

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR

* * *

UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

* * *

DEPARTEMENT D'AGROFORESTERIE



Etude du comportement de trois espèces soumises au stress salin sous serre:

***Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium barbadense* L. et *Jatropha curcas* L.**



Mémoire présenté et soutenu publiquement le 05 Août 2013 pour l'obtention du
Master en Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers
(AGDEFA)

par

Boubacar CAMARA

Composition du Jury

Président :	Pr. Léonard Elie AKPO	Professeur titulaire	FST/UCAD, Dakar
Rapporteurs :	Dr. Daouda NGOM Dr. Elhadji FAYE	Maître Assistant Maître Assistant	UFR-ST/UASZ, Ziguinchor ISFAR/UT
Examineur :	Dr. Ngor NDOUR	Maître Assistant	UFR-ST/UASZ, Ziguinchor

Année universitaire 2012/2013

Dédicace

Je dédie ce travail à la mémoire de mon père et de mon grand frère. Qu'Allah les accueille dans son paradis.

A ma vaillante mère ma source de tendresse et de courage,
mes frères, mes sœurs, mes neveux, nièces, oncles et tantes,
mes amis qui font mon équilibre, pour leur présence dans ma vie.

Remerciements

Au terme de cette étude, je rends grâce au seigneur Dieu, Le Clément, Le Miséricordieux de m'avoir donné la santé, le courage, la patience et toutes les capacités physiques et mentales qui m'ont permis de réaliser ce travail.

Je remercie également Dr Ngom Daouda, Enseignant chercheur au département d'agroforesterie à l'université Assane Seck de Ziguinchor, mon Directeur de mémoire pour avoir accepté de m'encadrer et d'apporter ses précieuses recommandations allant dans le sens d'améliorer ce document.

Je remercie Dr Faye Elhadji et Dr Touré Mamoudou Abdoul, mes maîtres de stage, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect, pour tous les efforts consentis, leur savoir, leurs idées, leur confiance et leurs encouragements. Ils ont toujours fait preuve d'une grande disponibilité, d'une attention particulière à mes différentes préoccupations et d'une grande rigueur scientifique.

Mes remerciements vont également à l'endroit de l'infatigable Dr Ndour Ngor, chef du département d'agroforesterie de l'université Assane Seck de Ziguinchor à travers lui je remercie tous les enseignants intervenants au département d'agroforesterie.

Mention spéciale au Dr Kairé Maguette pour tout son apport dans notre formation, ses conseils et son attention particulière.

Mes sincères remerciements vont à l'endroit des membres du jury de m'avoir fait l'honneur d'accepter de participer et contribuer à l'amélioration de ce document. Qu'il trouve ici ma reconnaissance et mon respect.

Mes sincères remerciements vont à l'endroit du directeur du CNRF, Colonel Tamba Abdourahmane pour m'avoir accueillie dans son centre. A travers sa généreuse personne, j'exprime ma reconnaissance à tout le personnel du centre.

Mes vifs remerciements, mes profondes gratitudes s'adressent tous particulièrement à M. Badji Marcel et M. Ly Mamadou Ousseynou doctorants, Diop Mouhamadou et Diedhiou Bacary pour leur soutien moral, leurs conseils, leurs orientations, leurs générosités et leurs savoirs qui ont contribué à ce travail.

Toute ma gratitude, mon grand respect à mes chers parents, mention spéciale à ma chère mère pour l'éducation, l'amour, l'encadrement, la patience, la compréhension et surtout son affection. Merci Maman! Puisse Dieu vous donne longue vie. A travers elle je remercie mes frères et sœurs, neveux et nièce vous aurez toujours une place dans mon cœur. Je vous adore ! Je remercie aussi M. Diatta Nfally et toute sa famille qui m'a accueilli durant mes cinq années d'étude à Ziguinchor. Trouvez ici l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect, pour votre hospitalité, votre générosité et pour toute l'affection que vous avez à mon égard.

C'est enfin l'occasion de remercier M. Diatta Tidiane qui a guidé mes premiers pas à l'école, m'a soutenu durant tout mon cursus scolaire pour son affection et ces conseils.

Nous pensons donc à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation ce mémoire.

Il m'est agréable d'exprimer mes remerciements, ma reconnaissance et toute ma gratitude à tous les étudiants du département d'agroforesterie, mention spéciale à mes camarades de la première promotion d'agroforesterie. Trouvez ici ma profonde gratitude pour votre dévouement amical. Je vous adore!

Liste des sigles et abréviations

A.P.G:	Angiosperm Phylogerm Group
C.I. R.A.D:	Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
Cl:	Chlorure
Cm:	Centimètre
C.N.R.F:	Centre National de Recherches Forestières
ha:	Hectare
F.A.O:	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
I.S.R.A:	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
I.R.D:	Institut de Recherche pour le Développement
m:	Mètre
mm:	Millimètre
ml:	Millilitre
mM:	Milli mol
Na ⁺ :	ion sodium
NaCl:	Chlorure de Sodium

Glossaire

Chlorose : Dépérissement et jaunissement d'une plante dus à un manque en chlorophylle

Collet d'un plant : Partie de la plante où s'opère le passage de la tige à la racine

Concentration létale : Concentration pouvant provoquer la mort

Cordiforme : Ayant la forme d'une corde

Glycophytes : Plants qui ne tolèrent pas la salinité

Halophytes : Plants pouvant survivre en milieu salé

Héliophile : Plants pouvant se développer sous des climats chauds ou tempérés

Salinisation : Processus selon lequel le sol s'enrichit en sel soluble et acquière le caractère salé

Verticille : Disposition de façon circulaire à un même niveau

Liste des tableaux

Tableau 1 : Norme de salinité des sols	9
Tableau 2: Schéma du dispositif expérimental des trois essais (a) <i>J. curcas</i> (b) <i>G. barbadense</i> (c) <i>C. equisetifolia</i>	11
Tableau 3 : Analyse de la composition granulométriques du substrat (m).....	12
Tableau 4: Besoin d'eau (l) des plants en pépinière dans des gaines	12
Tableau 5: Récapitulatif de l'analyse de variance sur le nombre de feuilles, le diamètre (D), la hauteur (H) et la litière (L).	16
Tableau 6: Analyse de variance sur la masse aérienne, racinaire et le ratio.....	16
Tableau 7: Analyse de variance sur le nombre de feuilles, le diamètre, la hauteur et la litière.....	22
Tableau 8: Analyse de variance sur le nombre de feuilles, le diamètre et la hauteur.....	25
Tableau 9: Taux de mortalité (%) des plants en fonction des concentrations de sel apportées.....	27

Liste des figures

Figure 1: Evolution de la hauteur en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b).....	17
Figure 2: Evolution du diamètre en fonction des concentrations de sel et du temps.....	17
Figure 3: Evolution du diamètre en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)	18
Figure 4: Evolution de la production foliaire en fonction des concentrations de sel et du temps	19
Figure 5: Evolution de la production foliaire en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)	19
Figure 6: Evolution de la chute foliaire en fonction des concentrations de sel et du temps.....	20
Figure 7: Evaluation de la chute foliaire en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)	20
Figure 8: Evolution de la masse racinaire en fonction des concentrations de sel.....	21
Figure 9: Evolution de la masse aérienne en fonction des concentrations	21
Figure 10: Evolution du ratio en fonction des concentrations de sel.....	22
Figure 11: Evolution de la hauteur en fonction du temps.....	22
Figure 12: Evolution du diamètre en fonction du temps	23
Figure 13: Evolution du nombre de feuilles en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b) 23	
Figure 14: Evolution de la chute foliaire en fonction des Concentrations et du temps	24
Figure 15 : Evolution de la chute foliaire en fonction des doses (a) et du temps (b)	25
Figure 16: Evolution de la hauteur en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b).....	26
Figure 17: Evolution du diamètre en fonction du temps	26
Figure 18: Evolution du nombre de feuilles en fonction des concentrations (a) et du temps (b).....	27

Liste des photos

Photo 1: Seringue	12	
Photo 2 : Ruban métrique.....	13	
Photo 3: Pied à coulisse.....	14	
Photo 4: Etuve	Photo 5: Balance électronique	14
Photo 6: Thermomètre.....	15	

Résumé

La salinité des sols constitue l'une des principales menaces à la productivité agricole dans les zones semi-arides. Au Sénégal, les parties les plus affectées sont la Casamance, le Sine-Saloum et la région du fleuve. Face à ces difficultés, des stratégies ont été développées pour récupérer et/ou mettre en valeur les surfaces affectées par le sel. L'une d'entre elles est biologique. Elle consiste à sélectionner et/ou modifier génétiquement des plantes afin qu'elles puissent s'adapter aux conditions hostiles de ces zones. L'objectif de cette étude a consisté à tester trois espèces (*Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium barbadense* L. et *Jatropha curcas* L.) pour cerner leur réaction face au sel en milieu semi-contrôlé. De jeunes plants de *C. equisetifolia*, *G. barbadense* et *J. curcas* ont été arrosés avec une solution de NaCl à des concentrations variant de 0 à 23,36 g/l et suivis pendant deux mois, avant de les soumettre au test de toxicité avec des concentrations huit fois plus élevées que les premières. Les résultats obtenus montrent que les concentrations utilisées durant les deux mois ne sont pas néfastes pour la croissance de *G. barbadense* et de *C. equisetifolia*, contrairement, à *J. curcas*. La concentration 46,72 g/l NaCl est létale pour *C. equisetifolia* et *G. barbadense*, par contre, aucune mortalité n'a été enregistrée chez *J. curcas*.

Mots clés: Salinisation, *Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium barbadense* L., *Jatropha curcas* L., productivité agricole.

Abstract:

Salinization is one of the major threats to agricultural productivity in semi-arid areas. In Senegal, the most affected parts are Casamance, Sine-Saloum and the river region. Faced with these difficulties, strategies have been developed to recover and / or highlight the areas affected by salt. One of them is biologic. It consists to select and / or modify genetically plants so that they can adapt to hostile conditions of these areas. The objective of this study was to test three species (*Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium barbadense* L. and *Jatropha curcas* L.) to identify their response to salt in semi-controlled environment. Seedlings of *C. equisetifolia*, *G. barbadense* and *J. curcas* were sprayed with a solution of NaCl concentrations ranging from 0 to 23.36 g / l and followed for two months before submitting the toxicity test with eight times higher than the initial concentrations. The results show that the concentrations used in the two months are not harmful to the growth of *G. barbadense* and *C. equisetifolia*, contrary to *J. curcas*. The concentration of 46.72 g / l NaCl is lethal to *C. equisetifolia* and *G. barbadense*, by cons, any mortality was recorded in *J. curcas*.

Keywords: salinization, *Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium barbadense* L., *Jatropha curcas* L., agricultural productivity.

Introduction

Les années 1970 sont caractérisées dans la zone sahélienne par la fréquence des épisodes de sécheresse. Cela a eu comme corollaire la perturbation des écosystèmes naturels et des systèmes de production. Au Sénégal, environ 1 200 000 ha de terres seraient affectées par le phénomène de salinisation (Sadio, 1991) soit près de 6% de la superficie totale du pays.

La salinisation des terres est un ensemble de mécanisme suivant lequel le sol s'enrichit en sels solubles et acquiert le caractère salé. L'accumulation de ces sels dans le profil du sol en quantité suffisante peut affecter ses aptitudes agronomiques en provoquant ainsi un stress chez les plantes. Les parties du pays les plus touchées par ce fléau sont : la région du fleuve, le sine-saloum et la Casamance.

Face à cette contrainte, plusieurs stratégies ont été développées dans l'optique de récupérer et/ou de mettre en valeur les surfaces agricoles affectées par le sel ou d'atténuer les impacts de ce fléau. Ces stratégies consistent à :

- modifier l'environnement pour améliorer les sols et les conditions de vie des plantes par la construction de barrages, de digues, et de diguettes anti-sel, ou agir sur le sol en modifiant sa texture par l'amélioration des techniques culturales notamment par des campagnes de fertilisation adéquates : une telle stratégie est dite mécanique ;

- sélectionner des plantes et/ou les modifier génétiquement afin qu'elles puissent s'adapter aux conditions de ces zones. Cette approche dite biologique consiste à la sélection d'espèces végétales tolérantes au sel, économiquement et socialement acceptables par les populations ;

- combiner les deux stratégies précédentes pour améliorer l'efficacité des interventions sur ces milieux hostiles. Cette troisième approche qui peut être qualifiée d'hybride est connue sous le vocable biomécanique.

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la récupération et à la valorisation biologique ou biomécanique des superficies atteintes par le phénomène de salinisation. L'objectif spécifique est d'étudier le comportement de trois espèces soumises à un stress salin, à différentes concentrations de NaCl dans un temps bien déterminé. Pour atteindre cet objectif, deux hypothèses ont été testées en serre:

- les trois espèces (*Casuarina equisetifolia* L., *Gossypium barbadense* L. et *Jatropha curcas* L.) tolèrent la salinité mais à des niveaux différents
- les trois espèces étudiées développent les mêmes stratégies d'adaptation quand elles sont soumises à un stress salin.

