

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

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N° :.....



DOMAINE : SNV

FILIERE : Sciences agronomiques

OPTION : Production végétale

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : CHAKI Khaoula
MEDJENAH Hayat
MEKKI Amal

Intitulé

**Effet du stress salin sur le comportement de quelques
variétés de laitue cultivée dans la région de M'sila**

Soutenu devant le jury composé de:

M ^{elle} MAHMOUDI S.	Université de M'sila	MCB	Président
M ^{me} LALLOUCHE B.	Université de M'sila	MCB	Promoteur
M ^r HADJ KOUIDER B.	Université de M'sila	MCB	Co-Promoteur
M ^r TORCHIT N.	Université de M'sila	MAA	Examineur

Année universitaire :2019 /2020

REMERCIEMENT

Je remercie **ALLAH** de m'avoir donnée le courage, la patience et la volonté d'avoir pu réaliser ce travail

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à Madame **LALLOUCHE B.** et Monsieur **HADJKOUIDER B.**, Maitres de Conférence à l'Université de M'sila Mohamed Boudiaf, pour m'avoir confié le sujet de cette étude. Je 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 mon égard tout le long de ce travail. Un grand merci pour leur patience lors de la correction du manuscrit.

Monsieur **TORCHOIT N.** m'a honoré en présidant ce Jury, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Madame **MAHMOUDI S.** a accepté de faire partie de ce jury, je lui témoigne toute ma gratitude. Vos critiques et vos remarques me seront d'une grande utilité.

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

Je suis très reconnaissante envers toutes personnes, qui m'ont aidé à réaliser ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A ma très chère mère FATIHA

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père LAID

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

A mes très chers frères TAHER, MOULOUD, ABDO et YUCEF

A mes belles sœurs NABILA et ASMAA

A mes nièces RIHAB, NOUSSAIBA, RODAÏNA et HANIN

A mes neveux ABD ALRAOUF, AHMED et ZIKOU

A mon mari, qui m'encourage tout le temps

A mes chers amies, ou plutôt à mes belle sœurs AMEL et HAYAT

Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite

A toutes mes amies,

A ma promotion 2019 /2020

KHAOULA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur maman que j'adore.

Mon père, qui peut être est et fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie, Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mon marie : Djamal

Ma chère sœur : Abir

Mes chers frères : Ala eddine, Djamal eddine et Moatassim billah

Toute ma famille.

Mon trinôme : Hayat, khaoula et Leurs familles

A toutes les personnes qui connaissent Amal de près ou de loin, seulement pour leur existence. Qu'Allah leur accorde santé et prospérité.

Amal

Dédicace

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le Respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie cette thèse : A ALLAH LE TOUT PUISSANT.

- ♣ *A Ma tendre Mère Hada : Tu représentes pour moi la source de Tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as Fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin Dans leur vie et leurs études.*
- ♣ *A Mon très cher Père Djeloul : Aucune dédicace ne saurait exprimer L'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*
- ♣ *A mon très cher mari Bachir : Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel m'ont permis de réussir mes études. Ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.*
- ♣ *A mes chers frères : walid, abd Elnour.*
- ♣ *A mes soeurs: widad, Kanza, nor elhouda.*
 - ♣ *A mes chere enfants : Ibtiha, Abd Elraouf, Mohamed, Siline, Rafif, Seif Elislam, Abd Elhakim.*
- ♣ *À mon âme sœur :Hanan et Afaf.*
- ♣ *A mon grand-père maternel et mes grandes mères maternelles et paternelles.*
- ♣ *Je prends cette opportunité pour dire merci mille fois à mes chères copines Amal et Khaoula Merci pour leurs efforts, leurs participations et surtout leurs soutiens durant les moments de réalisation de ce travail.*
- ♣ *A mes chers beaux-parents.*
- ♣ *A mes très chère amis : ouali Houria , mahroug khaoula*
- ♣ *A tous les membres de ma promotion.*
- ♣ *A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.*
- ♣ *A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.*

Hayat

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 laitue (*Lactuca sativa* 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 : *Lactuca sativa* L., laitue, salinité, germination, croissance, maturation

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الإجهاد الملحي بتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم على معدل الإنبات ومعاملات النمو (محتوى الماء وبعض الأسمولات) لبعض أصناف الخس (*Lactuca sativa* L) من مرحلة الإنبات إلى النضج 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: *Lactuca sativa* L: الخس، 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, growth parameters (water content and certain osmolytes) of durum wheat lettuce from the germination stage to at full 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.

Key words: *Lactuca sativa* L., lettuce, salinity, germination, growth, maturation

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENT	
TABLE DE MATIÈRE	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION	9

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DE L'ESPECE *LACTUCA SATIVA* L.

1.1 Origine et historique	11
1.2 Classification systématique	12
1.3 Classification morphologiques	12
1.4 Caractères botaniques et physiologiques de <i>Lactuca sativa</i> L.	14
1.4.1 Caractères botaniques	14
1.4.2 Caractères physiologiques.	16
1.5 Besoin écologique	16
1.5.1 Température	16
1.5.2 Sol	17
1.5.3 Eclairage	17
1.5.4 Humidité	17
1.5.5 Besoin en eau et en éléments minéraux	17
1.6 Maladie et ravageur	18
1.7 Ressources génomiques et génétiques	19
1.7.1 Ressources génomiques	19
1.7.2 Ressources génétiques	20
1.8 Culture	20
1.9 Importance économique, alimentaire et médicinale	21

CHAPITRE II : LA SALINISATION DES SOLS

2.1 Introduction	22
2.2 Stress salin	22
2.3 Effets morphologique et physiologiques du stress salin sur les plantes	23
2.3.1 Vitesse d'influx des ions « type inclure »	25
2.3.2 Vitesse d'efflux des ions « type exclure »	26
2.4 Effet du stress salin sur la germination des graines	28
2.5 Mécanismes de résistance des plantes au stress salin	31
a. Exclusion et inclusion d'ions	31
b. Synthèse des solutés compatibles	31
c. Contrôle de l'absorption ionique par les racines	32
d. Modifications de la capacité photosynthétique	32
e. Induction d'antioxydants	32

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1.1	Aspect morphologiques de quelques variétés de laitue « <i>Lactuca sativa</i> L.) (Ben Madani et Belouadah, 2018)	13
		25
Figure 2.1 :	Illustration schématique du changement de potentiel hydrique du milieu extérieur sur la cellule végétale (Buchanan et al., 2000).	28
Figure 2.2 :	Effet du stress salin chez la plante : le stress salin provoque une toxicité ionique & 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)	31
Tableau 2.1 :	Classification des variétés de laitue étudiées en groupes homogènes, selon le test Newman-Keuls, pour le paramètre taux de germination (Ben Madani et Belouadah, 2018)	

INTRODUCTION

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres dans le monde. Dans les zones arides et semis arides la salinité 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**).

En Algérie, plus de 20 % des terres irriguées sont concernés par le problème de la salinité (**Douaoui, Hartani, 2008**). La plupart de ces sols sont situés, en région aride et semi-aride, (**Halitim, 1973**). Les sels les plus fréquents, dans ces régions, sont surtout les chlorures, les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium (**Halitim, 1988**).

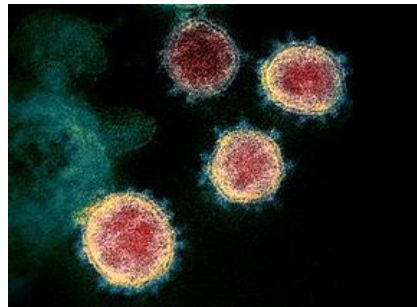
Vue l'importance de ce phénomène, de nombreux travaux ont étudié la salinité des sols d'Algérie (**Halitim, 1973 ; Daoud, 1983 ; Djili, 2000 ; Touaf, 2002**). Il ressort de ces travaux que la salinité en Algérie est d'origine primaire.

La connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination révèle la capacité de l'espèce à pousser sur des sols très salins (**Jaouadi et al., 2010**). La recherche d'espèces, de populations ou de variétés végétales ayant un comportement satisfaisant en milieu salé permettrait d'étendre les cultures sur des sols anormalement riches en sels solubles et d'identifier les facteurs de tolérance vis-à-vis des contraintes liées à la salinité (**Brun, 1981**).

A travers cette étude nous nous attacherons à suivre l'impact du stress salin sur la croissance, le comportement nutritionnel et hydrique de quelques variétés de laitue (« *Lactuca sativa* L.) en raison du peu d'études menées sur cette espèce.

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 : Coronavirineae
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 1

PRESENTATION DE L'ESPECE *LACTUCA SATIVA* L.**1.1 Origine et historique**

L'une des espèces de laitue les plus communes, *Lactuca sativa* L., est une plante herbacée appartenant au genre *Lactuca*, de la famille des Astéracées, la plus grande des familles des dicotylédones (**Judd et al., 1999 ; Funk et al., 2005**). Le genre *Lactuca* englobe une centaine d'espèces des zones tempérées dont *L. serriola*, *L. virosa* et *L. saligna* (**Thicoïpé, 1997 ; Ryder, 1999**).

La laitue serait d'origine méditerranéenne et sa découverte serait survenue avant J.-C. Ensuite, sa culture se serait poursuivie en Europe du Nord, et en Amérique du Nord (**Plamondon, 2011**). On a d'ailleurs trouvé des traces de laitues dans certaines tombes égyptiennes datant de 4500 ans av. J.C. (**Labrie et Ménard, 2012**).

La laitue cultivée (*L. sativa* L.) a été développée à partir de la laitue sauvage (*L. scariola* L.) originaire de la région de la Méditerranée (**Emmett, 1992**). Depuis, plusieurs cultivars de laitue sont couramment développés et cultivés, afin d'accroître la résistance aux insectes, la performance en champ et la tolérance aux perturbations écologiques (**Davey et Anthony, 2011**).

La laitue est très anciennement cultivée en Europe. Au ive siècle avant Jésus-Christ, Théophraste en signalait déjà quatre sortes : la laitue blanche, la laitue à feuilles larges, la laitue à feuilles rondes et la laitue de Laconie.

La laitue cultivée se distingue des formes sauvages par plusieurs caractères morphologiques dits de domestication : formation d'une pomme, ou tout au moins d'un stade végétatif marqué, avec un grand nombre de feuilles formant un paquet plus ou moins serré, absence d'épines sous les feuilles, diminution du latex et de l'amertume, capitules resserrés dans les bractées permettant de retenir les graines sur la plante à maturité (**Pitrat et Foury, 2004**).

La laitue est un légume très populaire partout dans le monde et appréciés pour ses qualités diététiques et organoleptiques. La production annuelle mondiale de laitue représente plus de 21 millions de tonnes, dont 10 et 4 millions de tonnes en Chine et aux États-Unis, respectivement. L'Italie, l'Espagne, l'Inde et la France produisent annuellement entre 4 et 9 millions de tonnes de laitues (F.A.O.S.T.A.T, 2004).

1.2 Classification systématique

Le genre *Lactuca* sp. est un des plus importants de la famille des Astéracées (anciennement Composées Chicoriacées). A la fin du XIXe siècle, on en comptait une quarantaine d'espèces, 150 à 180 dans les années 1950 ; on dénombre aujourd'hui plus de 1500 variétés commerciales, regroupées en 3 espèces principales : *Lactuca indica*, *Lactuca serriola* et *Lactuca sativa*, toutes les trois décrites par Linné (Gargominy et al, 2019).

Il existe 5 classes ou groupes de *Lactuca sativa* L., matériel biologique choisi dans cette étude (Gargominy et al, 2019) :

Nom scientifique : *Lactuca sativa*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Ordre : *Asterales*

Famille : *Asteraceae*

Genre : *Lactuca* L., 1753

Espèce : *Lactuca sativa* L., 1753

1.3 Classification morphologiques

La classification de base repose sur quelques caractères morphologiques (Pitrat et Foury, 2004) (Figure 1.1) :

✓ **Les laitues beurre** à feuilles tendres et nervures pennées (à l'origine les laitues beurre avaient des feuilles fines, souvent claires, d'où leur nom)

- ✓ **Les laitues batavia** (*Lactuca sativa* var. Capitata) à feuilles plus craquantes et nervures parallèles. Ces deux types ont des pommes assez rondes. Les batavias ont été elles-mêmes subdivisées en :
 - ✓ **Batavia européenne** (correspondant globalement au type « Dorée de Printemps », à pomme non détachée de la jupe) ;
 - ✓ **Batavia américaine** ou laitue iceberg (correspondant au type crisp à pomme détachée de la jupe) ;
- ✓ **Les laitues grasses** sont des laitues pommées à feuilles épaisses, assez craquantes et nervures pennées ;
- ✓ **Les laitues romaines** (*Lactuca sativa* var. longifolia) sont des laitues à feuilles oblongues et craquantes avec une grosse nervure centrale ; elles ont une pomme allongée ;



Figure 1 .1 : Aspect morphologiques de quelques variétés de laitue « *Lactuca sativa* L.)
(Ben Madani et Belouadah, 2018)

- ✓ **Les laitues à couper** (*Lactuca sativa* var. crispa) se présentent comme un bouquet de feuilles ouvert ; selon la forme des feuilles, plus ou moins lobées ou découpées, elles sont subdivisées en plusieurs catégories. Citons par exemple les laitues feuille de chêne ou lollo

✓ **Les laitues tige**, ou laitues asperge ou celtuce (*Lactuca sativa* var. *angustana*), ne forment jamais de pomme ; elles sont cultivées pour leurs tiges renflées que l'on mange cuites, surtout en Asie.

Les variétés les plus cultivées en Algérie sont groupées comme suit : **(I.T.C.M.I, 2010)** :

✓ **Laitue à couper** : laitue blonde et laitue frisée d'Amérique avec un cycle 40 à 50 jours.

✓ **Laitue pommée** : Reine de mai, gotte jaune d'or ; Batavia, merveille des quatre saisons, Têtue de Nîmes et Divina avec un cycle de 60 à 85 jours.

✓ **Laitue Romaine** : Balen, blonde maraîchère avec un cycle de 70 à 135 jours.

1.5 Caractères botaniques et physiologiques de *Lactuca sativa* L.

1.4.1 Caractères botaniques

De nos jours, la laitue peut croître toute l'année considérant le grand nombre de variétés existantes et les diverses installations possibles. Le cycle dure environ 45 jours et se déroule sur une seule année, avec trois deux phases bien distinctes :

Phase de germination et de levée : la germination des graines est rapide (2 à 3 jours). La semence présente 4 types de dormances (**Elattir et al., 2003**):

Une dormance de poste récolte (il faut un certain temps entre la récolte et la germination), ce temps dépend des variétés ;

Une deuxième dormance induite par les hautes températures (supérieurs à 18 ; il faut exposer les graines aux températures basse ;

Une autre dormance induite par les rayons infra-rouge (il faut exposer les graines à la lumière visible pendant quelques jours avant le semis) ;

Une quatrième dormance induite par les jours longs (il y'a risque de montée a graines en jours longs de l'été et à haute température).

La phase végétative : formant une pomme plus ou moins fermée, est le stade utilisé pour la consommation et pour la commercialisation,

La phase reproductrice : au cours de laquelle la tige principale s'allonge (montaison), aboutit à la floraison et à la production de semences.

