

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences de l'Environnement

N° d'ordre.....

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par : M^{me} GHARABI DHIA

Spécialité : Sciences de L'Environnement

Option : Inventaire, valorisation et écologie de la restauration

"Effet du stress salin sur le comportement physiologique et morpho-biochimique de jeunes plants de variétés d'olivier cultivé (*Olea-europea*) locales et introduites non greffés

Soutenue le 17/09/2018

Devant l'honorable jury composé de :

President de jury M^r BELKHODJA Moulay (Pr, Univ-Oran 1/ Ahmed BenBella)

Examineur : M^{me} AYACHE Abbassia..... (M.C.A, Univ. Sidi Bel'Abbes)

Examineur : M^r BEGHALIA Mohamed(Pr, CU Tissemsilt)

Examineur : M^r BACHIR-BOUIJRA S.Eddine(M.C.A, Univ. Sidi Bel'Abbes)

Directeur de thèse M^r HASSANI Abdelkrim (Pr, Univ. Ibn khalldoun Tiaret)

Co-Directeur de thèse M^r HELLAL Benchaben (Pr, Univ. Ibn khalldoun Tiaret)

Année universitaire 2018 – 2019

Remerciements

Je remercie en premier lieu Dieu tout puissant de m'avoir accordé la puissance, le courage et la volonté pour achever ce travail.

Le présent travail a été réalisé au Laboratoire de physiologie végétale de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, sous la direction du Professeur Hassani Abdelkarim.

Une petite montagne vient d'être gravie et je pense à toutes celles et ceux qui m'ont accompagné, qui ont contribué à rendre cette aventure agréable et qui ont enrichi humainement et scientifiquement ce morceau de vie.

J'adresse mes sincères remerciements au Professeur Hassani Abdelkarim, mon Directeur de thèse pour son suivi, ses conseils judicieux et ses orientations qui m'ont beaucoup aidé au cours de mes recherches. Je voudrais également, lui témoigner ma gratitude pour sa patience et son soutien qui m'ont été très précieux pour mener ce travail à bon port. Merci, Mr Hassani A., vous m'avez fait confiance et vous avez su garder un œil sur mon travail pour m'aider à démêler les questionnements que j'ai pu avoir sur les aspects physiologiques et biochimiques de mes travaux.

Je remercie chaleureusement, le Professeur Hellal Benchaabane, pour l'encouragement qu'il a toujours bien voulu apporter à mon travail et il fut une aide précieuse dans les moments les plus délicats. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je dois aussi chaleureusement remercier toutes celles et ceux qui m'ont permis d'avancer sur certains points de ma recherche, en particulier Mr ADDA Ahmed.

Je tiens à remercier avec grande gratitude, le Pr Belkhodja Moulay, Directeur du laboratoire d'Ecophysiologie, à l'université ORAN 1, pour l'honneur qu'il me fait d'avoir accepté la présidence du jury d'examen de mon Doctorat.

Je remercie également Monsieur BEGHALIA Mohamed, Professeur au Centre Universitaire de Tissemsilt, pour avoir accepté de se joindre à cet honorable jury comme examinateur.

Je tiens également à présenter mes remerciements à M^{me} AYACHE Abbassia, Maître de Conférence "A", à l'Université de Sidi BelAbbes, pour avoir accepté d'être examinatrice.

Enfin, je n'oublie pas de remercier vivement Monsieur M^f BACHIR-BOUIJRA S.Eddine, M.C.A, à l'Université de Sidi BelAbbes

Merci tout spécialement à mon très cher mari Seddiki Djillali, ta bonté et ta sincérité font de toi un homme aimé de tous et adoré par moi. Ton aide tout au long de ma vie à tes côtés depuis le début de mon cursus universitaire, m'a permis de comprendre le vrai sens du mot «

dévouement » et c'est à tes cotés que ce mot a pris sa véritable connotation. Durant mon ingéniorat, tu m'as aidé à préparer toutes les étapes expérimentales sur terrain. D'ailleurs, je me rappelle très bien que mon encadreur M^{me} Atanassova B. de l'époque, me disait de t'inscrire sur la page de garde de mon mémoire comme étant mon binome! En effet, tout au long de ma vie avec toi, tu as pris soin de moi et de nos enfants; tu étais l'homme affectueux et encourageant qui voulait que je continue dans le domaine scientifique. C'est grâce à toi que j'ai passé le concours de l'école doctorale et j'ai soutenu mon magister. Combien de fois, étant dépassé par le travail au bureau et à la maison, j'ai voulu abandonné le doctorat et c'est toujours toi, qui m'a soutenu dans les moments difficiles et qui m'a donné foi en moi et qui m'a sans cesse encouragé à poursuivre ce travail a, enfin, vu la lumière et va être soutenu devant un jury.

Mon précieux trésor, Djillali, aucun mot ne peut exprimer ma joie de t'avoir dans ma vie. Je remercie le bon DIEU qui a illuminé ma vie par ta présence. Que DIEU te préserve pour moi ainsi que pour tes enfants qui voient en toi le père compréhensif, affectueux, respectueux et le plus aimé des pères.

Je tiens également à remercier mes enfants Hind, Rafik, souhila, Fethi ainsi que ma petite et adorable Lidia, pour leur soutien inconditionnel tout au long de ce doctorat. Je vous prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et mon profond respect.

Sans oublier ma famille, en premier lieu, ma mère Bakhta qui m'a toujours aidé avec ses prières, ma sœur Mastoura et mes frères Sahraoui, Bouziane, Aissa et Moulay ainsi que leurs enfants,

Je tiens à remercier avec ma plus grande gratitude, mesdames et messieurs :

- Atanassova Bistra, Professeur à l'Université de Sofia- Bulgarie.
- Kaddari bouderballa, directeur des laboratoires de la faculté SNV, Campus de "Karman";
- Yacheur Mohamed, Directeur des services agricoles de la wilaya de Tlemcen ;
- Yahia M'hamed, Directeur des services agricoles de la wilaya de Tiaret,
- Mahmoud Mendil, Directeur Générale de l'Institut technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne « ITAFV »,
- Meddas Mahmoud, Directeur de l'Institut technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne « ITAFV » station de Benitamou,
- Mes amies/amis et collègues de travail ;
- Tous les enseignantes et enseignants de la Faculté SNV, Campus de "Karman"

Et à tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin et dont j'ai omis de citer le nom; A tous, je vous dis MERCI.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mon mari Djilali, qui n'a ménagé aucun effort à mon égard et qui a su me remonté le moral dans les moments les plus difficiles, sans oublier **mes enfants**, grâce à eux, j'ai eu la volonté et le courage de poursuivre ce travail. je lui dois toute ma reconnaissance.

A ma **chère mère**, **ma sœur**, **mes frères**, **tous mes amis (es)** et **collègues** qui ont participé de près ou de loin à ce travail.

Ce travail est dédié, tout particulièrement, à mon défunt père et au Professeur **Ghezali Djelloul** de l'ENSA, El-harrach, Alger, décédés trop tôt.

Mr Ghezali était un homme humble, modeste, généreux et très disponible pour aider ses amis et ses collègues. J'espère que, du monde qui est le sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance et je prie, le tout puissant, pour le salut de leurs âmes. Puisse-t-il les recevoir et les accueillir en sa sainte miséricorde ! Incha Allah!

Et à tous ceux pour qui le savoir est source de bien.

Liste des abréviations

Liste des abréviations.

APGI II:	Angiosperm Phylogeny Group II
A.B.:	Abiquina Bouture
A.S.:	Arbiquina Stressée
C.B. :	Chemlal Bouture
Chl :	Chlorophylle
C.S. :	Chemlal Stressée
CNIS :	Conseil national de l'information statistique
C.O.I :	Conseil Oléicole International
cm :	centimètre
cm² :	centimètre carré
cm³ :	centimètre cube
CNIS :	Conseil national de l'information statistique
D.S :	densité stomatique
EURL :	Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée
FAO :	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture = Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fig. :	figure
I.T.I.S:	Integrated Taxonomic Information System
ITAFV :	Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne

I.S : largeur stomatique

L.S : longueur stomatique

M.B : Manzanilla Bouture

M.S : Manzanilla stressée

M.H. : Mauvaise Herbes

Mg : milligramme

Na Cl : Chlorure de Sodium

ONFAA: Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires.

mg/l : milligramme par litre

mMole.l-1: milli mole par litre

SARL : Société à Responsabilité Limitée

S.B : Sigoise bouture

S. S : Sigoise Stressée

SNV : Sciences de la Nature et de la Vie

Tab.: Tableau

T1 : 20 semaines de stress salin

T2 : 72 semaines de stress salin

TRE : Teneur Relative en Eau

µg : microgramme

V/V : volume par volume.

Liste des figures

Liste des figures

Figure 01 : Spécimen d'olivier haut de 8 mètres ayant 20m de circonférence du tronc, âgé de 3000 ans environ	5
Figure 02: Répartition géographique naturelle du complexe <i>Olea europaea</i> (l'olivier : Méditerranéen; Subsp. <i>europaea</i>).	7
Figure 03 : Répartition de l'olivier dans le monde.....	(Annexe)
Figure 04: Evolution des importations algériennes d'huile d'olive (kg) durant les années 2014 et 2015 (Source: données CNIS).....	9
Figure 05: photos d'arbres d'olivier avec ses charpentes	10
Figure 06 : représentation du cycle annuel de développement de l'olivier	13
Figure 07 : régénération de jeunes pousses de plants d'oléastre (chemlal) après le semis des noyaux	(Annexe)
Figure 08 : Oléastre en plein champ	(Annexe)
Figure 09 : Greffage sur oléastre sur site.....	(Annexe)
Figure 10 : Plants d'olivier après greffage sur oléastre sur site.....	(Annexe)
Figure 11 : obtention de plant à racines nues.....	(Annexe)
Figure 12 : noyaux d'oléastre semis en sac	(Annexe)
Figure 13 : Plant issu de greffage de la pourette remportée ou de noyaux semis en sac.....	(Annexe)
Figure 14 : bouturage ligneux.....	14
Figure : 15 Vue d'ensemble d'une serre de nébulisation et de la serre de durcissement	(Annexe)
Figure 16 : a : choix ; b : confection des futures boutures herbacées.....	(Annexe)
Figure 17 : (a) : trempage de La base des boutures dans acide Indol butyrique ; (b) : Les boutures traitées à l'hormone sont placées sur des tablettes à multiplication	(Annexe)
Figure n°18 : bouturage herbacé.....	15
Figure 19 : (a) : les boutures sont racinées; (b) : mise en pot des boutures racinées.....	(Annexe)
Figure 20 : méristème sous la loupe.....	(Annexe)

Figure 21 : Re- transplantation.....	(Annexe)
Figure 22 : transplantation de jeune plant issu de culture de cellules mristématiques.....	(Annexe)
Figure 23 : Plant source	(Annexe)
Figure 24 : Enracinement de jeunes plants.....	(Annexe)
Figure 25 : Acclimatation.....	(Annexe)
Figure 26 : les trois aspects de la tolérance au sel par les végétaux (homéostasie, détoxification et l'influence de la croissance) et les liens qui les interconnectent.....	19
Figure 27 : Schéma du principe d'adaptation et de résistance des plantes face aux stress abiotiques.....	21
Figure 28 : Interconnexion des voies de biosynthèse de la chlorophylle et de la proline.....	26
Figure 29 : jeunes plants d'oliviers issus de bouture herbacée.....	28
Figure 30 : Plant d'olivier après le greffage sur oléastre et avant la mise en pot sous serre expérimentale.....	29
Figure 31 : photographie de la serre expérimentale à la faculté SNV, Campus Karman, Université Ibn Khaldoun Tiaret.....	31
Figure 33 : représentation schématique du dispositif expérimental.....	34
Figure 34 : Echantillons en macération (48h à l'obscurité) pour l'extraction de la chlorophylle.....	36
Figure 35 : Etapes pour le dosage de la proline.....	38
Figure 36 : Echantillons pour dosage de la proline (a) et courbe étalon du taux de proline (b).....	39
Figure 37 : (a) : Photo des échantillons après l'extraction des sucres solubles.....	39
Figure 38 : courbe-étalon pour le dosage du taux de sucres solubles.....	40
Figure 39 : Photos de stomates de feuilles d'olivier étudié	41
Figure 40 : Histogrammes comparatifs de la Teneur Relative en Eau des variétés étudiées après 20 semaines de stress salin.....	43
Figure 41 : Histogramme comparatif du taux de cire des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	44

Figure 42: cuticule de feuilles de l'olivier stressé "Sigoise" BS: bouture stressée (a) and greffée stressée (b) (photo gharabi et hassani , 2015).....	45
Figure 43 : Histogramme représentant la Teneur en sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	46
Figure 44 : Histogramme représentant la Teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	47
Figure 45: Histogramme comparatif de la Teneur en chlorophylle "a" des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	48
Figure 46 : Histogramme représentant la Teneur en chlorophylle b des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.	49
Figure 47 : Histogramme représentant la Teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	50
Figure 48 : Histogramme représentant la surface foliaire des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	52
Figure 49: Histogramme représentant la densité stomatique des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	53
Figure 50: Histogramme représentant la longueur stomatique des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	54
Figure 51: Histogramme représentant la largeur stomatique des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	55
Figure 52: Histogramme représentant la longueur de la des variétés d'olivier étudiées avant l'expérimentation.....	56
Figure 53 : Teneur Relative en Eau des variétés étudiées après 72 semaines de stress salin.....	59
Figure 54 : Histogramme représentant le taux de cire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	60
Figure 55 : Histogramme représentant la Teneur en sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	61

Figure 56 : Histogramme représentant la Teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	62
Figure 57 : Histogramme représentant la Teneur en chlorophylle « a » des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	64
Figure 58 : Histogramme représentant la Teneur en chlorophylle « b » des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	65
Figure 59 : Histogramme représentant la Teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après	66
Figure 60 : Histogramme de la surface foliaire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	67
Figure 61 : Histogramme représentant la densité stomatique des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	68
Figure 62 : Histogramme représentant la longueur stomatique des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.	69
Figure 63 : Histogramme représentant la largeur stomatique des variétés d'olivier étudiées après 70 semaines de stress salin.....	70
Figure 64 : Histogramme représentant la longueur des plants des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	71
Figure 65 : Histogramme représentant la longueur des racines des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	72
Figure 66 : Histogramme représentant le volume racinaire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	73

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Analyse de la variance de la Teneur Relative en Eau des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	42
Tableau 02: Résultats de la TRE des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 03: Analyse de la variance du taux de cire après 20 semaines de stress des plants d'oliviers étudiés	44
Tableau 04: Le taux de cire des géotypes d'olivier testés après 20 semaines de stress salin	
Tableau 05: Analyse de la variance de la Teneur des sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	45
Tableau 06 : Teneur en sucres solubles des variétés d'olivier testées après 20 semaines de stress salin (en mg/g de M.F)	Annexe
Tableau 07 : Analyse de la variance du taux de proline des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	46
Tableau 08 : La teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 09: Analyse de la variance des Chlorophylles "a" et "b" et des Caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	48
Tableau 10 : Résultats obtenus de la teneur en chlorophylle a, des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 11 : Résultats de la teneur en chlorophylle b, des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 12 : Résultats de la teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 13: Analyse de la variance de la surface foliaire après 20 semaines de stress des plants d'oliviers étudiés.	51
Tableau 14 : Résultats obtenus de la surface foliaire (cm ²) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 15: Analyse de la variance de la densité stomatique après six mois de stress des plants d'oliviers utilisés stressés et non stressés.....	53

Tableau 16 : Résultats obtenus de la densité stomatique (stomates/cm ²) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 17 : Résultats de la longueur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 18 : Résultats de la largeur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 19: Analyse de la variance de la longueur de la plante après 20 semaines de stress salin.....	56
Tableau 20 : Résultats obtenus de la longueur de la plante (cm) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 21: Analyse de la variance de la Teneur Relative en Eau des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines.....	58
Tableau 22 : Résultats obtenus de la teneur relative en eau des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 23: Analyse de la variance du taux de cire après 73 semaines de stress salin des plants d'oliviers étudiés :	59
Tableau 24 : Résultats du taux de cire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 25: Analyse de la variance de la Teneur des sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	61
Tableau 26 : Résultats obtenus de la teneur en sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 27 : Analyse de la variance en proline des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	62
Tableau 28 : Résultats obtenus de la teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 29: Analyse de la variance de la Chlorophylle (a, b), Caroténoïdes et Chlorophylle Totale des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	63

Tableau 30 : Résultats obtenus de la teneur en chlorophylle a, des variétés d'olivier étudiées après 70 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 31 : Résultats obtenus de la teneur en chlorophylle b, des variétés d'olivier étudiées après 70 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 32 : Résultats de la teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 33 : Analyse de la variance de la surface foliaire 73semaines de stress des plants d'oliviers étudiés.....	66
Tableau 34 : Résultats obtenus de la surface foliaire (cm ²) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 35 : Analyse de la variance de la densité stomatique après six mois de stress des plants d'oliviers utilisés stressés et non stressés.....	67
Tableau 36 : Résultats obtenus de la densité stomatique (stomates/cm ²) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 37 : Résultats de la longueur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 38 : Résultats de la largeur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 39 : Analyse de la variance de la longueur de la plante après 72 semaines de stress.....	70
Tableau 40 : Résultats obtenus de la longueur de la plante (cm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 41 : Analyse de la variance de la longueur de la racine 72 semaines de stress.....	72
Tableau 42 : Résultats obtenus de la longueur racinaire (cm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 43 : Analyse de la variance du volume de la racine après 72 semaines de stress.....	73

Tableau 44 : Résultats obtenus du volume racinaire (cm ³) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin.....	Annexe
Tableau 45: Réduction de la TRE des génotypes testés selon les deux durées de stress salin.....	75
Tableau 46: Corrélation après 20 semaines de stress, à p<0,05 des paramètres physio-biochimiques en fonction des facteurs étudiés (stress salin, variété et le plant)	76
Tableau 47 : Corrélation après 72 semaines de stress, à p<0,05 des paramètres physio-biochimiques en fonction des facteurs étudiés (stress salin, variété et le plant)	76
Tableau 48: Augmentation du Taux de cire des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....	78
Tableau 49 : Réduction de la teneur en Chlorophylle "a" des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....	80
Tableau 50 : Réduction de la teneur en Chlorophylle "b" des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....	80
Tableau 51 : Réduction de la teneur en caroténoïdes des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....	81
Tableau 52 : Augmentation de la teneur en sucres solubles des génotypes testés pour les deux durées de stress salin.....	81
Tableau 53 : Corrélation après 72 semaines de stress, à p<0,05 des paramètres physio-biochimiques en fonction des facteurs étudiés (stress salin, variété et le plant)	Annexe
Tableau 54 : Augmentation de la teneur en proline des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....	82
Tableau 55 : Corrélation après les 20 semaines de stress, à p<0,05 entre les facteurs variété, type de plant, stress et les paramètres biométriques aériens et souterrains.....	84
Tableau 56 : Corrélation après les 72 semaines de stress, à p<0,05 entre les facteurs variété, type de plant stress et les paramètres biométriques aériens et souterrains.....	84
Tableau 57: Réduction de la surface foliaire en cm ² des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....	85

Tableau 58 : Réduction de la densité stomatique des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....86

Tableau 59 : Réduction de la longueur de la plante des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....87

Tableau 60: Réduction de la longueur racinaire (cm) des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....88

Tableau 61: Variation de la réduction du volume racinaire (cm³) des génotypes testés en fonction des deux durées de stress salin.....

