

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N° :.....



DOMAINE : SNV

FILIERE : SCIENCE AGRONOMIQUE

OPTION : PRODUCTION VEGETALE

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par: BOUZIDI Dounya

BOUZIDI Mouna

Intitulé

Effet du stress salin sur le comportement des plants de quelques variétés du piment cultivés dans la région de M'sila.

Soutenu devant le jury composé de:

M ^r GUENDOUZEN O.	Université de M'sila	MCB	Président
M ^r HADJ KOUIDER B.	Université de M'sila	MCB	Promoteur
M ^{me} LALLOUCHE B.	Université de M'sila	MCB	Co-Promoteur
M ^r TORCHIT N.	Université de M'sila	MCA	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

REMERCIEMENTS

Nous remercions **ALLAH** de nos avoir donnée le courage, la patience et la volonté d'avoir pu réaliser ce travail

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos plus profondes reconnaissances et nos vifs remerciements à Madame **LALLOUCHE B.** et Monsieur **HADJKOUIDER B.**, Maitres des Conférences à l'Université Mohamed Boudiaf de M'sila, pour nous avoir confié le sujet de cette étude. Nous leur suis redevable pour l'aide et les conseils qu'ils m'ont prodigués et les qualités pédagogiques et scientifiques dont ils ont fait preuve à nous égard tout le long de ce travail. Un grand merci pour leur patience lors de la correction du manuscrit.

Monsieur **GUENDOUZEN O.** nous a honorés en présidant ce Jury, qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

Monsieur **TORCHOIT N.** a accepté de faire partie de ce jury, Nous lui témoigne toute notre gratitude. Vos critiques et vos remarques nos seront d'une grande utilité.

Nous remercions l'ensemble des **Enseignants du département des Sciences Agronomiques** de l'Université de M'sila qui ont contribué à notre formation.

Nous sommes très reconnaissants envers toutes personnes, qui nos ont aidé à réaliser ce modeste travail.

DEDECACE

Je tien a dédier ce modeste travail :

*A mes chers parents mon père et ma mère pour la
Compréhension, la patience et le soutien Moral et
financier.*

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille,

A tous mes amies

DOUNYA

DEDICACE

Je tien a dédier ce modeste travail :

*A mes chers parents mon père et ma mere pour la
Compréhension, la patience et le soutien Moral et
financier.*

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille,

A tous mes amies

MOUNA

RESUME

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'influence du stress salin par différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination, les paramètres de croissance (la teneur en eau et certains osmolytes) de quelques variétés de Piment (*Capsicum annum* L.) depuis le stade germination jusqu'à la maturation complète. Les résultats obtenus d'après les travaux précédant montrent que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, la croissance biologique et la production en grains. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété en question.

Mots clé : *Capsicum annum* L., piment, salinité, germination, croissance, maturation

الملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الإجهاد الملحي بتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم على معدل الإنبات ومعاملات النمو (المحتوى المائي وبعض الأسمولات) لبعض أصناف الفلفل (الفلفل الأحمر). من مرحلة الإنبات إلى النضوج الكامل. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها من العمل السابق أن الملح له تأثير سلبي على معدل الإنبات والنمو البيولوجي وإنتاج الحبوب. ومع ذلك، فإن هذا التأثير يختلف تبعاً لشدة الضغط والجهد المعني.

الكلمات المفتاحية: الفليفلة، الفلفل الحار، الملوحة، الإنبات، النمو، النضوج

ABSTRACT

The objective of this work is to study the influence of salt stress by different concentrations of NaCl on the germination rate, the growth parameters (the water content and certain osmolytes) of some varieties of Pepper (*Capsicum annum* L.) from germination stage to complete ripening. The results obtained from previous work show that salt has a depressive effect on germination rate, biological growth and grain production. However, this effect varies depending on the intensity of the stress and the strain in question.

Keywords: *Capsicum annum* L., salinity, germination, growth, maturation

TABLE DE MATIERE

REMERCIEMENT

RESUME

TABLE DE MATIERE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION 7

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE ETUDIEE

1.1 Origine, distribution géographique et diversification	9
1.2 Classification botanique	10
1.3 Description morphologiques	11
1.4 Production et importance du piment	13
1.5 Les ressources phylogénétiques et les variétés les plus cultivées dans le monde et en Algérie	15
1.6 Les principales maladies et ravageurs du piment et méthodes de lutte	17

CHAPITRE II : La salinisation des sols

2.1 Introduction	18
2.2 Stress salin	18
2.3 Effets morphologique et physiologiques du stress salin sur les plantes	19
2.4 Mécanismes de résistance des plantes au stress salin	22
a. Exclusion et inclusion d'ions	22
b. Synthèse des solutés compatibles	22
c. Contrôle de l'absorption ionique par les racines	22
d. Modifications de la capacité photosynthétique	23
e. Induction d'antioxydants	23
f. Induction des hormones végétales	23

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX

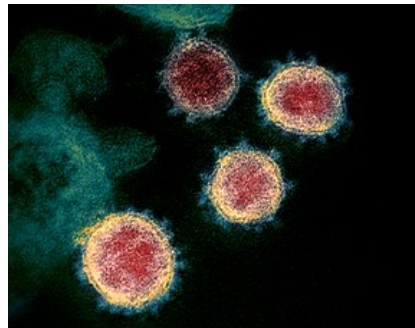
Figure 1.1 :	Distribution géographique du piment dans le monde (Pickersgill, 1969)	10
Figure 1.2 :	Fruits de cinq espèces de Capsicum (Guzmán and Bosland, 2017).	11
Figure 1.3 :	Plant, fruit et fleurs de Capsicum annuum) (Orobiyi et al, 2013; van Zonneveld et al., 2015)	12
Figure 1.4 :	Plant, fruit et fleurs de Capsicum chinense (Orobiyi et al, 2013 ; van Zonneveld et al., 2015)	12
Figure 1.5 :	Plant, fruit et fleurs de C. frutescens (Hegde et al, 2014 ; Zonneveld et al., 2015)	12
Figure 1.6 :	Plant, fruit et fleurs de C. baccatum (Do Rêgo et al., 2012; Zonneveld et al., 2015)	12
Figure 1.7 :	Plant, fruit et fleurs de C. pubescence (Tripodi et Greco, 2018 ; Zonneveld et al., 2015)	12
Figure 2.1 :	Effet du stress salin chez la plante : le stress salin provoque une toxicité ionique et osmotique par l'augmentation du contenu intracellulaire en cation Na^+ , Ca^{2+} , l'activation du système antioxydant et un changement de la balance hormonale provoque une forte diminution dans l'activité photosynthétique et une sénescence foliaire précoce (Mahjoubi, 2018)	21
Tableau 1.1 :	Production du piment au niveau national 2011-2015	14
Tableau 1.2:	Principales maladies et ravageurs du piment et méthodes de lutte	17