Le présent mémoire est composé de trois (3) chapitres. Le premier chapitre présente l'état des connaissances sur le phénomène de salinisation, les espèces, les méthodes et les techniques utilisées pour faire face à ce phénomène. Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés. En fin, les résultats obtenus et leurs discussions sont présentés dans le troisième chapitre.

Chapitre 1 : Etats des connaissances

1.1. Présentation des espèces

1.1.1. Taxonomie et répartition

❖ *Jatropha curcas* L.

Jatropha curcas L. est une *Euphorbiaceae* du genre *Jatropha*. Elle appartient à la classe des dicotylédones et à l'embranchement des angiospermes. *Jatropha curcas* est une plante ancienne. La question de son origine reste très controversée. Certains auteurs la situent en Amérique tropicale, dans les régions sèches du Brésil (Berhaut, 1967). Pour d'autres, ce serait plutôt l'Amérique Centrale ou le Mexique c'est le cas de Wilbur (1954) et Aponte (1978), cités par CIRAD (2008) et (Noor et al., 2012). Cependant, son existence très ancienne établie par les traces fossiles datant de l'ère tertiaire découvertes au Pérou, remonte à la période où les continents n'étaient pas encore individualisés (CIRAD, 2008). Il a été introduit depuis longtemps en Afrique et maintenant sous les tropiques du monde entier (Berhaut, 1988).

❖ *Casuarina equisetifolia* L.

Casuarina equisetifolia L. est une *Casuarinaceae*. Le genre *Casuarina* est classé par Adanson dans la famille des Pins. Tandis que dans la classification A.P.G la famille des *casuarinaceae* est incluse dans l'ordre des Fagales (Berhaut, 1988). Il appartient à la classe des dicotylédones et à l'embranchement des angiospermes. *Casuarina equisetifolia* L. est une plante originaire des îles du Pacifique, de l'Asie méridionale et d'Australie.

❖ *Gossypium barbadense* L.

Gossypium barbadense L. est une *Malvaceae* du genre *Gossypium*. Elle appartient à la classe des dicotylédones et à l'embranchement des angiospermes. Elle est vivace et croit naturellement sur la rive du Sénégal (Berhaut, 1988). La culture de *Gossypium barbadense* L. est très anciennement connue c'est une plante originaire des pays chauds. La littérature de la Chine relate que dans ce pays, le cotonnier était déjà exploité 3000 ans avant notre ère (Mémento de l'agronome, 1984). Selon Viera-da-Silva (1970), l'espèce *G. barbadense* est originaire de l'Inde.

1.1.2. Ecologie et description

❖ *Jatropha curcas* L.

Jatropha curcas L. est une espèce rustique, résistante aux fortes chaleurs, à de longues périodes de sécheresse et à de faibles pluviométries. C'est une espèce pantropicale plantée. Elle se présente comme un buisson ou un arbuste de 4-8 m de haut, à fût court et ramifié dès la base, à latex translucide, à branches épaisses et cassantes (Roussel, 1995). Son écorce est lisse et se desquame, ses feuilles sont alternes et dépourvues de poils. Elle perd ses feuilles durant la saison sèche, mais dans les zones toujours humides, la plante garde ses feuilles toute l'année (CIRAD, 2008).

❖ *Casuarina equisetifolia* L.

C'est une espèce de pleine lumière qui ne supporte pas de concurrence dans le jeune âge. Elle est capable de se développer dans des conditions de stress hydrique et salin (Gupta et *al.*, 1986, Dutt et *al.*, 1991), d'ensablement partiel et de vent violent (Cissé et Gourbière, 1993 Fall, 1994 Lam Cong Ding, 1998). Sa capacité de croissance est très élevée dans des conditions particulièrement difficiles (Cissé et Gourbière, 1993), à condition que la nappe soit proche (Roussel, 1995). Cultivée dans les régions côtières sableuses sous les tropiques, elle supporte bien les sols siliceux pauvres mais ne supporte pas la présence d'une couche imperméable argileuse, rocheuse ou latéritique (Roussel, 1995).

Casuarina equisetifolia L. est un grand arbre à croissance rapide pouvant atteindre 25 à 30 m ou davantage avec un port de conifère (Roussel, 1995). Ces branches sont alternes, les dernières ramifications étant filiformes et ne dépassant pas 1mm de large. Les feuilles sont des petites écailles triangulaires aiguës longues de 1 mm, et disposées en verticilles.

❖ *Gossypium barbadense* L.

C'est une plante héliophile, une réduction même légère de la lumière reçue se manifeste sur sa croissance et son développement (Ilboudo, 1997). Elle se retrouve sur les sols relativement pauvres. C'est une plante buissonnante haute de 1 à 2 m, à feuilles alternes et à peu près glabres sauf les jeunes feuilles et de bord souvent pubescent. Son limbe est cordiforme, triangulaire, long et large de 6 à 10 mm.

1.1.3. Ethnobotanique

❖ *Jatropha curcas* L.

Jatropha Curcas L. a toujours été utilisé pour la réalisation de haies vives afin de délimiter des parcelles (Roussel, 1995). En dehors de cet usage, elle est aussi très utilisée dans la pharmacopée traditionnelle pour de nombreuses affections : l'huile, les feuilles et l'écorce sont utilisées comme purgatif. Le latex est réputé pour soigner les plaies, les ulcères, les dermatomycoses, la gale, aussi pour soulager les piqûres d'insecte (CIRAD, 2008). L'huile permet de traiter les rhumatismes et toutes sortes d'infections dermatologiques malgré les irritations qu'elle peut provoquer sur la peau. Son utilisation dans la fabrication traditionnelle du savon est répandue. Elle a été même utilisée dans le savon de Marseille (Cunha da Silveira, 1934) cité par CIRAD (2008). D'une façon générale, les huiles végétales sont de bons carburants pour les moteurs diesel, l'huile de *Jatropha* n'est pas indifférente à ce fait. L'huile extraite de la graine est le produit final le plus précieux c'est une source importante de biocarburant car elle a le potentiel de remplacer partiellement les combustibles fossiles comme le diesel (Noor et *al.*, 2012). Après filtration, elle peut en effet être utilisée dans différents types de moteurs de conception classique. L'huile de *Jatropha curcas* L. est également utilisée comme pétrole dans l'éclairage en milieu rural (CIRAD, 2008).

❖ *Casuarina equisetifolia* L.

Elle est utilisée comme plantes ornementales et dans le contrôle de l'érosion, en particulier sur les côtes (son habitat naturel) en fixant les dunes de sable et en protégeant les cuvettes maraichères (Roussel, 1995). Son bois est largement utilisé pour la fabrication de pièces de maisons, de poteaux, crochets, et divers autres outils. Cependant, avec le caractère extrêmement dur de son bois, il est difficile à travailler il est donc impropre à la sculpture. Il produit un bois de chauffage de qualité fine et un excellent charbon de bois (Roussel, 1995), il est l'un des meilleurs bois de chauffage dans le monde (Whistler and Elevitch, 2006). *C. equisetifolia* est susceptible d'établir des symbioses fixatrices d'azote avec un actinomycète du sol appartenant au genre *Frankia* selon plusieurs auteurs (Sougoufara, 1990 Mariotti et al., 1992 Cisse et Gourbiere, 1993 Walker et al., 1993 Diouf, 1995 Roussel, 1995 Lam Cong Ding, 1998 Whistler et Elevitch, 2006). Cette propriété lui permet de fixer l'azote atmosphérique de l'ordre de 40 à 100 kg/ha/an (Cissé et Gourbière, 1993 Fall, 1994 Diouf, 1995). C'est ce qui lui confère d'ailleurs des qualités intéressantes dans l'amendement des sols pauvres.

❖ *Gossypium barbadense* L.

Gossypium barbadense L. ainsi que d'autres variétés de la même espèce sont cultivées pour leur coton qui est d'une finesse et d'une blancheur éclatante servant à la fabrication de tissus, des couvertures, etc. C'est d'ailleurs la première fibre textile mondiale avec une part de 50% du marché (Ilboudo, 1997; Mergeai, 2006). Hormis son utilisation comme coton hydrophile en pharmacie, il a beaucoup de vertus dans la pharmacopée traditionnelle (Berhaut, 1988). Le coton est aussi la deuxième source de protéine végétale et la quatrième plante oléagineuse avec 27 millions de tonnes de graine par an utilisée en alimentation humaine et animale (Ilboudo, 1997).

1.2. Etat de la salinité

Tout sol qui renferme des sels solubles en quantité anormalement élevée est qualifié de «salé» Baize (2000). La salinisation est donc l'accumulation en quantité excessive de sels minéraux, notamment le NaCl dans le sol (Levigneron et al., 1995).

Ainsi, la norme de salinité des sols mise en place par Loyer et Le Brusq (1982) a été adaptée aux sols sénégalais par (Daffé et Sadio, 1988). (Tableau 1).

Tableau 1 : Norme de salinité des sols

Conductivité électrique	Appréciation
CE < 0,5 mmhos/cm	Sol non salé
0,5 < CE < 2 mmhos/cm	Sol salé
2 < CE < 4 mmhos/cm	Sol très salé
CE > 4 mmhos/cm	Sol sursalé

Rappel : 1000 μ S/cm = 1 mS/cm = 1mmhos/cm

Depuis le début du XX^e siècle, la superficie des terres agricoles touchées par la salinité ne cesse d'augmenter (Levigneron et *al.*, 1995). La salinisation affecte environ 70% des terres du globe (Bahrani et Hagh Joo, 2012) correspondant environ à 800 millions d'hectares de la surface terrestre (Sangeeta et *al.*, 2011). Ce problème qui est une menace pour l'équilibre alimentaire (Kinet et *al.*, 1998) touche plus particulièrement les zones arides et semi arides des régions tropicales et méditerranéennes (Levigneron et *al.*, 1995 Choukr-Allah, 1997 Ramoliya et Pandey, 2003 Benderradji et *al.*, 2010 Djerroudi et *al.*, 2010 Sangeeta et *al.*, 2011 Bahrani et Hagh Joo, 2012). En Afrique la salinisation touche 40 millions d'hectares de terres dont 15 millions directement liés aux facteurs anthropiques (CNCR, 2011). Au Sénégal environ 1 200 000 ha de terres seraient affectées par le phénomène de salinisation selon Sadio (1991) soit près de 6% de la superficie totale du pays. Les parties du pays les plus touchées par ce fléau sont : la région du fleuve, le sine-saloum et la Casamance.

1.3. Effet de la salinité sur les cultures

Le phénomène de salinité des sols est l'un des principaux facteurs environnementaux qui affectent la production agricole dans les régions arides et semi-arides, tant pour l'agriculture pluviale que pour celle à irrigation de complément (Benderradji et *al.*, 2010 Sangeeta, 2011 Bahrani, and Hagh Joo, 2012).

Elle est pour l'essentiel la résultante d'un mécanisme naturel complexe. Selon Sadio (1991), la salinisation des terres au Sénégal résulte essentiellement de l'une des différentes phases climatiques qui se sont succédées au quaternaire et qui ont provoqué l'envahissement du continent par les eaux marines. A cela s'ajoute, l'effet des changements climatiques, notamment le déficit pluviométrique des années 1970 et l'élévation du niveau marin, qui ont en outre contribué à accentuer les effets de la salinité en aval des quatre principaux bassins versants du territoire Sénégalais à savoir : le sénégale, le sine, le saloum et la casamance (Sadio, 1991 Zeng, 2003). Anonyme, (2006) ajoute à ce propos qu'en Afrique, environ 20% des terres salinisées, soit près de 15 millions d'hectares, ont une origine anthropique. Ce phénomène a pour corollaire une baisse de la productivité des sols et parfois la disparition du couvert végétal naturel et une dégradation des terres arables. Cette dégradation de

l'écosystème a pour conséquence la chute importante de la production agricole. Elle freine ainsi l'économie locale et accentue la pauvreté.

1.4. Réponse des végétaux face au stress salin

La plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes (Levigneron et *al.*, 1995), plantes dites sensibles au sel parce que leur croissance diminue en présence de sel dans le sol. A l'inverse, un certain nombre de plantes dites halophytes sont naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien, voir mieux, dans les milieux salins que dans les conditions normales.

Des conditions extrêmes de salinité tuent les plantes alors que le stress salin modéré à faible affecte leur croissance voir leur productivité. Une plantes cultivée sur un sol riche en sel doit donc faire face à la pénétration du sel dans ses tissus. Ce dernier est soit rejeté ou accumulé par différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires (Levigneron et *al.*, 1995). Ces espèces déclenchent des mécanismes de tolérance qui contribuent à l'adaptation au stress osmotique et ionique provoqué par la salinité élevée (Lee et *al.*, 2008).

La réponse immédiate des végétaux au stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration de sel augmente (Wang et Nil, 2000). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative de la biomasse racinaire, la hauteur, le nombre de feuilles par plante, chez la tomate (Mohammad et *al.*, 1998).). Les concentrations élevées de NaCl réduisent la croissance des plantes, en particulier des feuilles, avec un effet plus prononcé sur le génotype le plus sensible (Benderradji et *al.*, 2010). Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (Agastian et *al.*, 2000). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une diminution de la biomasse racinaire, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et *al.*, 2001).