Table des matières

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction générale	

Chapitre I : Considérations bibliographiques

I. 1- Présentation de l'Olivier

I.1.1. Introduction :	4
I.1.2. Historique de l'olivier :	6
I.1.3. Place de l'Olivier dans le monde et en Algérie :	6
I.1.3.1. Répartition géographique et écologie de l'olivier :	6
I.1.3.2. Importance socio-économique :	7
I.1.3.3. Répartitions de l'olivier dans le monde :	8
I.1.3.4. Evolution du secteur oléicole en Algérie :	8
I.1.3.5. Marché national d'huile d'olive :	8
I.1.4. Description et Biologie de l'olivier :	9
I.1. 4.1. Aspect général :	10
I.1. 4.2. Le système racinaire :	10
I.1.4.I. Les organes aériens.....	11
I.1.4.3.1. Le tronc :	11
I.1.4.3.. La feuille :	11
I.1. 4.4. Le fruit :	11
I. 1.5. Classification botanique de l'olivier :	11
I.1.5.1. Classification classique :	11
I.1.5.2. Classification phylogénétique :	12
I.1. 6. Le Cycle de l'olivier:.....	12
I.1.7. La conduite de l'olivier :	12
I.1.7.1. Les travaux du sol et l'irrigation :	12
I.1.7.2. La fertilisation minérale et la période des apports :	13

I. 1.7.3. La taille :.....	13
I. 1.7.3.1. Taille de formation :.....	13
I.1.7.3.2. Taille de fructification:.....	13
I.1.7.3.3. Taille de rajeunissement:.....	13
I.1.7.4. Les techniques de multiplication de l'olivier :.....	13
I.1.7.4.1. La production de plants par semis et greffage :.....	13
I. 1.7.4.2. La Multiplication par bouturage ligneux :.....	14
I.1.7.4.3. Multiplication par bouturage herbacé :.....	14
I.1.7.4.4. Multiplication in vitro :.....	15
I.1.8. Résistance de l'Olivier à la sécheresse :.....	15
I.1.9. Utilisation :	16
I. 2- Stress salin et ses effets sur les plantes :	
I.2.1- Définition et importance de la salinité :.....	17
I.2.2- La Notion de stress :.....	18
I.2.3- Effet de la salinité sur les plantes :.....	19
I.2.4 Principe général d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel :.....	20
I.2.5- L'effet de la salinité sur les fonctions physiologiques de la plante :.....	21
I.2.5.1- L'effet de la salinité sur la teneur d'eau :.....	21
I.2.5.2- Effet sur la transpiration :.....	21
I.2.5.3- Effet sur la germination :.....	21
I.2.5.4- Effet sur l'absorption :.....	22
I.2.6- Effet nutritionnel et toxique :.....	22
I.2.7- L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille :.....	23
I.2.8- L'effet de la salinité sur la croissance :.....	23
I.2.9- L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines :.....	24
I.2.10 -Effet sur la balance énergétique :.....	26

Chapitre II : Matériels et méthodes

II. 1- Le Matériel végétal et son Origine :.....	27
II.1.1- Plants issus de bouture herbacée :	27

II.1.1.1. Sigoise en bouture herbacée:.....	28
II.1.1. 2. Chemlal en bouture herbacée:.....	28
II.1.1.3. Arbiquina en bouture herbacée :.....	28
II. 1.1.4. Manzanilla en bouture herbacée:.....	28
II. 1.2. Plants greffés sur oléastre :.....	28
II. 2. Caractérisation des variétés étudiées :.....	29
II. 2.1. Variétés introduites :.....	29
II. 2.1.1. Variété « Arbequina» :.....	29
II. 2.1.2. Variété «Manzanilla» :.....	30
II. 2.2. Variétés locales :.....	30
II. 2.2.1. La Sigoise:.....	30
II. 2.2.2. La Chemlal :.....	30
II. 3. Localisation de l'essai et dispositif expérimental :.....	31
II. 3.1. Mise en place de l'essai :.....	31
II. 4. Analyses et mesures:.....	32
II. 4.1. Les paramètres physiologiques:.....	33
II. 4.1.1. La teneur relative en eau (TRE) :.....	33
II. 4.1.2. Le taux de cire :.....	35
II. 4.2. Les paramètres biochimiques:.....	36
II. 4.2.1. Le dosage des pigments chlorophylliens.....	36
II. 4.2.2 Le dosage de la proline.....	36
II. 4.2.3. Le dosage des sucres solubles :.....	37
II.4.3. Les paramètres morphologiques :.....	37
II. 4.3.1. Morphologie aérienne :.....	37
II. 4.3.1.1. La surface foliaire.....	37
II. 4.3.1.2. La densité stomatique.....	40
II. 4.3.1.3 La croissance de la tige.....	41
II. 4.3.2. Les paramètres souterrains:.....	41

II. 4.3.2.1. Longueur de la racine:.....	41
II. 4.3.2.2. Le volume racinaire :.....	41
II. 5. - Analyse statistique.....	41

Chapitre III : Résultats et interprétation

III. 1. Résultats obtenus après la première durée de stress : (Analyses des paramètres après 20 semaines de stress):.....

III. 1.1. Résultats obtenus des paramètres physiologiques.....	42
III. 1.1.1 La teneur relative en eau (TRE).....	42
III. 1.1.2. Le taux de cire des feuilles :.....	43
III. 1.2. - Résultats obtenus des paramètres biochimiques :.....	45
III. 1.2.1- Teneur en sucres solubles :.....	45
III. 1.2.2- Effet du stress salin sur la teneur en proline:.....	46
III. 1.2.3. Effet du stress salin sur les pigments chlorophylliens :	47
III. 1.2.3.1. La teneur en chlorophylle "a".....	48
III. 1.2.3.2. Teneur en chlorophylle "b".....	49
III. 1.2.3.3. Teneur en caroténoïdes :.....	50
III. 1.3. Interprétation des résultats des paramètres morphologiques.....	51
III. 1.3.1. Interprétation des résultats des paramètres morphologiques aériens:.....	51
III. 1.3.1.1. La surface foliaire :.....	51
III. 1.3.1.2. La densité et dimensions stomatiques :	52
III. 1.3.1.2.1. La densité stomatique :.....	53
III. 1.3.1.2.2. La longueur des stomates :.....	54
III. 1.3.1.2.3. La largeur des stomates :.....	55
III. 1.3.1. 3. La longueur de la plante :.....	56

III.2. Résultats obtenus après la seconde durée de stress : (Analyses des paramètres après 72 semaines de stress)

III.2.1 Interprétation des Résultats des paramètres physiologiques	58
III.2.1.1 La teneur relative en eau (TRE).....	58

III.2.1.2 Le taux de cire des feuilles :.....	59
III. 2.2. Interprétation des résultats des paramètres biochimiques :.....	60
III. 2.2.1. Teneur en sucres solubles :.....	60
III. 2.2.2. La teneur en proline:.....	61
III.2.2.3. Les pigments chlorophylliens.....	62
III. 2.2.3.1. Chlorophylle a.....	62
III. 2.2.3.2 Chlorophylle b.....	64
III. 2.2.3.3 Les pigments caroténoïdes :.....	65
III. 2.3. Interprétation des résultats des paramètres morphologiques.....	66
III. 2.3.1. Interprétation des paramètres morphologiques aériens :.....	66
III. 2.3.1.1. La surface foliaire :.....	66
III. 2.3.1.2. La densité et les dimensions stomatiques :.....	67
III. 2.3.1.3. Effet du stress salin sur la longueur de la plante :.....	70
III. 2.3.2. Interprétation des paramètres morphologiques souterrains:.....	71
III. 2.3.2.1. La longueur racinaire :.....	71
III. 2.3.2.2. Le volume racinaire :.....	72

Chapitre IV : DISCUSSIONS

IV. 1. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et le plant) et les paramètres physiologiques :.....	75
IV.2. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et type de plant) et les paramètres biochimiques :.....	79
IV.3. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et type de plant) et les paramètres biométriques :.....	84
IV. 3.1. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et le plant) et les paramètres biométriques aériens :.....	84
IV.3.2. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et le plant) et les paramètres racinaires:.....	88
Conclusion générale	90

Références bibliographiques.

Introduction générale

Introduction générale

Dans le monde entier la salinité constitue un problème écologique croissant qui est un phénomène majeur de dégradation des terres. Selon **Mermoud (2006)**, on enregistre en moyenne une perte de 10 hectares de terres cultivables par minute au niveau mondial dont 3 hectares de perdu à cause de la salinité. Par ailleurs, cette salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotique limitant la croissance et le développement des plantes cultivées (**Estan et al., 2005; Munns et Tester, 2008**).

Cette salinité peut être d'origine naturelle (**Munns et al, 2006**) mais aussi et surtout induite par les activités agricoles comme l'utilisation non raisonnée des intrants chimiques et l'irrigation avec de l'eau saumâtre sans drainage (**Bennaceur et al, 2001**). Par ailleurs, les écosystèmes des climats aride et semi-aride sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations (**Mezni et al., 2002**) associée à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol (**Munns et al, 2006**), ce qui explique la qualité médiocre (saumâtre) des ressources hydriques disponibles dans ces zones, (**Mouhouche et Boulassal, 2006; Belkhodja et Bidai, 2004**). Par conséquent, l'excès de sel dans les sols induit une réduction de la croissance des plantes qui provoque une baisse de rendement. Dans les régions semi-arides, la concentration en sel de la solution du sol peut atteindre 100mM en sels solubles ce qui inhibe la quasi-totalité des plantes cultivées (**Greenway et Munns, 1980**).

Cependant, l'olivier « *Olea europaea* L. Ssp *europaea* » est un arbre symbolique et omniprésent dans la flore méditerranéenne depuis des millénaires à l'état sauvage (var. *Sylvestris*) ou cultivé (var. *Europaea*). Il est réputé pour sa grande rusticité, lui permettant de se développer et de fructifier sous des conditions de climat subaride et sur des sols parfois très pauvres. Il supporte parfaitement la sécheresse. (**Loussert et Brousse, 1978**). Depuis des millénaires, l'olivier est cultivé dans le bassin méditerranéen où il marque le paysage de sa silhouette si caractéristique. Arbre sacré cité dans les livres divins, l'olivier a toujours inspiré les peintres et les poètes (**Breton et al., 2006**).

Son origine se perd dans la nuit des temps, son histoire se confond avec les civilisations qui ont vu le jour autour de bassin méditerranéen et ont pendant longtemps régi les destinées de l'humanité et marqué de leur empreintes la culture occidentale (**COI, 2007**).

L'oléastre véritable aurait existé en Algérie depuis le 12^{ème} Millénaire avant notre ère. L'espèce a notamment gardé de ses origines sa thermophilie mais aussi sa relative exigence en eau qui l'exclut des zones les plus arides du sud de la Méditerranée. (**Prestamburgo, 1988; Benhayoun et Lazzeri, 2007**).

Aujourd'hui, c'est en méditerranée que se réalise 95% de la production mondiale de l'huile d'olive. Les techniques et les coutumes continuent de se croiser autour de la culture de l'olivier. Globalement, la production de l'huile d'olive a un rôle déterminant pour les économies et l'emploi ainsi pour la biodiversité des régions méditerranéennes **C.O.I (2013)**.

L'olivier présente une grande diversité génétique avec près de 1 250 variétés cultivées dans 54 pays qui, d'ailleurs, ont été incluses dans la base de données du germoplasme de l'olivier de la FAO. La plus grande partie de ces cultivars vient des pays du Sud de l'Europe comme l'Italie (583 cultivars), l'Espagne (183 cultivars), la France (88 cultivars) et la Grèce (52 cultivars) (**Belaj et al., 2010**). Vu la richesse de ce germoplasme, l'olivier est un cas exceptionnel entre les cultures horticoles et sa biodiversité qui peut représenter une source riche de variabilité pour l'amélioration génétique de cette plante (**Belaj et al., 2010**).

L'olivier s'adapte à tous les étages bioclimatiques, et il représente l'une des principales cultures en Algérie, qui en raison de sa rusticité, il est planté dans des terres pauvres et à forte déclivité où la pratique des autres cultures est limitée. En outre, ces dernières années, l'Algérie connaît un développement considérable et accéléré en activité agricole soutenue par l'Etat dont l'oléiculture qui a occupé une place très importante dans la région vue sa rusticité et sa tolérance (**R. Loussert et G.Brousse 1978**).

En effet, l'Algérie a lancé un plan de développement de la filière en mettant l'accent sur la quantité et la qualité avec, en particulier, l'introduction de nouvelles variétés allochtones. Le secteur de l'olive tend à développer la culture afin d'augmenter la production de l'olive de table et de l'huile mais aussi la valorisation des grignons d'olive et la biomasse végétale générée par la taille des arbres...ce qui, à terme, devrait aboutir à une contribution positive de la filière oléicole à la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, notre pays, compte quinze (15) wilayas steppiques (**Roselt/OSS, 2005**), qui représentent un espace stratégique en matière de lutte contre la désertification et de nombreux programmes de protection et de réhabilitation de cet espace ont échoué et sont souvent à l'origine de l'aggravation de cette dégradation.

Ainsi, l'olivier de par sa longévité exceptionnelle, sa partie aérienne dotée d'un feuillage persistant et sa partie souterraine importante, maintient et protège le sol contre l'érosion et la désertification dans les régions désertiques (**R. Loussert et G.Brousse 1978**).

La méthodologie d'un stress salin de longue durée a été utilisée dans un premier temps pour confirmer ou infirmer l'hypothèse que l'olivier est conseillé à être planté en conditions arides et salines désertiques et/ou sahariennes par **Benjamin (2016)** ; dans un second temps pour étudier les mécanismes physiologiques, biochimiques et morphologiques développés pour s'adapter aux conditions de stress salin.

Dans ce contexte, notre travail porte sur l'évaluation des réponses morpho-physiologique et biochimiques foliaires de jeunes plants d'olivier issus de boutures et d'autres greffés d'origine locale ou introduites sous un régime d'irrigation avec une eau salée à 100mM de NaCl. Cette évaluation est à deux périodes: la première après 20 semaines de stress salin et la seconde après 72 semaines de stress ; dans le but de comparer leurs degrés de résistance « à long terme ».

La thèse comporte quatre parties successives et complémentaires qui sont :

- La première partie qui aborde une synthèse bibliographique comprenant deux chapitres, dont le premier est une présentation de l'olivier à savoir son historique puis sa répartition géographique ensuite son importance socio-économique ainsi que l'évolution du secteur oléicole en Algérie, le marché mondial et enfin la biologie de l'olivier, ses exigences et son cycle de développement. Un deuxième chapitre qui décrit le stress salin et ses effets sur les végétaux.
- La seconde partie résume l'expérimentation qui comporte, matériel végétal étudiés, les méthodes d'analyses et les mesures adoptées dans notre travail de recherche.
- La troisième partie présente les résultats obtenus divisée en deux sous parties, la première étape présente les résultats obtenus après 20 semaines de stress salin et la seconde après 72 semaines de stress salin
- Une Quatrième partie concernant la discussion des résultats obtenus dans la partie expérimentale et enfin la conclusion et les perspectives ou recommandations.

Chapitre I : considérations bibliographiques

I-1 : Présentation de l'olivier

Chapitre I : Considérations bibliographiques

I.1- Présentation de l'Olivier

I.1. Introduction

Les espèces locales spontanées¹ et sauvages d'arbres et d'arbustes à fruits comestibles, originaires des différents écosystèmes algériens (variétés d'olivier, de vigne et de palmier), ne font pas l'objet de programme lié à la protection et à la conservation systématique. (Benhayoun, 2009).

L'huile d'olive confrontée à un double défi. D'une part, "condamnée à se produire à un coût élevé, donc, en termes de prix elle est peu compétitive vis-à-vis des autres matières de mêmes usages. D'autre part, les propriétés bénéfiques de la consommation d'huile d'olive sont peu connues auprès de beaucoup de pays éloignés de la zone méditerranéenne. Et même au sein des populations méditerranéennes, la connaissance de ces bienfaits est, soit "limitée, soit substituée avec les autres huiles végétales concurrentes importées chaque fois que le prix de l'huile d'olive augmente (Laajimi et Thabet, 2006).

La culture de l'olivier a un impact positif sur l'environnement et la conservation des paysages. L'olivier, comme d'autres arbres fruitiers (amandiers, pistachiers,...), joue un rôle important dans l'équilibre des écosystèmes semi désertiques. Bien adapté aux conditions d'aridité du pourtour méditerranéen et d'une durée de vie très longue (fig.01) : au titre de plus vieil olivier du monde Soutenu cette fois par les universités de Sassari et de Paris, lui attribuant un âge situé entre 3 000 et 4 000 ans. Majestueux, cet olivier à une circonférence de tronc à sa base de plus de 20 mètres pour une hauteur de 8 mètres et une superficie de feuillage de 600 m².), il est un élément de fixation du sol et de la population. Dans les zones en pente, les plantations souvent disposées en terrasse, contribuent à réduire les problèmes d'érosion et de perte du sol (Abdelguerfi, 2003).

¹ Spontanée : sauvage pour l'olivier spontané c'est l'oléastre= zeboudj.



Figure 01 : Spécimens d'olivier âgés de plus de 100 ans environ selon le représentant de la wilaya de **Batna** en **Algérie** (photo prise par **Mme Gharabi Dhia** en **2010**)

Les oliveraies constituent une zone de refuge et d'alimentation de certaines espèces animales, et à ce titre, l'olivier contribue au maintien de la biodiversité.

De nouvelles techniques se développent pour permettre la valorisation énergétique de la biomasse de l'olivier (restes de la taille des arbres, traitement des grignons après extraction de l'huile,...), ce qui à terme, devrait aboutir à une contribution positive de la filière oléicole à la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre (**Abdelguerfi, 2003**).

De même que la vigne de cuve, les agrumes, les dattes et les figues sèches, l'olive de table et l'huile d'olive ont accusés une régression très importante et même préoccupante et cela s'est accentué, en Algérie, avec la réorganisation du secteur public agricole entamé en 1987 d'où la déstructuration des productions développées par le passé, la disparition des savoir-faire et une politique d'encadrement inadéquate qui a conduit à l'abandon des parcs à bois ou plantations et la réduction des pépiniéristes. . (**ITAF, 2008**)

L'introduction de nouvelles espèces et variétés, n'a pas toujours fait l'objet de précautions d'usage nécessaires pour évaluer les risques et le comportement, surtout en matière de maladies et d'adaptation. Les espèces locales spontanées d'arbres et d'arbustes à fruits comestibles, originaires des différents écosystèmes algériens (Oliviers, Vignes et Palmiers), n'ont pas fait l'objet de programme lié à la protection et à la conservation systématique.

Ces variétés cultivées depuis plus de 60 ans, dans des terroirs spécifiques s'érodent de plus en plus. (ITAF, 2008).

Par ailleurs, vu la rusticité et l'adaptation de l'olivier en Algérie, sa culture occupe les terres des zones difficiles, impropres aux autres cultures et peu attractif à l'investissement. L'olivier est concentré au Nord, particulièrement dans le Tell. Le secteur privé dispose de 2/3 des surfaces. Cependant, le vieillissement du verger et l'exode de la main d'œuvre guettent cette ressource. Concernant le matériel génétique, les porte-greffes actuellement employés sont constitués de populations hétérogènes, provenant de semis de noyaux d'olives de variétés cultivées telle que Chemlal, Sigoise et parfois d'oléastres, alors que les variétés nationales peuvent être recommandées dans leurs régions d'origine. (Chaouia A., 2003).

I.1.2. Historique de l'olivier :

Depuis des millénaires, l'olivier est cultivé dans le Bassin méditerranéen où il marque le paysage de sa silhouette si caractéristique. Arbre sacré, il a inspiré aussi bien les grands textes religieux fondateurs (Bible, Torah, Talmud, Coran) que les peintres et les poètes. L'olivier pousse là où rien d'autre ne pousse et offre l'ombre aux animaux et aux cultures, prévient l'érosion des sols, préserve des incendies, assure un revenu à son propriétaire. L'origine géographique de l'olivier semble être le croissant fertile. Son introduction en méditerranée occidentale est à porter au crédit des phéniciens. Quelques historiens ont démontré que l'olivier était connu dans notre pays bien avant VII siècle avant J.C. Les oliviers cultivés et leurs parents sauvages, les oléastres, représentent deux variétés botaniques de l'espèce *Olea europaea subsp. var. europaea* et *var. sylvestris*,. .(Green et Wickens 1989)

I.1.3. Place de l'Olivier dans le monde et en Algérie

I.1.3.1. Répartition géographique et écologie de l'olivier :

L'olivier est une espèce thermophile très adaptée au climat méditerranéen. Olea aurait persisté dans des zones refuges thermophiles situées dans les régions sud du nord du bassin méditerranéen, au sud du Levant et le nord de l'Afrique (Carrion *et al.*, 2010).

Olea europaea L. var. sylvestris (l'oléastre, l'olivier sauvage ou spontané) est considérée comme un bioindicateur thermosensible pour la définition du niveau de thermo-méditerranéen

bioclimatique et sa répartition naturelle a été confiné aux zones côtières du bassin méditerranéen (fig.2); L'émergence de l'olivier est due principalement à sa plasticité écologique et la valeur nutritionnelle de son fruit dont on extrait de l'huile riche en Omega 3n.