Après la phase végétative, la tige s'allonge et la hampe florale ramifiée en corymbe se développe. Les plantes ont alors 1 m à 1,5 m de haut et portent de nombreux capitules (appelés couramment fleurs) de 10 à 15 fleurons. Tous les fleurons sont ligulés et présentent un développement quasi synchrone. Les ligules sont jaunes avec, chez certaines variétés, la face externe anthocyanée. La ligule correspond à 5 pétales soudés que l'on peut identifier en comptant ses dents. L'inflorescence ne s'ouvre qu'une fois, le matin après le lever du soleil. À l'écartement des ligules, les stigmates ne sont pas visibles. Ils sont entièrement à l'intérieur du manchon des 5 étamines. Puis le style s'allonge et le stigmate apparaît déjà chargé de pollen ; si les conditions climatiques sont bonnes, dans les minutes qui suivent, le capitule se referme et l'unique ovule de chaque fleuron est fécondé. La graine va grossir dans les 15 jours suivants l'ouverture du capitule. À maturité, elle est enfermée dans les bractées et reste sur la plante. La « graine » (en réalité un fruit sec ou akène) est formée de deux parties, le corps de la graine, dur, oblong, de couleur brun foncé (graines noires) ou blanc-crème (graines blanches), et le bec portant une aigrette ou pappus qui est éliminé au battage. La montaison est plus ou moins rapide selon les conditions climatiques et les génotypes. Elle est favorisée par des jours longs et de hautes températures (**Pitrat et Foury, 2004, Zorrig, 2010 ; Valade, 2012**).

La laitue est une espèce auto-pollinisatrice obligatoire ; le pollen est répandu des anthères avant l'émergence du stigma, assurant une autopolinisation complète (**Davey et Anthony, 2011**). Néanmoins, la pollinisation croisée n'est pas totalement exclue. Tous les types de laitue sont parfaitement intercompatibles et des croisements manuels entre ces types sont couramment réalisés par les sélectionneurs. La castration manuelle est délicate, effectuée à l'ouverture du capitule par ablation à la pince du manchon d'étamines de chaque fleuron ou par lavage des capitules à l'eau. Des stérilités mâles, généralement utilisées par les sélectionneurs pour produire des variétés hybrides, ont été identifiées. Mais l'absence

d'insectes pollinisateurs assez efficaces et le faible nombre de graines par capitule n'ont pas permis d'utiliser ce caractère en production de semences. Aussi, les variétés commerciales sont toutes des variétés fixées reproduites par autofécondation. Néanmoins, la stérilité mâle, associée à une pollinisation manuelle peut être une aide pour le sélectionneur (**Pitrat et Foury, 2004**).

1.4.2 Caractères physiologiques.

Cette herbacée dicotylédone à feuilles glabres et ovales est une plante de type C3 : elle incorpore le carbone atmosphérique lors de la photosynthèse strictement sous la forme de 3- phosphoglycérate, acide à 3 atomes de carbone. Les plantes de ce type (riz, blé, soja, laitue...) sont les plus abondantes en agriculture. Ce fonctionnement s'oppose à celui des plantes de type C4 (ex : canne à sucre, maïs...), dont le premier produit carbone est l'oxaloacetate, acide à 4 atomes de C) par le cycle de Calvin. (**Priac, 2014**).

Les laitues en général, *L. sativa* en particulier, sont des plantes autogames et diploïdes (n = 8 ou 9 ; dans le cas de *Lactuca sativa*, n = 9). Si l'allogamie est possible (4 à 8%), sa conversion augmente avec la chaleur et l'ensoleillement (**Plages, 1986**).

1.6 Besoin écologique

1.6.2 Température

La plante aime les saisons froides. La température optimale pour la croissance de la Laitue est de 20-23°C le jour et 7°C la nuit. Cette croissance commence à partir de 4°C et se poursuit à 24°C. En dessous d'une température du sol de 7°C, la croissance racinaire est fortement ralentie, ainsi que la capacité des racines à absorber l'eau du sol. Lors de la maturation, les laitues ont besoin d'un climat chaud et sec (**Elattir et al., 2003**).

Des températures trop élevées couplées à de longues photopériodes peuvent mener à la formation de pommes lâches et à l'étiollement (**Thicoïpé, 1997**) ou encore, à la montaison hâtive des laitues (**Waycott et Ryder, 1993**). On distingue d'ailleurs des laitues de printemps, d'été, d'automne et d'hiver (**Thicoïpé, 1997**).

1.6.3 Sol

La laitue préfère les sols meubles, propres et aérés, bien travaillés, et enrichis de compost. Le sol doit être fertile et non compacte pour favoriser la pénétration des racines. Le pH optimale est de 6.7 à 7.2 (Collin ; Lizot, 2003).

1.5.3 Eclaircissement

La laitue est une plante de jours longs à cycle court (13 heures de luminosité par jour et plus) et la température élevée (optimum à 20°C); mais elle est également possible sous faible éclaircissement et basses températures selon les cultivars (Verolet, 2001).

1.5.4 Humidité

L'humidité trop élevée, particulièrement quand il fait frais favorise la condensation de la vapeur sur les feuilles et l'apparition de maladies telles que moisissure grise à Botrytis (Elmhirst, 2006).

1.5.5 Besoin en eau et en éléments minéraux

Il est important d'irriguer après la transplantation ou le semis afin de favoriser la reprise du plant ou la germination. Lors du développement foliaire, le stress hydrique provoque une baisse de rendement, alors une bonne gestion de l'irrigation est essentielle à une croissance optimale. En fait, le plant de laitue produit au moins 60 % de sa matière fraîche pendant le dernier tiers de sa vie (Thicoïpé et coll., 1997).

La laitue est sensible à la salinité, aux manques de calcium et en certains oligo-éléments (B, Mn, Mo et Cu). Un excès d'azote provoque un retard de la pommaturation de la laitue, une baisse de la qualité du légume, une hausse de la sensibilité face aux pathogènes et une hausse de la teneur en nitrates.

La laitue nécessite plus d'azote à la fin de la culture et c'est pour cette raison qu'il faut diviser les ajouts d'azote (Thicoïpé et coll., 1997).

1.6 Maladie et ravageur

Plusieurs ravageurs et maladies physiologiques affectent parfois la laitue comme certains insectes (pucerons, punaises ternes, fausses-arpenteuses, vers gris, etc.), des maladies (mildiou, moisissure grise, pourriture basale, etc.) et des maladies physiologiques (brûlure apicale, nervation brune, montaison prématurée, etc.) (**Broucsault et Pancin, 1999 ; Messiaen et al., 1991 ; George, 1999 ; Beliard, 2003**) :

La mosaïque est provoquée par le virus de la mosaïque de la laitue (LMV). Il peut être combattu par l'utilisation de semences saines, la lutte contre les pucerons et la suppression immédiate des plantes malades.

La pourriture de la base est provoquée par *Rhizoctonia solani* et apparaît généralement dans des conditions humides. Le symptôme est une pourriture visqueuse sur le dessous de la plante, progressant à l'intérieur de la pomme. Le *Sclerotinia* provoque une pourriture humide de la plante entière, qui débute au collet.

Le mildiou provoqué par *Bremia lactucae*, la maladie la plus grave de la laitue dans les régions tempérées, apparaît dans les parties froides des tropiques.

La meilleure méthode de lutte contre la pourriture de la base et le *Sclerotinia* est constituée par de bonnes pratiques sanitaires, la rotation des cultures et le drainage. Il est conseillé de planter sur billons plutôt que sur sol plat.

Le mildiou est combattu par le choix de cultivars résistants aux principales races du champignon ou par traitement fongicide.

La fonte des semis (*Pythium*), la pourriture grise (*Botrytis*) et la maladie des taches foliaires (*Cercospora*) sont aussi signalées. *Cercospora longissima* à causer des pertes sévères sur laitue en Côte d'Ivoire.

L'infection se produit à humidité élevée par des éclaboussures à partir du sol, et on peut la combattre par une densité plus faible de plantation et une pulvérisation de bénomyl.