Le stress salin induit ainsi une grande diversité de changements morphologiques, physiologiques et biochimiques chez les plantes (Al-Karaki, 2001 et Lambers, 2003). Les sels accumulés dans le sol, peuvent donc limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal suite à une élévation de la pression osmotique du milieu et/ou à l'effet toxique spécifique des éléments. La quantité de sel que les plantes peuvent tolérer varie avec les familles, les genres et les espèces mais aussi selon les variétés. C'est pourquoi, il n'est pas possible de définir, dans l'absolu le seuil de salinité à partir du quel les cultures subissent un stress (Levigneron et *al.*, 1995). Il n'y a pas de distinction précise entre les concentrations de sel tolérées par les glycophytes ou les halophytes, bien qu'une frontière arbitraire de concentration externe en NaCl de l'ordre de 6 g/l soit souvent citée (Levigneron et *al.*, 1995).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

2.1. Revue documentaire

Elle a été menée au niveau des bibliothèques du Centre National de Recherches Forestières (CNRF), de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et de la direction des Eaux et Forêts. Quelques sites internet ont également été visités. Cette revue bibliographique a été axée sur une documentation ayant trait aux questions de salinisation, aux études et essais menés sur différentes espèces halophytes et leurs comportements face au stress salin.

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé au cours de notre étude est constitué de plants de trois espèces élevés en pépinière :

- ✓ pour *Gossypium barbadense* L. et *Casuarina equisetifolia* L., les plants utilisés ont été fournis par le Centre National de Recherches Forestières (CNRF) et étaient âgés de six (6) mois.
- ✓ pour *Jatropha curcas* L., les plants utilisés ont été élevés à la serre de Sangalkam avant d'être transférés à la pépinière du CNRF. Les plants étaient âgés de quatre (4) mois à la date de début des essais.

2.3. Dispositif expérimental

Trois (3) essais indépendants ont été mis en place selon un Dispositif Complètement Aléatoire (DCA). Pour chaque essai, un seul facteur (concentration de sel) à 5 niveaux a été étudié. Chaque essai comporte cinq (5) traitements et chaque traitement a été répété trois (3) fois. Soit quinze (15) parcelles par essai, avec chacune six (6) plants. Au total, quatre vingt-dix (90) plants (5 x 3 x 6) ont été utilisés pour chacun des essais, soit, un total de 270 plants pour les trois (3) essais.

Un tirage aléatoire sans remise a été effectué afin d'affecter à chaque parcelle le traitement qui lui sera appliqué. Cela a été matérialisé par des étiquettes sur les quelles sont indiqués le numéro de parcelle et la concentration de sel à apporter (tableau 2).

Tableau 2: Schéma du dispositif expérimental des trois essais (a) *J. curcas* (b) *G. barbadense* (c) *C. equisetifolia*

D2,92	D0	D0	D5,84	D11,68	(a)
D11,68	D5,84	D23,36	D0	D23,36	
D23,36	D2,92	D11,68	D2,92	D5,84	

D11,68	D5,84	D23,36	D0	D0	(b)
D2,92	D11,68	D2,92	D5,84	D2,92	
D23,36	D23,37	D5,84	D0	D11,68	

D2,92	D11,68	D5,84	D5,84	D11,68	(c)
D23,36	D0	D5,84	D23,36	D23,36	
D11,68	D0	D2,92	D2,92	D0	

Les trois essais ont été mis en place dans une serre dans des conditions semi-contrôlées. La température moyenne de la serre variait comme suit : 19,83°C le matin, 27,05°C à mi-journée et 25,66°C le soir.

Des gaines de dimensions différentes ont été utilisées : petit format (25x8 cm) pour *G. barbadense* et *C. equisetifolia* et format moyen (25x15 cm) pour *J. curcas*. Elles ont été remplies jusqu'à plus de 3/5 d'un substrat constitué d'un mélange de sable de dune (2/3) et de terreau (1/3). Les caractéristiques granulométriques de ce mélange sont déterminées par Roussel (1995) (tableau 3).

Tableau 3 : Analyse de la composition granulométriques du substrat (m)

Eléments	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
	0-2 μ	2-20 μ	20-50 μ	50-200 μ	> 200 μ
Teneur (%)	7	2,4	1	29,2	60,3

2.3.1. Apport d'eau

Pour les besoins en eau, 0,05 l/plant/jour a été utilisé suivant Roussel (1995) pour l'irrigation des plants élevés en pépinière dans des gaines (tableau 4). Une seringue de 60 ml a été utilisée pour la prise des doses de sels et leur application sur les plants (photo 1).



Photo 1: Seringue

Tableau 4: Besoin d'eau (l) des plants en pépinière dans des gaines

	Nombre de litre /jour	Nombre de litre/mois	Nombre de litre/4mois
pour 1 plant	0,04-0,06	2	8
pour 1000 plants	60	1800	7200

2.3.2. Conduite des essais

Les plantes des trois espèces ont été soumises aux différentes concentrations de NaCl comme suit :

- D0 correspond à une concentration en NaCl de 0 g/l, il représente le traitement témoin.

- D2,92 correspond à une concentration en NaCl de 2,92 g/l
- D5,84 correspond à une concentration en NaCl de 5,84 g/l
- D11,68 correspond à une concentration en NaCl de 11,68 g/l
- D23,36 correspond à une concentration en NaCl de 23,36 g/l

Les doses de sel ont été apportées progressivement afin d'éviter les chocs osmotiques aux jeunes plants (voir annexe I, II et III). Au début, une concentration de 25 mM correspondante à 1,46 g/l a été utilisée. Cette concentration correspond à un seuil au delà duquel la plupart des espèces végétales non résistantes au sel ne peuvent pas se développer (Faye, 2003). Cette concentration a été multipliée par deux (2) tous les deux (2) jours jusqu'à atteindre les différentes concentrations souhaitées.

Ce dispositif a été suivi durant deux (2) mois, à partir du 12 novembre 2012.

A partir du 13 janvier 2013, la moitié des plants a été sacrifiée dans chacun des essais pour des mesures de biomasse racinaire et aérienne. Les échantillons ont été séchés à l'étuve à 70°C degrés durant dix (10) jours.

Dans le but de déterminer le taux de mortalité de ces différentes espèces, une application de concentrations létales a été effectuée. Cette application consiste à multiplier huit (08) fois chacune des concentrations utilisées sur la moitié restante durant vingt et un (21) jours. Les concentrations suivantes ont été utilisées :

- 0 g/l sur les parcelles qui recevaient 0 g/l
- 23,36 g/l au niveau des parcelles qui recevaient 2,92 g/l
- 46,72 g/l au niveau des parcelles qui recevaient 5,84 g/l
- 93,44 g/l au niveau des parcelles qui recevaient 11,68 g/l
- 186,88 g/l au niveau des parcelles qui recevaient 23,36 g/l

2.4. Mesure des variables

Différentes variables ont été mesurées:

- Hauteur des plants pour laquelle un ruban métrique a été utilisé (photo 2) :



Photo 2 : Ruban métrique

- Diamètre au collet des plants mesuré à l'aide d'un pied à coulisse (photo 3)



Photo 3: Pied à coulisse

- Nombre de feuilles par plants a été compté manuellement.

Pour *C. equisetifolia* en lieu et place des feuilles, des rameaux c'est-à-dire ceux qui sont directement liés à la tige principale et ayant une longueur supérieure à un centimètre ont été compté.

Les trois (3) variables mentionnées ci-dessus ont été mesurées à trois temps sur les trois (3) essais : au début de l'expérience, à un (1) mois et à la fin de la première partie, c'est-à-dire avant les testes de toxicité.

- La quantité de litière par parcelle a été estimée. Le ramassage se faisait chaque jour.

Les feuilles étaient ensuite séchées à l'étuve (Photo 4) à une température de 70°C pendant 72 heures. Les pesées se faisaient tous les dix (10) jours avec une balance électronique de précision 0,1g (photo 5).



Photo 4: Etuve



Photo 5: Balance électronique

- Température au niveau de la serre : elle a été suivie durant toute l'expérience.

Ainsi, la température à été prise trois (3) fois par jour : le matin, à mi-journée et au soir avec un thermomètre (photo 6).

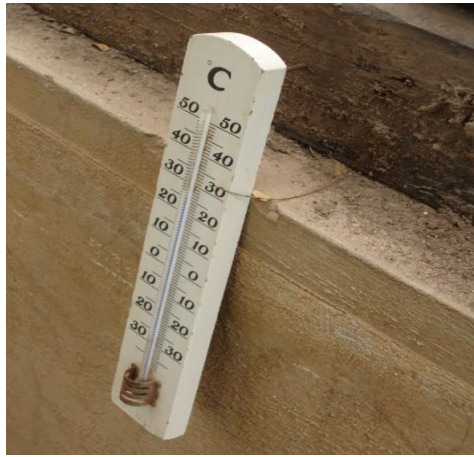


Photo 6: Thermomètre

➤ La biomasse aérienne et racinaire :

Après deux (2) mois d'expérience, la moitié des plants a été sacrifiée et la partie aérienne séparé de la partie racinaire. Après dix (10) jours de séchage à l'étuve, des pesées ont été faites avec la même balance électronique (photo 5).

2.5. Traitements statistiques

Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variances, les moyennes ont été comparées selon la méthode basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par le logiciel STATISCA .6 version 2003. On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$ et hautement significatifs quand $P < 0,001$. Les graphiques présentés ont été réalisés avec Microsoft office Excel 2007.

Chapitre 3 : Résultats et Discussions

Les principaux résultats présentés dans cette partie concernent l'effet des différentes concentrations de sel sur la croissance en diamètre, le nombre de feuilles, la chute foliaire, la biomasse et la mortalité de *J. curcas*, *G. barbadense* et *C. equisetifolia*.

3.1. Chez *Jatropha curcas* L.

Les résultats de l'analyse de l'effet de la concentration de sel sur le nombre de feuilles, le diamètre, la hauteur et la litière sont présentés dans le tableau 3. Il ressort de cette analyse que la concentration de sel et le temps ont des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($P < 0,001$), le diamètre ($P < 0,001$), la hauteur ($P = 0,033$ pour concentration de sel et $P < 0,001$ pour le temps) et la litière ($P < 0,001$). L'interaction de la concentration de sel et du temps est aussi significative pour toutes les variables mesurées sur *J. curcas* sauf pour la hauteur (tableau 5).

Tableau 5: Récapitulatif de l'analyse de variance sur le nombre de feuilles, le diamètre (D), la hauteur (H) et la litière (L).

Source de variation	SC				DDL		CM				F				P			
	feuille	H	D	L	DDL1	DDL2	feuille	H	D	L	feuille	H	D	L	feuille	H	D	L
Concentration de sel	987,4	181	1,64	57	4	4	246,80	45,20	0,41	14,26	136,60	2,66	19,93	13,22	<0,001	0,033	<0,001	<0,001
Temps	431,3	291	3,94	60,7	3	2	215,70	145,50	1,97	20,25	119,40	8,57	96,07	18,77	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Concentration de sel * temps	492	66,4	0,34	72,9	12	8	61,50	8,30	0,04	6,08	34,00	0,49	2,06	5,64	<0,001	0,864	0,040	<0,001

NB: SC= Somme des carrés, DDL= Degrés de liberté (DDL1 concerne feuilles, H et D tandis que DDL2 concerne L), CM= Carrés moyens, P= Probabilités

La concentration de sel a aussi des effets significatifs sur la masse racinaire ($P = 0,013$), la masse aérienne ($P < 0,001$) et le ratio ($P < 0,001$) chez *J. curcas* (tableau 6).

Tableau 6: Analyse de variance sur la masse aérienne, racinaire et le ratio

Source de variation		SC	DDL	CM	F	p
Masse racinaire	Concentration de sel	11,11	4	2,778	3,647	0,013
Masse aérienne		268,7	4	67,17	13,64	< 0,001
Ratio		1,346	4	0,337	7,82	< 0,001

NB: SC= Somme des carrés, DDL= Degrés de liberté (DDL1 concerne feuilles, H et D tandis que DDL2 concerne L), CM= Carrés moyens, P= Probabilités
MR= Masse Racinaire, MA= Masse Aérienne

3.1.1. Effet de la concentration de sel et du temps sur la croissance en hauteur

L'analyse de la figure 1a montre une différence significative entre les hauteurs ($P = 0,033$). Les hauteurs les plus élevées ont été observées avec les concentrations D0 et D23,36 (en moyenne $23,92 \pm 0,6$ cm) avec une différence significative comparées aux concentrations D2,92, D5,84 et D11,68 (en moyenne $22,5 \pm 0,6$ cm) qui regroupent les hauteurs les plus basses.

La figure 1b montre une augmentation de la hauteur au cours du temps ($P = 0,001$). La hauteur la plus élevée est obtenue à T3 (en moyenne $24,12 \pm 0,43$ cm). La hauteur la plus faible a été

obtenue à T1 ($21,66 \pm 0,43$ cm). Par contre la différence n'est pas significative entre T2 et T3 (en moyenne $23,69 \pm 0,43$ cm).