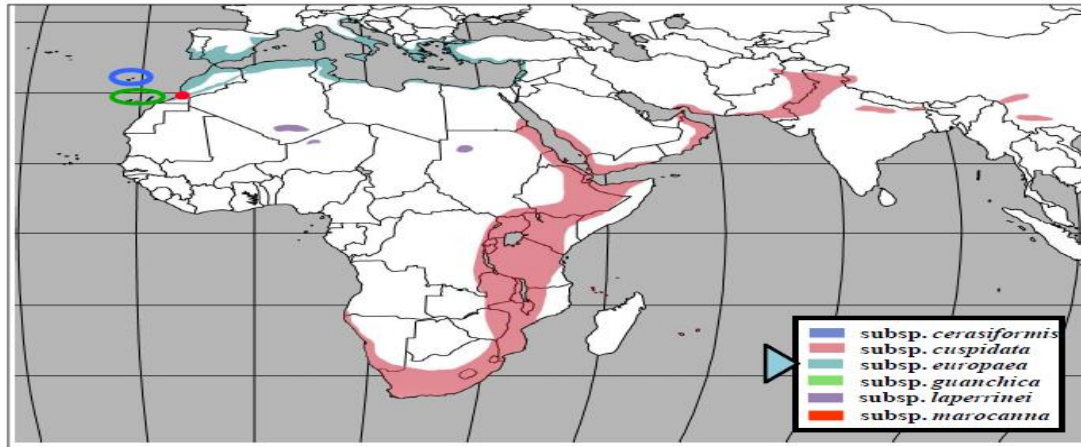


Figure 02: Répartition géographique naturelle du complexe *Olea europaea* (l'olivier : Méditerranéen; Subsp. *europaea*). **D'après Rubio de casas, et al., (2006).**

I.1.3.2. Importance socio-économique

Durant les 30 dernières années, la culture de l'olivier est passée de 5,2 à 9,5 millions d'hectares (FAO Stat, 2011). Cette émergence est due principalement à la valeur nutritionnelle reconnue de son huile et à sa plasticité écologique. Avec une superficie actuelle d'environ 9.5 millions d'hectares, soit 865 millions d'arbres, l'olivier occupe le 24^{ème} rang des 35 espèces les plus cultivées. Selon le Conseil Oléicole International (COI, 2011), les principaux pays producteurs sont: l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Turquie avec plus de 80% de la production moyenne. Quatre-vingt pour cent de la production en huile est consommée dans le bassin méditerranéen, soit 2,4 millions tonnes en 2010/11 (COI, 2011). Cependant, la demande ne cesse d'augmenter et de se diffuser au-delà de l'aire d'origine de l'olivier. A titre d'exemple, la consommation de l'huile d'olive au Etats-Unis est passée de 88,000 en 1990 à 277,000 tonnes en 2011, au Japon de 4000 à 35,000 tonnes et en Australie de 13,500 à 44,000 tonnes (COI, 2011).

I.1.3.3. Répartitions de l'olivier dans le monde (annexe, fig. 03)

I.1.3.4. Evolution du secteur oléicole en Algérie :

L'olivier se concentre en Algérie principalement dans la région centre (54%), à l'Est (29%) et à l'Ouest avec seulement 17%. Au niveau de chaque région, l'essentiel du verger est occupé par quelques wilayas comme au centre du pays avec 95% du verger à Béjaïa, Tizi-Ouzou et Bouira; à l'Est 68% du verger à Guelma, Sétif, Jijel et Skikda; à l'Ouest du pays à Mascara, Sidi Belabbés, Relizane et Tlemcen détiennent 71% du verger oléicole (**Abdelguerfi, 2003**).

Depuis 2009, la mise en œuvre d'une nouvelle politique agricole dite du «renouveau rural», consistait à organiser la profession pour accroître la synergie entre acteurs en agissant sur les différentes composantes de la filière (production, transformation et mise en marché), en se basant sur une approche séparée de chacune d'entre elles. L'intérêt entre autres de certifier les produits (un des points de la démarche) pour accélérer le développement des filières agroalimentaires. L'ONFAA. 2017 indique dans son bilan de la campagne oléicole 2015/2016 «segment huile d'olive», que la production de cette dernière a enregistré une évolution de 7% comparativement à la précédente campagne.

I.1.3.5. Marché national d'huile d'olive :

La superficie oléicole algérienne a connu une légère progression en 2014 passant de 348196 ha en 2013 à 383443 soit une évolution de 10%. La production d'huile d'olive, quant à elle, est passée de 429 980 hl en 2013 à 479700 hl en 2014, soit une évolution de 11.5%. L'Algérie se place ainsi au 8ème rang mondial. La demande importante d'huile d'olive sur le marché international au cours de cette campagne 2014/2015, n'a pas profité aux exportateurs algériens. Ces exportations restent en effet très négligeables et insignifiantes, n'atteignant même pas la tonne (Source: **ONFAA** à partir des données du **COI** observatoire à partir des données **CNIS**).

Par ailleurs, (fig.04) les importations d'huile d'olive, bien que négligeables, ont connu une légère augmentation comparativement à la même période de l'année écoulée, passant de 132 tonnes en 2014 à 165 tonnes en 2015 soit une évolution de 25% (Source: **ONFAA** à partir des données du **COI** observatoire à partir des données **CNIS**).

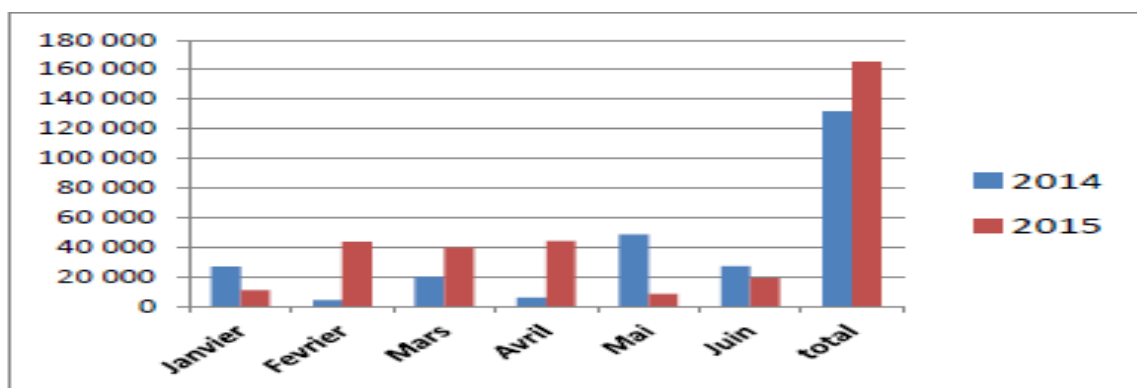


Figure 04: Evolution des importations algériennes d’huile d’olive (kg) durant les années 2014 et 2015 (Source: données CNIS).

I.1.4. Description et Biologie de l’olivier :

Olea europaea L. est un complexe formé de six sous espèces dont *Olea europaea* subsp.

europaea qui correspond à l’olivier méditerranéen (Green et Wickens 1989). Ce dernier comprend la forme cultivée, *O. europaea* var. *europaea* et la forme sauvage ou oléastre, *O. europaea* var. *sylvestris*. Il s’agit d’une espèce pérenne, à feuilles persistantes, caractérisée par une longue longévité (jusqu’à 2000 ans; (Lewington et Parker, 1999) et à pollinisation anémophile.

La forme des feuilles est souvent elliptique. Les fleurs sont petites et regroupées en inflorescences et sont hermaphrodites. Comme c’est le cas de nombreux arbres forestiers, l’olivier est une espèce allogame. Son système d’auto incompatibilité n’est pas encore clarifié. Certains auteurs comme Cuevas et Polito (1997) considèrent qu’il est de type gamétophytique; alors que d’autres considèrent qu’il est de type sporophytique comme dans le cas de *Phillyrea angustifolia* (l existe aussi des cas de stérilité males (Villemur et al., 1984) dont certains sont sous un déterminisme nucléo-cytoplasmique (Besnard et al., 2001). La dissémination de ses fruits (drupes) est essentiellement assurée par les oiseaux (Spennemann et Allen, 2000).

L’olivier méditerranéen est diploïde ($2n=2x=46$); (Falistocco et Tosti, 1996; Minelli et al., 2000;), mais des mutants triploïdes et tétraploïdes ont été observés chez deux variétés Frantoio et Leccino (Rugini et Fedeli ; 1996).

I.1.4.1. Aspect général :

L'olivier se présente comme un arbre qui peut atteindre quinze à vingt mètres de haut et vivre très longtemps. Mais dans la plupart des modes de culture, les oliviers sont maintenus entre trois et sept mètres de hauteur afin de rendre possible l'entretien et la récolte. (WWW. Wikipedia lea_europaea) (fig.05)



Figure 05: photos d'arbres d'olivier avec ses charpentes (Olea_europaea) (Loussert et Brousse 1978).

I.1.4.2. Le système racinaire

Le développement du système racinaire de l'arbre est surtout fonction des caractéristiques physico-chimique du sol. En fait, l'olivier adaptera son système racinaire à la profondeur du sol, suivant sa texture et sa structure. Possédant un système souterrain puissant et fasciculé. Ce réseau de racines forme une souche ligneuse ; appelée la « matre », qui va permettre de puiser très grande quantité dans le sol. (Loussert et Brousse 1978).

I.1.4.3. Les organes aériens

I.1.4.3.1. Le tronc : Sur les jeunes arbres, le tronc est droit et circulaire puis il se déforme, au fur et à mesure de leur vieillissement, pour donner naissance à des « cordes » (zones successives de dépressions donnant au tronc un aspect, tourmenté, caractéristique de l'olivier). Ce dernier (fig.05) se développe en:

Des charpentières: composées de charpentières maîtresse et sous-charpentières; des branches : trois sortes: branches à bois, branches à fruits et branches mixtes (Loussert et Brousse 1978).

I.1.4.3.2. La feuille :

Les feuilles d'olivier sont persistantes avec une durée de vie de l'ordre de trois ans (**Loussert et Brousse, 1978**) et possèdent des caractères nettement xérophytiques (épiderme supérieur fortement cutinisé et épiderme inférieur recouverts de poils).

I.1.4.3.3. La fleur :

Selon **Loussert et Brousse (1978)**, les fleurs sont regroupées en petites grappes dressées à l'aisselle des feuilles. La fleur est constituée de 4 sépales, 4 pétales, 2 étamines et 2 carpelles.

I.1.4.3.4. Le fruit

Le fruit est une petite drupe ovoïde, noir violacé à maturité, riche en huile : trois parties :

- **Epicarpe (peau)** : recouverte d'une matière cireuse imperméable à l'eau (la pruine).
Le changement de couleur est dû à une oxydation effectuée par des phénoloxydases;
- **Mésocarpe (pulpe)** : charnue et riche en matière grasse stockée durant la lipogenèse de la fin d'aout jusqu'à la véraison **Loussert et Brousse (1978)**,
- **Endocarpe (noyau)** : osseux très dur, formé d'une enveloppe qui se sclérifie l'été (à partir de la fin juillet) et contient une amande avec ovaires, dont l'un est généralement stérile et non fonctionnel cette graine produit un embryon, qui donnera un nouvel olivier si les conditions sont favorables.

I.1.5. Classification botanique de l'olivier :

I.1.5.1. Classification classique : selon Guignard et Dupont (2004),

- Règne: Plantea.
- Sous règne: Tracheobionta ou plantes vasculaires.
- Embranchement: Magniophyta, (Phanérogames).
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Mognoliopsida, dicotylédones (ou Thérébinthales)
- Sous classe : Astéridae (ou Gamopétales)
- Ordre : Scrophulariales
-

-
- Famille : Oleaceae
- Genre: Olea.

I.1.5.2. Classification phylogénétique :

- * Sous classe : Asteridae
- * Ordre : Lamiales
- * Famille : Oleaceae . (ITIS Taxonomy: *Olea europaea* L.)

I.1.6. Le Cycle de l'olivier: (fig.06)

I.1.7. La conduite de l'olivier

L'olivier comme les espèces fruitières, nécessite un entretien permanent tout au long de la campagne. L'entretien permet une amélioration quantitative et qualitative de la production et de sa longévité. Les différentes opérations sont comme suit :

I.1.7.1. Les travaux du sol et l'irrigation

Dès l'installation de l'olivieraie (de la 1^{ère} à la 3^{ème} année), il faut maintenir le sol propre par des labours superficiels, (Disquages ou scarifiages). A partir de la 4^{ème} année, il faut des désherbages mixtes (chimiques sur les rangées) (ITAFV, 2004)

- **En automne**, après la récolte, enfouir la fumure et stocker l'eau de pluie;
- **Au printemps**, après floraison, éliminer les M. H. pour préserver l'eau.
- **En été**, dès le mois de juin, ameublir le sol pour réduire l'évaporation. Par capillarité. l'irrigation améliore la fertilité, le développement végétatif et la teneur d'huile.

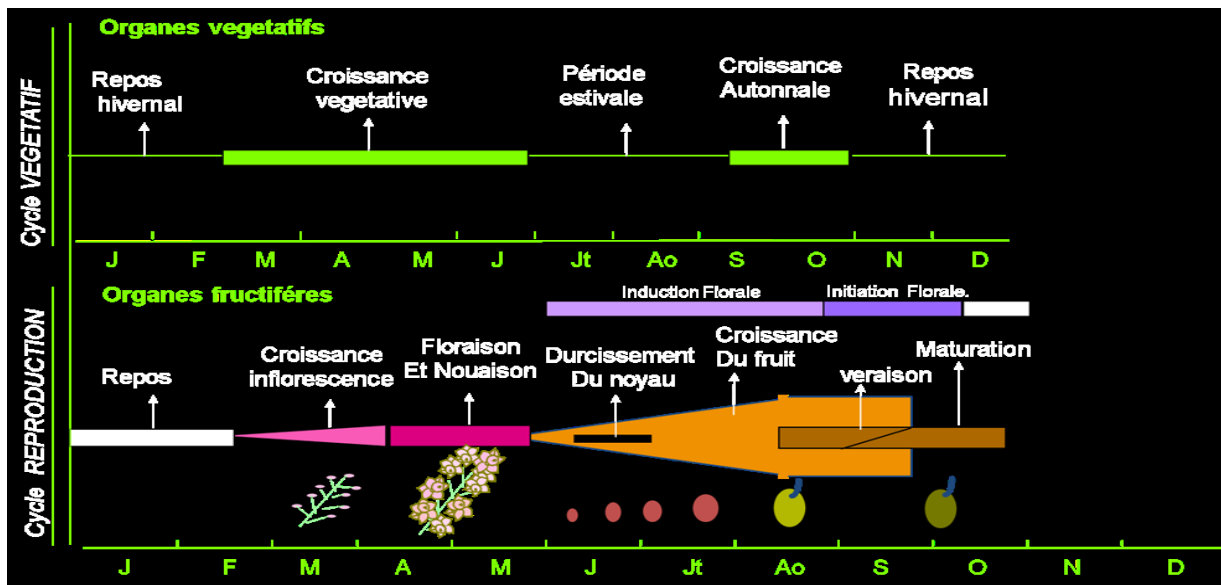


Figure 06 : représentation du cycle annuel de développement de l'olivier (Source : Tous J. 1990, Rallo L. 1998, Girona 2001) (COI 2007).

I.1.7.2. La fertilisation minérale et la période des apports

La fertilisation de l'olivier est fondamentale pour l'obtention de hautes productions. Une fumure azotée raisonnée assure un accroissement de production allant jusqu'à 75 %.

I.1.7.3. La taille :

L'olivier a besoin d'une taille tout au long de sa vie, exigeante en main-d'œuvre qualifiée:

I.1.7.3.1. Taille de formation: Donner à l'arbre une forme équilibrée et prolonger sa durée de vie

I.1.7.3.2. Taille de fructification: consiste à supprimer le bois mort et les gourmands mal placés pour favoriser l'apparition de nouvelles pousses, régulariser la production et améliorer les rendements

I.1.7.3.3. Taille de rajeunissement: sur des arbres âgés ou mal entretenus, éliminer les grosses ramifications (charpentières et grosses branches.) (ITAFV., 2004)

I.1.7.4. Les techniques de multiplication de l'olivier :

I.1.7.4.1. La production de plants par semis et greffage

- **Semis de noyaux d'olivier** est réalisé dans le but de produire de la « pourette » d'oléastre: **production de plants en plein champs** (la technique la plus utilisée en
- Algérie (étapes annexe, fig. 07 à fig.13) et **production de plants en hors sol par semis de noyaux en planche** et les pourettes obtenues seront rempotées dans des sachets en plastique ou semis de noyaux directement en sachet

Techniques de Greffage : en écusson, préconisé surtout pour le greffage des jeunes sujets en pépinière qui consiste à détacher, du milieu du rameau, un "œil" bien marqué avec un lambeau d'écorce et l'insérer sous l'écorce de l'oléastre. En couronne pour greffer les oléastres âgés et vigoureux ayant un diamètre pouvant atteindre jusqu'à 10 à 15 cm. (ITAFV., 2004)

I.1.7.4.2. La Multiplication par bouturage ligneux : Ce procédé permet de reproduire fidèlement les caractères du pied mère. Il existe deux types de boutures ligneuses (fig.14)

- Bouture normale avec longueur de 25 à 30 cm et l'épaisseur de 2 à 4 cm
- Bouture épaisse avec longueur de 25 à 45 cm et l'épaisseur de plus de 5 cm.



(a)



(b)

Figure 14 : le bouturage ligneux

(a) : début du bouturage, (b) : bouture ligneuse après émission des racines (ITAF, 2008)

I.1.7.4.3. Multiplication par bouturage herbacé : Le bouturage semi-herbacé de l'olivier sous serre de nébulisation (annexe, fig. 15), (étapes annexe, fig.16 et 17) est actuellement la technique la plus utilisée pour multiplier, et diffuser, les variétés d'oliviers présentant un intérêt spécifique car elle permet d'obtenir un nombre important de plants sur une faible superficie et en un temps réduit.

Cette technique fait appel à de jeunes rameaux dont, certains de leurs tissus sont aptes à se différencier et former sous certaines conditions des massifs méristimatiques qui donneront des racines pour obtenir des boutures racinées (fig.18).



(a)

(b)

Figure n°18 : bouturage herbacé

(a) : bouture herbacée, (b) : bouture herbacée après émission des racines.(ITAF, 2008)

I.1.7.4.4. Multiplication in vitro : Les techniques de la culture in vitro des méristèmes. Et la multiplications végétatives in vitro ou micro propagation (annexe, fig.19 à 25). :

I.1.8. Résistance de l'Olivier à la sécheresse

L'olivier résiste parfaitement aux périodes de sécheresse grâce à un système racinaire adapté et à la régulation de son métabolisme. En effet, son système racinaire est relativement profond (de 1,25 m à 1,80 m) et à développement latéral. Cependant, le chevelu racinaire se limite au 1^{er} mètre de sol et au-delà, on retrouve des racines permettant l'alimentation de l'arbre en cas de sécheresse.

Par ailleurs, afin de limiter la concurrence hydrique entre les oliviers, l'espacement des arbres est moins important en conduite sèche par rapport à celui des arbres en conduite irriguée.

D'autre part, les oliviers irrigués au goutte-à-goutte développent au cours de l'année davantage de racines dans les couches superficielles situées sous les goutteurs (40 à 60 cm de profondeur). Les racines de l'olivier sont capables d'exercer une force de succion de l'ordre de - 25 bars sur le sol pour en extraire l'eau. Par contre, la plupart des arbres fruitiers se limitent à une succion de l'ordre de - 15 bars (**Xiloyannis et al., 1999**). Contrairement aux autres arbres fruitiers, l'olivier privilégie sa survie et non le développement de sa descendance.

La grande résistance à la sécheresse s'explique essentiellement par la capacité de **turgescence** des organes foliaires par **ajustement osmotique**. Les feuilles peuvent ainsi perdre jusqu'à 60 % de l'eau emmagasinée. Quand le potentiel hydrique foliaire est inférieur à -9 bars, l'olivier ralentit son activité photosynthétique ce qui pénalise la fructification et la croissance (**Xiloyannis et al., 1999**).

- Quand le potentiel hydrique foliaire est inférieur à - 70 bars, l'olivier bloque totalement les échanges gazeux à travers ses **stomates** (la fermeture des stomates chez les autres arbres fruitiers, intervient pour des potentiels hydriques foliaires compris entre - 15 et - 25 bars). L'olivier diminue fortement son activité photosynthétique et réduit fortement les pertes en eau par transpiration.

I.1.9. Utilisation :

La consommation de l'huile d'olive permet de:

- * Abaisser le taux de cholestérol
- * Prévenir les tumeurs (sein, prostate, ...) grâce aux acides gras
- * Préviend le dessèchement de la peau et la calcification du squelette
- * Protège et tonifie la peau (teneur en vitamine E)
- * Élimine les toxines et Favorise la digestion (l'Institut de recherche pharmacologique Mario Negri de Milan (Italie), **en 2012**)

Par ailleurs, l'utilisation des sous-produits de l'olivier comme les résidus de la taille qui servent d'aliment pour le cheptel bovin et ovin et comme engrais naturel après broyage. Aussi, les grignons d'olive sont utilisés comme engrais naturel (50% - 50%) avec la paille et après séchage comme combustible. (**ITAFV, 2004**).

1-2 : Stress salin et ses effets sur les plantes

I.2- Stress salin et ses effets sur les plantes

Introduction

La salinité constitue une contrainte pour les grandes cultures en région méditerranéenne, en particulier, là où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes tolérantes à la salinité devient un impératif pour la production agricole. D'autre part, la sélection variétale, nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité. (Arbaoui et al., 2000).

Dans les régions arides et semi arides, la salinité constitue une contrainte majeure à la productivité et au développement agricole (Rozema and Flowers, 2008 ; Abdel Latef, 2010). Actuellement, sur 1.5milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel. Ce chiffre ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre suite à la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation, à l'intensification des cultures (Ghassemi et al., 1995) et à l'utilisation démesurée des fertilisants chimiques chez plusieurs espèces cultivées.