INTRODUCTION

Le piment appartient au genre *Capsicum*. C'est l'un des légumes les plus consommés dans le monde. Le genre *Capsicum* compte plus de 25 espèces dont seulement cinq (*C. annuum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L. et *C. pubescens* Garder.) sont les plus cultivées dans le monde (Costa et al., 2009). Le Piment est consommé frais, séché ou en poudre, riche en glucides, protéines, lipides, sels minéraux (Ca, P, Fe) en vitamines A, D3, E, C, K, B2 et B12 et les fibres. Le Piment est une excellente source de composés phytochimiques liés à la santé, tels que les caroténoïdes (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), flavonoïdes, tocophérols (vitamine E), et capsaïcinoïdes qui sont très importants dans la prévention des maladies chroniques telles que le cancer, la toux, l'asthme, des maux la gorge, les maux de dents les maladies cardiovasculaires et le diabète (Zhang et al., 2012). De plus, il a été constaté que piment possède des propriétés antioxydantes, anti-mutagenèse, hypocholestérolémiant et propriétés immunosuppressives ; il inhibe également la croissance bactérienne et l'agglomération des plaquettes. En effet, des études récentes confirment que la consommation de piment frais facilite la digestion des féculents (Bhattachayara et al., 2010 ; Dansi et al., 2010). En Algérie et en particulier dans les régions arides et semi-arides, la salinité est le principal facteur qui réduit le rendement et ses composantes et constitue une contrainte majeure à la productivité agricole (Abdel Latef 2010). Actuellement, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par le problème de salinisation des sols (Sheng et al., 2008). L'Algérie n'échappe pas à ce phénomène et la sécheresse prolongée a conduit à une salinisation de 3.2 millions d'hectares de terres (Benmahioul et al., 2009). Dans ce contexte, l'utilisation de variétés tolérantes ou résistantes est recommandé (Alvarez et al., 2011). En revanche, une étude approfondie basée sur les descripteurs morphologique, physiologique et moléculaire de la diversité variétale existante et des performances agronomiques des variétés locales est nécessaire pour améliorer le rendement (Hadjkouider et al., 2017). En Algérie, le piment est culture stratégique. Il est cultivé en plein air et sous serre. Toutefois, cette culture fait face à plusieurs contraintes biotique dont essentiellement la salinité. Dans ce contexte, cette étude a été menée dans le but de tester la tolérance au sel (Na Cl) de quelques variétés locales de Piment.

Dans ce document, nous avons enlevé les deux dernières parties (matériels et méthodes et résultats et discussion) suite de confinement imposée aux populations par l'État Algérien afin de faire face à la propagation du coronavirus (pandémie mondiale) qui s'est propagé dans le monde entier.

La **pandémie de Covid-19** est une crise sanitaire majeure provoquée par une maladie infectieuse émergente apparue fin 2019 en Chine continentale, la maladie à coronavirus 2019, dont l'agent pathogène est le SARS-CoV-2. Ce virus est à l'origine d'une pandémie, déclarée le 11 mars 2020 par l'Organisation mondiale de la santé. En Algérie, elle se propage à partir du 25 février 2020 lorsqu'un ressortissant italien est testé positif au SARS-CoV-2



SARS-CoV-2 vu au microscope électronique.

Classification

Type : Virus
Domaine : Riboviria
Ordre : Nidovirales
Sous-ordre : Coronidovirineae
Famille : Coronaviridae
Sous-famille : Orthocoronavirinae
Genre : Betacoronavirus
Sous-genre : Sarbecovirus
Espèce : SARSr-CoV

Forme

SARS-CoV-2

ICTV1

Classification phylogénétique

Position :

Espèce : SARSr-CoV
SARS-CoV (humain ; SRAS)
SARSr-CoV WIV1 (chauve-souris)
SARSr-CoV HKU3 (chauve-souris)

SARSr-CoV RP3 (chauve-souris)
SARS-CoV-2 (humain COVID-19)

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ESPECE ETUDIEE

1.1 Origine, distribution géographique et diversification

Le piment est une plante maraîchère, appartenant à la famille des Solanacées, laquelle inclue beaucoup de plantes à grand intérêt économique tels que les tomates, la pomme de terre et les aubergines (Bosland, 1994, Coon, 2003 ; González-Zamora et al., 2015 ; Romero-Castillo et al., 2015). C'est un fruit tropical originaire de l'Amérique (Sud et Centrale), puis disséminé en Europe, en Afrique et en Asie (Menichini et al., 2009 ; Zimmer et al., 2012).

Le piment est originaire du nouveau monde, où il a été domestiqué il y a 9000 ans. Il comporte plus de 200 variétés regroupées en plus de 30 espèces. L'espèce *Capsicum annum* est actuellement la plus répandue et la plus cultivée parmi les cinq (*Capsicum annum* L., *Capsicum frutescens*, *Capsicum chinenses*, *Capsicum pubescens* et *Capsicum baccatum* var *pendalum* (Eshbaugh, 1977), elle comporte beaucoup de variétés allant des plus douces aux plus fortes (Kumar et al., 2009). Elle est originaire du Mexique, du Guatemala et du sud des États-Unis. Sa culture s'étend sur les cinq continents.

La culture du piment est donc très ancienne. À l'origine, la culture du piment n'était faite qu'à des fins décoratives ; par la suite, on l'utilisa en médecine et on l'apprécia ensuite pour sa valeur culinaire. S'adaptant très facilement, il s'est propagé rapidement, surtout grâce à Magellan qui l'introduisit en Afrique et en Asie. Le piment est vivace dans les régions tropicales et annuelles dans les régions tempérées. Cette espèce est cultivée principalement dans les états du sud des États-Unis (notamment la Californie), le sud de l'Europe (plus particulièrement la Hongrie, l'Espagne, l'Italie, l'ex-Yougoslavie, la Bulgarie et la Roumanie), ainsi que le Nord d'Afrique, l'Amérique centrale et le Brésil (Lefebvre et al., 2002; Teuscher et al., 2005) (Figure 1.1).



Figure 1.1 : Distribution géographique du piment dans le monde (Pickersgill, 1969)

1.2 Classification botanique

Le piment (*Capsicum annum* L.), est une plante dicotylédone qui appartient à la famille des solanacées, sa classification selon (De, 2003) est la suivante :

- Règne : Plantae
- Division : Magnoliophyta.
- Classe : Magnoliopsida.
- Ordre : Solanales.
- Famille : Solanacées.
- Genre : Capsicum.
- Espèce : Capsicum annum L.

1.3 Description morphologiques

Le piment est une gousse plus au moins charnue qui contient de nombreuses graines dans sa cavité intérieure. Il existe près de 10 espèces de piments qui se présentent sous des formes, tailles, couleurs et saveurs différentes (Bernier et al., 2004) (Figures 1.2).



Figure 1.2 : Fruits de cinq espèces de *Capsicum* (Guzmán and Bosland, 2017).

A: Capsicum annuum A) Asian, B) Cayenne, C) Chile de Arbol, D) Chiltepin, E) Hungarian Paprika, F) Jalapeño, G) New Mexican, and H) Poblano.