Les ravageurs les plus graves sont les pucerons, spécialement en laitue pommée, car on ne peut les combattre facilement par traitement chimique, qui présente de plus le risque de résidus. D'autres ravageurs sont les noctuelles (*Agrotis*), la légionnaire (*Spodoptera*) et d'autres chenilles, les cicadelles, les escargots, les limaces et les nématodes à galles.

Les insectes ravageurs sont combattus habituellement par pulvérisation de produits chimiques. Chez la laitue, les nématodes peuvent être combattus par la rotation des cultures, la désinfection par la chaleur du lit de semences ou du sol de la pépinière et l'application de quantités importantes de matière organique comme du fumier (Messiaen et al., 1991 ; George 1999 ; Beliard, 2003).

1.7 Ressources génomiques et génétiques

1.7.1 Ressources génomiques

Lactuca sativa L. est une plante diploïde ($2n=18$) (Michaelson et al., 1991). Mis à part des séquences EST et des séquences du génome chloroplastique, les ressources génomiques de la laitue sont très limitées. Les deux principaux projets qui se sont intéressés au séquençage de la laitue sont : · un projet américain (*The Compositae Genome Project - University of California, Davis - Project ID NCBI: 12868*) qui a engendré les 80779 séquences EST disponibles dans les banques de données et qui correspondent à 26720 gènes (<http://compgenomics.ucdavis.edu>). · un projet japonais (*Project ID NCBI: 16160 - Research Institute of Innovative Technology for the Earth*) qui a permis d'engendrer les séquences du génome chloroplastique elles aussi disponibles dans les banques de données.

Une carte génétique correspondant à plus de 2700 marqueurs groupés en 9 «linkage groups» a été élaborée suite à un croisement interspécifique entre *L. sativa* et *L. serriola* (Landry et al., 1987; Kesseli et al., 1994; Truco et al., 2007). Ces lignées recombinantes ont été produites dans le cadre du projet européen ANGEL (<http://www.plant.wageningen-ur.nl/projects/angel/>), et elles ont été distribuées à plusieurs groupes de recherche pour la réalisation de la cartographie. Grâce à cette carte, plusieurs QTL ont été identifiés pour plusieurs caractères phénotypiques y compris par exemple : la dormance des graines, la teneur en huile, l'architecture racinaire, ... (Johnson et al., 2000). De nombreux gènes de résistance à plusieurs maladies ont aussi été caractérisés grâce à cette carte (Kesseli et al.,

1993, Kesseli et al., 1994; Maisonneuve et al., 1994; Robbins et al., 1994). Actuellement, un nouveau projet est en cours de développement (*Lettuce SFP Chip Project*) dont l'objectif est d'exploiter une puce à ADN (*Affymetrix high density GeneChip® microarray*) pour la détection de polymorphisme du type SFP (*Single Feature Polymorphisms*) pour plus que 35000 gènes de laitue (<http://chiplett.ucdavis.edu>).

1.7.2 Ressources génétiques

La base de données des ressources génétiques internationale du genre *Lactuca* (*The International Lactuca database ; <http://documents.plant.wur.nl/cgn/pgr/ildb/>*) montre plus de 12000 accessions du genre *Lactuca* appartenant à plusieurs collections dans le monde. Néanmoins, un chevauchement considérable existe entre les collections. Le centre des ressources génétiques de Wageningen inclut 2429 accessions de laitue y compris les espèces sauvages. Mis à part cette collection, d'autres petites collections existent partout dans le monde.

1.8 Culture

La façon la plus simple de la cultiver est d'acheter régulièrement des plants en mottes et de les planter sur des lignes espacées de 25 cm tous les 20 cm. Elle nécessite un arrosage régulier, si possible tôt le matin ou tard le soir, en période chaude. Suivant les variétés, on récolte les laitues 4 à 8 semaines après les plantations. Ce qu'on redoute dans leur culture, c'est la levée des graines. La laitue se met alors à s'allonger en hauteur, ses feuilles dépérissent et deviennent très coriaces. Des petites fleurs finissent par se former sur la plante lorsqu'elle atteint les 30 cm de hauteur. Cette montée est principalement conditionnée par la température. Les coups de froid du printemps sont souvent responsables d'une montée précoce. La laitue peu gourmande en engrais organique, elle trouve sa place facilement dans la rotation ou en association avec d'autres cultures. Au début du printemps, un engrais organique ou un compost mur seront suffisants pour une croissance normale dans le respect des doses d'emploi. En estivale ou automnale, la minéralisation naturelle de l'humus présent dans le sol suffit amplement à couvrir ses besoins. Le semis direct (en pleine terre) a pour avantage l'obtention de plantes plus résistantes aux maladies et à la montée en graine (Ouhibi, 2015).

1.9 Importance économique, alimentaire et médicinale

La laitue est, consommée fraîche ou en salade mixte elle est considérée comme un aliment sain (**Dupont et al., 2000; Mulabagal et al., 2010**). Ce légume a une grande importance à la fois économique et alimentaire. Des recherches épidémiologiques portant sur la relation qui existe entre les habitudes alimentaires et les risques de maladies ont conclu que la nourriture a un impact sur la santé (**Mulabagal et al., 2010**). En effet, plusieurs études récentes ont démontré que plusieurs variétés de laitue contiennent des composés phénoliques ayant une activité antioxydante (**Dupont et al., 2000; Altunkaya et Gokmen, 2009; Mulabagal et al., 2010**). En plus des composés phénoliques, les qualités nutritionnelles de la laitue sont attribuées à la présence, dans les feuilles, de vitamines B et C, de caroténoïdes et de fibres (**de Vries, 1997; Dupont et al., 2000; Nicolle et al., 2004; Altunkaya et Gokmen, 2009; Mulabagal et al., 2010**).

Les graines, riches en vitamines E, sont aussi exploitées pour leur teneur en huile, qui peut représenter jusqu'à 35 % de leur poids (**de Vries, 1997**). Dans la médecine traditionnelle, elles servent de traitement contre l'asthme et la toux en plus d'être utilisées comme analgésique (**Mulabagal et al., 2010**).

La partie consommable de la laitue contient environ 95 % d'eau, mais aussi un peu de fibres alimentaires (1,5 %), de sucres (0,9 %), de minéraux, de vitamines, d'acides organiques, de nitrates, etc. Évidemment, la composition varie d'une variété à l'autre selon les conditions et le type de laitue. Pour 100 g de la laitue, la valeur nutritive maximale est de 36 kJ (8,6 kcal) et la valeur calorique totale est de 44 kJ (10 kcal) (**Thicoïpé, 1997**). Selon les normes des producteurs, une laitue commercialisable a un poids minimum de 454 g.

Comme de nombreuses espèces végétales, très souvent à intérêt agricole, la laitue est recommandée et utilisée pour la réalisation de bio-essais (**FDA, 1987 ; EPA, 1996 ; OECD, 2003**).

CHAPITRE II

STRESS SALIN ET 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

Les sols salés contiennent suffisamment des sels solubles dans leur solution (électrolytes) pour nuire à la croissance de la plupart des plantes. Ces sels solubles, sont principalement le sodium (Na^+), le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}) et de potassium (K^+) et aussi les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les carbonates (CO_3^{2-}).

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaires, biochimiques et physiologiques (**Yamaguchi et Blumwald 2005**). Ainsi, la réaction d'une plante face un stress commence par la perception puis la transduction des signaux par des messagers afin d'activer les gènes

de réponse et activer les réponses physiologiques et métaboliques nécessaires pour maintenir la viabilité.

Le développement d'une gestion efficace des pratiques de lutte contre la salinité nécessite une bonne compréhension des effets de la salinité sur les plantes.