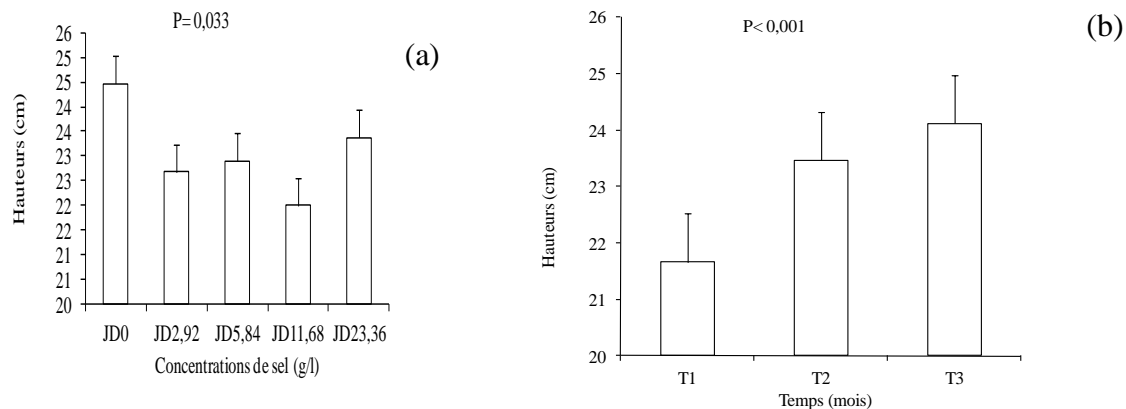


Figure 1: Evolution de la hauteur en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)

3.1.2. Effet de la concentration de sel et du temps sur la croissance en diamètre

La figure 2 présente l'interaction entre concentration de sel et temps sur le diamètre ($P= 0,04$). A T1, la différence n'est pas significative entre les diamètres (en moyenne $0,66 \pm 0,033$ cm) quelle que soit la concentration. Les diamètres ont connu une augmentation significative à T2 (en moyenne $0,88 \pm 0,033$ cm) comparé à T1 sauf pour la concentration D23,36 ($0,78 \pm 0,033$ cm). A T3 l'augmentation du diamètre n'est significative qu'au niveau des concentrations D0 et D2,92 ($1,09 \pm 0,033$ cm). Cependant, pour les concentrations D5,84, D11,68 et D23,36 (en moyenne $0,85 \pm 0,033$ cm), l'augmentation n'est pas significative.

La figure 2 montre également qu'à D0, le diamètre le plus élevé est obtenu à T3 ($1,14 \pm 0,033$ cm), suivi de T2 ($0,95 \pm 0,033$ cm) et le diamètre le plus faible est obtenu à T1 ($0,73 \pm 0,033$ cm). Par contre, pour la concentration D2,92, le diamètre est plus faible à T1 ($0,73 \pm 0,033$ cm) et plus élevé à T2 et T3 (en moyenne $0,95 \pm 0,033$ cm). La même tendance est observée au niveau des concentrations D5,84, D11,68 et D23,36. Dans l'ensemble la croissance en diamètre chez *J. curcas* évolue inversement avec les concentrations sel.

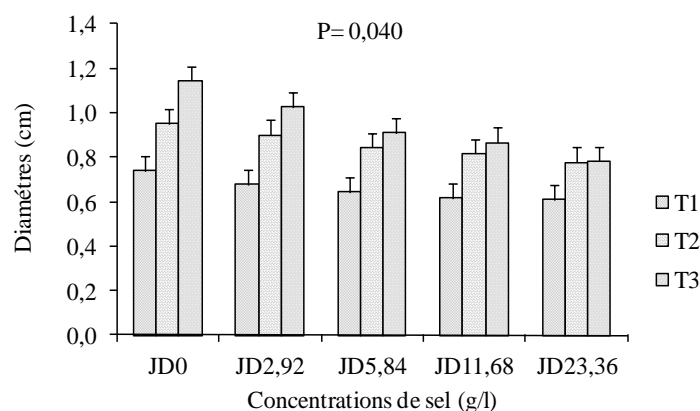


Figure 2: Evolution du diamètre en fonction des concentrations de sel et du temps

L'analyse de la figure 3a montre une diminution hautement significative du diamètre en fonction des concentrations ($P<0,001$). Le diamètre est plus important au niveau des concentrations D0 et D2,92 (en moyenne $0,91\pm0,2$ cm). Cependant, il est moins important à D11,68 et D23,36 (en moyenne $0,75\pm0,2$ cm).

La figure 3b montre une augmentation hautement significative du diamètre en fonction du temps ($P<0,001$). Les diamètres les moins élevés sont enregistrés à T1 ($0,66\pm0,2$ cm) et les diamètres les plus élevés sont enregistrés à T2 et T3 (en moyenne $0,90\pm0,2$ cm).

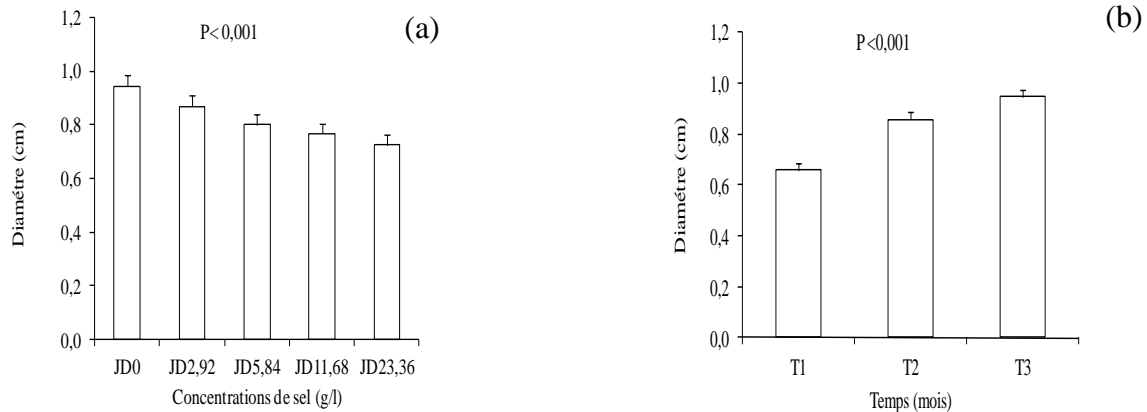


Figure 3: Evolution du diamètre en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)

3.1.3. Effet de la concentration de sel et du temps sur le Nombre de Feuilles

La figure 4 montre une influence hautement significative ($P<0,001$) de la concentration de sel et du temps sur la production foliaire. A T1, le nombre de feuilles ne présente pas de différence significative quelque soit la concentration (en moyenne $6,66\pm0,32$). A T2, le nombre de feuilles a significativement augmenté à D0 ($9,67\pm0,32$) comparait aux autres concentrations. Quant aux concentrations D2,92 et D5,84 (en moyenne $7,17\pm0,32$), le nombre de feuilles a connu une augmentation non significative par rapport à T1. Par contre au même temps T2, au niveau des concentrations D11,68 et D23,36 (en moyenne $3,36\pm0,32$), le nombre de feuilles a significativement diminué. A T3, le nombre de feuilles a connu une diminution significative quelque soit la concentration. Toutefois le nombre de feuilles est plus important à D0 ($8,27\pm0,32$) et moins important au niveau des concentrations D11,68 et D23,36 (en moyenne $0,31\pm0,32$).

Dans l'ensemble *J. curcas* a tendance à réduire la production de feuilles en fonction de l'augmentation de la concentration de sel.

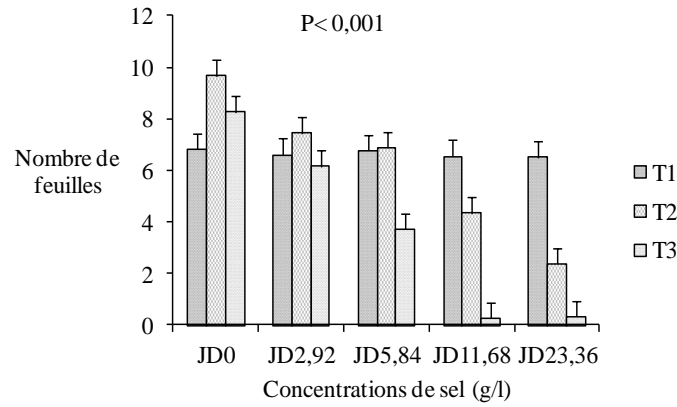


Figure 4: Evolution de la production foliaire en fonction des concentrations de sel et du temps

La figure 5a présente une diminution du nombre de feuilles en fonction de la concentration de sel ($P < 0,001$). Le nombre de feuilles est largement plus important au niveau de la concentration D0 ($8,26 \pm 0,18$). Cependant, il est moins important au niveau des concentrations D11,68g/l et D23,36g/l (en moyenne $3,40 \pm 0,18$).

La figure 5b montre une diminution hautement significative du nombre de feuilles au cours du temps ($P < 0,001$). La production de feuilles est plus importante à T1 et T2 (en moyenne $6,40 \pm 0,14$). Cependant, elle est plus faible à T3 ($3,76 \pm 0,14$).

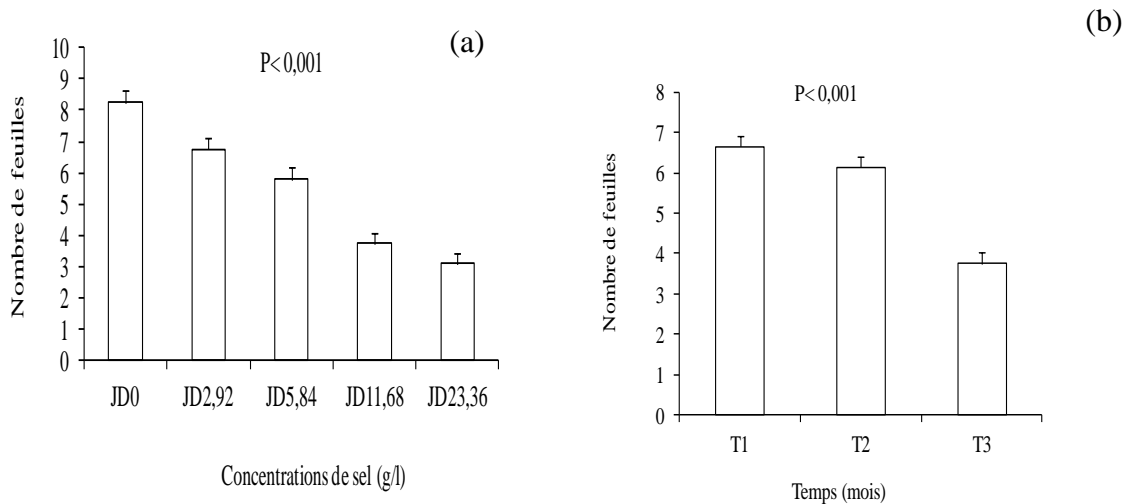


Figure 5: Evolution de la production foliaire en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)

3.1.4. Effet de la concentration et du temps sur la chute foliaire

L'analyse de la figure 6 montre que la chute foliaire chez *J. curcas* est influencée par la concentration et le temps ($P < 0,001$). A T1 la chute foliaire ne présente pas de différence significative (en moyenne $0,46 \pm 0,60$ g) quelque soit la concentration. A T2 elle n'est pas significative entre les concentrations D0, D2,92, D5,84 (en moyenne $0,37 \pm 0,60$ g). Elle n'est pas non plus significative entre D11,68 et D23,36 (en moyenne $2,07 \pm 0,60$ g). Cependant, ces dernières concentrations ont entraîné une chute significative de feuilles. A T3 la chute foliaire est plus importante à D23,36 ($5,73 \pm 0,60$ g) suivie de D11,86 ($2,06 \pm 0,60$ g). Par contre, la

différence n'est pas significative entre D0, D2,92, D5,84 (en moyenne $0,23\pm 0,6g$) qui regroupent les chutes minimales. A T4 il n'y a pas de différence significative entre les concentrations D0, D2,92, D5,84 et D23,36 (en moyenne $2,25\pm 0,60 g$) qui regroupent les minima. Cependant, la concentration D11,68 ($6,67\pm 0,60 g$) a connu une importante chute foliaire.

Dans l'ensemble le constat est que *J. curcas* a tendance à perdre ses feuilles si la concentration augmente au cours du temps.

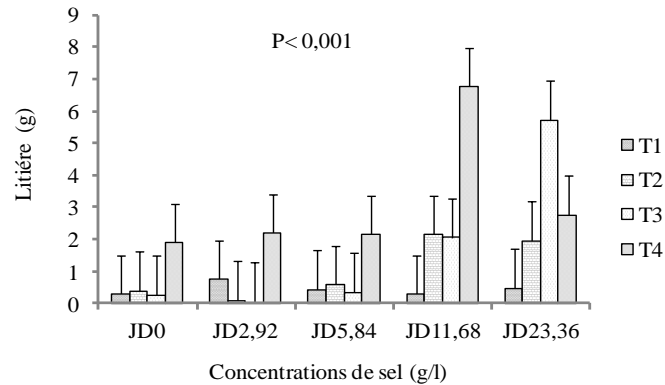


Figure 6: Evolution de la chute foliaire en fonction des concentrations de sel et du temps

La figure 7a montre une influence de la chute foliaire par les concentrations de sel ($P < 0,001$). Elle est en effet plus importante à D11,68 et D23,36 (en moyenne $2,78\pm 0,30g$). Cependant, elle est moins importante à D0, D2,92 et D5,84 (en moyenne $0,80\pm 0,30g$).