I: Capsicum baccatum pod type is I) Aji.

J: Capsicum chinense pod types are J) Bhut Jolokia, K) Habanero, and L) Scorpion.

M: Capsicum pubescens pod type is M) Rocoto and

N: Capsicum frutescens pod type is N) Tabasco

Capsicum annuum L., se caractérise par une corolle de couleur blanche, un calice dentelé et la présence d'une seule fleur par nœud des anthères bleues ou violettes. *C. chinense*, originaire de l'Amazonie, est génétiquement l'espèce la plus proche de *C. annuum*. Sa caractéristique la plus distinctive est la présence d'une constriction entre le calice et le pédoncule, et l'insertion de plusieurs fleurs (fruits) par nœud. Il est admis que *C. annuum* et *C. chinense* auraient divergées d'un ancêtre commun (Figure 1.3 et 1.4).



Figure 1.3 : Plant, fruit et fleurs de *Capsicum annuum*) (Orobiyi et al, 2013; van Zonneveld et al., 2015)



Figure 1.4 : Plant, fruit et fleurs de *Capsicum chinense* (Orobiyiet al, 2013 ; van Zonneveld et al., 2015)

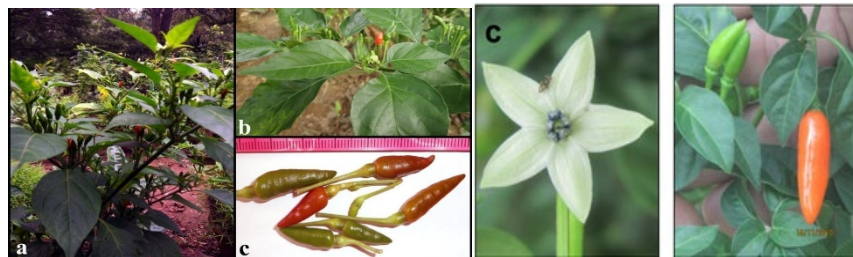


Figure 1.5 : Plant, fruit et fleurs de *C. frutescens* (Hegde et al, 2014 ; Zonneveld et al., 2015)



Figure 1.6 : Plant, fruit et fleurs de *C. baccatum* (Do Rêgo et al., 2012; Zonneveld et al., 2015)



Figure 1.7 : Plant, fruit et fleurs de *C. pubescence* (Tripodi et Greco, 2018 ; Zonneveld et al., 2015)

Capsicum frutescens serait originaire du Mexique, se caractérise par de fleurs de couleur verdâtre érigées formant un angle aigu à la jonction calice pédoncule (**Greenleaf, 1986**) (**Figure 1.5**).

Capsicum baccatum et *Capsicum pubescens* sont originaires du Pérou et/ou de la Bolivie (**Pickersgill, 1969**). *Capsicum baccatum* se distingue par des fleurs blanches, la présence de spots jaunes sur la corolle et des étamines libres. *Capsicum pubescens* se différencie des autres espèces par des feuilles velues et des graines noires de forme irrégulières (**Figure 1.6 et 1.7**).

Le piment est une espèce autogame. Des taux d'allo-pollinisation varient de 7,6 à 36,8% avec une moyenne de 16,5% au champ, **Greenleaf, (1986) citant Odland et Poter (1941)**. Ce taux d'allogamie peut parfois dépasser 40% suivant les conditions environnementales (**Breuils et Pochard, 1975**), notamment du fait de l'action de nombreux insectes pollinisateurs comme les abeilles, les mouches, les thrips, voire atteindre 90% du fait de la protogynie, commune chez cette espèce. Cette situation amène certains auteurs à penser que le piment devrait être considéré comme une espèce allogame facultative (**Odland & Poter, 1941 ; Franceschetti, 1971**). Il est ainsi nécessaire pour le sélectionneur de s'entourer de précautions d'isolement lors de la production de semences issues d'autofécondation comme de croisements. Le genre étant hermaphrodite, il est nécessaire de procéder à la castration de la fleur avant l'anthèse.

1.4 Production et importance du piment

Dans le monde, la consommation des fruits de *Capsicum*, qui sont probablement classés parmi les premiers épices (additifs alimentaires), ne cesse d'augmenter (**Kouassi et Koffi-Nevry, 2012**). Les principaux producteurs mondiaux de piments frais sont la Chine (14 millions tonnes, 47 % de la production mondiale), le Mexique (1,8 millions) et la Turquie (1,7 million de tonnes) (**F.A.O., <http://faostat.fao.org>. 2007**).

En Afrique, l'Égypte et le Nigeria sont les premiers producteurs africains de piment frais alors que l'Éthiopie est le premier producteur de piment sec avec 115 000 t. L'Inde avec 1,2 million de tonnes est le premier producteur mondial de piment séché suivi de la Chine. Pour la productivité, les Pays-Bas détiennent le record mondial de rendement en production de piment frais avec 267 t / ha. Avec un rendement moyen en production de

piment frais de 1,41 t / ha, le Cameroun est parmi les trois derniers mondiaux. La Réunion détient le record mondial de productivité de piment séché avec un rendement de 15,56 tonnes/ha.

L'Algérie est classé neuvième au niveau mondial dans la production de piment avec 426566 milliers de tonnes (MT) en 2012 (FAO, 2015).

En Algérie, le **tableau 1.1**, révèle une augmentation remarquable au cours des deux dernières années liée à un élargissement des superficies consacrées à cette culture d'un part et d'autre part à la sensibilisation des agriculteurs quant à l'amélioration des techniques culturales et à l'utilisation des variétés hybrides à haut rendement dans le secteur agricole.

Tableau 1.1 : Production du piment au niveau national 2011-2015

Années	Superficie	Production	Rdt (ha) (qx) qx/ha
2 011	9 998	1 690 280	169,1
2012	10389	1815438,0	174,7
2 013	10284	2144550	208,532672
2014	10239	2335502	228,098642
2 015	10589,8825	2472574,025	233,484557

Source : DSA Ain-Defla 2017

Dans le monde, l'importance de cette plante est surtout due au fait que sa culture génère des revenus substantiels à des milliers de familles.

Le piment (*Capsicum annuum* L.) est l'une des espèces maraichères les plus cultivées et les plus consommées en Algérie. Grâce à sa saveur et son goût piquant, le fruit est très apprécié pour son utilité culinaire sous ces formes frais ou transformé.

Capsicum annuum est un légume frais et une épice utilisé dans l'alimentation (Hoffman et al., 1983). L'industrie agroalimentaire utilise le piment comme colorant et comme épice. Son utilisation comme colorant est due à la présence de la capsanthine et la capsorubine. les fruits de *Capsicum* sont employés en médecine traditionnelle pour leurs

propriétés antimicrobiennes dues aux métabolites secondaires qu'ils contiennent (**Hervert-Hernandez et al., 2010; Kouassi et al., 2010**).