En termes physiologiques, l'effet dépressif du sel (NaCl) du milieu sur la physiologie de la plante peut s'exercer de manières différentes. Une forte concentration saline entraîne une diminution du potentiel osmotique dont l'objectif est d'empêcher le potentiel hydrique cellulaire de devenir supérieur à celui des milieux extérieurs et extracellulaires (**Figure 2.1**). Ce phénomène assure, d'une part, la continuité de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau et le maintien de la turgescence cellulaire. Lorsque l'ajustement osmotique cellulaire n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui induit un déficit hydrique et une perte de la turgescence (**Gorham et al., 1990**). Ensuite, les concentrations salines trop fortes provoquent une altération de la nutrition minérale, notamment par la compétition pour les transporteurs ioniques cellulaires entre les ions de sodium et de chlorure, d'une part, et les ions indispensables à la croissance, d'autre part (**Jacoby, 1994**). Les études ont montré qu'un excès de Na^+ et de Cl^- dans le milieu de culture était responsable d'une faible absorption de certains nutriments essentiels tels que K^+ et NO_3^- (**Attia et al., 2008**), d'une mauvaise utilisation de Ca^{2+} et de H_2PO_4^- ainsi que d'une inhibition de l'exportation du phosphore de la racine vers les feuilles (**Attia et al., 2008**).

L'effet dépressif du sel accumulé dans les tissus peut se manifester de deux façons :

Il peut se traduire, d'une part, par une toxicité qui survient lorsque sa concentration dans le compartiment cytosolique excède celle qui est compatible avec une activité métabolique normale (**Munns, 1993; 2002**).

D'autre part, la saturation de l'apoplasme par le sel «montant» est un autre facteur déterminant de la nécrose et de la mort cellulaire car, par un effet osmotique, le sel concentré dans ce compartiment provoque une sortie d'eau intracellulaire, ce qui conduit à une déshydratation rapide des cellules (**Munns, 1993**).

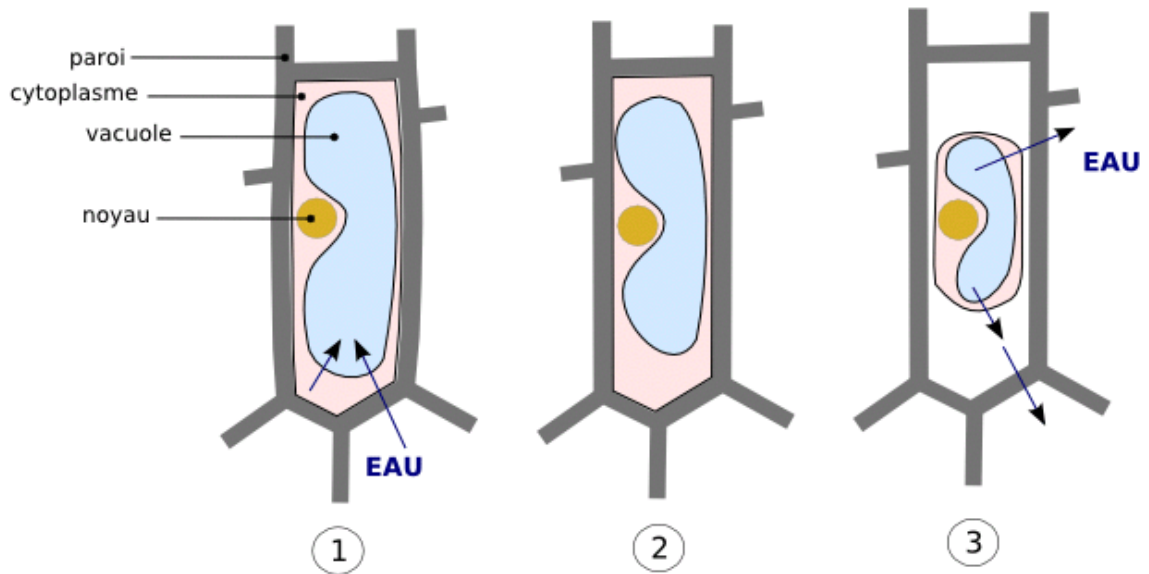


Figure 2.1 : Illustration schématique du changement de potentiel hydrique du milieu extérieur sur la cellule végétale (**Buchanan et al., 2000**).

1 - Le milieu extérieur est moins concentré que la vacuole de la cellule. L'eau entre dans la cellule. La cellule gonfle et exerce une pression sur la paroi, que l'on appelle pression de turgescence. Lorsque la paroi est « molle », comme c'est le cas pour la paroi primaire, la pression de turgescence agrandit cette paroi. 2 - Le milieu extérieur a la même concentration que la vacuole. Il n'y a aucun échange d'eau. La cellule n'exerce aucune pression sur la paroi. La pression de turgescence est nulle. C'est la plasmolyse limite. La croissance ne se fait pas. 3 - le milieu extérieur est plus concentré que la vacuole. L'eau sort de la cellule. Ce phénomène s'appelle la plasmolyse.

Deux types de comportement ont pour effet d'éviter la saturation en sel de l'apoplaste: l'influx «includer» et l'efflux «excluser» des ions qui caractérisent aussi bien leur mobilité que leur circulation.

2.3.1 Vitesse d'influx des ions « type includer »

Chez les plantes de type « includer », le sodium est piégé et accumulé dans les cellules des parties aériennes, plus particulièrement dans leurs vacuoles (**Räsänen, 2002**). Cependant, l'hypothèse la plus communément admise est que l'entrée de (Na^+) se fait contre

son gradient électronique ; l'énergie nécessaire au transport de cet ion serait fournie par le gradient de protons engendré par la pompe à protons du tonoplaste. La vacuole se chargerait ainsi en sodium grâce à l'action d'un antiport sodium-proton Na^+/H^+ , lequel serait entretenu par le fonctionnement accéléré des pompes à proton Na^+/H^+ . L'existence d'un système d'échange Na^+/H^+ est largement signalé (**Levigneron et al, 1995**). Il est alors admis que c'est la performance de stocker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces.

Les plantes inclusives associent la résistance à la salinité avec l'aptitude à transporter de grandes quantités de NaCl dans les feuilles. Il semble que ces comportements résultent d'une bonne compartimentation cellulaire du (Na^+) ; ce qui explique la tolérance à l'accumulation foliaire, et aussi la faible re-circulation de cet ion à travers le phloème (**Tal, 1983**). La concentration foliaire en éléments nutritifs chez *E. microtheca* avant et après le stress était semblable ce qui indique sa capacité de contrôle de l'absorption des sels ou la séquestration des ions toxiques dans les feuilles inférieures qui sont par la suite sénescence (**Bell, 1999**).

2.3.2 Vitesse d'efflux des ions «type excluder »

Généralement, les glycophytes sensibles limitent le transport de Na^+ dans leurs organes aériens (**Hasegawa et al., 2000 in Räsänen, 2002**).

Sur le plan interspécifique, **Slama, (1986)** a montré que les espèces incapables de transporter facilement le (Na^+) dans leurs feuilles sont nettement plus sensibles que les autres, car leur inaptitude à exporter le sodium (Na^+) peut être probablement considéré comme un caractère moins protecteur que le reflet d'une déficience des systèmes de compartimentation cellulaire. En effet, ces espèces semblent peu efficaces pour abaisser le niveau cytoplasmique de (Na^+), ce qui est peut être l'une des causes profondes de leur sensibilité au niveau cellulaire. L'incapacité à débarrasser le cytoplasme du (Na^+) est due au caractère de cet ion qui est facilement transporté dans le phloème chez ces plantes (**Slama, 1986**). Il est donc continuellement ramené vers le bas de la plante. Ce comportement caractérise les plantes exclusives. Ces derniers semblent être dotées d'un mécanisme de protection contre l'envahissement par le sodium par exclusion de cet ion de leurs parties aériennes (**Cramer, 1997 ; Rahmoune et al., 2000**).