La figure 7b montre une augmentation de la chute foliaire avec le temps ($P < 0,001$). Elle est plus importante à T4 ($3,16\pm 0,27g$). Cependant, elle est moins importante à T1 ($0,46\pm 0,27g$). La figure 7b montre également que la différence n'est pas significative entre T1 et T2 (en moyenne $0,75\pm 0,27g$) de même qu'entre T2 et T3 (en moyenne $1,37\pm 0,27g$).

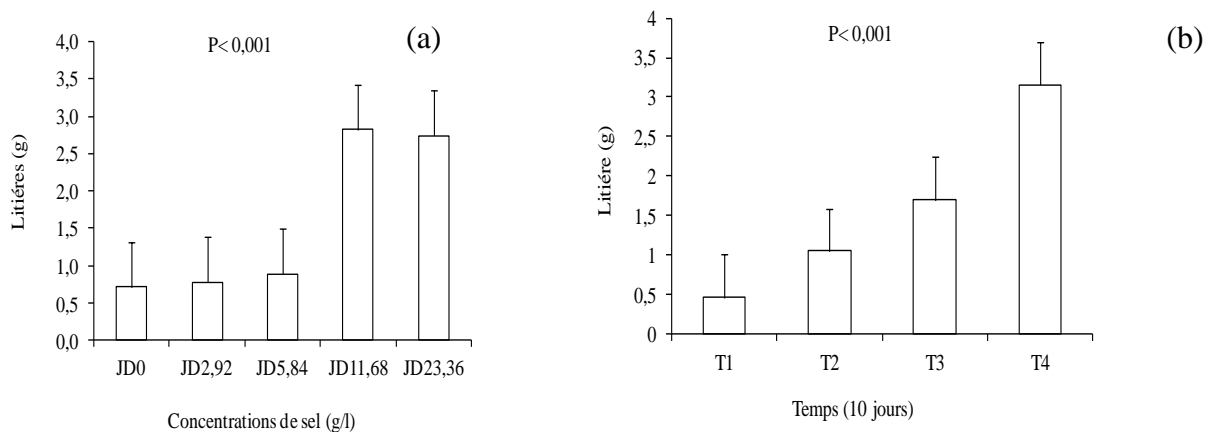


Figure 7: Evaluation de la chute foliaire en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)

3.1.5. Effet la concentration de sel sur la biomasse

➤ La biomasse racinaire

La figure 8 montre que les concentrations de sel ont une influence significative sur la masse racinaire ($P= 0,013$). Elle est plus importante au niveau des concentrations D0 et D2,92 (en moyenne $2,19 \pm 0,29g$). Cependant, elle est moins importante au niveau des concentrations D5,84, D11,68 et D23,36 (en moyenne $1,23 \pm 0,29g$).

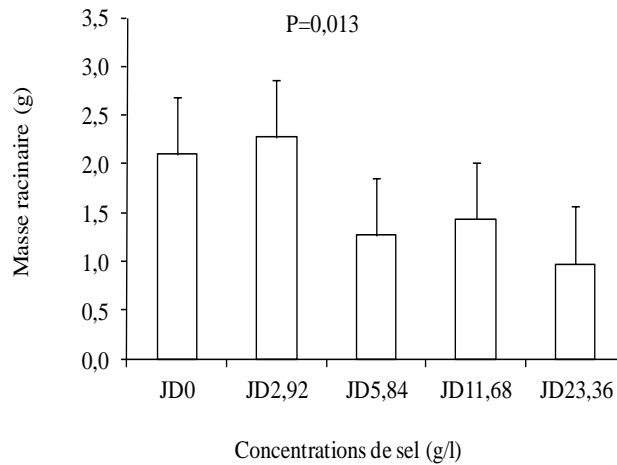


Figure 8: Evolution de la masse racinaire en fonction des concentrations de sel

➤ La biomasse aérienne

La figure 9 montre une influence des concentrations sur de biomasse aérienne en fonction ($P < 0,001$). Elle est plus importante au niveau des concentrations D0 et D2,92 (en moyenne $6,42 \pm 0,74g$) avec une différence hautement significative et est moins importante à D5,84, D11,68 et D23,36 (en moyenne $1,96 \pm 0,74g$).

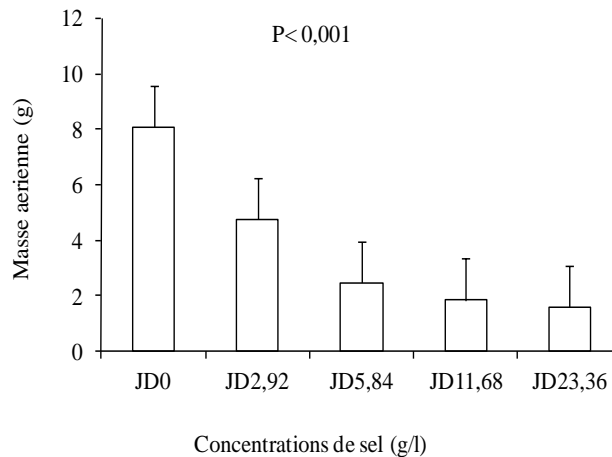


Figure 9: Evolution de la masse aérienne en fonction des concentrations

➤ Le ratio biomasse racinaire/biomasse aérienne

La figure 10 montre que le ratio est influencé par les concentrations de sel ($P < 0,001$). Le ratio est plus élevé au niveau des concentrations D11,68 et D23,36 (en moyenne $0,72 \pm 0,07g$).

Cependant, il est moins élevé à D0 ($0,28 \pm 0,07g$) avec une différence hautement significative comparait concentrations précédemment citées.

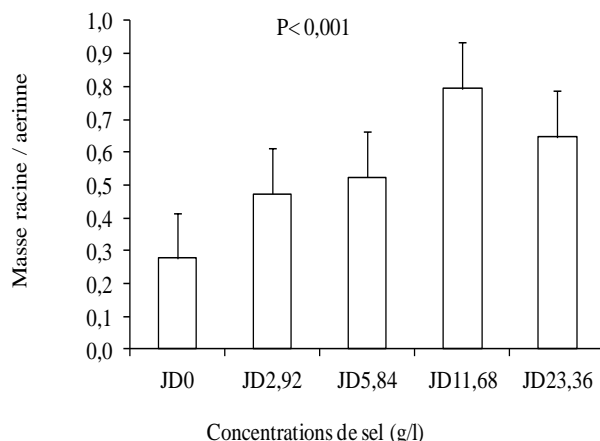


Figure 10: Evolution du ratio en fonction des concentrations de sel

3.2. Chez *Gossypium barbadense* L.

La concentration de sel a des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($P=0,033$) et la chute foliaire ($P<0,001$) chez *Gossypium barbadense* L. Cependant, la concentration de sel n'a pas d'effet significatif sur la hauteur et le diamètre ($P=0,156$ et $0,070$). Quant au temps, il a des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($P<0,001$), la hauteur ($P=0,005$), le diamètre ($P<0,001$) et la chute foliaire ($P=0,013$ tableau 7).

Tableau 7: Analyse de variance sur le nombre de feuilles, le diamètre, la hauteur et la litière

Source de variation	SC				DDL		CM				F				P			
	feuille	H	D	L	DDL1	DDL2	feuille	H	D	L	feuille	H	D	L	feuille	H	D	L
Concentration de sel	279,8	1261	0,08	19,4	4	4	69,9	315	0,02	4,850	2,663	1,676	2,19	16,74	0,033	0,156	0,070	<0,001
Temps	446,3	2073	1,45	3,6	3	2	223,1	1037	0,73	1,187	8,495	5,512	84,72	4,10	<0,001	0,005	<0,001	0,013
Concentration de sel * temps	308,2	1869	0,02	6,6	12	8	38,5	234	0	0,550	1,467	1,242	0,25	1,90	0,17	0,275	0,981	0,025

3.2.1. Effet du temps sur la croissance en hauteur

La figure 11 montre une augmentation de la hauteur en fonction du temps ($P= 0,005$). En effet la hauteur la plus importante est observée à T3 et T2 (en moyenne $33,37 \pm 1,45cm$) et plus faible à T1 ($28,78 \pm 1,45cm$).

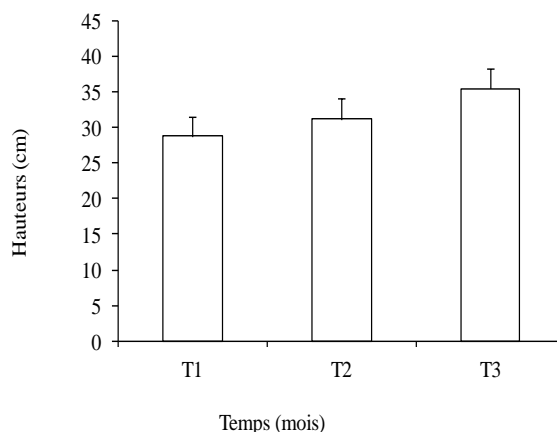


Figure 11: Evolution de la hauteur en fonction du temps

3.2.2. Effet du temps sur la croissance en diamètre

La figure 12 montre une augmentation hautement significative du diamètre en fonction du Temps ($P < 0,001$). Les diamètres les moins élevés sont observés à T1 ($0,24 \pm 0,01$ cm). Cependant, les diamètres les plus élevés sont enregistrés à T2 et T3 (en moyenne $0,40 \pm 0,01$ cm).

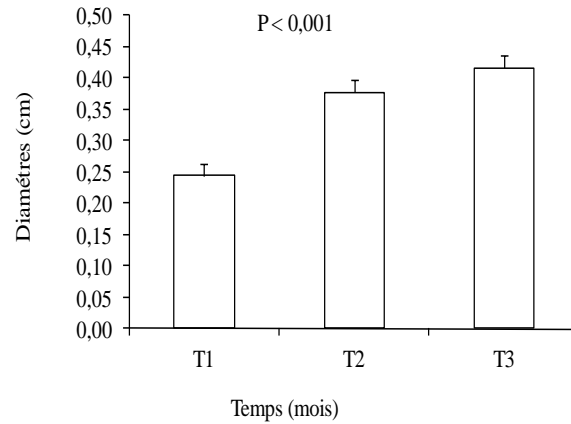


Figure 12: Evolution du diamètre en fonction du temps

3.2.3. Effet de la concentration de sel et du temps sur le nombre de feuilles

L'analyse de la figure 13a montre que la concentration de sel a des effets significatifs sur le nombre de feuilles ($P = 0,033$). Le nombre de feuilles est plus important au niveau des concentrations D0, D2,92 et D11,68 (en moyenne $11,22 \pm 0,70$). Cependant il est moins important à D5,84 et D23,36 (en moyenne $9,17 \pm 0,70$).

La figure 13b montre une augmentation du nombre de feuilles au cours du temps ($P < 0,001$). Le nombre de feuilles le moins élevé est observé à T1 ($8,80 \pm 0,55$) cependant le nombre de feuilles est plus élevé à T3 ($11,97 \pm 0,55$). La figure 13b montre également que la différence n'est pas significative entre T2 et T3 (en moyenne $11,2 \pm 0,55$) de même qu'entre T1 et T2 (en moyenne $9,62 \pm 0,55$).

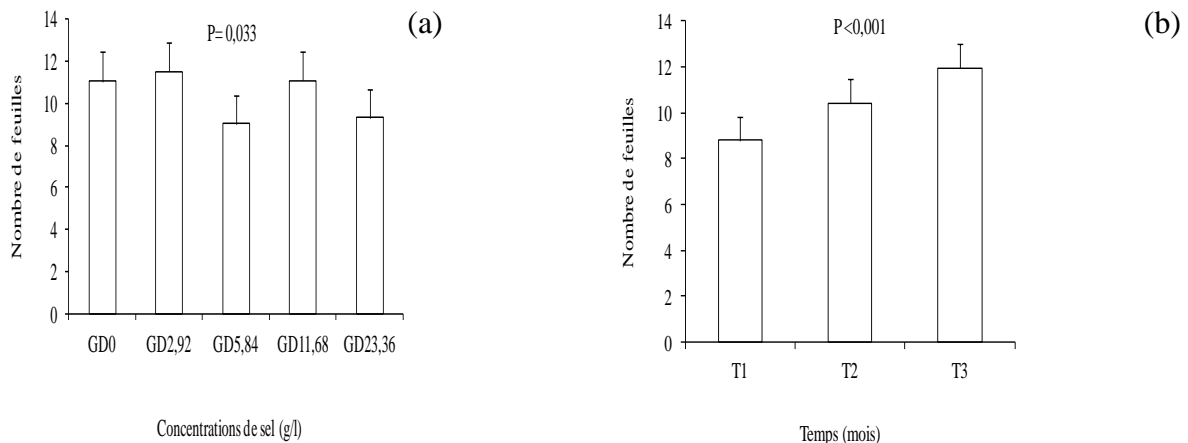


Figure 13: Evolution du nombre de feuilles en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)

3.2.4. Effet de la concentration de sel et du temps sur la chute foliaire

La figure 14 montre une influence significative de la concentration et du temps sur la chute foliaire chez *G. barbadense* ($P= 0,025$). A T1 la chute foliaire est plus importante au niveau des concentrations D2,92, et D5,84 (en moyenne $1,15\pm 0,20$ g). Elle est plus faible au niveau des concentrations D0, D11,68 et D23,36 (en moyenne $0,48\pm 0,20$ g). A T2 elle est significativement plus élevée à la concentration D23,36 ($1,10\pm 0,20$ g) tandis qu'elle est très faible au niveau des concentrations D0, D2,92, D5,84 et D11,68 (en moyenne $0,03\pm 0,20$ g). Cela reste valable pour T3 (en moyenne $0,13\pm 0,20$ g) et T4 (en moyenne $0,05\pm 0,20$ g) pour lesquels D23,36 enregistre $0,67\pm 0,20$ g. Cependant, la comparaison entre concentrations montre que la chute est plus importante à D23,36 et que la différence n'est pas significative entre les autres concentrations hormis le temps T1.