Capsicum annum reconnu comme agents (**Krinsky, 1994 ; Matsufuji et al., 1998, Grunwald et Christof, 2004**) :

Anti-inflammatoire : peut être utilisé en cataplasme pour traiter certaines inflammations rhumatismales (ne pas utiliser sur une plaie) ;

Antibactérien, antiseptique, diurétique, sudorique : Gripes, rhumes, bronchites, pathologies rhumatismales, prévention de maladies cardio-vasculaires, digestions difficiles, gastroentérites, activateur de l'appétit ;

Antioxydant : prévention de l'oxydation cellulaire, renforcement de la tonicité physique, renforcement des défenses immunitaires, prévention de certains cancers (**Christof, 2004**).

1.5 Les ressources phylogénétiques et les variétés les plus cultivées dans le monde et en Algérie

D'après **Bosland et al., (2000)** et **Costa et al., (2009)**, le genre *Capsicum* compte 25 espèce. Il existe en fait cinq espèces de piments domestiquées, chacune distinguable (en partie) grâce à ses fleurs (**Baral et Bosland, 2002**) dont 5 domestiquées (Tableau 1.1).

La grande variabilité de *Capsicum* a été largement exploitée par les sélectionneurs. Trois variétés anciennes sont conservées dans un registre annexe du catalogue officiel pour les jardiniers amateurs. On classe les variétés en 3 catégories :

Les poivrons à gros fruits doux de différentes formes ;

Les piments à petits fruits pointus et à saveur plus ou moins brûlante ;

Les piments doux à petits fruits pointus non-piquants (**Marchoux et al., 2008**).

Dans le monde : Cayenne, Gorria, Tabasco, Habanero, Lipari, Corne de bœuf.

En Algérie : Eternel, Lipari, Italice, Doux Marconi, Doux d'Espagne (type doux) ,
Corne de chèvre, Nour, Foughal, Capel hot (type piquant) .

1.6 Les principales maladies et ravageurs du piment et méthodes de lutte

Il existe dans la littérature plusieurs études traitant des maladies du piment (Palloix, 1992 ; Yoon et al., 1989) (tableau 1 .2).

Tableau 1.2 : Principales maladies et ravageurs du piment et méthodes de lutte

Type de maladie	Maladie	Agent pathogène	Vecteur ou cause	Symptômes	Lutte
Viroses	Panachure du piment	Pepper Mottle Virus (PMV)	Pucerons	Décoloration uniforme des feuilles	Utiliser les variétés tolérantes (cf tableau 1) Traiter les vecteurs avec du diméthoate par exemple Callidim 400 EC
	Mosaïque	Cucumber Mosaic (CMV)	Pucerons	Décoloration, tâches et malformation des feuilles et des fruits Nanisme des plantes	Maintenir une bordure (1 m de large) propre ou planter 2 rangées de maïs autour des champs. Traiter les vecteurs avec du diméthoate par exemple Callidim 400EC
	Nécrose vira- le du piment	Tomato Spotted Wilt Virus	Thrips (Thrips tabaci)	Marbrure, décoloration et malformation des feuilles et fruits suivie de nécrose	Utiliser les variétés tolérantes (cf tableau 1) Traiter les vecteurs avec du diméthoate par exemple Callidim 400EC
Maladies fongiques	Alternariose	Alternaria solani	Semences non traitées aux fongicides	Taches marrons sur les fruits matures, puis nécro- se des taches	Détruire les débris au champ. En cas d'attaque, traiter la parcelle au mancozèbe, par exemple Ivory 80WP à raison de 35 g pour 100 m ² .
	Fusariose	Fusarium oxysporum	Semences non traitées aux fongicide	Jaunissement du feuillage, puis flétrissement de la plante	Détruire les débris au champ. Utiliser la variété tolérante PM17/04A Faire une rotation culturale
Bactériose	Flétrissement bactérien	Ralstonia spp.	Semences non traitées Eau d'irrigation	Flétrissement brutal de la plante, puis dessèche- ment	Utiliser la variété tolérante PM17/04A Choisir un sol drainant bien Faire une rotation culturale
Nématodes	Nématode	Meloïdogyne spp.	Culture continue	Galle racinaire, mauvais développement de la plante	Faire une rotation culturale
Type de ravageur			symptômes		Lutte
Insectes	Chenilles de mouche du fruit Ceratitis capitata			Attaque des feuilles, bourgeons et fruits du piment Dégât occasionnel	Traiter à la deltaméthrine, par exemple Décis 15,5EC ou à la cyperméthrine, par exemple Cypercal 250EC

Source : (FONDIO et al)

CHAPITRE II**La salinisation des sols****2.1 Introduction**

Le sujet sur la salinité des sols est large et varié. L'examen d'une bibliographie complète est donc difficile. Dans ce chapitre, la bibliographie se limite qu'aux sujets qui sont directement liés à la recherche menée dans ce travail.

Selon **Lahlou et al, (2002)**, un apport massif d'eau suite à une irrigation ou à une forte pluviométrie entraîne une dissolution des minéraux qui existent naturellement dans le sol, tel que la calcite ou le gypse, et leur percolation profonde jusqu'au nappes phréatiques.

L'eau des nappes devient ainsi plus chargée. Lorsque la nappe s'approche de la surface et qu'elle devient facilement exploitable à des fins d'irrigation, les sels initialement dissous précipitent sous l'effet de l'évapotranspiration et entraînent une augmentation de la concentration saline dans les sols. En plus si la nappe est surexploitée à proximité de la mer, et que le niveau de la nappe descend en dessous du niveau de la mer, l'eau de cette dernière remonte pour équilibrer le niveau et entraîne l'augmentation de la concentration en sels dans la nappe.

L'irrigation ne fait qu'aggraver ce problème, en effet, les sels sont apportés dans le sol à chaque irrigation, la culture prélève dans le sol ses besoins en eau, en laissant sur le sol une solution très concentrée en sel. Cette concentration sera encore très importante par l'irrigation suivante.

2.2 Stress salin

La salinité affecte 6% des terres agricoles et est définie par une forte accumulation de sel soluble (**Munns, 2005**).

L'Algérie possède de vastes étendues salées et d'importantes quantités d'eaux de qualité très médiocre (**Halitim, 1985**). Cette situation est aggravée par une évaporation

estivale intense qui favorise la remontée des sels en surface, diminue le potentiel osmotique de la solution de sol et menaçant les processus physiologiques de la plante (**Guerrier, 1983**).

Pour soutenir la production agricole des sols affectés par la salinité, deux solutions ont été proposées :

L'une reposant sur une meilleure gestion de l'irrigation,

L'autre sur l'utilisation des espèces ou de variétés plus tolérantes au sel.

L'étude du comportement des plantes dans des conditions du stress salin a montré qu'il existait un seuil de salinité toléré par les plantes, qui est très variable suivant les espèces, les variétés, mais aussi suivant les génotypes (**Cornillon & Palloix, 1997**). Il est établi actuellement que la capacité à tolérer des concentrations salines plus ou moins élevées est un caractère génétique chez les plantes, et qu'il existe un potentiel génétique à priori exploitable pour l'amélioration (**Epstein et al., 1980**). Or, cette amélioration passe par l'identification des caractères que les améliorateurs peuvent exploiter dans des programmes de sélection (**Munns, 1993**).