En effet, la salinité est susceptible de perturber la nutrition minérale des plantes en interférant avec le prélèvement de certains éléments essentiels comme le potassium et le calcium et ceci soit par substitution, soit par compétition au niveau des sites d'absorption membranaire. De plus, l'augmentation de NaCl diminue l'absorption du potassium et du calcium et interfère avec leurs fonctions physiologiques Par conséquent, la capacité des génotypes à maintenir des niveaux plus élevés de K^+ et de Ca^{++} et de faibles niveaux de Na^+ dans les tissus est l'un des mécanismes clés contribuant à l'expression de la tolérance au sel. La capacité des génotypes à expulser l Na^+ à partir des racines dans le milieu de croissance et à maintenir un ratio K^+ / Na^+ élevé est une expression de la tolérance au sel (Zhu, 2002).

I.2.1- Définition et importance de la salinité

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols comme étant une concentration excessive de sels solubles dans le sol, ou lorsque les concentrations en Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} sous forme de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées.

La teneur en sels est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique ou en ppm ou meq/l. La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique.

Généralement, une augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation résulte d'une augmentation de la salinité de la solution du sol. La vitesse et le degré de cette augmentation dépendent de:

- Lessivage, c'est-à-dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en besoins de la culture et l'efficacité du lessivage;
- La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions, tels que Ca^{++} , HCO_3^- , SO_4^- , à précipiter après l'extraction de l'eau du sol;
- Propriétés physiques du sol tel que l'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage

La salinité peut suivant la dose de sel avoir un effet stimulateur sur la croissance et le développement de la plante, cet effet stimulateur a été démontré par ASLOUM., (1990). La salinité présente des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faibles (bien que non quantifiés par les auteurs) de NaSO_4 , de NaCl , de MgSO_4 et de NaCO_3

I.2.2- La Notion de stress

Claude Bernard (1868) était le premier à dégager une notion physiologique du stress. Selon cet auteur, les réactions déclenchées par le stress visaient à maintenir l'équilibre de notre organisme. L'ensemble de ces réactions internes a été nommé homéostasie par le physiologiste américain. L'association de ces trois notions stress-homéostasie-adaptation constitue l'approche biologique du stress et permet notamment d'expliquer l'influence du stress qui est de permettre, lorsqu'il est appliqué dans certaines limites, l'adaptation à l'environnement, et donc au maintien de la vie.

Selon **Levitt (1980)**, le terme stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

selon **Dutuit et al., (1994)**, le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement de dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement.

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. En revanche, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, tels que: le type de contrainte, son intensité, sa durée et caractéristiques génétiques: espèce et génotype (**Hopkins, 2003**).

Au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress : les stress biotiques (dus à une agression par un autre organisme) et les stress abiotiques (qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux) (**Levitt, 1980, Zhu, 2002**).

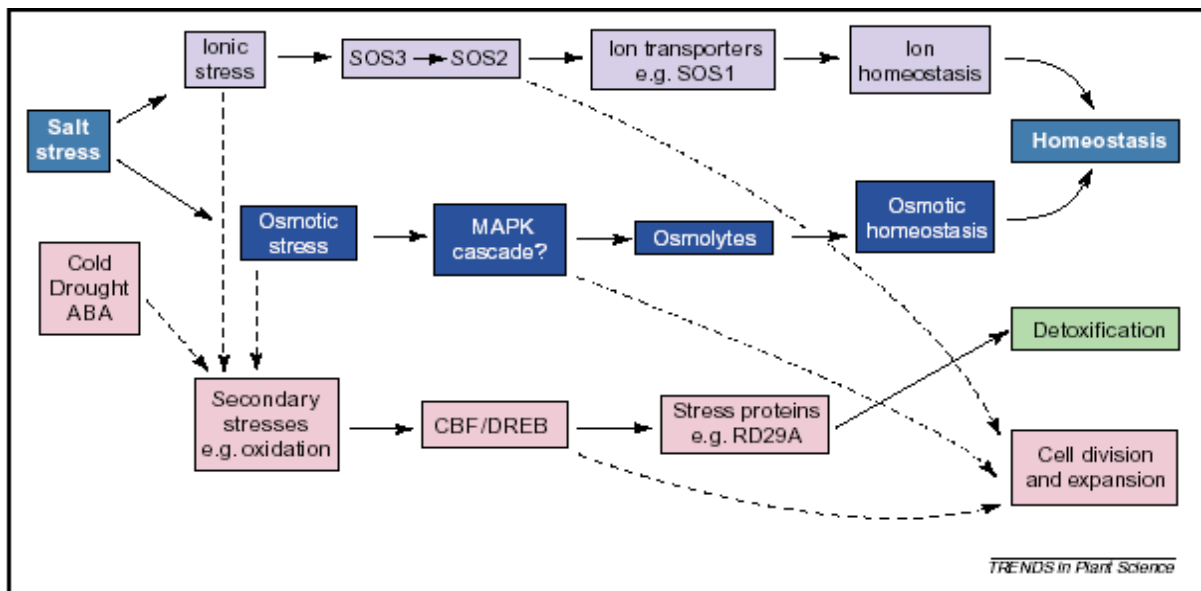


Figure 26 : les trois aspects de la tolérance au sel par les végétaux (homéostasie, détoxification et l'influence de la croissance) et les liens qui les interconnectent. (**Zhu, 2002**)

I.2.3- Effet de la salinité sur les plantes :

En effet, la croissance est, à tout instant, affectée par une multitude de stress environnementaux. Les plantes ont mis en place des mécanismes qui leur sont propres pour percevoir et répondre à toute une série de stress environnementaux tels que la déshydratation, les basses températures, la chaleur, les stress mécaniques comme le toucher ou le vent, les blessures ou encore les infections provoquées par des espèces qui leur sont pathogènes.

Tous ces stress environnementaux sont donc perçus par la plante comme des stimuli qui, par un phénomène de transduction du signal au sein de la cellule végétale, vont à leur tour induire tout un ensemble de réponses biochimiques, moléculaires (expression ou répression de certains gènes) ou physiologiques. Ainsi, depuis la vie embryonnaire, le développement des végétaux est fonction non seulement de l'information génétique que ceux-ci portent et qui est spécifique à chaque individu, mais aussi des caractéristiques de l'environnement.

Les végétaux sont constamment soumis aux différentes variations environnementales et subissent divers stress biotiques et/ou abiotiques. Aussi, les plantes ont-elles développé des stratégies d'évitement et de tolérance (fig.26), vis-à-vis de ces variations, ce qui leur permet de s'adapter et de s'acclimater aux différentes modifications pour survivre (**Elmsehli, 2009**).

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale.

Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (**Parida et al., 2005**), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (**Greenway et Munns, 1980 , Parida et al., 2005**). Parmi les ions, le Na^+ et le K^+ jouent un rôle clef dans le processus d'osmorégulation de la cellule et accompagnent les ions organiques dans leur accumulation et leur migration. Le Ca^{++} , en assurent une fonction clef dans le signal de la réponse au stress conduisent à l'adaptation de la plante (fig.28). La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress. (**Parida et al., 2005**).

I.2.4 Principe général d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel :

Généralement, sous les conditions salines, une voie de transduction d'un signal de stress commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane de la plante (par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et des facteurs de transcription. Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques (fig.26).

Selon Levitt (1980), on distingue deux types d'adaptation (fig.27):

- adaptation élastique (ou capacité d'adaptation): concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress.
- adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation): inhibe la croissance et ainsi tous les dommages éventuels sont irréversibles jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant.

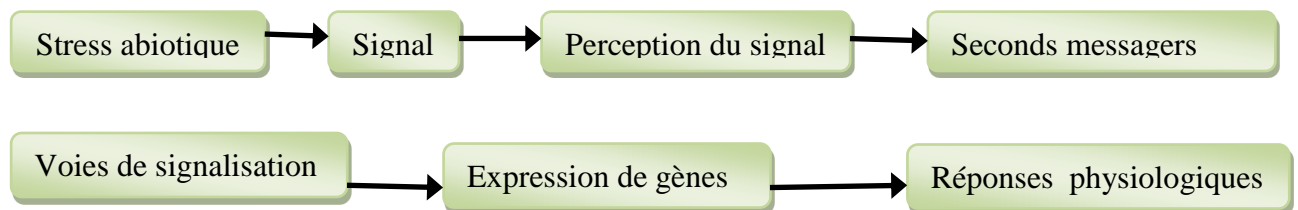


Figure 27: Schéma du principe d'adaptation et de résistance des plantes face aux stress abiotiques.

I.2.5- L'effet de la salinité sur les fonctions physiologiques de la plante

I.2.5.1- L'effet de la salinité sur la teneur d'eau

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (Parida et Das, 2005). Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (**Parida et Das, 2005**).

I.2.5.2- Effet sur la transpiration

Les sels diminuent la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes, par l'augmentation de la résistance stomatique, il paraît établi que le facteur principale de la diminution de la transpiration est l'augmentation de la résistance stomatique, dont des chercheurs ont montré récemment la dépendance vis à vis des teneurs foliaires en ABA (Acide abscéssique) celles-ci augmentent au cours du traitement par des sels (**Hamza, 1967**).

I.2.5.3- Effet sur la germination

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades.

I.2.5.4- Effet sur l'absorption

La sensibilité à la salinité des espèces végétales est due notamment à l'absorption et à l'accumulation d'une quantité relativement élevée de (Na^+) et (Cl^-) au niveau des feuilles (**Bell, 1999**). La grande accumulation de Cl^- dans les feuilles peut contribuer au maintien d'un gradient osmotique en condition de salinité modérée. C'est au niveau des feuilles que se visualise le plus l'effet toxique des ions chlorures. Les dégâts observés sur la végétation sont dus à la toxicité des chlorures (Cl^-) et non aux ions sodium (Na^+) qui sont généralement inoffensifs vis-à-vis de la plupart des plantes, et la surface foliaire nécrosée est souvent directement proportionnelle à l'accumulation des chlorures (**Garrec et al, 1989**). Celui-ci s'exprime à partir de 20 mM de Cl^- dans la solution du sol pour les espèces sensibles, et jusqu'à 80 à 100 mM chez les plantes résistantes.

Nous citerons par exemple le cas de *Picea omorika*, espèce sensible qui développe une chlorose des parties aériennes en réponse à des teneurs en Cl^- de 0,2 à 0,3 % seulement du poids sec des aiguilles (**Marschner, 1996**).

Le sodium (Na^+) témoignerait pour des concentrations supérieures à 200 ppm chez l'Epicéa. L'ion sodium (Na^+) est lui aussi toxique et doit être au maximum limité dans les parties aériennes (**Garrec et al., 1989**).

L'absorption des sels Chlorure et Sodium se fait à partir des racines mais un rôle important dans l'absorption des ions chlorure (Cl^-) est attribué aux cires épi cuticulaires et notamment aux alcanes constitutifs de celles-ci. Il existe aussi un passage direct au travers de l'écorce des arbres (**Simini et Léone, 1986** cités par **Garrec et al, 1989**).

I.2.6- Effet nutritionnel et toxique

L'effet nutritionnel se traduit soit par un déséquilibre nutritionnel ou par un effet toxique dû à l'absorption excessive de certains ions par plante et du rendement sont imputés à des déficiences nutritionnelles causées par les sels solubles suite à une compétitivité dans l'assimilation des éléments nutritifs dus à l'effet du Na^+ sur l'absorption de K^+ , et Ca^{++} . La luzerne (**Alem et Amri, 2005**), a montré, que l'absorption de K^+ , et Na^+ de la solution. De même que le transport du potassium au niveau des organes de la plante varie selon les génotypes.

Les effets toxiques peuvent se produire directement sur la membrane plasmique ou dans le protoplaste après avoir traversé celle-ci, ces effets se produisent lorsque la plante accumule en excès un ou plusieurs ions, notamment le Cl^- et Na^+ aussi les effets toxiques peuvent causés l'altération des mécanismes de transport et de sélectivité qui induisent des déficiences ou des excès des ions dans la plante. (**Alem et Amri, 2005**).

Chez les halophytes, l'un des mécanismes de leur tolérance aux sels est leur facilité de transport rapidement à travers les pousses, les tiges et feuilles, les ions absorbés par les ions aux niveaux des racines (**Ruch et Epstein, 1981**).

L'accumulation des ions Na^+ affect l'absorption de K^+ , et ceci en fonction de la concentration du premier élément, cependant, la présence de Na^+ en faible concentration peut augmenter l'absorption de K^+ , tandis qu'une concentration élevée en Na^+ diminue l'absorption de K^+ , chez le riz et la canne à sucre. Cette absorption peut même s'arrêter complètement chez le haricot (**Haouala et al., 2007**) cultivés en présence de chlorure de sodium (NaCl) à 12 g/l-1.

I.2.7- L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophyle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de le haricot, du coton et de l'atriplex (**Parida et Das, 2005**). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles. Par ailleurs, l'épaisseur du mésophylle et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl de la mangrove *B. parviflora* (**Parida et Das, 2005**).

D'après les mêmes auteurs, le stress salin cause le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, le gonflement de la mitochondrie, la vésiculation du tonoplaste et la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce.

I.2.8- L'effet de la salinité sur la croissance

Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (Parida et Das, 2005), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (**Greenway et Munns, 1980 ; Parida et Das, 2005**). L'effet du stress peut être quantifié par la mesure de la survie et des dommages causés.

La réponse immédiate du 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 du sel augmente (**Wang et Nil, 2000**). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines. La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (**Mohammad et al., 1998**). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (**Meloni et al., 2004**).

I.2.9- L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétal autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse. Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse.

Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress et la réponse est importante à savoir arrêt de l'assimilation du carbone.

L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (**Munns et al., 2006**), aussi on a rapporté qu'il y a suppression de la photosynthèse sous les conditions d'un stress salin (**Kao et al., 2001**, **Parida et al., 2005**) et qu'elle ne diminue pas mais plutôt stimulée par de petites doses de sel (**Kurban et al., 1999**, **Parida et al., 2005**).

La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs :

- la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂,
- la toxicité du sel,
- la réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture hydro active des stomates,
- la sénescence accrue induite par la salinité et
- le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique. (**Parida et Das, 2005**).

Le taux des chlorophylles et des pigments caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber suite à une période prolongée de stress salin (**Agastian et al., 2000**). Par contre, **Wang et Nil (2000)** ont rapporté que le contenu de la chlorophylle augmente sous les conditions de salinité chez *Amaranthus*. Chez *Grevilea*, la protochlorophylle, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle et la chlorophylle b est plus importante que celle de la chlorophylle a et les caroténoïdes. Les pigments anthocyaniques augmentent significativement dans ce cas de stress salin (**Kennedy et De Fillippis, 1999**; **Parida et Das, 2005**). Le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité (**Parida et al., 2002**). **Agastian et al (2000)** ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations de salinité chez les fruits du mûrier.

L'ajustement osmotique a été défini comme un abaissement du potentiel osmotique par l'accumulation de solutés dans les cellules en réponse à un stress salin ou hydrique.

Les solutés accumulés sont très variés et appartiennent à diverses familles biochimiques comme les acides aminés (proline, arginine, etc.), les amides (glutamines et asparagine), les polyamines, les acides organiques (citrate, malate, etc.), les sucres (saccharose, pinitol, sorbitol, mannitol, glycérol, etc.), (fig.28), les amines quaternaires (glycine-bétaine) et les sels minéraux (K^+ , Na^+ , Cl^-).

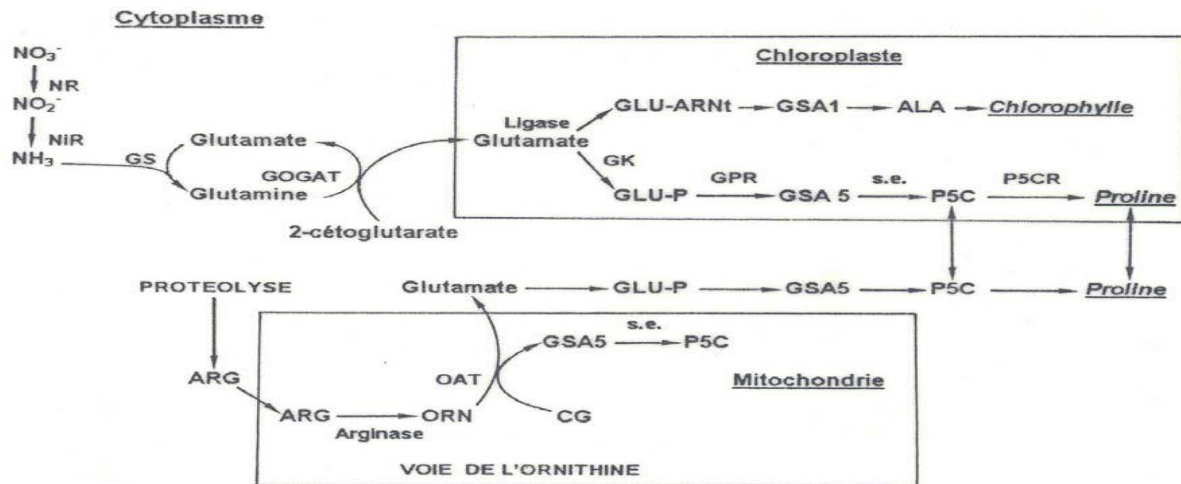


Figure 28 : Interconnexion des voies de biosynthèse de la chlorophylle et de la proline.

Concernant l'**ultra-structure du chloroplaste**, chez les plantes traitées avec le NaCl, la microscopie électronique a montré que la structure du thylacoïde devient désorganisée, le nombre et la taille des plastoglobules augmentent et le taux d'amidon diminue (**Hernandez et al. 2000**). (fig.28) Dans le mésophylle de la patate douce (*Ipomoea batatas*), les membranes des thylacoïdes sont gonflées et la plupart sont perdues sous un stress salin sévère (**Mitsuya et al., 2000, Parida et Das, 2005**).

1.2.10 -Effet sur la balance énergétique

En conditions normales, l'efficacité d'utilisation de l'énergie transformée en biomasse est de l'ordre de 30 à 40% pour une plante stressée cultivée in vitro et en condition de stress salin, cette efficacité est de 30,18 et 0 respectivement pour des niveaux de salinité de 0,05 et 1% pour un génotype sensible et de présente un retard ou arrêt de croissance comme conséquence de la perturbation des fonctions liée à l'activité métabolique de la plante principalement la photosynthèse et la respiration. L'équilibre nutritionnel nécessite un rapport d'énergie que chez les végétaux supérieurs est fourni par la photosynthèse. (**Levigneron et al, 1995 in Haouala et al, 2007**).

Chapitre II : Matériels et méthodes

Chapitre II : Matériels et méthodes

Introduction

Les ressources en eau douce menaçant de diminuer lors des prochaines décennies, l'étude des mécanismes de résistance au stress salin présente donc un enjeu important afin d'améliorer les cultures et de valoriser les sols pour une meilleure production végétale dans le but de répondre à un besoin alimentaire sans cesse augmentant. A cet effet, l'objectif de cette conduite en serre (sous-abri) est d'évaluer avec le plus de précision possible l'effet du stress salin sur les variétés d'olivier d'origine Algérienne et Espagnole greffées et en bouture à travers la mesure de la biomasse aérienne et souterraine tel que : la surface foliaire longueur de la plante, longueur et volume racinaires, la teneur en eau et la teneur en éléments biochimiques tels que la proline, les sucres solubles et les pigments chlorophylliens contenus dans les feuilles pour des plants conduits en substrat salé et non salé.

II.1 - Le Matériel végétal et son Origine

L'expérimentation est menée sur quatre (04) génotypes d'oliviers cultivés [*Olea europea*] dont deux variétés locales « **Sigoise** et « **chemlal** » et deux (02) variétés Espagnoles, « **Arbiquina** » « **Manzanilla** » en bouture herbacée et greffées sur oléastre. Le matériel végétal a été collecté de différentes régions selon la disponibilité ;

II.1.1- Plants issus de bouture herbacée : (fig.29 ; b)

Ils sont obtenus à partir de boutures semi-lignifiées ou herbacées ou semi-aoûtées qui sont des pousses qui commencent à se lignifier (couleur brune), en automne. Ce mode de propagation de l'olivier est utilisé pour les objectifs suivants:

- L'intensification de la production de plants.
- L'amélioration de la technique de récolte mécanique des olives.
- Les travaux d'amélioration (Sélections variétales et Clonales).

II.1.1.1. Sigoise en bouture herbacée: variété spécifique de l'Ouest Algérien ; Sigoise, les plants proviennent de la pépinière de la ferme « EURL » Bensaha (Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité limitée) sise à Jdiouia-Wilaya de Relizane.

II.1.1.2. Chemlal en bouture herbacée: Variété très réputée en Algérie, elle représente 40% du verger oléicole algérien; les plants utilisés proviennent de l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne- Tassala Merja-Alger ;

II.1.1.3. Arbiquina en bouture herbacée : ces plants proviennent d'Espagne et sont importées par la SARL Préstó Sahaoula – Alger

II.1.1.4 Manzanilla en bouture herbacée: les plants utilisés proviennent d'Espagne, importés par la SARL Préstó Sahaoula – Alger

II.1.2. Plants greffés sur oléastre (fig.30)

Ces plants, utilisés dans notre expérience, sont produits dans une pépinière arboricole sise à la commune de Rechaiga- Wilaya de Tiaret



(a)



(b)



(c)

Figure 29 : jeunes plants d'oliviers issus de bouture herbacée (mise en terreau de la bouture en pépinière (a), élevage en serre (b) empotage des plants de dix-huit (18) mois en serre d'expérimentation (c)(ITAFV 2008).