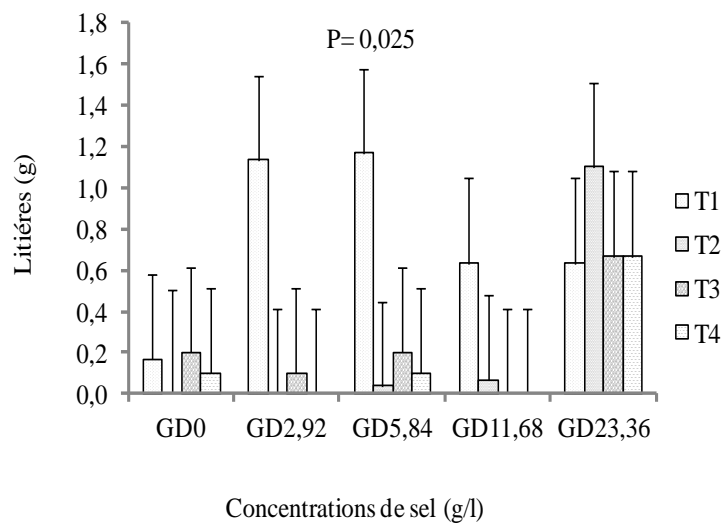


Figure 14: Evolution de la chute foliaire en fonction des Concentrations et du temps

La figure 15a montre une influence des concentrations de sel sur la chute foliaire ($P<0,001$). La chute est plus importante au niveau de la concentration D23,36 ($0,77\pm 0,10$ g) avec une différence hautement significative comparait à D0, D2,92, D5,84, et D11,68 qui enregistrent les chutes les plus faibles (en moyenne $0,24\pm 0,10$ g).

La figure 15b montre que la chute foliaire diminue au cours du temps ($P<0,001$). Elle est plus importante à T1 ($0,75\pm 0,09$ g) avec une différence hautement significative comparait aux autres temps. Cependant, la chute est moins importante à T4 ($0,17\pm 0,09$ g). La figure montre également qu'il n'y a pas de différence significative entre T2, T3, et T4 (en moyenne $0,22\pm 0,09$ g).

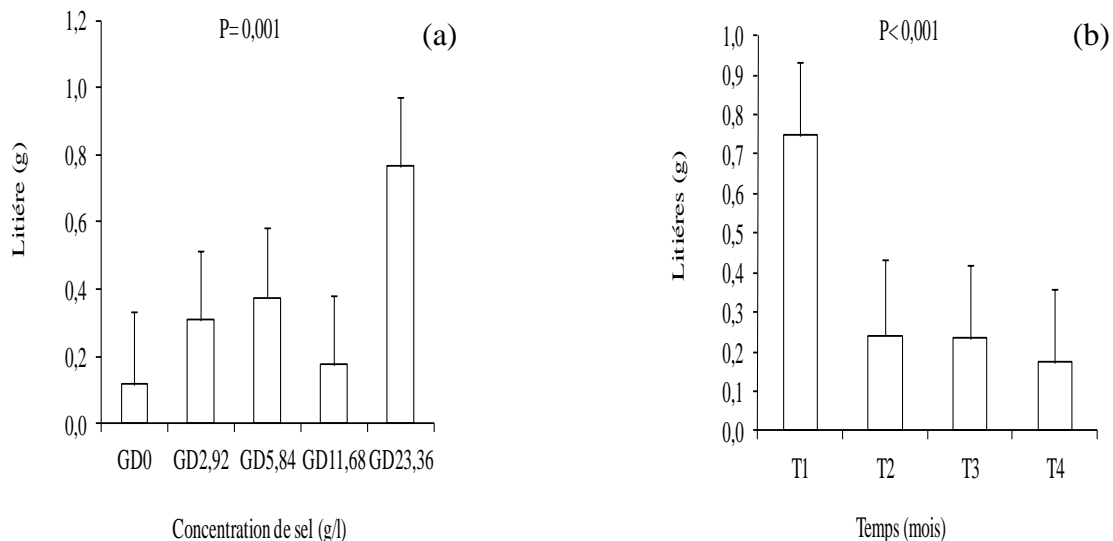


Figure 15 : Evolution de la chute foliaire en fonction des doses (a) et du temps (b)

3.3. Chez *Casuarina equisetifolia* L.

La concentration de sel a des effets significatifs sur le nombre de rameaux ($P<0,001$) et la hauteur ($P=0,004$). Cependant la concentration n'a pas d'effets significatifs sur le diamètre de *C. equisetifolia* ($P=0,059$). Le temps a des effets significatifs sur le nombre de rameaux ($P<0,001$), sur la hauteur ($P=0,014$) et le diamètre ($P<0,001$ tableau 6).

Tableau 8: Analyse de variance sur le nombre de feuilles, le diamètre et la hauteur

Source de variation	SC			DDL	CM			F			P		
	feuille	H	D		feuille	H	D	feuille	H	D	feuille	H	D
Concentration	8057	1874	0,049	4	2014	468,6	0,012	8,09	3,958	2,31	<0,001	0,004	0,059
Temps	16500	1028	0,110	2	8234	514,2	0,055	33,06	4,344	10,37	<0,001	0,014	<0,001
Concentration	3368	354	0,017	8	421	44,3	0,002	1,69	0,374	0,40	0,101	0,934	0,918

3.3.1. Effet de la concentration et du temps sur la croissance en hauteur

La figure 16a montre une influence hautement significative de la concentration de sel sur la hauteur ($P<0,001$). Les hauteurs les plus élevées sont rencontrées au niveau des concentrations D0 D2,92 et D5,84 (en moyenne $46,48\pm 1,48$ cm). Par contre, les hauteurs les moins élevées se situent au niveau des concentrations D11,86 et D23,36 (en moyenne $41,74\pm 1,48$ cm).

La figure 16b montre une différence des hauteurs en fonction du temps ($P=0,014$). La hauteur est plus importante à T3 (en moyenne $47,02\pm 1,15$ cm) avec une différence significative par rapport à T1 (en moyenne $42,24\pm 1,15$ cm) qui enregistre la hauteur la moins importante. La figure 16b montre également que la différence n'est pas significative entre T2 et T3 (en moyenne $45,76\pm 1,15$ cm) de même qu'entre T1 et T2 (en moyenne $43,37\pm 1,15$ cm).

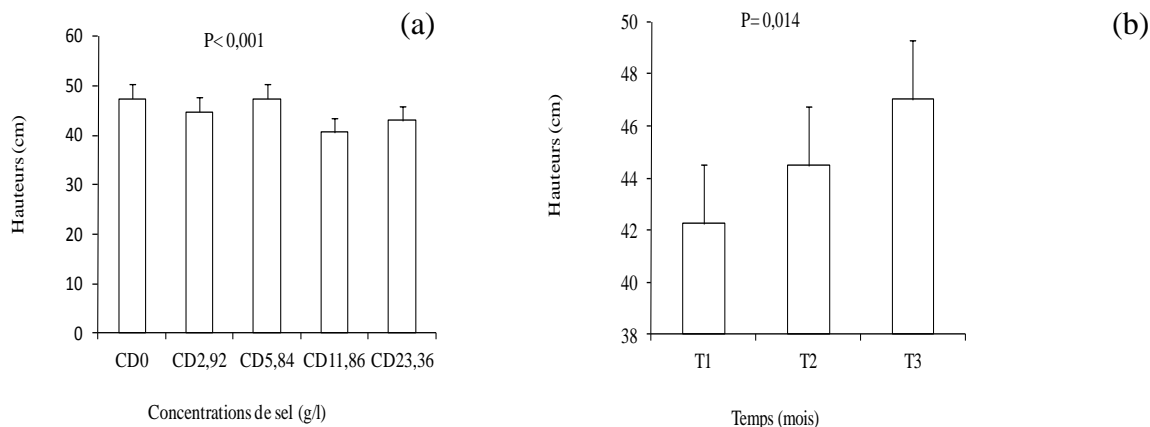


Figure 16: Evolution de la hauteur en fonction des concentrations de sel (a) et du temps (b)

3.3.2. Effet du temps sur la croissance en diamètre

La figure 17 montre une différence hautement significative des diamètres au cours du temps ($P < 0,001$). Le diamètre est plus important à T3 ($0,27 \pm 0,01$ cm) avec une différence significative par rapport à T1 ($0,22 \pm 0,01$ cm) qui enregistre le diamètre le moins important. La figure 17 montre aussi que la différence n'est pas significative entre T2 et T3 (en moyenne $0,26 \pm 0,01$ cm) de même qu'entre T1 et T2 (en moyenne $0,23 \pm 1,15$ cm).

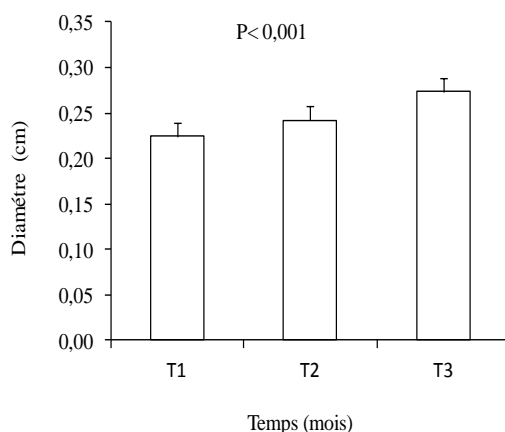


Figure 17: Evolution du diamètre en fonction du temps

3.3.3. Effet de la concentration de sel et du temps sur le nombre de feuilles

La figure 18a montre une influence hautement significative des concentrations de sel sur le nombre de feuilles ($P < 0,001$). En effet, le nombre de feuilles est plus élevé au niveau des concentrations D0, D2,92, et D5,84 (en moyenne $57,53 \pm 2,15$). Toutefois, le nombre de feuilles est moins important au niveau des concentrations D11,68 et D23,36 (en moyenne $46,80 \pm 2,15$).

La figure 18b montre une augmentation hautement significative du nombre de feuilles au cours du temps ($P < 0,001$). Le nombre de feuilles est plus important à T3 ($62,96 \pm 1,66$) avec une différence significative comparait au temps T2 ($52,92 \pm 1,66$) qui est lui-même hautement significative comparait à T1 ($43,83 \pm 1,66$).

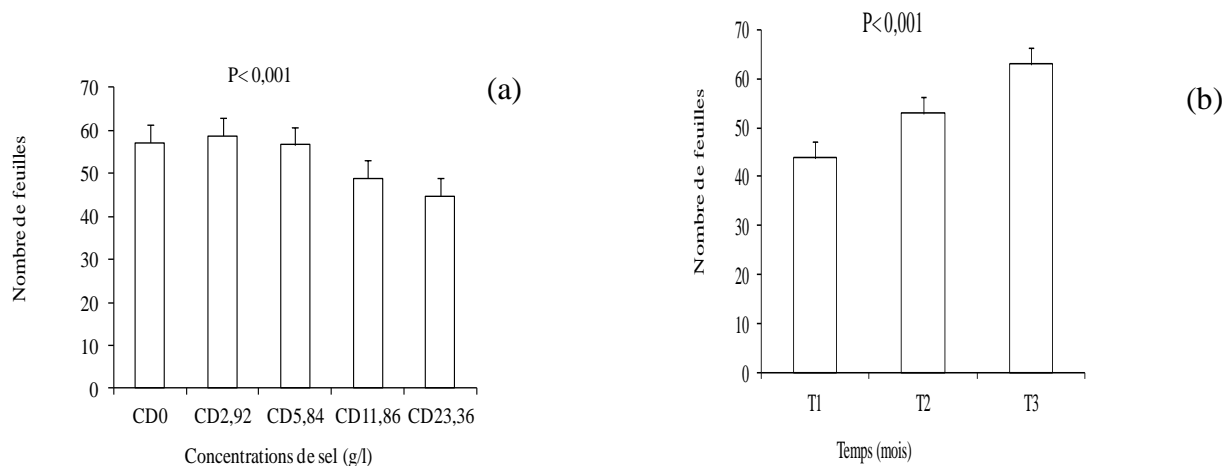


Figure 18: Evolution du nombre de feuilles en fonction des concentrations (a) et du temps (b)

3.4. Effet de la concentration de sel sur la mortalité des trois espèces

Le taux de mortalité, analysé au cours des expérimentations, montre que pour les concentrations allant de 0 g/l à 23,36 g/l il n'y a pas eu de mortalité chez *J. curcas* et *C. equisetifolia* à T1. Cependant, il y a 5,55% chez *G. barbadense* pour respectivement les concentrations 11,68 g/l et 23,36 g/l d'où un total de 11,1%.