2.3 Effets morphologique et physiologiques du stress salin sur les plantes

Le piment (*Capsicum. Annuum L.*) est une plante glycophyte (**Cornillon et Palloix, 1997 ; Hakan et al., 2006; R'him et al., 2013**) ou modérément sensibles (**Navarro et al., 2010 ; Rubio et al., 2009**) à la salinité. Donc la salinité peut être l'un des facteurs majeurs qui agissent sur le rendement dans les zones irriguées, notamment les régions arides et semi-arides, qui sont caractérisées par une forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une pluviométrie irrégulière et insuffisante. La culture du piment nécessite des apports d'eau relativement importants, alors que les eaux d'irrigation utilisées, sont souvent chargées en sels. En effet, l'eau provenant des barrages présente une charge en sel de 2 à 3 g.l⁻¹, et celle des puits titre de 4 jusqu'à 7 g.l⁻¹ (**Hachicha et Braudeau, 1998**), suite à une surexploitation ou à une intrusion des eaux saumâtres ou de l'eau de mer. De plus, la fertilisation et l'irrigation sous serre conduisent à augmenter la concentration des sels dans le sol. Les données concernant les effets du stress salin sur la croissance du piment sont rares. Il est considéré comme sensible (**Cornillon & Palloix, 1997**) ou modérément sensible

(Navarro *et al.*, 2010) à la salinité. Lorsque la conductivité électrique (CE) est de 1,5 ds/m, le rendement baisse de 14% et peut atteindre 50% de réduction à une CE de l'ordre de 5,8 dS/m (Maas & Hoffman, 1977). L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement export, suite à la réduction du calibre et du poids frais du fruit (Chartzoulakis & Klapaki, 2000, Navarro *et al.*, 2010). En effet, la salinité réduit la croissance et la productivité de la culture en raison de la diminution de potentiel osmotique dans le sol et de l'augmentation de la concentration de ions Na⁺ et Cl⁻, qui atteint alors un niveau toxique pour la plante. Le chlorure de sodium est susceptible de perturber la nutrition minérale des plantes en interférant avec le prélèvement de certains éléments essentiels (potassium, calcium), soit par substitution, soit par compétition au niveau des sites d'absorption membranaire (Zid & Grignon, 1991). Le déséquilibre de la balance ionique induit par le sel affecte directement et/ou indirectement plusieurs processus physiologiques et métaboliques se traduisant à l'échelle de la plante par l'inhibition de la croissance (Munns, 2002).

Kpinkoun *et al.*, 2019, ont montré que le stress salin réduit la croissance des cinq cultivars de piment évalués quel que soit le paramètre de croissance pris en compte. Le cultivar Gbatakin maintient une meilleure croissance en présence du NaCl avec l'indice de tolérance au sel le plus élevé et apparaît de ce fait comme le plus résistant des cinq cultivars testés tandis que les cultivars Adologbo et TPS 0251 qui présentent les croissances les plus faibles en présence de NaCl avec les indices de tolérance au sel les plus faibles sont les plus sensibles.

De nombreux auteurs (Chartzoulakis et Klapaki, 2000 ; Zribi, 2009) ont remarqué que doses de NaCl supérieures à 150 mM réduisent fortement la croissance végétative et causent des symptômes de brûlures et de toxicité. Alors que R'him *et al.*, (2013) trouvent que l'effet du sel commence à se sentir à partir de 25 mmol de NaCl chez la variété douce de Nabeul, la variété Nabeul qui est de type piment doux est plus sensible au sel que les variétés Beldi et Midass. Cette dernière qui est très piquante s'est montrée plus tolérante à la salinité vu qu'elle n'a été affectée que lorsque la dose de sel est élevée (supérieure 50 mmol). Ce comportement adaptatif est dû à l'origine de l'écotype Midass qui est cultivé essentiellement au sud tunisien et où la charge en sel de l'eau d'irrigation dépasse 3,5g/l (60mM) (Slama, 2004) et à la présence probablement de la capsaïcine.

Chartzoulakis et Klapaki, (2000); Navarro et al., (2003), Cabanero et al, (2004) ; Munns et Tester (2008) ; Niu et al.,(2010) ont rapporté que la réduction de la croissance de la plante est due aux diminutions du potentiel osmotique dans le sol, de la photosynthèse; de la conductance stomatique et aussi à l'augmentation de la concentration des ions Na^+ et Cl^- , qui atteignent des niveaux toxiques pour la plante. En effet, la salinité est susceptible de perturber la nutrition minérale des plantes en interférant avec le prélèvement de certains éléments essentiels comme le potassium et le calcium et ceci soit par substitution, soit par compétition au niveau des sites d'absorption membranaire (**Zid et Grignon, 1991**).

De plus, l'augmentation de NaCl diminue l'absorption du potassium et du calcium et interfère avec leurs fonctions physiologiques (**Zhu, 2000 ; Yoshida, 2002**). Par conséquent, la capacité des géotypes à maintenir des niveaux plus élevés de K^+ et de Ca^{2+} et de faibles niveaux de Na^+ dans les tissus est l'un des mécanismes clés contribuant à l'expression de la tolérance au sel (**R'him et al., 2013**) (**Figure 2.1**).

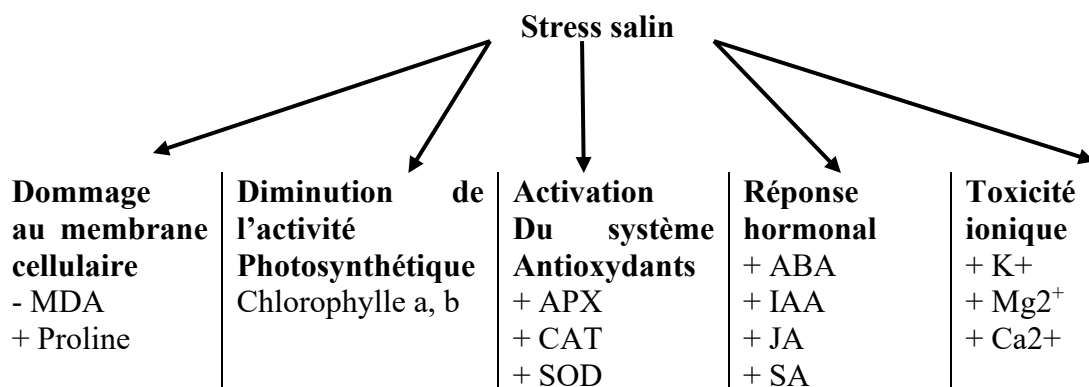


Figure 2.1 : Effet du stress salin chez la plante : le stress salin provoque une toxicité ionique et osmotique par l'augmentation du contenu intracellulaire en cation Na^+ , Ca^{2+} , l'activation du système antioxydant et un changement de la balance hormonale provoque une forte diminution dans l'activité photosynthétique et une sénescence foliaire précoce (**Mahjoubi, 2018**)