Figure 30 : Plant d'olivier après le greffage sur oléastre et avant la mise en pot sous serre expérimentale (ITAFV).

II.2.. Caractérisation des variétés étudiées

II.2.1. Variétés introduites

II.2.1.1. Variété « Arbequina » : destinée à la production de l'huile d'olive C'est une variété qui reçoit son nom de la zone d'où elle est originaire, village d'Arbeca dans la région de Lleida, Espagne. On la trouve aussi sous les appellations Arbequí, Arbequín et Blancal. C'est une Variété à vigueur réduite, port ouvert et densité de coupe moyenne à la levée (figure). Elle est a enracinement élevée, auto-fertile, précoce et très productive. Le rendement en gras élevé permet de donner une huile d'excellente qualité.

- **Zone de culture :** C'est la variété la plus importante de Catalogne, avec 55 000 hectares. Elle s'est également diffusée dans le reste de l'Espagne, notamment en Andalousie. C'est la variété de référence dans les nouvelles plantations super-intensives, comme en France, USA, Chili, Portugal, Italie, Tunisie, Maroc, Australie, Argentine et récemment en Algérie. (C.O.I)

- **Résistance aux maladies :** Sensible à la Tuberculose et à la Verticilliose, moyennement tolérante à l'œil de Paon et résiste au froid.

- **Caractéristiques morphologiques:** Feuille de petite taille, courte et elliptique; le **Fruit** de couleur noir lorsqu'il est mûr, de petite taille, sphérique. Le **Noyau** oval et asymétrique à surface rugueuse, avec sept à dix sillons fibro-vasculaires arrondis. Noyau de petite taille et allongé. Les Plants d'Arbequina sont multipliés par bouturage herbacé en serre de nébulisation. (C.O.I)

II.2.1.2. Variété «Manzanilla» c'est une variété d'Olive de table (mixte). La Manzanilla est aussi une variété espagnole à récoltes abondantes et régulières; recherchée pour la chair ferme de ses olives, elle occupe toute la zone centrale (Extremadura, à Avila et Salamanca), aussi à l'ouest du Portugal (C.O.I) Variété espagnole peu vigoureuse, l'arbre a un port étalé, elle donne des olives de 5 à 6g très recherchées.

- **Adaptation :** Bonne pour le Nord de l'Afrique, précoce, c'est la variété de table la plus appréciée dans le monde pour sa productivité et la qualité de ses fruits

- **Caractéristiques du fruit:** de forme sphérique, poids élevé, symétrique, absence de mamelon avec un sommet arrondi et une base tronquée.

- **Résistance aux maladies :** Très sensible à la verticilliose, sensible à l'œil de Paon, à la tuberculose et à la mouche de l'olivier. Elle est aussi susceptible à l'asphyxie radicaire, à la chlorose ferrique et au froid. (C.O.I)

II.2.2. Variétés locales

II.2.2.1. La Sigoise: Connue aussi sous le nom d'olive de Tlemcen, de Zitoun beldi et de picholine marocaine, elle est originaire de la région de Sig d'où elle tire son nom. Cultivée dans l'Ouest du pays, en Oranie (la plaine du Sig). Elle représente 20 % des oliviers cultivés en Algérie. C'est une variété à double fin (conserve et huile), auto fertile, à fruit assez gros de 3 à 3,5g, riche en huile de 18 à 20 %. Cette variété est utilisée principalement pour la production d'olives de table en vert ou en noir comme elle est appréciée pour la production d'huile.

II.2.2.2. La Chemlal : la plus réputée en Algérie avec un rendement 18 à 22% d'huile, sa vigueur lui permet de rentabiliser des sols maigres afin de donner des huiles de qualité. Son entrée en production est bonne avec une floraison précoce.

Sa maturation est tardive et sa production abondante. C'est une variété adaptée au milieu aride qui représente 40% du verger oléicole algérien.

II.3. localisation de l'essai et dispositif expérimental

L'expérimentation est réalisée en serre semi-automatisée (fig.31) au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret (Algérie), en conditions contrôlées avec une température diurne de $18^{\circ}\text{C}\pm 02$ et nocturne de $10^{\circ}\text{C}\pm 02$.

Quatre blocs (quatre répétitions) sont aménagés pour l'étude des différents paramètres mettant en évidence les effets physio-morphologiques et biochimiques du stress salin sur les plants d'oliviers testés. L'expérience est menée sur quatre variétés dont deux à vocation la production d'olives de table (Sigoise et Manzanilla) et deux destinées à la production d'huile d'olive (Chemlal et Arbiquina). Il existe 08 blocs huit pots (08), conduits à la capacité au champ. Chaque bloc est constitué de 02 lignes qui correspondent à quatre répétitions (04 pots) stressées et quatre répétitions (04 pots) Témoins (Photo dispositif ; fig.32) (schéma du dispositif complet. fig.33).



Figure 31: photographie de la serre expérimentale à la faculté SNV, Campus Karman, Université Ibn Khaldoun Tiaret.

II.3.1. Mise en place de l'essai

Après avoir collecté les jeunes plants, ils sont repiqués dans des pots (en plastique) de 25 cm de diamètre et 40 cm de long remplis d'un mélange de sable, sol et matière organique à des proportions respectives de 4V/V/V, pendant une période de trois mois pour l'acclimatation. Ensuite, les jeunes plants sont transférés dans une serre en plastique en tunnel avec une température diurne de 20°C et nocturne de 10°C, l'hygrométrie est de 70% et la photopériode de 12h.

- L'état hydrique des pots est maintenu à la capacité au champ. Les blocs sont irrigués avec une solution nutritive à base de NPK (20% chacun), Mg (0,4%), Soufre (0,8%), Bore, Zinc, (300 ppm chacun) Mn et Fe (650 ppm chacun), Molybdène (50ppm), Cuivre (60ppm). Le dispositif en randomisation complète à trois facteurs (variété, greffé ou en bouture et salinité).



- Figure 32 : Photos du dispositif expérimental.

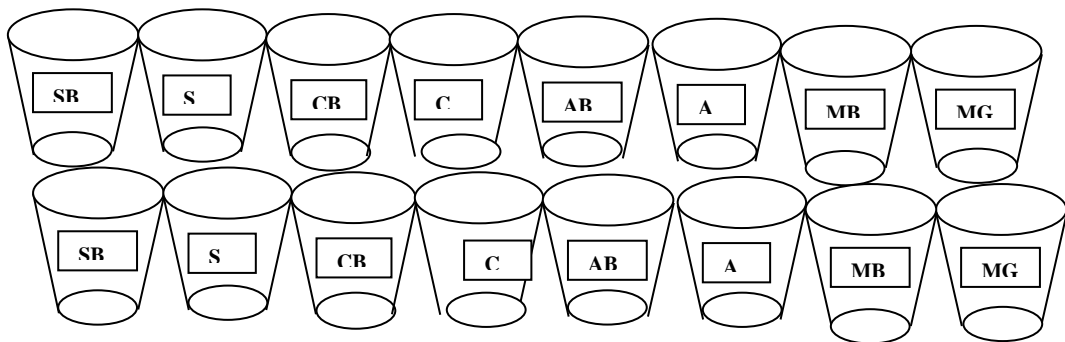
II.4. Analyses et mesures:

L'évaluation des paramètres a été effectuée à un stade végétatif après la première irrigation à l'eau salée **en date du** 16/12/2013 soit après 20 semaines de stress salin (1^{ère} durée de stress) **et au** stade 1^{ère} fructification **soit après** 72 semaines de stress soit le 11/05/2015 (2^{ème} durée de stress). Ces analyses ont concerné les paramètres suivants :

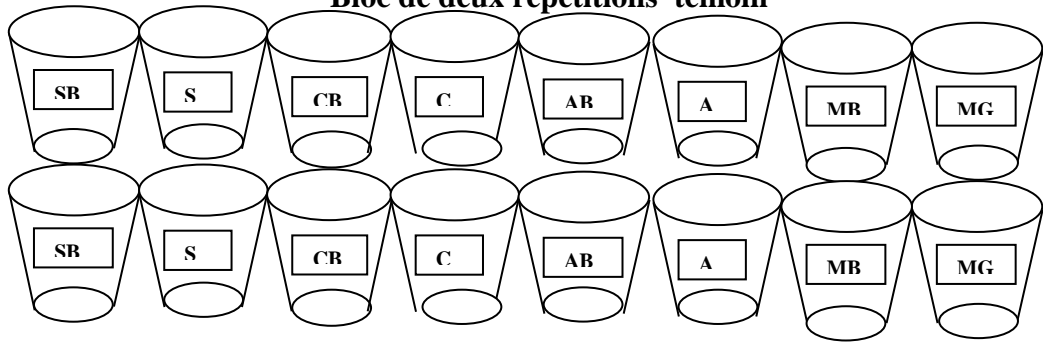
II.4.1. Les paramètres physiologiques:

II. 4.1.1. La teneur relative en eau (TRE) :

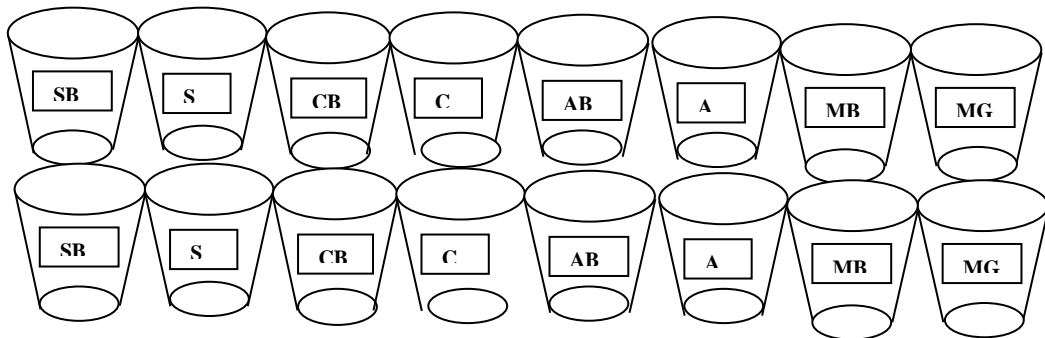
L'évaluation de la teneur relative en eau rend compte non seulement des variations de la quantité d'eau présente dans les tissus mais également des modifications de leur capacité à incorporer de l'eau pendant la phase expérimentale de saturation des tissus. Il existe une relation entre la teneur relative en eau et le potentiel hydrique, cette relation varie en fonction de la nature et de l'âge du matériel végétal. Elle est estimée selon la méthode de **Bartels.et Sunkar., (2005)**, adoptée par **Scippa et al.; 2004** est déterminée par la relation de **Clarke et Mc Caig, (1982)**.



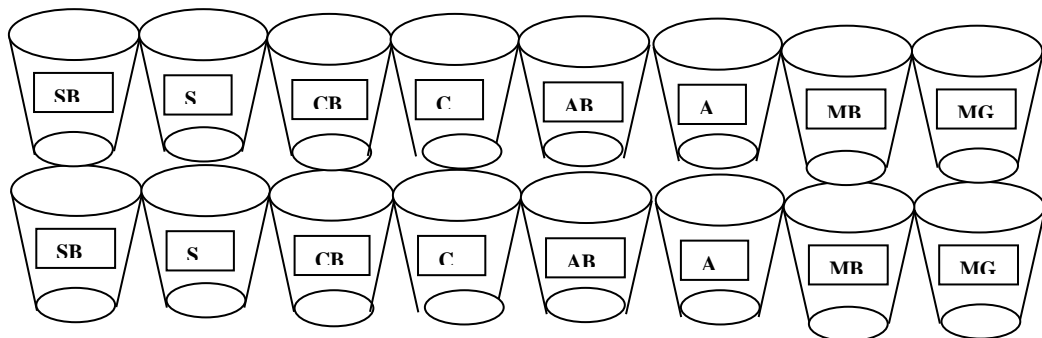
Bloc de deux répétitions témoin



Bloc de deux répétitions sous stress



Bloc de deux répétitions témoin



Bloc de deux répétitions sous stress

Figure 33: représentation schématique du dispositif expérimental

L'avant dernière feuille (feuille de rang 6) est excisée à sa base et immédiatement pesée. Le poids frais initial (Pfi) est déterminé. La partie excisée est trompée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée.

L'ensemble est placé à l'obscurité à une température de 4°C pendant 12 heures. Les feuilles sont à nouveau pesées, le poids en pleine turgescence (Ppt) est évalué. Le poids sec (PS) est obtenu par passage à l'étuve pendant 48 heures, à une température de 80°C. La teneur relative en eau des feuilles est estimée par l'équation de Clarke et Mc Caig, (1982).

$$\text{TRE en \%} = [\text{PFI} - \text{Ps} / \text{Ppt} - \text{Ps}] \times 100$$

II. 4.1.2. Le taux de cire

Les feuilles sont coupées à leurs bases, on mesure leurs surfaces à l'aide d'un planimètre électronique (SF) puis on les trempe dans des tubes à essai, lavés et pesés (P1) qui contiennent chacun 10ml de chloroforme pendant 30secondes à 1mn. Les tubes à essai contenant le chloroforme et la cire sont séchés dans une étuve pendant 48h à 45°C, puis pesés (P2). Le taux de cire par unité de surface (cm²) est déterminé par la différence de poids du tube avant et après l'extraction de la cire selon la formule (Tava et al., 1996) en pourcentage.

$$\text{Taux de cire (\%)} = (\text{P2-P1})/\text{SFX100}$$

Elaboration d'une coupe dans la feuille pour observer l'épaisseur de la cuticule. A cet effet, on effectue une coupe anatomique de feuille selon la méthode de Martoja et Martoja, (1968). Des fragments de jeunes feuilles d'une longueur de deux cm sont prélevés qui sont placés dans un fixateur à base d'alcool, de formol et d'acide acétique pendant vingt-quatre heures. Ensuite, les échantillons sont lavés et déshydratés avec des doses croissantes d'éthanol (70° et 100°).Puis, on procède à une imprégnation des échantillons: toluène puis paraffine-toluène "(V / V) pendant quatre heures à 60°C avant de les inclure dans une paraffine pure et chaude. L'utilisation du microtome (type LEICA RM 2145) permet d'obtenir des coupes de 12 µm d'épaisseur qui sont placés sur une lame dans de l'eau de gélatine puis colorés, fixés et enfin observés à l'aide d'un microscope de type micromètre oculaire ZEISS.

II. 4.2. Les paramètres biochimiques:

II. 4.2.1. Le dosage des pigments chlorophylliens

Les teneurs en chlorophylle a, chlorophylle b et caroténoïdes sont déterminées selon la méthode utilisée par de LICHTENTHALER, (1987) et SHABALA et al., (1998) au niveau de l'avant dernière feuille.

Un échantillon de 100 mg de la partie médiane de l'avant dernière feuille est mis dans un tube à essai en présence de 10ml d'acétone à 95% à 4°C dans l'obscurité pendant 48heures (fig.34). La lecture de la densité optique (DO en nm) est faite à l'aide d'un spectrophotomètre (type Pharmacien biotech NOVASEC II) à des longueurs d'onde respectives de 663, 645 et 470 nm qui correspondent aux pics d'absorption des chlorophylle "a" et "b" et des pigments caroténoïdes. Ensuite le calcul des quantités de chlorophylles a et b (exprimée en mg/ml) se fait à l'aide des formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 9,78 \text{ DO}_{663} - 0,99 \text{ DO}_{645};$$

$$\text{Chl b} = 21,42 \text{ DO}_{645} - 4,65 \text{ DO}_{663}$$

$$\text{Caroténoïdes} = [1000. \text{DO}(470) - 1,90. \text{Chl.a} - 63,14. \text{Chl.b}] / 214$$



Figure 34: Echantillons en macération (48h à l'obscurité) pour l'extraction de la chlorophylle.

II. 4.2.2 Le dosage de la proline :

Le dosage de proline est réalisé selon la méthode de **Troll et Lindsley (1955)** améliorée par Lahrer et Magne cité par **Leport, (1992)**.

L'échantillon végétal (100 mg de l'avant dernière feuille) (Fig. 35), est traité par l'éthanol à 40% puis chauffé au bain marie à 85°C pendant 10 minutes. Puis, 1 ml d'extrait est mélangé à 1ml d'un soluté composé d'eau distillée, d'acide acétique (60%)' et de ninhydrine (500mg/100ml). On laisse refroidir puis on ajoute 3 ml de toluène et on laisse reposer à l'obscurité pendant deux heures (Fig. n° 36 (b)). La densité optique est lue à 528 nm au spectrophotomètre UV 1200,. Les valeurs obtenues sont reportées sur la courbe d'étalon construite à partir d'échantillon de proline à quantités connues (50,100, 150, 200, 300, 400 nM de proline pure) (Fig. n° 36 (b)).

II. 4.2.3. Le dosage des sucres solubles :

Le dosage des sucres solubles est réalisé selon la méthode de **Schiels et Burnett (1960)** utilisée par **REKIKI (1997)**.

L'extraction des sucres solubles (glucose, fructose, saccharose) se fait par macération de 100 mg du matériel végétal dans 2,5 ml d'éthanol 80% pendant 12 h (réactif A).

Le réactif B est préparé 4h avant le dosage avec un (01g) gramme d'anthrone dissout dans un (01) litre de H₂SO₄. Le réactif A est dilué 10 fois avec de l'éthanol puis on lui ajoute 4 ml de réactif B, le tout est maintenu dans un récipient d'eau glacée (réaction exergonique).

Après agitation, les tubes sont mis dans un bain marie à 92°C pendant 10mn. Après refroidissement à l'obscurité (Fig. n° 37 (a), La densité optique est lue à 580 nm e longueur d'onde au spectrophotomètre UV 1200 (Fig. n° 37 (b)),. Les valeurs obtenues sont reportées sur la courbe d'étalon construite à partir d'échantillon de glucose à quantités connues (100, 200, 400, 600 et 800 mg/ml de glucose pur) (Fig. n° 38).

II. 4.3. Les paramètres morphologiques :

II. 4.3.1. Morphologie aérienne :

II. 4.3.1.1. La surface foliaire

L'avant dernière feuille de chaque plant est prélevée à la base du limbe, la surface foliaire est mesurée directement à l'aide d'un planimètre électronique (cm²), ou par calcul numérique selon la formule de **GATE (1995)**:

$$\text{Surface (cm}^2\text{)} = L \text{ (cm)} \times \ell \text{ (cm)} \times k ; [k = 0,72].$$

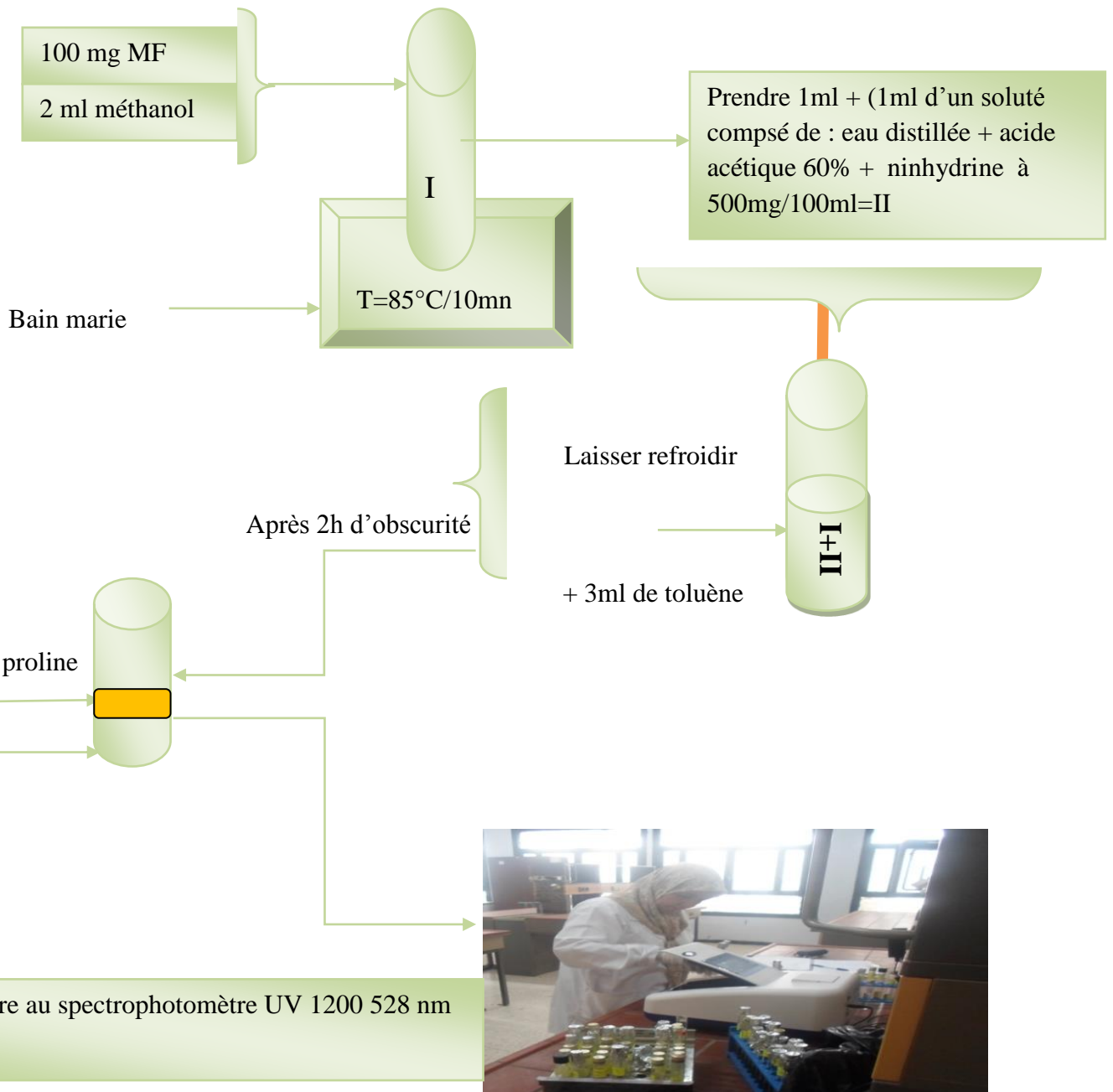
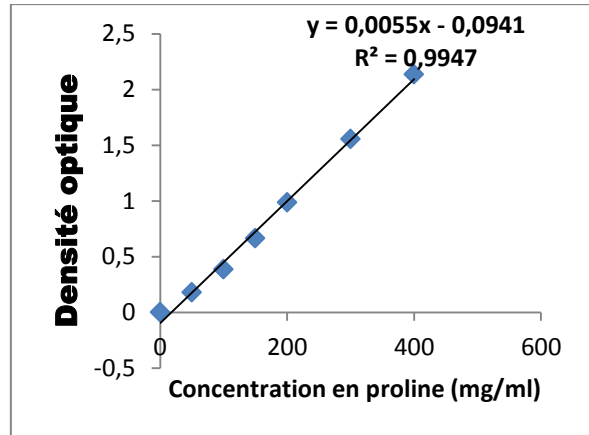


Figure 35: Etapes pour le dosage de la proline.



