgado, I. (ed.),Lloveras, J. (ed.). *Quality in Lucerne and medics for animal production*. Zaragoza, CIHEAM: 173-176.

Mémento de l'agronome, (2002). Mémento de l'agronome. Ministère de la coopération française, CIRAD-GRET, Paris, France, 1698 p.

Mishra, D., Louis, M., Gerber, B, (2010). Adaptive adjustment of the generalization-discrimination balance in larval *Drosophila*. [J. Neurogenet. 24\(3\): 168--175.](#)

Mujica A., Izquierdo J., Marathee J.P, (2001).Origen y descripción de la quinua. In : Mujica A., Jacobsen S. E., Izquierdo J., Marathee J. P. y FAO, editors. *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version 1.0. Santiago, Chile.

Munkacsi, AB., Stoxen, S.et May, G, (2007). Domestication of maize, sorghum and sugar cane did not drive the divergence of their smut pathogens *Evolution*, 61 :388-403.

N

Ndiaye M, (1987). Rapport de stage du 14 septembre au 4 décembre 87 à l'IITA, Ibadan-Nigeria, 36p. Options méditerranéennes série A (Séminaires méditerranéens), 40: 191-201.

P

Partridge, T. R., & Wilson, J. B, (1987). Germination in relation to salinity in some plants of salt marshes in Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, 25(2), 255-261.

Pfeiffer, S., Alexandre, C., Calleja, M., Vincent, J.P, (2000). The progeny of wingless-expressing cells deliver the signal at a distance in *Drosophila* embryos. [Curr. Biol. 10\(6\): 321-324.](#)

R

Richards R. A., Reitzke G. J., Van Herwaarden A. F., Duggan B. L., Condon A, (1997). Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-66.

Ritchie S.W., Hanway J.J, (1992). How a corn plant develops. Special report No.48. Ames, IA, USA, Iowa State University.

Rouanet, G, (1997). Le maïs. Le technicien de l'agriculture. Maisonneuve et Larose éd., 142 p.

ROZET. H, (1833). Voyage dans la Régence d'Alger. - Paris. Science, 333, 616-620.

S

Sorrells M. E., Diab A. et Nachit M, (2000). Comparative genetics of drought tolerance.

Source: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.syngenta.fr%2Ftraitements%2Fanthracnose-du-mais&psig=AOvVaw26QVIH0m_HkNEewGG2jv-B&ust=1681642155098000&source=images&cd=vfe&ved=0CAQQjB1qFwoTCICp4K3bq_4CFQAAAAAAdAAAAABAghttps://www.uscpd.com/mais/

T

Tang, X., Mu, X., Shao, H., Wang, H., & Brestic, M, (2015). Global plant-responding mechanisms to salt stress: physiological and molecular levels and implications in biotechnology. *Critical Reviews in Biotechnology*, 35(4), 425-437.

Thamir, S. A., Campbell, W. F., & Rumbaugh, M. D, (1992). Response of Alfalfa cultivar to salinity during germination and post germination. *Growth Crop Science*, 32, 976-80.

Traut, E.J. et Warren, H.L, (1993). Expansion of lesion induced by races. 1.2 of 3 of *Bipolaris ziecoda*. *Maydia*, 38: 215-22. Baubricourt A.G, L Hedin ; 1988. *Le maïs et les industries*, éd A.M. Métaillé ; p 97.

V

Velasco R., Salaminif., Bartlets D, (1994). Deshydratation and ABA increase mRNA levels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the resurrection plant. *Plant mol. Biol.*,26: 541-546.

Z

Zhang J., Nguyen H.T. et Blum A, (1999). Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot*, 50: 291-302.

Résumé

Le maïs est sensible au stress hydrique surtout pendant la germination. L'étude a été menée pendant la phase de croissance du maïs sous la pression de l'eau. Avec plusieurs mesures effectuées au cours du développement de la plante : longueur et nombre de racines, longueur et nombre de feuilles.

Les résultats obtenus ont montré que les plantes germaient plus vite et plus grosses dans le milieu (sable + tourbe) par rapport au milieu (sable + tourbe + terre agricole). La longueur et le nombre de feuilles et la hauteur des plantes ont diminué sous stress hydrique, et ces résultats ont montré que la résistance des plantes dans le milieu (sable + tourbe) était supérieure à leur résistance dans le milieu (sable + tourbe + sol agricole).

Mots clés : stress hydrique, germination, *Zea mays* L. , eau, milieu.

المخلص

الذرة عرضة للإجهاد المائي خاصة أثناء الإنبات. أجريت الدراسة خلال مرحلة نمو الذرة تحت الضغط المائي. مع عدة قياسات تم إنجازها أثناء تطور النبات : طول وعدد الجذور ، طول وعدد الأوراق.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن النباتات نبتت أسرع وأكبر في الوسط (الرمل + الخث) مقارنة بالوسط (الرمل + الخث + التربة الزراعية). انخفض طول وعدد الأوراق وطول النبات تحت الإجهاد المائي ، وأظهرت هذه النتائج أن مقاومة النباتات في الوسط (الرمل + الخث) كانت أعلى من مقاومتها في الوسط (الرمل + الخث + التربة الزراعية)

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي ، الإنبات ، الذرة ، الماء ، الوسط.

Abstract

Le maïs est sensible au stress hydrique surtout pendant la germination. L'étude a été menée pendant la phase de croissance du maïs sous la pression de l'eau. Avec plusieurs mesures effectuées au cours du développement de la plante : longueur et nombre de racines, longueur et nombre de feuilles.

Les résultats obtenus ont montré que les plantes germaient plus vite et plus grosses dans le milieu (sable + tourbe) par rapport au milieu (sable + tourbe + terre agricole). La longueur et le nombre de feuilles et la hauteur des plantes ont diminué sous stress hydrique, et ces résultats ont montré que la résistance des plantes dans le milieu (sable + tourbe) était supérieure à leur résistance dans le milieu (sable + tourbe + sol agricole).

Key words: water stress, germination, *Zea mays* L., water, environment.