En effet, **Mansour (2003) et Zeng (2003)** ont signalé que les géotypes de piment tolérants au sel sont capables de maintenir un rapport K^+ / Na^+ élevé. Cette sélectivité importante est réalisée par la réduction de l'absorption de Na^+ et la promotion de l'absorption de K^+ (**Haouala et al., 2007**). Le maintien d'un rapport de sélectivité élevé sur

des plantes de poivron est due à la présence des ions Ca^{2+} (Rubio *et al.*, 2003). La capacité des géotypes à expulser Na^+ à partir des racines dans le milieu de croissance et à maintenir un ratio K^+/Na^+ élevé est une expression de la tolérance au sel (Yoshida, 2002; Zhu, 2002). Pour Munns et James (2003), le mécanisme d'exclusion de Na^+ est étroitement corrélé avec la tolérance à la salinité chez des géotypes de blé tétraploïde.

2.4 Mécanismes de résistance des plantes au stress salin

Levitt (1980) a qualifié les mécanismes d'évitement et de tolérance et a utilisé le terme «résistance aux sels» pour désigner une combinaison de stratégies de tolérance et d'évitement :

a. Exclusion et inclusion d'ions

L'élimination du sodium du cytoplasme ou de la compartimentation dans les vacuoles est effectuée par un enzyme anti-sel Na^+ / H^+ inducible par le sel (Apse *et al.*, 2003). Cependant, l'inclusion d'ions dans le cytoplasme peut conduire à un ajustement osmotique qui est généralement accepté comme une adaptation importante à la salinité (Hanana *et al.*, 2009).

b. Synthèse des solutés compatibles

Les solutés compatibles comprennent principalement la proline et la glycine bêtaïne (Girija *et al.*, 2002). Ces composés sont rapportés pour fonctionner dans l'ajustement osmotique, la protection des macromolécules cellulaires et le piégeage des radicaux libres. D'autres solutés compatibles qui s'accumulent dans les plantes sous stress salin comprennent des glucides tels que les sucres (glucose, fructose, saccharose, fructanes) et de l'amidon (Parida *et al.*, 2002).

c. Contrôle de l'absorption ionique par les racines

Il est bien documenté qu'un degré plus élevé de tolérance au sel chez les plantes est associé à un système plus efficace pour l'absorption sélective de K^+ sur Na^+ (Noble et Rogers, 1992).

d. Modifications de la capacité photosynthétique

La régulation de la biosynthèse du métabolisme et de l'activité de la chlorophylle est primordiale pour les processus physiologiques. Cette régulation de la biosynthèse de la chlorophylle peut être une bonne stratégie de défense. Depuis la biosynthèse de la chlorophylle est une ramification de la voie de l'acide mévalonique, voie importante du métabolisme secondaire, les voies de ce point clé (α -levulunate) sont probablement détournées vers la biosynthèse des osmolytes compatibles.

e. Induction d'antioxydants

Les plantes possèdent des systèmes efficaces pour éliminer les espèces d'oxygène actif qui les protègent des réactions oxydatives destructrices. Ces mécanismes peuvent être divisés en deux catégories selon l'implication directe ou indirecte des enzymes (Sofó *et al.*, 2004). La synthèse des métabolites secondaires tels que le tocophérol, les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les caroténoïdes permet à la cellule végétale de se protéger contre les agents agresseur provoqués par les contraintes du milieu (Misirli *et al.*, 2001), ces mécanismes non-enzymatique maintien l'équilibre oxydo-reducteur de la cellule (Leopoldini *et al.*, 2011). Par ailleurs, les enzymes antioxydantes sont des éléments clés dans les mécanismes de défense.

f. Induction des hormones végétales

Les effets inhibiteurs du NaCl sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilés se sont révélés être atténués par ABA qui agit sur l'ouverture et la fermeture des stomates (Grondin *et al.*, 2015). Il existe également des preuves de l'implication de l'ABA dans la phosphorylation/ réversible des protéines, via des kinases de type MAPK (Mitogen Activated Protein Kinase), ou CDPK (kinases Ca^{2+} -dépendantes) et des phosphates (Kroniewicz, 2011).

L'augmentation de l'absorption de Ca^{++} est associée à l'élévation de l'ABA sous stress salin et contribue ainsi à l'entretien de l'intégrité membranaire, ce qui permet aux plantes de réguler l'absorption et le transport à des niveaux élevés de salinité externe à plus

long terme (**Chen et al., 2001**). l'ABA réduit la libération de l'éthylène et provoque l'abscission des feuilles probablement en diminuant l'accumulation d'ions Cltoxiques dans les feuilles (**Gomezcadenas et al., 2002**)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Abdel Latef, A.A., 2010. Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. *Cereal Res. Comm.* 38, 43–55.

Alvarez-Parrilla, L.A. la Rosa, R. Amarowicz, F. Shahidi, 2011. Antioxidant activity of fresh and processed jalapeño and Serano peppers. *J. Agric. Food Chem.* 2011, 59, 163–173.

Apse, M. P., Sottosanto, J. B., Blumwald, E. (2003). Vacuolar cation/H⁺ exchange, ion homeostasis, and leaf development are altered in a T-DNA insertional mutant of AtNHX1, the Arabidopsis vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter. *The plant journal*, 36(2), 229-239.

Baral, J. B., & Bosland, P. W. (2002). *An updated synthesis of the Capsicum genus* (No. RESEARCH).

Bernier, J., Domenge, C., Ozsahin, M., Matuszewska, K., Lefèbvre, J. L., Greiner, R. H., & Cognetti, F. (2004). Postoperative irradiation with or without concomitant chemotherapy for locally advanced head and neck cancer. *New England Journal of Medicine*, 350(19), 1945-1952.

Bhattacharya A, Chattopadhyay A, Mazumdar D, Chakravarty A, Pal S (2010). Antioxidant Constituents and Enzyme Activities in Chilli Peppers. *International journal of vegetable science*, 16, 201 – 211.

Benmahioul B., Daguin F., et Kaid-Harche M., 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). *C. R. Biologies*, 332 :164- 170.

Bosland, P.W. 1994. Chiles: history, cultivation, and uses. p. 347-366. In: G. Charalambous (ed.), *Spices, herbs, and edible fungi*. Elsevier Publ., New York.

Breuil, G., & Pochard, E. (1975). Hybrid seed production in the pepper 'Lamuyo-INRA' with the male-sterile mutant ms 509. In *ANNALES DE L'AMELIORATION DES PLANTES* (No. RESEARCH).

Bosland PW, Botava EJ (2000). *Peppers: vegetable and spice capsicums*. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom, 204 p.

Cabanero, F.J., Martinez, V., Carvajal, M., 2004. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake? *Plant Sci.* 166, 443–450. *Comptes Rendus Biologies*, 332, 752-758.