Beaucoup d'Acacia et arbres peuvent grandir dans les sols salins ; le faible niveau foliaire du sodium Na^+ de quelques espèces tolérantes à la salinité étudiées suggère que les arbres étaient capables de l'exclusion du sodium Na^+ (**Virginia et Jarrel 1983, Marcar et al., 1991**). IL est aussi indiqué que la capacité d'exclusion de (Na^+) et / ou (Cl^-) des tiges est bien corrélée au degré de tolérance au sel.

La capacité d'exclusion de (Na^+) des parties aériennes est en accord avec la relation négative trouvée entre l'accumulation des ions toxiques (Na^+ et Cl^-) dans les feuilles et la croissance des parties aériennes de Tomate poussant en conditions salines. Le maintien d'une faible concentration de (Na^+) dans les feuilles peut être dû à un mécanisme d'exclusion qui provoque une accumulation de (Na^+) dans les racines, évitant une translocation excessive aux tiges ; mais, il peut être aussi lié à une mobilité élevée du Na^+ dans le phloème. Cependant, certaines mesures physiologiques concordent pour suggérer l'existence d'une expulsion active du sodium cytoplasmique vers l'apoplasme ou vers la vacuole, protégeant ainsi les équipements enzymatiques du cytoplasme dans les organes aériens (**Greenway et Munns, 1980**).

L'étude faite par (**Van der moezel et al., 1988 , Lallouche et al., 2017**) montre que la plupart des espèces tolérantes à la salinité parmi un grand nombre d'Eucalyptus et Casuarina, cactus exclut le sodium Na^+ et les chlorure (Cl^-) de leur jeunes pousses en développement. Le site d'exclusion apparaît dans les racines. Les espèces intolérantes présentent une forte absorption du sodium (Na^+) et une faible concentration racinaire en potassium (K^+). Il y a une évidence mondiale que la capacité d'exclure l'ion (Na^+) et l'ion (Cl^-) de jeunes feuilles est un attribut important d'arbres tolérants la salinité (**Allen et al., 1995 ; Bell, 1999 ; Räsänen, 2002, Lallouche et al., 2017**).

C'est pourquoi la plus ou moins grande tolérance des plantes dépend notablement de leur capacité à répartir le sel entre leurs différents organes, tissus et compartiments cellulaires (**Kim et al., 2008**).

L'accumulation préférentielle du sel dans les cellules des parties aériennes est un caractère déterminant du degré de tolérance de différentes espèces (**Maas, 1986**). L'inhibition de la photosynthèse par NaCl est l'une des causes de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (**Wang et Nil, 2000**).

Dans l'ensemble, la réponse des plantes au stress salin est complexe et fait intervenir des voies de réponse diverses (**Figure 2.2**) conduisant à des mécanismes d'adaptation qui induisent un arrêt rapide de la croissance pour une meilleure redistribution des nutriments dans les différents tissus et au rétablissement rapide de la croissance lorsque le stress est levé (**Mahjoubi, 2018**).

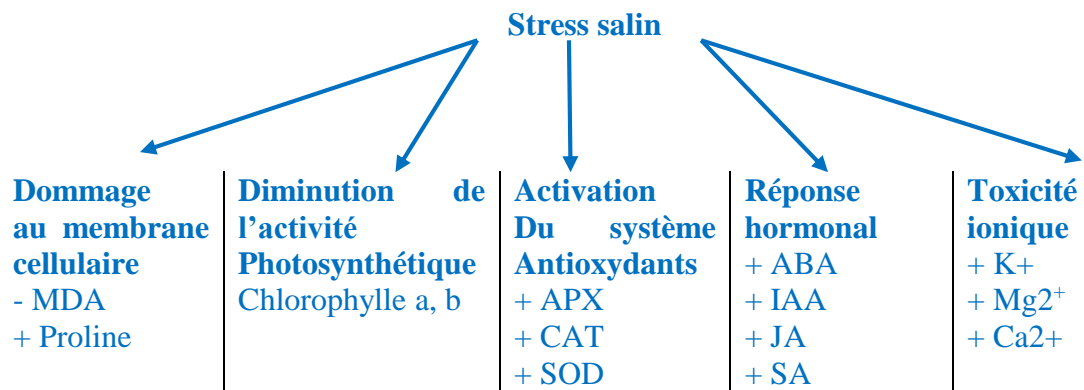


Figure 2.2 : Effet du stress salin chez la plante : le stress salin provoque une toxicité ionique & osmotique par l'augmentation du contenu intracellulaire en cation Na⁺, Ca²⁺, l'activation du système antioxydant et un changement de la balance hormonale provoque une forte diminution dans l'activité photosynthétique et une sénescence foliaire précoce (**Mahjoubi, 2018**)

2.4 Effet du stress salin sur la germination des graines

Malgré l'importance de la germination des graines sous stress salin (**Zhang et al., 2014**), le mécanisme de la tolérance à la salinité chez les graines est relativement mal compris, en particulier en comparaison avec la quantité d'information actuellement disponible sur la physiologie et la biochimie des végétaux de la tolérance à la salinité (**Rivero et al., 2014; Parihar et al., 2015**).

Bien que, la salinité des sols constitue un facteur limitant en agriculture, car elle inhibe la germination et la croissance de la plantule. Le NaCl présent dans le sol retarde la germination des graines (**Saeed et al., 2014 ; Ben Madani et Belouadah, 2018**).

Selon les mêmes auteurs, la présence de chlorure de sodium entraîne une augmentation de la durée du processus de la germination et retarde par conséquent la levée,

car, les stress salin et osmotique sont responsables à la fois de l'inhibition ou un retard de germination et de la levée des graines.

D'autres travaux montrent que l'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la radicule ou le développement des semis (**Huang et Redman, 1995**).

Selon **Nasri et al., (2011)**, la germination des graines de deux variétés de *Lactuca sativa* L. «*Vista* et *Verte* » inhibée par des concentrations de 150mM de NaCl, en revanche, chez les graines de deux variétés de *Lactuca sativa* L. «*Romaine, Augusta* », cette concentrations n'entraîne qu'un simple retard de germination. Puisque, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique, selon les espèces (**Huang et Redman, 1995 ; Al-Karaki, 2001 ; Ungar, 1996**). D'autres travaux signalent que seul le processus de germination, et non la capacité germinative, est altéré en milieu salé (**Almansouri et al., 2001 ; Khan et al., 2009**).

Le stress salin peut affecter la germination de deux façons :

- en diminuant la vitesse d'entrée et la quantité d'eau absorbée par les graines ;
- en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans les graines à des doses qui deviennent toxiques.

La survie des plantes, dans un milieu donné, dépend en grande partie de leur réaction au stade de germination et aussi à l'intra spécificité variétale. Dans une étude comparative entre le blé dur et l'orge, le blé dur s'avère plus sensible au NaCl au stade percée de la radicule et l'émergence du coléoptile que l'orge, qui, lui, a montré une résistance (**Garthwaite et al., 2005**). Chez l'*Atriplex halimus* L., la vitesse de germination est ralentie à partir de 9 g.l⁻¹de NaCl; est d'avantage inhibée à des concentrations plus élevées, cette inhibition est de nature osmotique (**Khan et al., 2009**). **Ben Madani et Belouadah (2018)**, trouvent que, chez cinq variétés de laitue «*Romana Parris Island, Trocadero, Anabia* (variété locale), *Frisée*, et *Batavia Rubia* », la germination est complètement inhibée à 125 mM de NaCl.

Cela pourrait expliquer le fait que les graines obtenues à partir de plantes cultivées dans des milieux salins peuvent être plus tolérantes à la salinité que ceux des milieux non salins, mais une telle augmentation de la tolérance n'a pas toujours été observée (**Bewley, 1997**).