(a)



(b)

[équation de droite : $y = a \cdot x$, $y = \text{D.O.}$; $x = \text{quantité proline sur courbe étalon}$;

$$a = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1).$$

$$a = 0.0055]$$

Figure 36: Echantillons pour dosage de la proline (a) et courbe étalon du taux de proline (b)



(a)



(b)

Figure 37 : (a) : Photo des échantillons après l'extraction des sucres solubles,

(b) : Spectrophotomètre UV 1200 pour lecture des densités optiques.

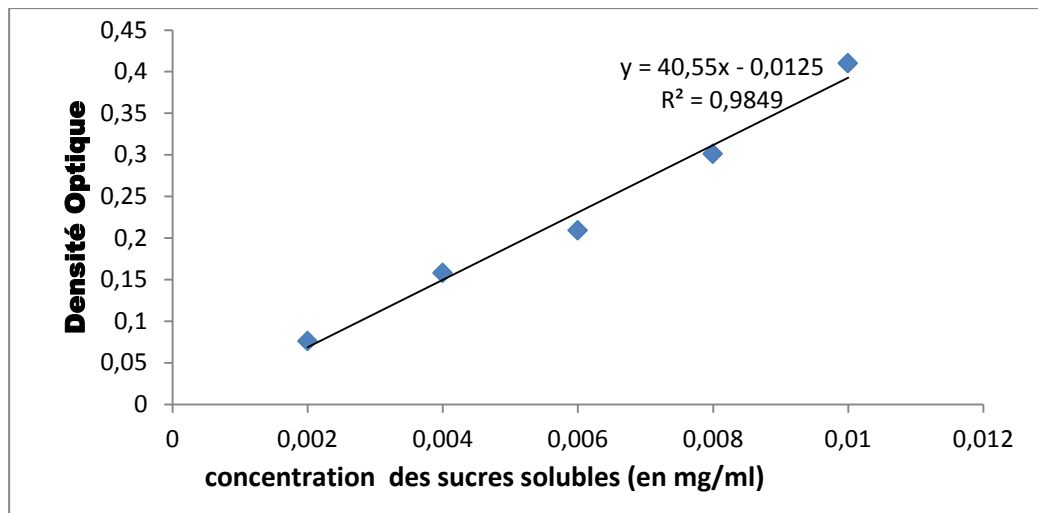


Figure 38 : courbe-étalon pour le dosage du taux de sucres solubles

[équation de droite : $y = a \cdot x$, $y = \text{D.O.}$; $x = \text{quantité proline sur courbe étalon}$;

$$a = (v_2 - v_1) / (x_2 - x_1).$$

$$a = 0.00551$$

II. 4.3.1.2. La densité stomatique

Elle est évaluée sur face dorsale et ventrale au niveau de la partie médiane de la feuille qui est dépoussiérée puis débarrassée des poils épidermiques par l'application d'un ruban adhésif. Ensuite, on applique une fine couche de vernis à ongle transparent.

Après séchage (2mn), l'empreinte stomatique collé au vernis à ongle est retirée à l'aide d'un ruban adhésif de type "scotch" puis elle est étalée et fixée sur une lame de microscope préalablement lavée et séchée. L'observation des échantillons et le comptage des stomates se fait à l'aide d'un microscope photonique au grossissement (**X 40**)

- a) **dimensions des stomates (fig.39)**: c'est la mesure de la longueur et la largeur des stomates, elle a été réalisée à l'aide d'un microscope de type ZEISS (à micromètre oculaire et photo tube OPTIKA).

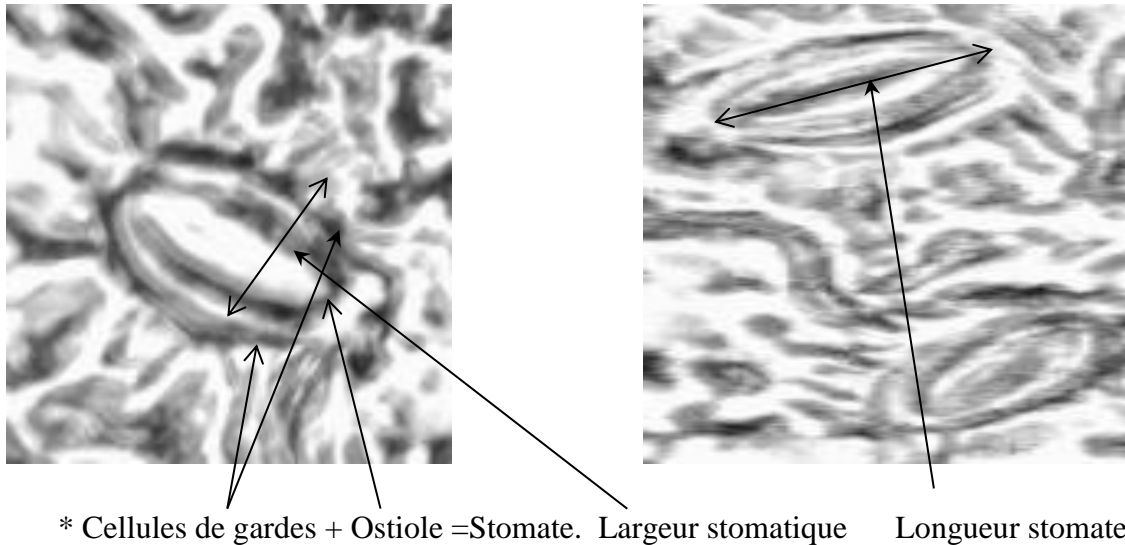


Figure 39 : Photos de stomates de feuilles d'olivier étudié : a : stomate ouvert b : stomate fermé

II. 4.3.1.3 La croissance de la tige : (longueur de la plante) elle représente l'axe principal, est mesurée du collet jusqu'à l'extrémité supérieure

II. 4.3.2. Les paramètres souterrains:

II. 4.3.2.1. Longueur de la racine: (Croissance racinaire) est mesurée du collet ou inférieure avec une règle graduée.

II. 4.3.2.2. Le volume racinaire : Il est déterminé selon la méthode Musirk et al, 1965 selon le principe de la poussée d'Archimède, par immersion dans une burette graduée remplie d'eau où le volume d'eau déplacé correspond à celui des racines.

II.5. - Analyse statistique

Les résultats obtenus sont traités par le logiciel Statistica Software (Stat32.exe) Version 6.0, par l'analyse de la variance à trois facteurs (variété, type de plant et stress salin), les différences de moyennes, et corrélation. Les valeurs obtenues sont la moyenne statistique de 12 répétitions avec un intervalle de confiance calculé au seuil de 5%.

Chapitre III : Résultats et interprétation

III-1 : Résultats après 20 semaines de stress salin

Chapitre III : Résultats et interprétation

Pour résister à une contrainte ou un stress, les végétaux mettent en jeu des mécanismes divers en réponse à cet état, qui se traduisent par une succession de modifications aux niveaux cellulaire, subcellulaire et moléculaire, qui sont dépendantes des potentialités génétiques de l'espèce (De Marly, 1984). Les réorientations métaboliques induites aboutissent à des transformations morphologiques, physiologiques et biochimiques déterminant une résistance plus au moins achevée et efficace de l'individu à la contrainte. D'autre part, l'adaptation correspond à une dynamique réactionnelle dont la résultante est la résistance.

De ce fait, et pour évaluer les génotypes étudiés vis-à-vis du stress salin imposé aux jeunes plants d'olivier qui a été de longue durée, l'évaluation des paramètres physio-biochimique et morphologiques s'est faite en deux étapes: une première évaluation après 20 semaines de stress et une seconde après 72 semaines d'application du stress salin. Par conséquent, les résultats sont présentés après la première durée de stress, puis après la seconde durée et enfin une comparaison de l'évolution des paramètres.

III. 1. Résultats obtenus après la première durée de stress : (Analyses des paramètres après 20 semaines de stress) :

III.1.1. Résultats obtenus des paramètres physiologiques

III. 1.1.1 La teneur relative en eau (TRE)

La teneur relative en eau des feuilles renseigne sur la turgescence des tissus et figure parmi les critères d'évaluation de la tolérance au stress. Elle est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'hydratation des tissus pour maintenir l'activité métabolique. Pour apprécier l'état hydrique des plantes testées sous stress salin, nous avons suivi les variations de la TRE après 20 semaines de stress.

Tableau 01: Analyse de la variance de la Teneur Relative en Eau des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
TRE 1	0,021	0,42	0,50	0,57	0,85	0,76	0,09

D'après le tableau 01, on constate que la TRE a été influencé significativement par l'effet variétal ($p=2\%$) mais ne l'a pas été par les autres facteurs qui sont la salinité ($p=0,50$), le type de plant ($p=0,42$) et les différentes interactions.

Par ailleurs, la comparaison de la valeur moyenne de la teneur relative en eau après 20 semaines de stress à 100Mm de Na Cl (Fig.40) montre une légère diminution pour la majorité des génotypes étudiés, on enregistre 8% pour la variété "Sigoise" en bouture et 14% en greffée; 19% pour la variété "Chemlal" en bouture et 3% en greffée; 7% pour la variété "Arbiquina" en bouture et 8% en greffée; 13% pour la "Manzanilla" en bouture et 12% pour "Manzanilla" greffée.

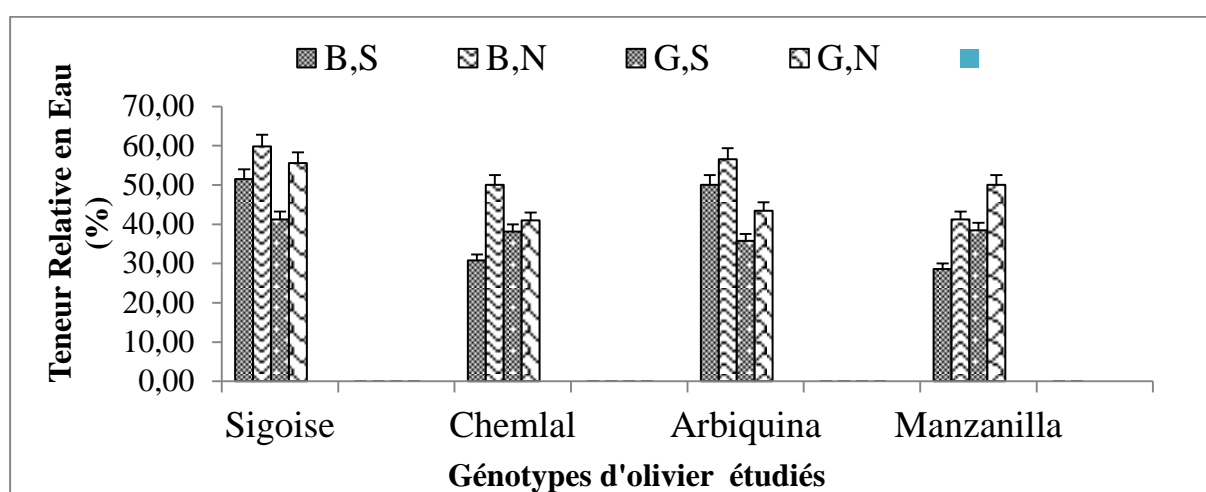


Figure 40: Histogrammes comparatifs de la Teneur Relative en Eau des variétés étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une TRE moyenne de 52% pour les boutures et de 47% pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.l^{-1} , les valeurs sont respectivement 40% et 38% (annexe ; Tab.02). En effet, la réduction de la TRE de l'ensemble des plants stressés étant de 24% pour les boutures et de 20% pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la TRE moyenne des variétés locales a diminué de 11% et pour les variétés introduites de 10%.

III. 1.1.2. Le taux de cire des feuilles :

Le tableau 03, révèle qu'après 20 semaines de stress salin, le taux de cire dépend fortement de la variété ($p=0,010$), du stress ($p= 0,000$), des interactions variété/type de plant, ($p= 0,000$), type de plant/stress ($p= 0,030$), variété/stress ($p= 0,000$) et variété/type de plant/stress ($p= 0,003$).

Tableau 03: Analyse de la variance du taux de cire après 20 semaines de stress des plants d'oliviers étudiés :

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1 *F2	F2 *F3	F1 *F3	F1 *F2 *F3
	P	P	P	P	P	P	P
% de Cire	0,010	0 ,66	0,000	0,000	0,030	0,000	0,003

En effet, après 20 semaines d'irrigation à l'eau saline toutes les variétés stressées ont développés une cuticule de cire plus importante par rapport à leurs témoins (fig.41). Bien que le comportement des plants autochtones et allochtones paraît identique. Néanmoins, on remarque des différences de 1% entre les plants issus de Bouture et les plants greffés qu'ils soient autochtones ou allochtones.

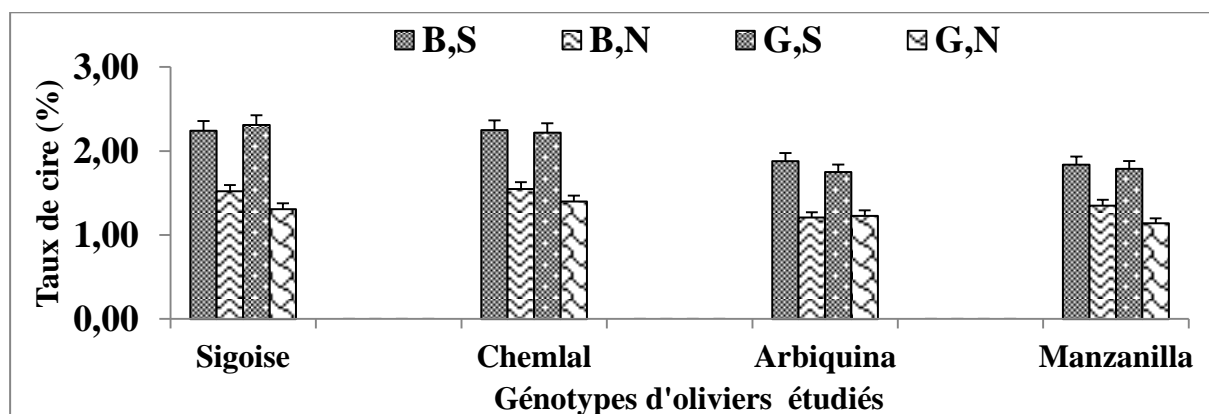


Figure 41 : Histogramme comparatif du taux de cire des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

Par ailleurs, en absence de salinité, la feuille a un taux de cire moyen de 1,41% pour les boutures et de 1,27% pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100 mM. l⁻¹, les valeurs sont de 2% (Annexe ; Tab.04).

En effet, l'augmentation du taux de cire de l'ensemble des plants stressés étant de 2% pour les boutures et de 2% pour les plants greffés par rapport aux plants témoins, et les augmentations moyennes de 1,9% chez les variétés locales et 1,5% chez les variétés introduites.

En effet, tous les génotypes étudiés greffés sur l'Oléastre ou issus de boutures, qu'ils soient autochtones ou introduits développent une cuticule par le dépôt de cire, (Fig.42).

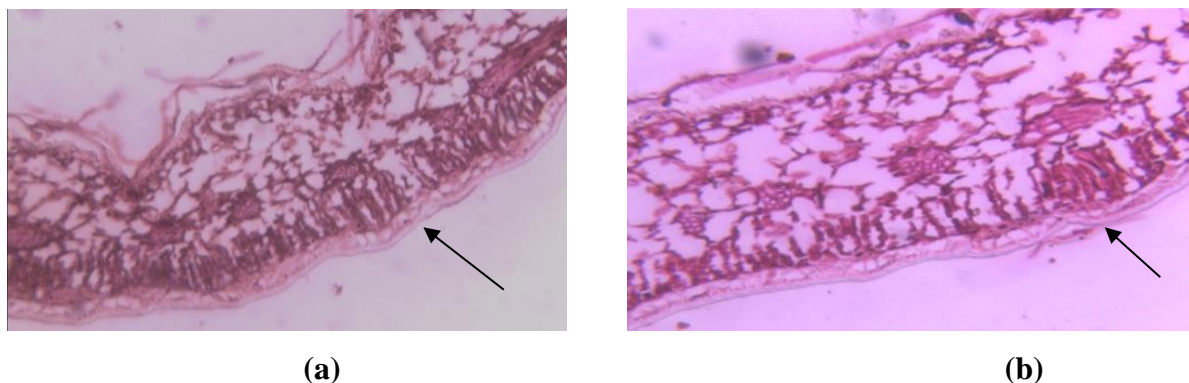


Figure 42: cuticule des feuilles de l'olivier stressé "Sigoise" BS: bouture stressée (a) et greffée stressée (b) (photo gharabi et hassani , 2015)

III. 1.2. - Résultats obtenus des paramètres biochimiques :

III. 1.2.1- Teneur en sucres solubles :

L'analyse de la variance de ce paramètre (Tab.05) révèle clairement que la teneur en sucres solubles de tous les génotypes étudiés présente une forte dépendance vis à vis de la variété ($p=0,000$), du stress ($p=0,000$) ainsi que pour toutes les interactions ($p=0,000$) sauf par le type de plant ($p=0,68$) et l'interaction "type de plant/traitement".

Tableau 05: Analyse de la variance de la Teneur des sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Sucres1	0,000	0,68	0,000	0,003	0,85	0,000	0,000

Après la première durée de stress, tous les plants ont réagi de la même manière en accumulant d'importantes quantités de sucres solubles (fig.43) qui sont parfois le double de la quantité contenue dans les feuilles des plants témoins. En effet, en présence de sel, la teneur en sucres solubles pour la variété Sigoise en bouture est 2,5 fois plus que la plante greffée; elle est le double pour la chemlal bouture P/R à la chemlal greffée et il est de même pour les variétés introduites qui sont l'Arbiquina et la Manzanilla.