Chartzoulakis, K., Klapaki, G., 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.* 86, 247–260.

- Chen, S., Li, J., Wang, S., Hüttermann, A., & Altman, A. (2001).** Salt, nutrient uptake and transport, and ABA of *Populus euphratica*; a hybrid in response to increasing soil NaCl. *Trees*, 15(3), 186-194
- Cornillon P. & Palloix A., 1997,** Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1085-1094.
- Coon, D. (2003).** Chile Peppers: Heating up Hispanic foods. *Food. Tech*, 57(1):39-43.
- Costa LV, Lopes R, Lopes MTG, de Figueiredo AF, Barros WS, Alves SRM (2009).** Cross compatibility of domesticated hot pepper and cultivated sweet pepper. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 9: 37-44
- Dansi A, Adoukonou-Sagbadja H, Vodouhe R (2010).** Diversity, conservation and related wild species of Fonio millet (*Digitaria* spp.) in the northwest of Benin. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 57: 827-839.
- DSA d'Ain Defla, 2017.** Données statistiques. Document interne non publié.
- De, A. (2003).** Capsicum: The genus *Capsicum*. Medicinal and aromatic plants - industrial profiles, 33
- Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A., & Wrona, A. F. (1980).** Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, 210(4468), 399-404.
- Eshbaugh, W. H. 1977.** The taxonomy of the genus *Capsicum*—Solanaceae. Pages 13–26. In : E. Pochard, editor. “*Capsicum 77.*” *Comptes Rendus 3me Congrès EUCARPIA Piment*, Avignon-Montfavet, France.
- FAO. (2015).** Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
- FAOSTAT 2007,** F.A.O., [http : //faostat.fao.org](http://faostat.fao.org)
- Franceschetti, U. (1971, September).** Natural cross-pollination in pepper (*Capsicum annuum* L.). In *Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum* (pp. 16-18).
- Girija, C., Smith, B. N., & Swamy, P. M. (2002).** Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 47(1), 1-10.
- Grondin, A., Rodrigues, O., Verdoucq, L., Merlot, S., Leonhardt, N., & Maurel, C. (2015).** Aquaporins contribute to ABA-triggered stomatal closure through OST1-mediated phosphorylation. *The Plant Cell*, 27(7), 1945-1954.

Gomez-Cadenas, A., Arbona, V., Jacas, J., Primo-Millo, E., & Talon, M. (2002). Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 21(3), 234-240.

González-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Pérez-Morales, R., Vázquez-Vázquez, C., Gallegos Robles, M. A., López-Martínez, J. D., García-Hernández, J. A. (2015). Measurement of Capsaicinoids in Chiltepin Hot Pepper: A Comparison Study between Spectrophotometric Method and High Performance Liquid Chromatography Analysis. *J. Chem.* 2015, 709150, 10.

Greenleaf, W. H. (1986). Pepper breeding. *Breeding Vegetable Crop*, 67-134.

Guerrier, G. (1983). Capacité germinative des semences en fonction des doses graduelles en NaCl. Importance des transferts sur milieux sodés ou témoin.

Grunwald J. et CHRISTOF J., 2004. Guide de la phytothérapie, département de biologie. L'origine de l'agriculture P261.

Guzman, I., & Bosland, P. W. (2017). Sensory properties of chile pepper heat and its importance to food quality and cultural preference. *Appetite*, 117, 186-190.

Hadjkouider, B., Boutekrabet, A., Lallouche, B., Lamine, S., & Zoghlami, N. (2017). Polymorphism analysis in some Algerian Opuntia species using morphological and phenological UPOV descriptors. *Botanical Sciences*, 95(3), 391-400. Hadjkouider et al., 2017).

Hachicha M. & Braudeau E., 1998. Irrigation et salinisation en Tunisie, sols de Tunisie, 18, 3-11.

Hanana M, Cagna O, Zerrouk KM, Blumwald E. (2009). Rôle biologiques des antiports vacuolaires NHX : acquis et perspectives d'amélioration génétiques des plantes. *Botanique*, N°87 :1023-1035.

Hakan, A. K., Abak, M., ZT-R, L. and S. Akmak, 2006. The effect of zinc on growth and shoot concentrations of sodium and potassium in pepper plants under salinity stress. *Turk. J. Agri. For* 30: 407-412.

Halitim, A. (1985). Contribution à l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie) : morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols (Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure Agronomique).

Haouala, F., Ferjani, H., Ben El Hadj, S., 2007. Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Bitechnol. agronom. Soc. Environ*, 11 (3), 235-244.

Hegde, S. V., Hegde, G. R., Mulgund, G. S., & Upadhyya, V. (2014). Pharmacognostic Evaluation of Leaf and Fruit of Capsicum frutescens (Solanaceae). *Pharmacognosy Journal*, 6(3).

Hervert-Hernandez, D., Sayago-Ayerdi, S. G., & GONi, I. S. A. B. E. L. (2010). Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6), 3399-3406.

Hoffman, P. G., Lego, M. C., & Galetto, W. G. (1983). Separation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high-pressure liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(6), 1326-1330.

Kumar, R., S. Kumar, N. Dwivedi, S. Kumar, A. Rai, M. Singh, D.S. Yadav, and M. Rai. 2009. Validation of SCAR markers, diversity analysis of male sterile cytoplasms (S-) and isolation of an alloplasmic S-cytoplasm in *Capsicum*. *Scientia Hort.* 120:167-172.

Kouassi, C. K., Koffi-Nevry, R., Guillaume, L. Y., Yéssé, Z. N., Koussémon, M., Kablan, T., & Athanase, K. K. (2012). Profiles of bioactive compounds of some pepper fruit (*Capsicum* L.) varieties grown in Cote d'Ivoire. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 11, 23.

Kouassi CK, Koffi-Nevry R, Nanga ZY, Teixeira Da Silva JA, Yao K, Lathro JS, Tano K, Loukou GY. 2010. Assessing the antibacterial activity and phytochemical screening of *Capsicum* varieties from Côte d'Ivoire. *Food*, 4(1): 27-32.

Krinsky, N. I. (1994). The biological properties of carotenoids. *Pure and Applied Chemistry*, 66(5), 1003-1010.

Kpinkoun, J. K., Zanklan, S. A., Komlan, F. A., Mensah, A. C., Montcho, D., Kinsou, E., & Gandonou, C. B. (2019). Évaluation de la résistance à la salinité au stade jeune plant de quelques cultivars de piment (*Capsicum* spp.) du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 133, 13561-13573.

Kroniewicz, L. (2011). *Caractérisation physiologique et fonctionnelle du transporteur anionique ATCLC-C chez Arabidopsis Thaliana* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 2).

Lahlou, M., Badraoui, M., Souidi, B., Goumari, A., & Tessier, D. (2002). Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. In Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur une Maîtrise des Impacts Environnementaux de l'Irrigation (pp. 19-p). Cirad-IRD-Cemagref.