À T2, 100% de mortalité a été enregistrée pour les concentrations 93,44 g/l et 186,88 g/l pour *G. barbadense* et *C. equisetifolia*. Pour la concentration 46,72 g/l, 44,44% et 0% a été enregistrée pour respectivement *G. barbadense* et *C. equisetifolia*. Cependant, il n'y a pas eu de mortalité chez *J. curcas*.

À T3, il y'a eu 100% de mortalité pour la concentration 46,72 g/l, pour *G. barbadense* et 66,66% chez *C. equisetifolia*. Pour la concentration 23,36 g/l il y'a eu respectivement 44,44% et 22,22% pour *G. barbadense* et *C. equisetifolia*. Par contre, aucun cas de mortalité n'a été enregistré chez *J. curcas*. À souligner que les jeunes plantes qui sont morts à cause de la toxicité ont conservé leurs feuilles jusqu'à la récolte (voir photo annexe VI).

Tableau 9: Taux de mortalité (%) des plants en fonction des concentrations de sel apportées

Doses de sel	Temps								
	T1			T2			T3		
	Gossypium	Casuarina	Jatropha	Gossypium	Casuarina	Jatropha	Gossypium	Casuarina	Jatropha
0g/l	0	0	0						
2,92 g/l	0	0	0						
5,84 g/l	0	0	0						
11,68 g/l		5,55	0						
23,36 g/l		5,55	0						
23,36 g/l				0	0	0	44,44	22,22	0
46,72 g/l				44,44	0	0	100	66,66	0
93,44 g/l				100	100	0	100	100	0
186,88 g/l				100	100	0	100	100	0

NB: T1= Deux (2) mois T2= Dix (10) jours d'application des doses létales T3= Vingt (20) jours d'application des doses létales.

3.5. Discussion

L'objectif de ce travail était d'étudier le comportement des jeunes plants de trois (3) espèces (*J. curcas*, *G. barbadense* et *C. equisetifolia*) en réponse au stress salin à différentes concentrations de sel. Des résultats que nous venons d'analyser, il convient de retenir des faits saillants sur la croissance et la production, la chute foliaire et la mortalité des trois espèces.

3.5.1. Croissance et production

La hauteur a augmenté avec le temps chez *J. curcas* et *C. equisetifolia*, mais cette augmentation est fonction de la concentration de sel. Plus la concentration augmente plus la hauteur diminue. Ces résultats concordent avec ceux de beaucoup d'auteurs. C'est le cas de Kramer (1983), Garg et Gupta (1997) et Mer et *al.*, (2000) cité par Ramoliya et Pandey. (2003) affirmant que des concentrations élevées de sels ont des effets néfastes sur la croissance des plantes. Bouzid (2010) affirme également que la salinité accrue est accompagnée par une réduction significative de la hauteur des plantes. Cela a été également réitéré par Sangeeta et *al.*, (2011) avec la tomate qui voit tous ses grands processus tels que la croissance diminués en condition de stress salin. Cependant, les concentrations de sel n'ont pas eu d'effets significatifs sur la hauteur de *G. barbadense*. Ce résultat est toutefois contraire à celui de Dogan et *al.*, (2012) selon lequel des concentrations élevées de NaCl ont diminué la longueur de la tige des plants de coton de 7,37cm à 3,20 cm après 30 jours d'exposition au sel. Ce résultat peut se comprendre dans la mesure où Levigneron et *al.*, (1995) précisent que la quantité de sel que les plants peuvent supporter sans grands dommages varie en fonction de l'âge, la famille, le genre l'espèce et aussi les variétés. Cela a été repris par Ramoliya et Pandey (2003) qui ont aussi souligné que les espèces végétales diffèrent dans leur sensibilité ou leur tolérance aux sels. Bolarin et *al.*, (1991) et Ghoulam et *al.*, (2002) ont également montré que le degré de salinité capable de réduire la croissance des plantes varie beaucoup avec les espèces et dans une moindre mesure avec des variétés.

Les concentrations de sels ont aussi eu un effet hautement significatif sur le diamètre de *J. curcas*. Il évolue en sens contraire avec les concentrations. Toutefois, elles n'ont pas d'effets significatifs sur les diamètres de *G. barbadense* et *C. equisetifolia*.

En ce qui concerne la production foliaire, les concentrations de sels ont une influence sur toutes les trois (3) espèces. Le nombre de feuilles diminue en sens contraire avec les concentrations de sel. Quant au comportement dans le temps *G. barbadense* et *C. equisetifolia* ont vu leur nombre de feuilles augmenté mais l'augmentation est plus faible quand les concentrations augmentent. Cependant, *J. curcas* a connu une perte très importante en feuilles. Selon Bouzid (2010) et Benderradji et *al.*, (2010), la réponse immédiate au stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire qui conduit d'ailleurs à

l'arrêt de l'expansion avec l'augmentation de la concentration de sel. Cela est confirmé par Patel et *al.*, (2010), disant que l'expansion foliaire était significativement réduite par la concentration croissante de sel dans le sol chez *J. curcas*. Mohammad et *al.*, (1998) ont aussi montré que la salinité accrue réduit le nombre de feuilles chez la tomate et Meloni et *al.*, (2001) chez le coton. Benderradji et *al.*, (2010) ont également montré que les concentrations élevées de NaCl ont réduit la croissance des plantes de deux types de blé (tendre et dure), en particulier les feuilles, avec un effet plus prononcé sur le génotype le plus sensible. Dogan et *al.*, (2012) ont aussi observé les taux de croissance des feuilles diminués, de 88,45% chez *Gossypium hirsutum* L.

3.5.2. Litière

Les concentrations de sel ont eu des effets hautement significatifs sur la chute foliaire chez *J. curcas* et *G. barbadense* ($P < 0,001$). Elle évolue dans le même sens que les concentrations, c'est-à-dire plus la concentration augmente plus la chute est importante. Toutefois les chutes sont plus importantes à D11,68 et D23,36 chez *J. curcas* et à D11,68 chez *G. barbadense*. Ces résultats corroborent ceux d'Agastian et *al.*, (2000). Selon eux, à concentration élevée de sel, les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin. Ces propos sont repris par Wahome et *al.*, (2001) qui considèrent qu'à forte salinité, certains symptômes de dommages aux plantes peuvent être reconnues, telles que la nécrose et la brûlure à la pointe de la feuille dues à Na^+ ou aux ions Cl^- .

3.5.3. Mortalité

La mortalité a été suivie à trois temps à T1 c'est-à-dire durant deux mois de stress pour des concentrations variantes de 0 à 23,36 g/l, il n'y a pas eu de mort chez *J. curcas* et *C. equisetifolia*. Par contre deux cas de mort ont été enregistrés chez *G. barbadense*, un pour la concentration 11,68 g/l et un autre pour 23,36 g/l correspondant à 5,55% pour chacune des concentrations. Ce résultat corrobore celui de Faye (2003) qui n'a enregistré qu'un seul cas de mortalité (5,6%) sur les jeunes plants d'*Atriplex lentiformis* observés durant deux mois pour les mêmes concentrations de NaCl.

A T2 c'est-à-dire quand toutes les concentrations ont été multipliées par huit (8), durant les dix (10) premiers jours, 100% de mort a été enregistré pour les concentrations 93,44g/l et 186,88g/l chez *G. barbadense* et *C. equisetifolia*. Cependant pour la concentration 23,36 g/l, il n'y a pas eu de mortalité durant ces dix jours pour ces deux espèces. Durant ces dix jours la concentration 46,72 g/l a tué 44,44% des plants de *G. barbadense*.

A T3 c'est-à-dire vingt jours durant, les tendances de la mortalité se présentent comme suite : pour la concentration 23,36 g/l, 44,44% pour *G. barbadense* et 22,22% *C. equisetifolia*. Pour

la concentration 46,72 g/l, 100% pour *G. barbadense* et 66,66% *C. equisetifolia*. Ces résultats sont conformes avec ceux de plusieurs auteurs. C'est ainsi que, Donahue et *al.*, (1983) ont montré que des concentrations excessives tuent les plantes. Munns (1993) a aussi affirmé que les réponses des plantes à la salinité peuvent varier avec le degré et la durée de la contrainte imposée, ainsi que le stade de développement de la plante.

Aucun cas de mortalité n'a été enregistré chez *J. curcas* durant tout le test de toxicité même à la concentration maximale (186,88 g/l). Cela s'explique d'une part par la phénologie des *Euphorbiaceae* c'est-à-dire leur capacité à stocker de l'eau dans certains de leurs organes, (tige, feuilles, racines etc.) qu'ils utilisent durant les périodes défavorables. D'autre part, par la perte des feuilles qui est très importante chez *J. curcas* selon les concentrations en NaCl et/ou l'exclusion du sel depuis le système racinaire.

Conclusion

La salinisation des sols demeure un problème majeur qui touche particulièrement les zones arides et semi arides des régions tropicales et méditerranéennes. Ce fléau contribue à la diminution de la productivité agricole. Face à cette contrainte, plusieurs méthodes de lutte ont été développées.

La méthode physique consistant à modifier l'environnement pour améliorer les sols et les conditions de vie des plantes par la construction de barrages, de digues, et de diguettes anti-sel, ou agir sur le sol en modifiant sa texture par l'amélioration des techniques culturales notamment par des campagnes de fertilisation adéquates.

La méthode biologique qui consiste à sélectionner des plantes et/ou à les modifier génétiquement afin qu'elles puissent s'adapter aux conditions hostiles de ces zones.

Il existe aussi une troisième approche qui peut être qualifiée d'hybride résultant de la combinaison des deux (2) approches citées ci-dessus. Les espèces doivent, toutefois, être économiquement et socialement acceptables par les populations.

L'objectif de cette étude menée en milieu semi contrôlé dans des gaines était de voir le comportement des jeunes plants de *J. curcas*, *G. barbadense* et *C. equisetifolia* soumis au stress salin.

Jusqu'à une concentration de 23,36 g/l, ces trois espèces réagissent différemment. *J. curcas* réagit en se débarrassant de ses feuilles, et en réduisant tous ses paramètres de croissances. Cependant, cette concentration n'est pas néfaste à *G. barbadense* et *C. equisetifolia*. Ces deux espèces ont vu leurs paramètres de croissance augmentés dans le temps. Contrairement à *C. equisetifolia*, *G. barbadense* a connu des chutes foliaires néanmoins, il est parvenu à boucler son cycle végétatif. Cela infirme la première hypothèse selon la quelle les trois espèces étudiées développent les mêmes stratégies d'adaptation face au stress salin.

La concentration 46,72 g/l est toxique pour *C. equisetifolia* et *G. barbadense* car un important taux de mortalité a été enregistré à seulement vingt jours. L'évolution des taux de mortalité dans le temps prouve que ces trois espèces résistent différemment au stress salin. Cela confirme la seconde hypothèse selon la quelle les trois espèces s'adaptent à la salinité mais à des niveaux différents.

Ainsi, il serait intéressant dans les recherches futures de faire des analyses biochimiques approfondies sur le substrat pour savoir sa teneur réel en sel et sur les différents compartiments des plantes pour savoir exactement où est stocké le sel puis déceler les mécanismes d'adaptations et ensuite envisager la même expérience en milieu réel.