Zapata et al., (2003), affirme que la germination des graines de neuf cultivars de la laitue en milieu salin est variable et spécifique au génotype.

Afin de déterminer la tolérance aux sels de *Lactuca sativa*, des hautes concentrations en sels composés d'eau de mer ont été utilisés pour élucider le comportement morphologique et biochimique de cette espèce. Les résultats obtenus montrent que sous les milieux les plus concentrés (10% et 20% d'eau de mer), le rendement en matière fraîche et sèche, la teneur en vitamine C, la teneur en NO_3^- , la teneur en protéines et en sucres solubles totaux ont été diminuée considérablement. À l'inverse, dans le cas des concentrations les plus faible (2.5% et 5%) la présence de sel se traduit par des teneurs plus élevée en sucre solubles totaux et en protéines (**Turhan et al., 2014**).

Ben Madani et Belouadah (2018), signalent que les variétés *Lactuca sativa* Var. Trocadero et *Lactuca sativa* Var. Romana Parris Island, sont les plus résistantes au stress salin et elle a montré un taux de germination de 72.8 % et 72.5 % en condition de stress modérée (75 mM). Or, les variétés *Lactuca sativa* Anabia (variété locale), *Lactuca sativa* Frisée et *Lactuca sativa* Batavia Rubia ont montré un taux de germination qui ne dépasse pas 48.5% pour le même niveau de stress salin (**Tableau 2.1**).

Il apparait de la lecture du tableau 3. 2 que la variété « Romana Parris Island » est significativement la meilleur, comparativement aux autres variétés. Suivi par la variété « Trocadero ». Vient ensuite les variétés « Anabia (variété locale) » et « Frisée » constituent une classe homogène différente des autres. La variété «Batavia Rubia », quant à elle, elle se montre la plus sensible au stress salin.

Tableau 2.1 : Classification des variétés de laitue étudiées en groupes homogènes, selon le test Newman-Keuls, pour le paramètre taux de germination (**Ben Madani et Belouadah, 2018**)

Variétés	Moyenne estimée	Groupes homogènes			
Romana Parris Island	36,311	A			
Trocadero	32,389		B		
Anabia (variété locale)	28,272			C	
Frisée	27,956			C	
Batavia Rubia	24,317				D

2.5 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^+ inductible 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 (Sofa *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 Ca²⁺ -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 BIBLIOGRAPHIQUES

Abdel Latef AA (2010) Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. *Cereal Res Comm* 38:43–55

Al-Karaki, G. N. (2001). Germination, sodium, and potassium concentrations of barley seeds as influenced by salinity. *Journal of plant nutrition*, 24(3), 511-522.

Allen GJ, Jones Wyn RG, Leigh RA, 1995. Sodium transport in plasma membrane vesicles isolated from wheat genotypes differing in K⁺ /Na⁺ discrimination traits. *Plant, Cell Environment* 18, 105-115.

Almansouri, M., Kinet, J. M., & Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and soil*, 231(2), 243-254.

Altunkaya A. et V. Gokmen. 2009. «Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. saliva*)». *Food chemistry*, vol. 117, p. 122-126.

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.

Attia H, Arnould N, Karray N, Rabhi M & Lachaal M. 2008. Long-term effects of mild salt stress on growth, ion accumulation and superoxide dismutase expression of Arabidopsis rosette leaves. *Physiol Plant*. 132: 293–305.

Bell, DT, 1999. Australian trees for the rehabilitation of waterlogged and salinity-damaged landscapes. *Aust. J. Bot.* (47) : 697-716.

Ben Madani, R., & Belouadah, A. (2017). *Test de germination dans des conditions de stress salin et caractérisation phénotypique de quelques variétés de la laitue cultivée dans la région de M'sila. Mémoire de fin d'étude* (Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).

Bewley JD (1997) Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9:1055–1066. doi:[10.1105/tpc.9.7.1055](https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055)

Broucqsault L.M., Pancin P., 1999, Laitue : Pleins feux sur la vedette des jardins potagers, Bulletin Semences, n°150, p 30-31.

Brun A., 1981. Mise au point bibliographique concernant l'étude des effets de la salinité sur les végétaux. Ann Fac Sci Yaoundé ; 28 : 59-84.

Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists.

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

Coelho A. F. S., Gomes E. P., Sousa A. P., Gloria M. B. A. 2005. Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. *J. Sci. Food. Agric.* 85: 1026-1032

Cornillon, P., & Palloix, A. (1997). Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 20(9), 1085-1094.

Cramer, G. R. (1997). Uptake and role of ions in salt tolerance.

Daoud Y., Cheverry C., et Robert M., 1993. Rôle physico-chimique du magnésium dans les sols salés des plaines du Chelif. *SCIENCE DU SOL* - 1993 -Vol. 31,4, 281-29.

De Vries I.M. 1997. «Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. ». *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 44, p. 165-174.

Djili K., 2000. Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie : Création d'une banque de données informatises et l'utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la vectorisations des données pédologique. Thèse doc. INA. Alger. 384p.

Douaoui, A., & Hartani, T. (2007, June). Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélif. In *Troisième atelier régional du projet Sirma* (pp. 5-p). Cirad.

Dupont S.M., Z. Mondin, G. Williamson et K.R. Priece. 2000. «Effect of variety, processing and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive». *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 48, p. 3957-3964.

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. *Food chemistry*, vol. 118, p. 300-306.

Funk V.A., Bayer R.J., Keeley S., Chan R., Watson L., Gemeinholzer B., Schilling E., Panero J.L., Baldwin B.G., Garcia-Jacas N., Susanna A., Jansen R.K., 2005. Everywhere but Antarctica: Using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. *Biologiske Skrifter*, 55: 343–374.

Gargominy, O., Tercerie, S., Régnier, C., Ramage, T., Dupont, P., Daszkiewicz, P. & Poncet, L. 2019. *TAXREF v13, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Rapport Patrinat. 63 pp.

Garthwaite, A. J., von Bothmer, R., & Colmer, T. D. (2005). Salt tolerance in wild *Hordeum* species is associated with restricted entry of Na⁺ and Cl⁻ into the shoots. *Journal of experimental botany*, 56(419), 2365-2378.

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.

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.

Gorham J, Wyn Jones RG & Bristol A. 1990. Partial characterization of the trait for enhanced K⁺-Na⁺ discrimination in the D genome of wheat. *Planta*. 180: 590-597.

Greenway, H., & Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual review of plant physiology*, 31(1), 149-190.

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.

Guerrier, G. (1983). Caractéristiques de l'absorption de Ca⁺⁺, K⁺ et Na⁺ chez le radis : relation avec la tolérance a la salinité. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*.

Halitim A., 1973. Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3eme cycle. Univ de Renne, 176 p.

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. Thèse doctorat, Uni .Rennes, 384 p.

Halitim A., 1988. Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p

Hanana, M., Hamrouni, L., Cagnac, O., & Blumwald, E. (2011). Mecanismes et strategies cellulaires de tolerance à la salinité (NaCl) chez les plants .Environmental Reviews.19 :121-140

Hunag, J. and Redman, R. E. (1995) Salt tolerance of Hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth. Plant Science 75: 815-819.

Jacoby GA. 1994. Genetics of extended-spectrum beta-lactamases. Eur J Clin Microbiol. 13(1): 2-11.

Jaouadi W, Hamrouni L, Souayeh N, Khouja ML. 2010. Étude de la germination des graines d'Acacia tortilis subsp. Raddiana sous différentes contraintes abiotiques. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 14(4) : 643-652. DOI : http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1504_35_5368

Jenni, S. et Emery, G. C. 2009. Estival lettuce. Can. J. Plant Sci. 89:99-101

Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P.F., 1999. Plant Systematics: A Phylogenetic Approach. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Kesseli, R. V., Paran, I. and Michel more, R. W. (1994). Analysis of a detailed genetic linkage map of Lactuca sativa (lettuce) constructed from RFLP and RAPD markers. Genetics, 136: 1435–1446.