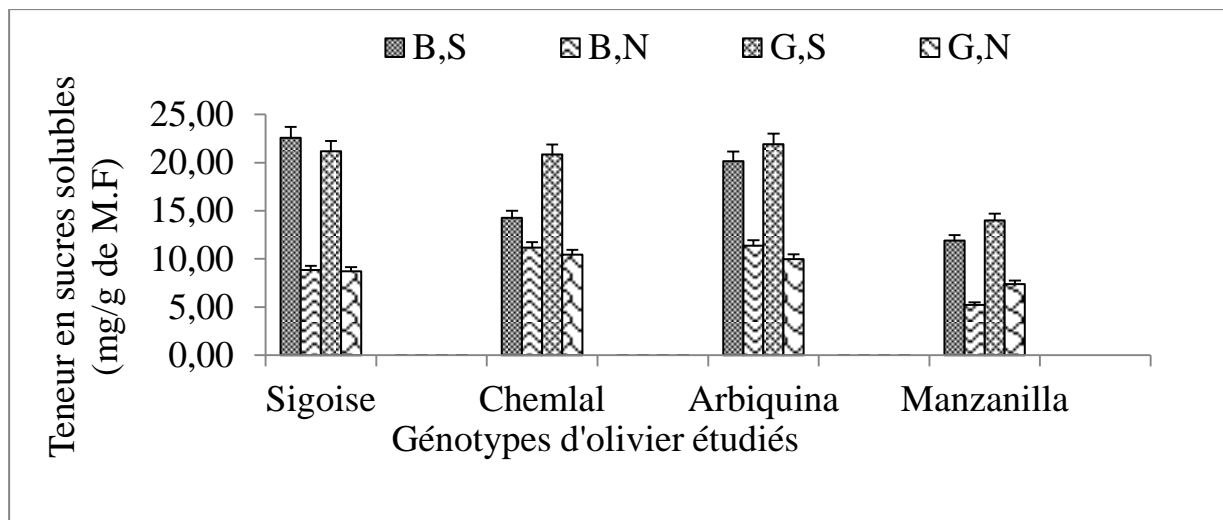


Figure 43 : Histogramme représentant la Teneur en sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin. (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

En effet, (Annexe ; Tab.06), en présence de sel on remarque une même valeur moyenne de 17 mg/g de M.F chez plants en bouture et de 19 mg/g de M.F greffés sur oléastre contre des valeurs de 9 mg/g de M.F chez le témoin en bouture, et de 9 mg/g de M.F chez les greffés. Par ailleurs, on constate aussi les augmentations de la teneur en sucres solubles de 9 mg/g de M.F chez les variétés locales et de 11 mg/g de M.F chez les variétés introduites.

III. 1.2.2. Effet du stress salin sur la teneur en proline:

L'analyse des résultats obtenus de la teneur en proline après les 20 semaines de stress (Tab.7) démontre qu'elle dépend de la variété ($p=0,013$), des interactions "type de plant/traitement" ($p=0,047$), "variété/ traitement" ($p=0,007$) et fortement dépendante de l'interaction "variété/type de plant/traitement" avec $p=0\%$.

Tableau 07 : Analyse de la variance du taux de proline des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Proline	0,013	0,053	0,892	0,218	0,047	0,007	0,000

Après 20 semaines de stress salin, on constate que toutes les variétés enregistrent une augmentation de la teneur en proline des plants mais d'importance différente. En effet, on note une augmentation de la proline mais moins importante que celle des sucres solubles (fig.44) Elle est de 7 µg/g de M.F pour la sigoise bouture et 11 µg/g de M.F pour la sigoise greffée; de 6µg/g de M.F pour la chemlal bouture et 11µg/g de M.F pour la chemlal greffée; de 4µg/g de M.F pour l'arbiquina bouture et 2µg/g de M.F pour celle qui est greffée; de 15µg/g de M.F pour la manzanilla bouture et 4 µg/g de M.F pour la manzanilla greffée.

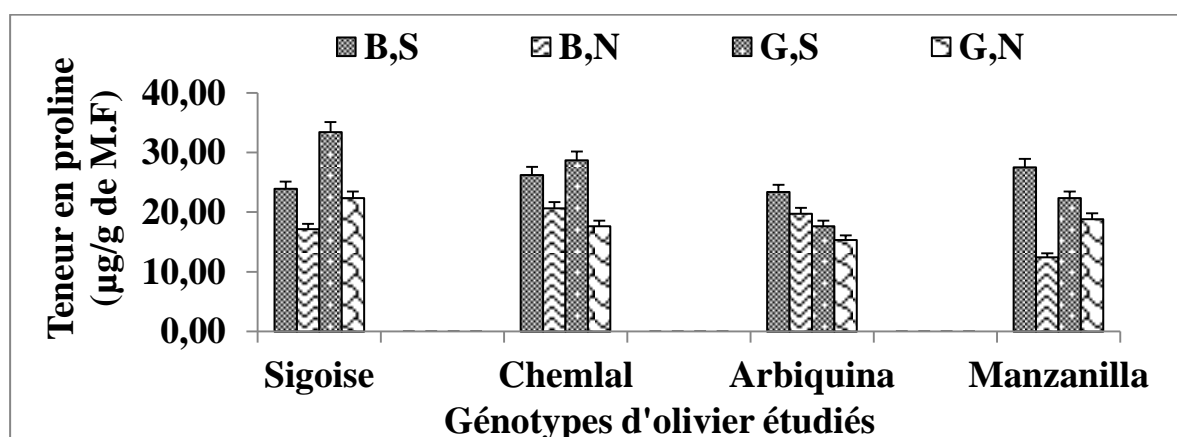


Figure 44 : Histogramme représentant la Teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

En effet, en présence de sel, les feuilles affichent une augmentation de la teneur en proline de 40 % pour les boutures et de 26 % pour les plants greffés (Annexe; Tab.08).

Néanmoins, selon l'origine, la moyenne du taux de proline est de $24,96 \pm 1,1 \mu\text{g/g}$ de M.F chez les variétés locales et de $20,95 \pm 0,32 \mu\text{g/g}$ de M.F chez les variétés introduites. Par contre, pour les sucres solubles, la hausse est de 9 µg/g de M.F pour les variétés locales et de 11µg/g de M.F chez les variétés introduites.

III. 1.2.3. Effet du stress salin sur les pigments chlorophylliens :

L'analyse statistique des pigments chlorophylliens qui sont les chlorophylles "a", "b" et les caroténoïdes (Tab.9), montre que les trois pigments dépendent fortement de la variété ($p=0,000$) et ne dépendent pas des effets du type de plant respectivement ($p=0,16$), ($p=0,12$), ($p=0,70$), ni de l'effet "traitement" ($p=0,27$), ($p=0,72$) et ($p=0,19$).

Par ailleurs, les interactions influencent de manière différente la teneur en chlorophylle qui dépend fortement de l'interaction des trois facteurs variété/type de plant/traitement ($p=0,000$), la teneur en chlorophylle "b" dépend des interactions type de plant/traitement ($p=0,048$), variété/traitement ($p=0,001$) et variété/type de plant/traitement ($p=0,047$), alors que la teneur en caroténoïdes dépend uniquement de l'interaction variété/type de plant ($p=0,000$).

Tableau 09: Analyse de la variance des Chlorophylles "a" et "b" et des Caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2 *F3
	P	P	P	P	P	P	P
Chlor a	0,000	0,16	0,27	0,10	0,49	0,64	0,000
Chlor b	0,000	0,12	0,72	0,11	0,048	0,001	0,047
Carotène	0,000	0,70	0,19	0,000	0,61	0,68	0,10

III. 1.2.3.1. La teneur en chlorophylle "a"

En confirmation de l'analyse de la variance de la teneur en chlorophylle "a", on remarque une diminution de ce paramètre sous l'effet du stress pour toutes les variétés étudiées mais de manière variable (fig.45). On enregistre, des diminutions moyennes de 0,5 mg/g de M.F chez la "Sigoise" bouture et 0,23 mg/g de M.F chez la "Sigoise" greffée; une réduction, 5 mg/g de M.F chez Chemlal bouture, 3 mg/g de M.F chez Chemlal greffée, 2 mg/g de M.F chez Arbiquina bouture, 3 mg/g de M.F chez Arbiquina greffée, 2 mg/g de M.F chez Manzanilla bouture, 0,14 mg/g de M.F chez manzanilla greffée.

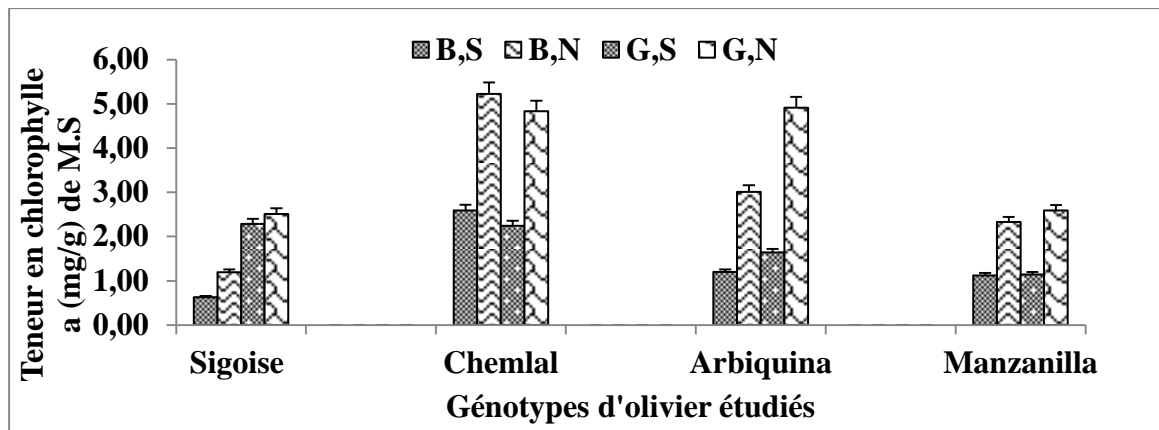


Figure 45: Histogramme comparatif de la Teneur en chlorophylle "a" des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin(BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin,; GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une teneur en chlorophylle a, moyenne de 2,93 mg/g de M.F pour les boutures et de 3,2mg/g de M.F pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100Mm.l⁻¹, les valeurs sont respectivement 0,66 et 1,65 mg/g de M.F (Annexe ; Tab.10). En effet, la réduction de la teneur en chlorophylle "a" de l'ensemble des plants stressés étant de 2mg/g de M.F pour les boutures et de 1 mg/g de M.F pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la teneur en chlorophylle a, moyenne des variétés locales a diminué de 2,30 et 1,55% pour les variétés introduites.

III. 1.2.3.2. Teneur en chlorophylle "b"

La teneur en chlorophylle "b" a diminué sous l'effet de la salinité pour tous les génotypes étudiés (fig.46). En effet, on observe des réductions moyennes de 4 mg/g de M.F chez la variété Sigoise en bouture qu est de 5 mg/g de M.F chez la Sigoise greffée; elle est de 6 mg/g de M.F chez Chemlal bouture et 5mg/g de M.F chez Chemlal greffée; elle est de 6 mg/g de M.F chez Arbiquina bouture et 6 mg/g de M.F chez Arbiquina greffée; elle est de 3 mg/g de M.F chez Manzanilla bouture et 4 mg/g de M.F chez Manzanilla greffée.

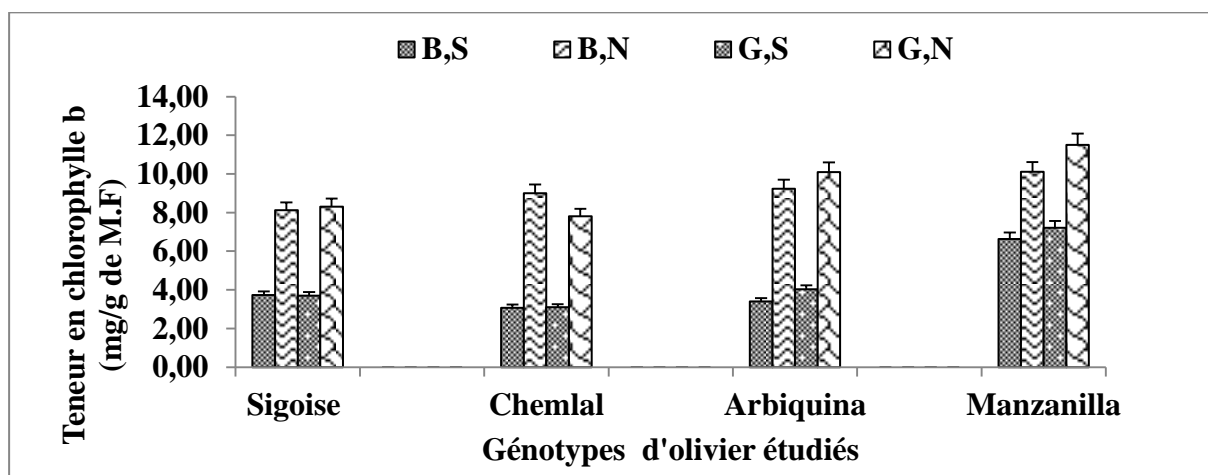


Figure 46 : Histogramme représentant la Teneur en chlorophylle b des variétés d’olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, : GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une teneur en chlorophylle b, moyenne de 9,11 mg/g de M.F pour les boutures et de 9,43 mg/g de M.F pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100 mM.l⁻¹, les valeurs sont respectivement 4,21 et 4,51 mg/g de M.F (Annexe ; Tab.11). Cependant, la variation de la teneur en chlorophylle b est très significative entre "plants stressés en boutures" et "plants stressés greffés" comparé aux témoins non stressés (fig.46).

III. 1.2.3.3. Teneur en caroténoïdes :

La teneur en Caroténoïdes (fig.47), a diminué sous l’effet de la salinité pour tous les génotypes étudiés, en effet, on enregistre les diminutions moyennes de 3 mg/g de M.F chez la sigoise bouture, 3 mg/g de M.F chez sigoise greffée, 3 mg/g de M.F chez chemlal bouture, 5 mg/g de M.F chez chemlal greffée, 2 mg/g de M.F chez arbiquina bouture, 3 mg/g de M.F chez arbiquina greffée, 4 mg/g de M.F chez manzanilla bouture, 4 mg/g de M.F chez manzanilla greffée.

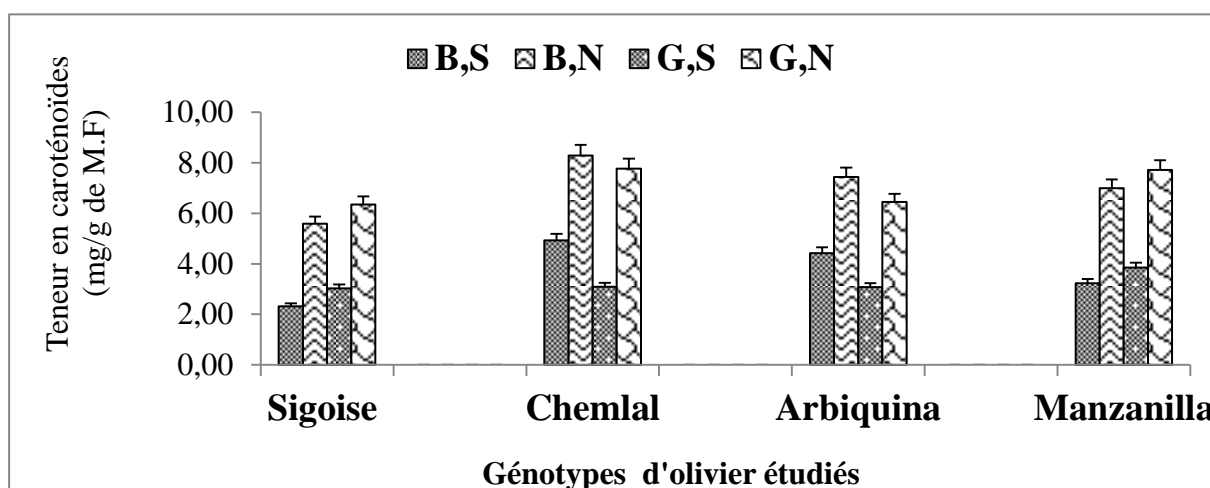


Figure 47 : Histogramme représentant la Teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin(BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une teneur en caroténoïdes, moyenne de 7,08 mg/g de M.F pour les boutures et de 7,07mg/g de M.F pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM/l de NaCl, les valeurs sont respectivement de 3,7 et 3,3 mg/g de M.F (Annexe; Tab.12). En effet, la réduction de la teneur en caroténoïdes de l'ensemble des plants stressés étant de 3,73 mg/g de M.F pour les boutures et de 3,26 mg/g de M.F pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la teneur en caroténoïdes, moyenne des variétés locales a diminué de 3,66 et de 3,50% pour les variétés introduites.

III. 1.3. Interprétation des résultats des paramètres morphologiques

III. 1.3.1. Interprétation des résultats des paramètres morphologiques aériens:

III. 1.3.1.1. La surface foliaire :

Pour déterminer l'effet du manque d'eau provoqué par le stress salin imposé aux plants d'olivier étudiés, on a mesuré la surface foliaire des plants testés. L'analyse de la variance (Tab.13) de ce paramètre révèle qu'il dépend en particulier, de la variété ($p=4\%$) et du type de plant ($p=1,5\%$).

Tableau 13: Analyse de la variance de la surface foliaire après 20 semaines de stress des plants d'oliviers étudiés.

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Surface Foliaire	0,004	0,015	0,43	0,11	0,99	0,70	0,55

L'irrigation à l'eau salée à 100mM de Na Cl, après 20 semaines, a induit une réduction de la surface foliaire chez les génotypes stressés par rapport à leurs témoins car les valeurs moyennes obtenues (fig.48) sont de 1cm² pour les plants en bouture et greffés respectivement chez les variétés "Sigoise" et "Chemlal" et de 1cm² pour Arbiquina bouture et 1,5 cm² chez arbiquina greffée alors que la valeur est de 0,5cm² chez manzanilla bouture et de 1cm² chez manzanilla greffée.

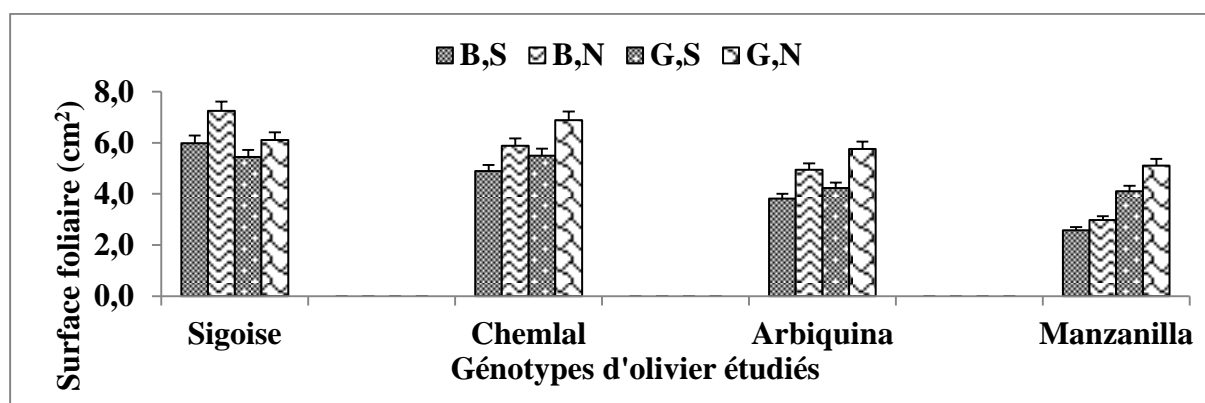


Figure 48 : Histogramme représentant la surface foliaire des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

Les résultats exprimés (Annexe;Tab.14), montrent qu'après 20 semaines de stress salin la réduction de la surface foliaire de tous les génotypes étudiés n'a pas été très significative car elle n'a été que de 0,94 cm² plants issus de boutures et de 1,14 pour les plants greffés sur oléastre par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la diminution de la surface foliaire est de 1cm² pour les variétés locales par rapport aux variétés introduites.

III.1.3.1.2. la densité et dimensions stomatiques :

Pour estimer les caractéristiques des stomates les mesures ont concerné la densité, la longueur et la largeur des stomates des feuilles d'oliviers sous l'effet du stress salin. Par suite, l'analyse de la variance des caractéristiques des stomates a révélé que la densité des stomates dépend fortement de la variété ($p=0,000$), du stress ($p=0,001$) et des interactions variété/plant ($p=0,000$) et de la variété/ stress ($p=0,000$) et moins de l'interaction des trois facteurs variété/plant/stress ($p=0,020$), mais elle n'est influencée par le type de plant ($p=0,170$) ni par l'interaction plant/stress($p=0,480$) (tab.15). Le même tableau montre, d'une part, la longueur et largeur des stomates qui dépendent significativement, toutes les deux des facteurs variété ($p=0,000$) et du stress ($p=0,000$).

De même que le type de plant influe sur la longueur ($p=0,010$) mais pas sur la largeur ($p=0,062$). D'autre part, les interactions des facteurs entre eux montrent, une forte dépendance de la longueur et de la largeur par les interactions type de plant/stress ($p=0,000$) et variété/plant/stress ($p=0,000$), mais l'interaction variété/plant n'influe pas la longueur ($p=0,161$) et influe fortement la largeur ($p=0,000$) et l'interaction variété/stress influe fortement la longueur($p=0,000$) et non pas la largeur ($p=0,147$)

Tableau 15: Analyse de la variance de la densité et des dimensions stomatiques après 20 semaines de stress des plants d'oliviers utilisés stressés et non stressés

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
D.S	0,000	0,17	0,000	0,000	0,48	0,001	0,022
L.S	0,000	0,010	0,000	0,161	0,000	0,000	0,000
l.S	0,000	0,062	0,000	0,000	0,000	0,147	0,000

D.S= densité stomatique ; L. S= longueur stomate et l.S = largeur stomate

III. 1.3.1.2.1. La densité stomatique :

Après 20 semaines de stress, les plantes traitées à 100 mM de Na Cl, montrent une diminution de la densité stomatique de la face inférieure, par rapport aux plantes témoins, (fig.49) d'une valeur moyenne de 19 stomates/cm² pour la Sigoise bouture et 29 stomates/cm² chez Sigoise greffée; de 15 stomates/cm² chez Chemlal bouture et 12 stomates/cm².