References bibliographiques

- Agastian P., Kingsley S.J., Vivekanandan M.** 2000. -Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38: 287-290.
- Al-Karaki G. N.**, 2001. -Germination, sodium, and potassium concentrations of barley seeds as influenced by salinity. *Journal of Plant Nutrition*, (24): 511-522.
- Anonyme** 2006. -Conférence électronique sur la salinisation : Extension de la salinisation et stratégies de prévention et réhabilitation, 6 février au 6 Mars 2006. In Conférence électronique sur la salinisation. pp 12. IPTRID, FAO, CISEAU.
- Bahrani A. and Hagh Joo M.**, 2012. -Response of Some Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes to Salinity at Germination and Early Seedling Growth Stages. *World Applied Sciences Journal*, 16 (4): 599-609.
- Baize denise.**, 2000. -Guide des analyses en pédologie. Chapitre 22: Sols posant des problèmes particuliers. Deuxième édition revue et augmentée INRA Edition Paris, 257p.
- Barrett-Lennard E.G.**, 2002. -Restoration of saline land through revegetation. *Agricultural Water Management*, 52: 213-226.
- Benderradji L., Bouzerzour H., Kellou K., Ykhlef N., Brini F., Masmoudi K., Djekoun A.**, 2010. -Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à un stress salin. *Sciences & Technologie*, 32: 23-30.
- Berhaut J.**, 1967.- Flore du Sénégal. 2^{ème} Ed. Clairafrique, Dakar, 485 p.
- Berhaut J.**, 1988. - Flore illustrée du Sénégal. Clairafrique, Dakar, Tome I-IX. Edition Clairafriaque, Dakar.
- Bolarin M.C., Fernandez F.G., Cruz V. and Cuartero J.**, 1991. -Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield salinity response curves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 116: 285-290.
- Bouzi S.**, 2010. -Memoire de master : Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. <http://bu.umc.edu.dz/theses/biologie/BOU5611.pdf> le 28/11/2012 à 11h30
- Choukr-Allah R.**, 1997. -The potential of salt-tolerant plants for utilisation of saline water. *Options Méditerranéennes*, N° 34.
- CIRAD.**, 2008. -*Jatropha curcas* L. Rapport de synthèse bibliographique. 118p.
- Cissé M. et Gourbiere F.**, 1993. -Decomposition de la litière de filao (*Casuarina equisetifolia* Forst. J.) au Sénégal: activité de la faune détritivore. 70p.
- CNCR.**, 2011-LA SALINISATION AU SENEGAL: Une menace pour la sécurité alimentaire <http://www.cncr.org/spip.php?article403> le 08/01/2013

- Daffé M. et Sadio S.**, 1988.-Etude pédologique. Régénération des sols salins du bassin du Sine Saloum. Projet UNSO/SEN/83/XO2/ISRA/DRPF, 78p
- Diouf D.**, 1995. -La transformation génétique des *Casuarinaceae*: un outil pour l'étude moléculaire des symbioses actinorhiziennes. *Thèse de Doctorat Université Paris VII*, 126 p.
- Djerroudi Z. O. Belkhodja M., Bissati S. and Hadjadj S.**, 2010. -Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline Chez Deux Espèces d'*Atriplex Halimus* L. et *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt., *European Journal of Scientific Research*, 41 (2): 249-260.
- Dogan I., Kecec G., Ozyigit I.I., et Sakcali M. S.**, 2012. -Salinity induced changes in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Pak. J. Bot.*, 44: 21-25.
- Dutt S.K., Bal A.R., Bandyopadhyay.**, 1991. -Salinity induced in *Casuarina equisetifolia* Forst. *Egypt. J. Soil Sci.*, 31 (1): 57-63.
- Fall M.A.**, 1994. -Evolution de la litière de filao (*Casuarina equisetifolia* Forst) dans les Niayes : actions de la flore fongique. Thèse de Doctorat 3ème cycle, UCAD, 111p.
- Faye E.**, 2003. -Réponses au stress salin de jeunes plants d'*Atriplex lentiformis* S. Wats. Calif. Biologiquement améliorés 30p.
- Ghoulam C., Foursy A., and Fares K.** 2002. -Effects of salt stress on growth inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.*, 47: 39-5
- Garg B.K., Gupta I.C.**, 1997. -Saline Wastlands Environment and Plant Growth. *Scientific Publishers*, Jodhpur, India, 287 pp.
- Gupta G.N., Prasad K.G., Mohan S., Manivachakam P.**, 1986. -Salt tolerance in some trees species at seedling stage. *Indian Forester*, 112 (2): 101-113.
- Iboudo O.**, 1997. -Effets des fumures de fond sur l'acidité du sol et la croissance du cotonnier. Mémoire de fin d'études diplôme d'ingénieur du développement rural 80p.
- Kinet M., Benrebiha F.Z., Bouzid S., Lailcahar S. & Dupuit P.**, 1998. -*Cahiers Agricultures*. Réseau Atriplex. Atelier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi arides. Vol 7. N°6: 505-509. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-oc/pleins_textes/num-dakar-02/010010058.pdf le 29/11/2012 à 13h 57
- Kramer P.J.**, 1983. -Water Relations of plants. *Academic press, New York*, 489 pp.
- Lam Cong Ding.**, 1998. -Fixation des dunes vives par *Casuarina equisetifolia*. *Bois et Forêts des Tropiques*, 256 (2): 35-41
- Lambers H.**, 2003. -Introduction, dryland salinity: A key environmental issue in Southern Australia. *Plant and Soil* 257: 5-7.

- Lee G., Carrow R.N., Duncan R.R., Eiteman M.A., Rieger M.W.,** 2008. -Synthesis of organic osmolytes and salt tolerance mechanisms in *Paspalum vaginatum*. *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 63: 19-27.
- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F.,** 1995. -Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*, 4: 263-273
- Loyer J.Y et Le Brusq J.Y.,** 1982. -Relation entre les mesures de conductivité sur des extraits de sol de rapports sol/solution variables dans la vallée du fleuve Sénégal. *Cah. ORSTOM, série Pédol. Vol. XIX, n°3.*
- Mariotti A., Sougoufara B., Dommergues Y.R.,** 1992. -Estimation de la fixation d'azote atmosphérique par le traçage isotopique naturel dans une plantation de *Casuarina equisetifolia* (Forst). *Soil Biol. Biochem*, Vol. 24, N° 7: 647-653
- Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A.,** 2001. -Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr.*, 24: 599-612.
- Memento de l'agronome.,** 1984. -Collection "Techniques Rurales en Afrique" troisième édition. 1604p.
- Mergeai G.,** 2006. -Introgressions interspécifiques chez le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). *Cahiers Agricultures vol. 15, N°1:* 135-143.
- Mohammad M., Shibli R., Ajouni M., Nimri L.** 1998. -Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.* 21: 1667-1680.
- Munns R.,** 1993. -Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment*, 16: 15-24.
- Noor Camellia N. A., Thohirah Lee, A. and Abdullah N. A. P.,** 2012. -Genetics relationships and diversity of *Jatropha curcas* accessions in Malaysia. *African Journal of Biotechnology*, 11(13): 3048-3054.
- Patel A.D., Panchal N. S., Pandey I. B. & Pandey A. N.,** 2010. -Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. *Anales de Biologie*, 32: 59-71.
- Ramoliya P.J., Pandey A.N.,** 2003. -Effect of salinization of soil on emergence, growth and survival of seeding of *cordia rothii* . *Forest ecology and management*, 176: 185-194.
- Roussel J.,** 1995. -Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale et sèche ISRA-PF, 435 p.
- Sadio S.,** 1991. -Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine Saloum, Sénégal. ORSTOM, Bondy, France, 269 p.

- Sangeeta Y., Mohd I., Aqil A., Shamsul H.,** 2011. -Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. *J. Environ. Biol*, 32: 667-685.
- Sougoufara B.,** 1990. -La fixation de N₂ par les *Casuarinas*: Amélioration par sélection clonale et quantification par différentes méthodes. Thèse de Doctorat, Université de Nancy I, 166 p.
- Vieira-da-Silva. J. B.,** 1970. -Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse dans le genre *Gossypium*. *Physiol. Vég.*, 8 (3): 413-447.
- Wahome, P.K., Jesch H.H. and Grittner I.,** 2001. -Mechanisms of salt stress tolerance in two rootstocks: *Rosa chinensis* 'Major' and *R. rubiginosa*. *Sci. Hort.*, 87: 207-216.
- Walker R.B., Chowdappa P., Gessel S.P.,** 1993. -Major-element deficiencies in *Casuarina equisetifolia*. *Fertilizer Research*, 34: 127-133.
- Wang Y., Nil N.** 2000. -Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol*, 75: 623-627.
- Whistler W. A et Elevitch C.R.** 2006. -*Casuarina equisetifolia* (beach she-oak) *C. cunninghamiana* (river she-oak). Species Profiles for Pacific Island groforestry. www.traditionaltree.org http://horizon.documentation.ird.fr/exl-oc/pleins_textes/num-dakar-02/010010058.pdf le 16/11/2012 à 10h 47s
- Zeng N.** 2003. -Atmospheric science Drought in the Sahel. *Science* 302, 999-1000

Table des matières

Dédicace	i
Remerciements	ii
Liste des sigles et abréviations	1
Glossaire	2
Liste des tableaux	3
Liste des figures.....	3
Liste des photos	3
Résumé	4
Abstract	4
Introduction	5
Chapitre 1 : Etats des connaissances	6
1.1. Présentation des espèces.....	6
1.1.1. Taxonomie et répartition	6
1.1.2. Ecologie et description	6
1.1.3. Ethnobotanique.....	7
1.2. Etat de la salinité	8
1.3. Effet de la salinité sur les cultures	9
1.4. Réponse des végétaux face au stress salin.....	10
Chapitre 2 : Matériel et Méthodes	11
2.1. Revue documentaire	11
2.2. Matériel végétal	11
2.3. Dispositif expérimental	11
2.3.1. Apport d'eau.....	12
2.3.2. Conduite des essais.....	12
2.4. Mesure des variables	13
2.5. Traitements statistiques	15
Chapitre 3 : Résultats et Discussions.....	16
3.1. Chez <i>Jatropha curcas</i> L.	16
3.1.1. Effet de la concentration de sel et du temps sur la croissance en hauteur	16
3.1.2. Effet de la concentration de sel et du temps sur la croissance en diamètre	17
3.1.3. Effet de la concentration de sel et du temps sur le Nombre de Feuilles	18
3.1.4. Effet de la concentration et du temps sur la chute foliaire	19
3.1.5. Effet la concentration de sel sur la biomasse	21
3.2. Chez <i>Gossypium barbadense</i> L.	22
3.2.1. Effet du temps sur la croissance en hauteur	22
3.2.2. Effet du temps sur la croissance en diamètre	23
3.2.3. Effet de la concentration de sel et du temps sur le nombre de feuilles.....	23
3.2.4. Effet de la concentration de sel et du temps sur la chute foliaire	24
3.3. Chez <i>Casuarina equisetifolia</i> L.	25
3.3.1. Effet de la concentration et du temps sur la croissance en hauteur	25
3.3.2. Effet du temps sur la croissance en diamètre	26
3.3.3. Effet de la concentration de sel et du temps sur le nombre de feuilles.....	26
3.4. Effet de la concentration de sel sur la mortalité des trois espèces.....	27
3.5. Discussion	28
3.5.1. Croissance et production	28
3.5.2. Litière	29
3.5.3. Mortalité	29
Conclusion.....	31
References bibliographiques	32

Table des matières	36
Annexes	38

Annexes

Annexe I : Dosage progressif sur *Casuarina equisetifolia* L. pour éviter le choc

Parcelles	Traitements	Doses	J1-J2	J3-J4	J5-J6	J7-J8	J9-Jx
1	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3
2	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
3	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
4	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
5	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
6	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
7	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
8	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
9	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
10	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
11	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
12	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3
13	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
14	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
15	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3

NB : T0= Traitement 0gl, T1= 2.92gl, T2= 5.84gl, T3= 11.68gl et T4= 23.36gl

Annexe II : Dosage progressif sur *Jatropha curcas* L. pour éviter le choc

Parcelles	Traitements	Doses	J1-J2	J3-J4	J5-J6	J7-J8	J9-Jx
1	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
2	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
3	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3
4	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
5	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
6	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
7	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
8	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
9	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
10	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3
11	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
12	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
13	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
14	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
15	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3

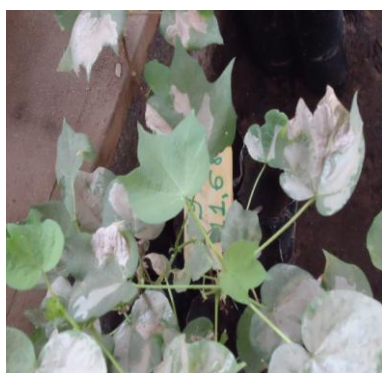
NB : T0= Traitement 0gl, T1= 2.92gl, T2= 5.84gl, T3= 11.68gl et T4= 23.36gl

Annexe III : Dosage progressif sur *Gossypium barbadense* L. pour éviter le choc

Parcelles	Traitements	Doses	J1-J2	J3-J4	J5-J6	J7-J8	J9-Jx
1	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
2	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
3	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
4	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
5	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3
6	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
7	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
8	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
9	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3
10	T1	2,92	1,46	T1	T1	T1	T1
11	T3	11,68	1,46	T1	T2	T3	T3
12	T2	5,84	1,46	T1	T2	T2	T2
13	T4	23,36	1,46	T1	T2	T3	T4
14	T0	0	0	T0	T0	T0	T0
15	T0	0	0	T0	T0	T0	T0

NB : T0= Traitement 0gl, T1= 2.92gl, T2= 5.84gl, T3= 11.68gl et T4= 23.36gl

Annexe IV : Plants présentant des nechroses et brulures causées par le NaCl



Gossypium barbadense L.



Jatropha curcas L.

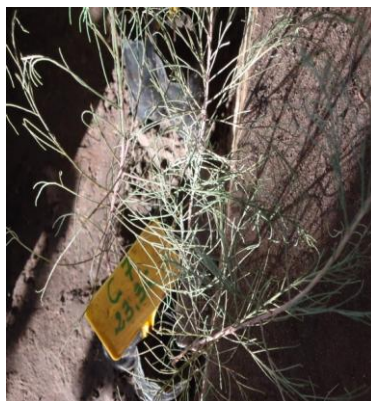
AnnexeV: Plant de *Gossypium barbadense* L. portant des fruits



Annexe VI: Plants gardant leurs feuilles après leur mort



Gossypium barbadense L.



Casuarina equisetifolia L.