Kesseli, R. V., Witsenboer, H., Vandemark, G. J., Stangellini, M. E. and Michel more, R. W. (1993). Recessive resistance to Plasmopara lactucae-radice maps by bulked segregant analysis to a cluster of dominant resistance genes in lettuce. Mol Pl Microbe Interact, 6: 722–728

Khan, H. A., Ayub, C. M., Pervez, M. A., Bilal, R. M., Shahid, M. A., & Ziaf, K. (2009). Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) at seedling stage. *Soil Environ*, 28(1), 81-87.

Kim, S. G., Lee, A. K., Yoon, H. K., & Park, C. M. (2008). A membrane-bound NAC transcription factor NTL8 regulates gibberellic acid-mediated salt signaling in *Arabidopsis* seed germination. *The Plant Journal*, 55(1), 77-88.

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

Labrie, M. et Ménard F. 2012. Les jardins laurentiens. Val-Morin. QC. In http://www.lesjardinslaurentiens.com/laitues_histoire.html. Consultée le 29 février 2013.

Lahlou M., Badraoui M., Souidi B., Goumari A. et Tessier D., 2002 -Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. Actes de l'atelier du PCSI, Montpellier, France, 28-29.

Lallouche, B., Boutekrabt, A., Hadjkouider, B., Riahi, L., Lamine, S., & Zoghlami, N. (2017). Use of physio-biochemical traits to evaluate the salt tolerance of five *Opuntia* species in the Algerian steppes. *Pak. J. Bot*, 49(3), 837-845.

Lanteigne, M. E. (2014). Influence de la variété de laitue (*Lactuca sativa*) sur le puceron (*Nasonovia ribisnigri*) et le parasitoïde (*Aphidius ervi*) dans le contexte d'une relation tritrophique.

Leopoldini, M., Russo, N., & Toscano, M. (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2), 288-306.

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.

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

Maas, E. V. (1984). Salt tolerance of plants. *Handbook of plant science in agriculture*, 2, 57-73.

Mahjoubi, H. (2019). Nouvelle stratégie d'amélioration de la productivité végétale en condition de stress environnemental via un meilleur contrôle du cycle cellulaire (Doctoral dissertation).

Maisonneuve B, Bellec Y, Anderson P, Michelmore RW (1994) Rapid mapping of two genes for resistance to downy mildew from *Lactuca serriola* to existing clusters of resistance genes. In: TAG Theoretical and Applied Genetics, pp. 96-104. Springer Berlin / Heidelberg.

Marcar, N. E., Dart, P., & Sweeney, C. (1991). Effect of root-zone salinity on growth and chemical composition of *Acacia ampliceps* BR Maslin, *A. auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth. and *A. mangium* Willd at two nitrogen levels. *New Phytologist*, 119(4), 567-573.

McCreight, J.D., Liu, Y. 2012. Resistance to lettuce aphid (*Nasonovia ribisnigri*) biotype 0 in wild lettuce accessions PI 491093 and PI 274378. *HortScience*. 47:179-184.

Messiaen, C.-M., Blancard, D., Rouxel, F. & Lafon, R., 1991. Les maladies des plantes maraîchères. 3rd Edition. INRA, Paris, France. 552 pp.

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)*.

Mulabagal V., M. Ngouajio, A. Nair, Y. Zhang, A.L. Gottumukkala et M.G. Nair. 2010. «in vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca saliva*) for functional food properties».

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.

Nasri, N., Kaddour, R., Rabhi, M., Plassard, C., & Lachaal, M. (2011). Effect of salinity on germination, phytase activity and phytate content in lettuce seedling. *Acta physiologiae planetarium*, 33(3), 935-942.

NCBI (National Center for Biotechnology Information), décembre 2016 : *Lactuca sativa*, sur www.ncbi.nlm.nih.gov

Nicolle C., A. Camat, D. Fraisse, J.-L. Lamaison, E. Rock, H. Michel, P. Amoureux etc. Remesy. 2004. «Characterisation and variation of antioxidant micronutrients in lettuce (*Lactuca saliva folium*) ». *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 84, p. 2061-2069.

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.

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.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(6), 4056-4075.

Plages JN. 1986. Evolution et situation variétale actuelle chez la laitue. In *La diversité des plantes légumières : Hier, aujourd'hui et demain*. Lavoisier, Paris, 29-32.

Plamondon-Duchesneau, L. 2011. Gestion de l'irrigation des laitues romaines (*Lactuca sativa* L.) cultivées en sol organique. Mémoire de maîtrise. Département de phytologie. Université Laval. Québec. Canada. 80 p.

Rahmoune, C., Seridi, R., Paul, R. and Drez, P. (2000). Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. *Agricultural Sciences*, 27(1): 72-77.

Rasanen LA, 2002. Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia*.

Rivero, R. M., Mestre, T. C., Mittler, R. O. N., Rubio, F., Garcia-Sanchez, F. R. A. N. C. I. S. C. O., & Martinez, V. (2014). The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. *Plant, cell & environment*, 37(5), 1059-1073.

Robbins MA, Witsenboer H, Michelmore RW, Laliberte JF, Fortin MG, 1994. Genetic mapping of Turnip mosaic virus resistance in *Lactuca sativa*. *Theoretical and Applied Genetics* 89, 583–9.

Ryder E.J., 1999. Genetics in lettuce breeding: past, present and future. In: Lebeda A., Křístková E. (Eds), *Eucarpia Leafy Vegetables '99*. Olomouc, Palacký University : 225–231.

Saeed, M., Wang Zhen, G., & Tianzhen, Z. (2014). Association mapping for salinity tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum*L.) germplasm from US and diverse regions of China. *Australian Journal of Crop Science*, 8(3), 338.

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

Slama, F. (1986). Intervention des racines dans la sensibilité ou la tolérance à NaCl de plantes cultivées.

Sofu, 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.

Tal, M. (1983). Selection for stress tolerance. *Handbook of plant cell culture (USA)*.

Thicoïpé J.P. 1997. Laitues, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Paris: p.

TOUAF L., 2002. Evaluation du niveau de salinité des sols du Nord de l'Algérie. Mémoires de magister, INA, Alger, 71 p.

Turhan, A., Kuscu, H., Ozmen, N., Sitki Serbeci, M., & Osman Demir, A. (2014). Effect of different concentrations of diluted seawater on yield and quality of lettuce. *Chilean journal of agricultural research*, 74(1), 111-116.

Ungar, I. A. 1996. Effect of salinity on seed germination, growth and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany* 83:604–607.

Van der Moezel, P. G., Watson, L. E., Pearce-Pinto, G. V. N., & Bell, D. T. (1988). The response of six Eucalyptus species and Casuarina obesa to the combined effect of salinity and waterlogging. *Functional Plant Biology*, 15(3), 465-474.

Virginia, R. A., & Jarrell, W. M. (1983). Soil properties in a mesquite-dominated Sonoran Desert ecosystem. *Soil Science Society of America Journal*, 47(1), 138-144.

Yamaguchi, T., & Blumwald, E. (2005). Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in plant science*, 10(12), 615-620.

Zapata, P. J., Serrano, M., Pretel, M. T., Amorós, A., & Botella, M. Á. (2003). Changes in ethylene evolution and polyamine profiles of seedlings of nine cultivars of *Lactuca sativa* L. in response to salt stress during germination. *Plant Science*, 164(4), 557-563.

Zhong, L., Zhang, X., Luan, Y., Wang, G., Feng, Y., & Feng, D. (2014). Preparation and thermal properties of porous heterogeneous composite phase change materials based on molten salts/expanded graphite. *Solar energy*, 107, 63-73.

Zorrig, 2010. Recherche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la laitue "*Lactuca sativa*". Thèse doctorat en agronomie pp 250