Lefebvre, V., Goffinet, B., Chauvet, J. C., Caromel, B. (2002). Evaluation of genetic distances between peppers inbred lines for cultivar protection purposes: comparison of AFLP, RAPD and phenotypic data. *Theor. Appl. Genet*, 102 : 741 – 750.
Leopoldini, M., Russo, N., & Toscano, M. (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2), 288-306.

Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. *Water, radiation, salt, and other stresses*, 2.

Maas E.V. & Hoffman G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE* 103 (IR2), 115-134.

Mahjoubi, H. (2018). Nouvelle stratégie d'amélioration de la productivité végétale en condition de stress environnemental via un meilleur contrôle du cycle cellulaire (Doctoral dissertation).

Mansour, M.M.F., 2003. Transport proteins and salt tolerance in plants. *Plant Sci.* 164, 891–900.

Marchoux, G., P. Gognalons et K.G. Sélassié. 2008. Virus des Solanacées. Du génome viral à la protection des cultures. Quae, Paris, France

Matsufuji, H., Nakamura, H., Chino, M., & Takeda, M. (1998). Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annuum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(9), 3468-3472.

Misirli, A., Gülcan, R., Küden, A., & Demir, G. (2001). Determination of phenolic compounds in some almond hybrids varying in resistance to *Pseudomonas amygdali*. *Cahiers Options Méditerranéennes (CIHEAM)*.

Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M.R., Conforti, F., Statti, G., De Cindio, B., Houghton, P.J., Menichini, F., 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. CV Habanero. *Food Chemistry* 114, 553–560.

Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.

Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytologist*, 167(3), 645-663.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59, 651–681.

Munns, R., & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and soil*, 253(1), 201-218.

Navarro, J.M., Garrido, C., Martinez, V., Carvajal, M., 2003. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. *Plant Growth Regul.* 41: 237–245.

Navarro J.M., Garrido C., flores p. & Martinez V., 2010. The effect of salinity on yield and fruit quality of pepper grown in perlite. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8, 142-150.

Noble, C. L., & Rogers, M. E. (1992). Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant and soil*, 146(1-2), 99-107.

Niu, G., Rodriguez, D.S., Starman, T., 2010. Response of bedding plants to saline water irrigation. *Hort Science* 45 (4), 628–636.

Odland, M. L., & Porter, A. W. (1941). A study of natural crossing in peppers (*Capsicum frutescens*). In *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*.

Orobiyi, A., Dansi, M., Assogba, P., Loko, L. Y., Vodouhe, R. S., Akouegninou, A., & Sanni, A. (2013). Chili (*Capsicum annum* L.) in southern Benin: production constraints, varietal diversity, preference criteria and participatory evaluation.

Parida, A., Das, A. B., & Das, P. (2002). NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins, and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *Journal of Plant Biology*, 45(1), 28-36.

Palloix, A., 1992. Diseases of pepper and perspectives for genetic control. p. 120–126. In: VIIIth EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding on *Capsicum* and Eggplant. Rome (Italy), 7–10 September 1992.

Pickersgill, B. 1969. The archaeological record of chili peppers (*Capsicum* spp.) and the sequence of plant domestication in Peru. *American Antiquity*, 54-61.

do Rêgo, E. R., Nascimento, M. F., do Nascimento, N. F. F., dos Santos, R. M. C., Fortunato, F. L. G., & do Rego, M. M. (2012). Testing methods for producing self-pollinated fruits in ornamental peppers. *Horticultura Brasileira*, 30(4), 669-672.

R'him T., Tlili I., Hnan I, Ilahy R, Benali A et Jebari H., 2013. Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de piment. *Journal of Applied Biosciences* 66:5060 – 5069

Romero-Castillo, R.A., S.R. Choudhury, J. Leon-Felix and S. Pandey, 2015. Characterization of the heterotrimeric G-protein family and its transmembrane regulator from capsicum (*Capsicum annum* L.). *Plant Sci.*, 234: 97–109

Rubio, F., Flores, P., Navarro, J.M., Martinez, V., 2003. Effects of Ca²⁺ K⁺ and cGMP on Na⁺ uptake in pepper plants. *Plant Sci.* 165, 1043–1049.

Rubio, J.S., Garcia-Sanchez, F., Rubio, F. & Martinez, V. 2009. Yield, blossom-end rot incidence and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization *Scientia Hort.* 119 79 87

Sheng, M., Tang, M., Chan, H., Yang, B., Zhang, F., Huang, Y., 2008. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza* 18, 287–296.

Slama F., 2004. La salinité et la production végétale. Centre de publication universitaire, Tunis.163P.

Sofa, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., & Masia, A. (2004). Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. *Plant Science*, 166(2), 293-302.

Teuscher, E., Anton, R., Lobstein, A. (2005). Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles, P 45-96

Tripodi, P., & Greco, B. (2018). Large-scale phenotyping provides insight into the diversity of vegetative and reproductive organs in a wide collection of wild and domesticated peppers (*Capsicum* spp.). *Plants*, 7(4), 103.

Yoshida, K., 2002. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. *J. Biosci. Bioeng.* 94, 585–590.

Yoon JY, Green SK, Tschanz AT, Tsou SCS and Chang LC. 1989. Pepper improvement for the tropics: problems and the AVRDC approach. In *Tomato and pepper production in the Tropics, Proc. Int. Sympos. Integrated management practices, Tainan, Taiwan 21-26 march 1998*, pp. 86-98.

Zeng, L., Poss, J., Wilson, C., Draz, A.S.E., Grieve, C.M., 2003. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. *Euphytica* 129, 281–292.

Zhang H, Wang Q, Wang P, Cai C, Liu L (2012). Current situation of hot pepper production and its development mentality in Guizhou. *Guangdong Agricultural Sciences*, 03: 5-12

Zimmer AR, Leonardi B, Miron D, Schapoval E, Oliveira JR, Gosmann G (2012). Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: from traditional use to scientific approach. *J. Ethnopharmacol.* 139: 228-233.

Zribi, L., Gharbi, F., Rezgui, F., Rejeb, S., Nahdi, H., Rejeb, M.N., 2009. Application of chlorophyll fluorescence for the diagnosis of salt stress in tomato “*Solanum lycopersicum* (variety Rio Grande)”. *Scientia Horticulturae* 120, 367–372.

Zid, E., & Grignon, C. (1991). Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. In *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, deuxièmes journées scientifiques du réseau Biotechnologies végétales, Tunis, 4-9 décembre 1989* (pp. 91-108).

Van Zonneveld M, Ramirez M, Williams DE, Petz M, Meckelmann S, et al. (2015). Screening Genetic Resources of *Capsicum* Peppers in Their Primary Center of Diversity in Bolivia and Peru. *PLOS ONE* 10(9): e0134663. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134663>

Zhu JK (2000). Genetic analysis of plant salt tolerance using *Arabidopsis*. *Plant Phys* 124: 941–948.

Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual review of plant biology*, 53(1), 247-273.