Chez Chemlal greffée; de 16 stomates/cm² chez Arbiquina bouture et 14 stomates/cm² chez Arbiquina greffée; de 16 stomates/cm² chez Manzanilla bouture et 28 stomates/cm² chez Manzanilla greffée.

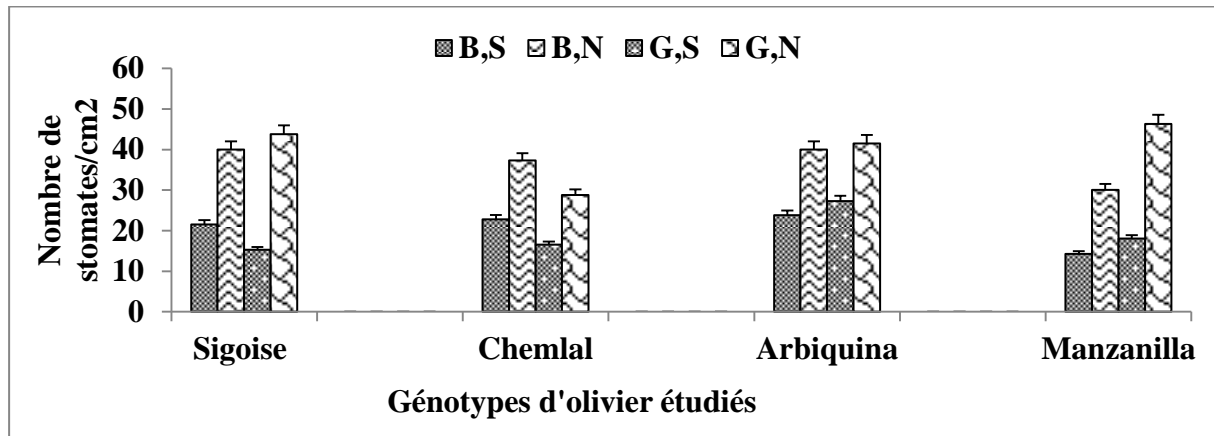


Figure 49: Histogramme représentant la densité stomatique des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une densité stomatique, moyenne de 37 stomates/cm² pour les boutures et de 40 stomates/cm² pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.l-1, les valeurs sont respectivement de 21 et 20 stomates/cm² (Annexe ; Tab.16). En effet, la réduction de la densité stomatique de l'ensemble des plants stressés étant de 16 pour les boutures et de 21 stomates/cm² pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la densité stomatique, moyenne a diminué de 18 stomates/cm² pour les variétés locales et introduites.

III. 1.3.1.2.2. La longueur des stomates :

La longueur stomatique des plants stressés a chuté pour l'ensemble des géotypes étudiés. En effet, les plantes stressées à 100 mM de NaCl, montrent une réduction de la longueur stomatique de la face inférieure, par rapport aux plantes témoins, (fig.50) qui est de 6µm chez la variété Sigoise en bouture et de 0,5 µm chez la même variété issue de greffe. De même que la réduction est de 0,5 µm chez Chemlal bouture et de 4µm chez Chemlal greffée; de 3 µm chez Arbiquina bouture et 2 µm chez Arbiquina greffée et enfin de 4µm chez Manzanilla bouture et 4 µm chez Manzanilla greffée (annexe, Tab.15)

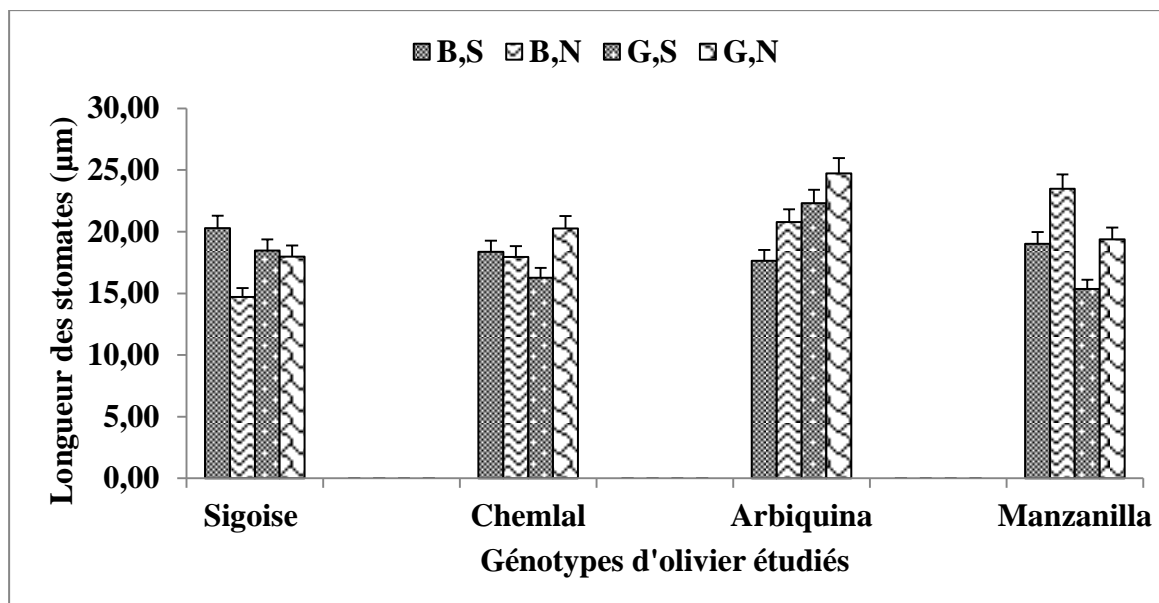


Figure 50: Histogramme représentant la longueur stomatique des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une longueur stomatique, moyenne de 21,50 µm pour les boutures et de 20,53 µm pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.1-1, les valeurs sont respectivement 17,11 et 18,08 µm (Annexe ; Tab.17). En effet, la réduction de la longueur stomatique de l'ensemble des plants stressés étant de 4,39 pour les boutures et de 2,45 µm pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la longueur stomatique, moyenne a diminué de 2,17 µm pour les variétés locales et de 3,33 µm pour les variétés introduites.

III. 1.3.1.2.3. La largeur des stomates :

Les plantes stressées à 100 mM de NaCl, affichent une diminution de la largeur stomatique de la face inférieure de la feuille, par rapport aux plantes témoins (fig.51), d'une valeur moyenne de 10 µm (Sigoise bouture) et 0,5 µm (Sigoise greffée); de 7µm chez Chemlal bouture et 2 µm chez Chemlal greffée; de 1µm chez Arbiquina bouture et 4 µm chez Arbiquina greffée; de 3 µm chez Manzanilla bouture et 1µm chez Manzanilla greffée.

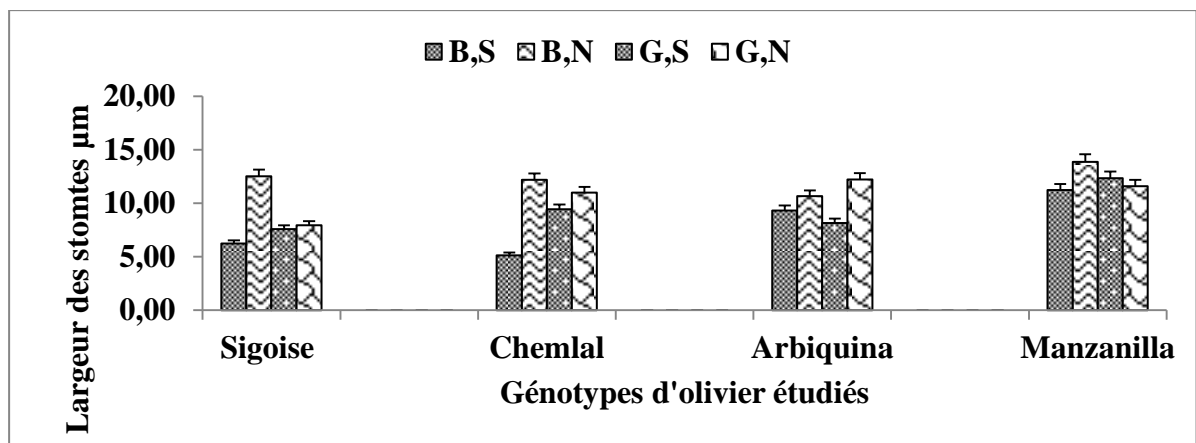


Figure 51: Histogramme représentant la largeur stomatique des variétés d’olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

La largeur stomatique des plants stressés a chuté pour la totalité des génotypes étudiés à l’exception de la variété introduite manzanilla qui enregistre une augmentation de 0,75 µm pour la bouture (fig.51). En effet, en absence de salinité, la largeur stomatique, moyenne est de 12,50 µm pour les boutures et de 10,38 µm pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.l⁻¹, les valeurs sont respectivement de 7,99 et 8,38 µm (Annexe; Tab.18).

III. 1.3.1. 3. La longueur de la plante :

Etant donné, que la durée de stress était longue nous avons jugé utile de prendre les mesures de la longueur des plants étudiés à trois stades, la première avant l’application du stress, la seconde après 20 semaines de stress et la troisième après 73 semaines de stress salin.

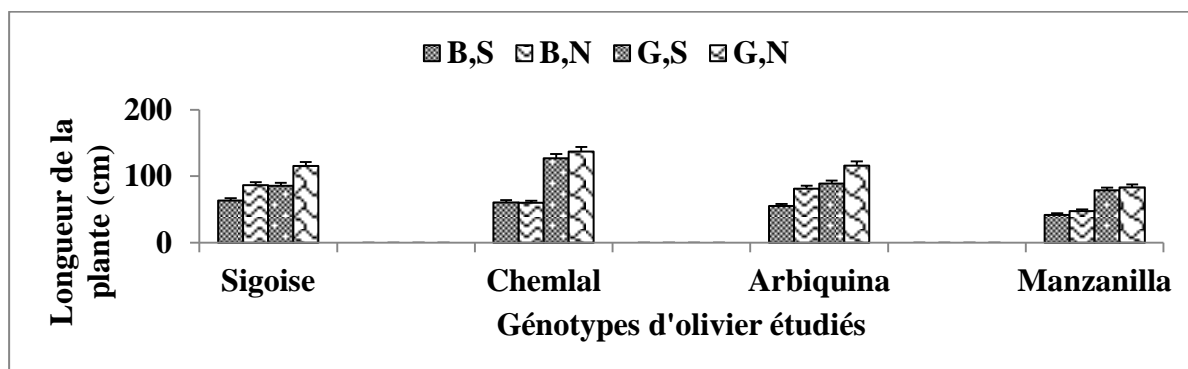


Figure 52: Histogramme représentant la longueur de la des variétés d’olivier étudiées après 20 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

Les plants stressés à 100 mM de Na Cl, montrent une diminution de la longueur de la plante par rapport aux plants témoins, après 20 semaines de stress. En effet, les valeurs moyennes des réductions (fig.52) sont de 23 cm chez la Sigoise bouture, 29 cm chez Sigoise greffée, 1cm chez Chemlal bouture, 10 cm chez Chemlal greffée, 26 cm chez Arbiquina bouture, 27 cm chez Arbiquina greffée, 6 cm chez Manzanilla bouture, 5 cm chez Manzanilla greffée.

Tableau 19: Analyse de la variance de la longueur de la plante après 20 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F 2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Longueur Plante	0,000	0,000	0,012	0,000	0,53	0,000	0,70

l'analyse de la variance de la longueur de la plante (Tab.19), après 20 semaines d'irrigation à l'eau salée à 100mM/l de NaCl, démontre que ce paramètre est fortement dépendant de la variété (p=0%), du type de plant (p=0%), et de l'interaction variété/stress (p=0,000). Cependant, il n'est pas influencé par les interactions "plant/stress" (p=0,53) et "variété- type de plant- stress salin" (p=0,70).

En effet, en absence de salinité, la longueur de la plante moyenne est de 69 cm pour les boutures et de 113cm pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.L-1, les valeurs sont respectivement de 55 et 95 cm (Annexe, Tab.20). En effet, la réduction de la longueur de la plante de l'ensemble des plants stressés étant de 13 cm pour les boutures et de 18 cm pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la longueur des plants, moyenne des variétés locales a diminué de 62 et 63 cm pour les variétés introduites.

III-2 : Résultats après 72 semaines de stress salin

III.2. Résultats obtenus après la seconde durée de stress : (Analyses des paramètres après 72 semaines de stress) :

III.2.1 Interprétation des Résultats des paramètres physiologiques

III.2.1.1 La teneur relative en eau (TRE)

On constate le (Tab.21) que la TRE a été influencée significativement par l'effet variétal ($p=1\%$) mais ne l'a pas été par les autres facteurs qui sont la salinité ($p=0,71$), le type de plant ($p=0,2$) et même par les interactions variété/plant ($p=0,46$), plant/stress ($p=0,85$), plant/stress ($p=0,76$), variété/stress et variété/plant/stress ($p=0,83$).

Tableau 21: Analyse de la variance de la Teneur Relative en Eau des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
TRE 2	0,010	0,20	0,71	0,46	0,85	0,76	0,83

L'étude de la TRE chez l'olivier après les 72 semaines de stress salin à 100Mm de NaCl, montre une légère diminution pour la majorité des géotypes étudiés (fig.53). On enregistre, dans l'ordre décroissant, les taux de réduction de 25% chez Chemlal greffée, 17% chez manzanilla greffée, 15% chez manzanilla bouture, 7% chez la chemlal bouture et sigoise greffée, 6% chez la sigoise bouture, 4% chez arbiquina bouture et 3% arbiquina greffée.

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une TRE moyenne de 62% pour les boutures et les plants greffés, alors que chez les plantes traitées à 100 mM.l⁻¹ de NaCl, les valeurs sont respectivement de 54% et 49 % (Annexe ; tab.22). En effet, la réduction de la TRE de l'ensemble des plants stressés étant de 8% pour les boutures et de 13% pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la TRE moyenne des variétés locales a diminué de 3% et de 5 % pour les variétés introduites.

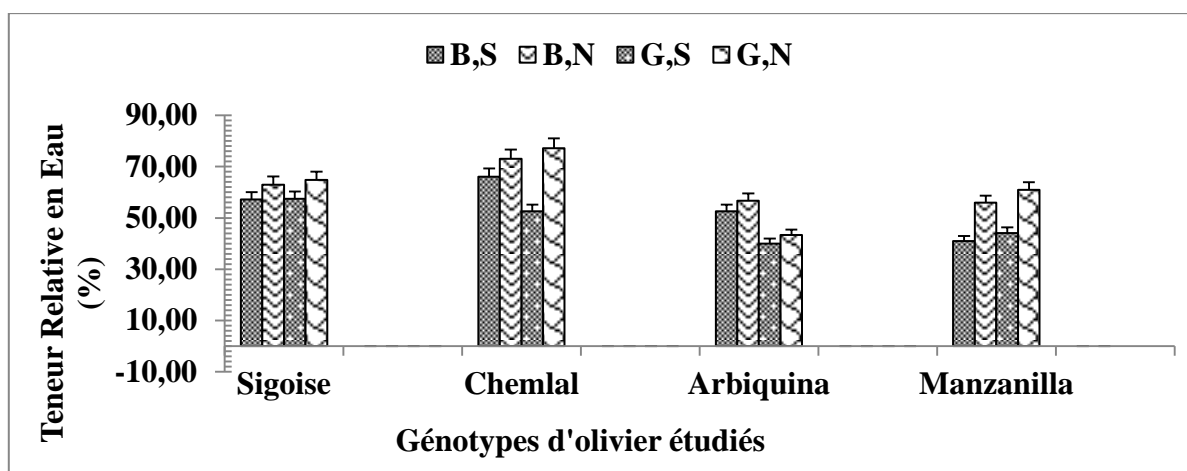


Figure 53 : Teneur Relative en Eau des variétés étudiées après 72 semaines de stress salin
 (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

III. 2.1.2 Le taux de cire des feuilles :

Après 72 semaines de stress, l'analyse statistique du taux de cire révèle que ce paramètre, dépend des interactions variété/stress ($p=0,003$) et variété /type de plant/stress ($p=0,014$) mais il n'est pas influencé par les facteurs variété ($p=0,90$), le type de plant ($p=0,64$), le stress ni par les interactions variété/type de plant ($p=0,81$) et type de plant/stress ($p=0,83$), (Tab.23).

Tableau 23: Analyse de la variance du taux de cire après 73 semaines de stress salin des plants d'oliviers étudiés :

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
% Cire	0,90	0,64	0,81	0,83	0,53	0,003	0,014

Après la durée de 72 semaines d'irrigation à l'eau salée à 100 mM de NaCl tous les plants stressés ont doublé et parfois même triplé le taux de cire de leurs feuilles par rapport aux plants témoins. En effet, on constate les pourcentages d'augmentation de : de 2 fois la quantité des témoins chez les variétés locales en bouture et greffées sur oléastre et la variété Arbiquina en bouture et 1,5 fois chez les variétés Arbiquina bouture et Manzanilla en bouture et greffée.

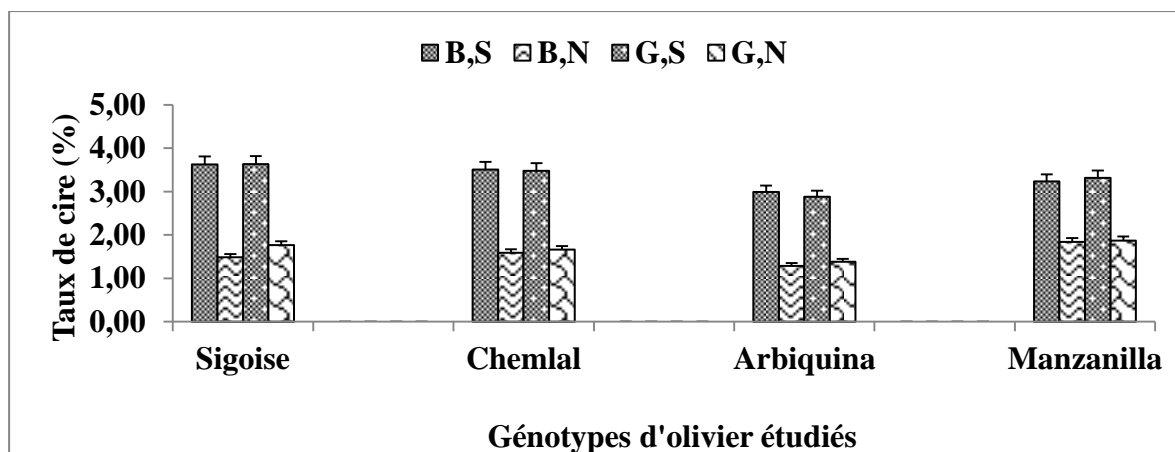


Figure 54 : Histogramme représentant le taux de cire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin) .

En effet, en absence de salinité, la feuille a un taux de cire moyen de 2% pour les boutures et pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.l^{-1} pendant 72 semaines,(fig.54) les valeurs sont de 3% (Annexe; Tab.24). En effet, l'augmentation du taux de cire de l'ensemble des plants stressés étant de 1% pour les boutures et de 1% pour les plants greffés par rapport aux plants témoins, et les augmentations moyennes de 2% chez les variétés locales et 1,5% chez les variétés introduites.

III. 2.2. Interprétation des résultats des paramètres biochimiques :

III. 2.2.1. Teneur en sucres solubles :

Après 72 semaines de traitement à l'eau salée à 100 mM.l^{-1} de NaCl et à travers l'analyse de la variance de la teneur en sucres solubles, (Tab.25), les résultats statistiques très hautement significatifs et démontrent clairement que ce paramètre présente une forte dépendance vis à vis du facteur "variété" ($p=0,000$), du facteur "stress" ($p=0,000$) ainsi que pour les interactions variété-type de plant ($p=0,000$), variété-traitement ($p=0,000$) et variété-/type de plant- traitement ($p=0,000$). Par ailleurs, il n'est pas influencé par le type de plant ($p=0,51$), ni par l'interaction type de plant/stress ($p=0,78$).

Tableau 25: Analyse de la variance de la Teneur des sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Sucres (2)	0,000	0,51	0,000	0,000	0,78	0,000	0,000

Après la seconde durée de stress, tous les plants ont réagi de la même manière en accumulant les sucres mais cette fois-ci, les quantités sont moins importantes que la première durée de stress (fig.55). Les augmentations sont de 7mg/g de M.F pour la sigoise bouture et greffée, de 14 mg/g de M.F la chemlal bouture, 8 pour la chemlal greffée, 9 mg/g de M.F pour l'arbiquina bouture et greffée, 15 mg/g de M.F pour la manzanilla bouture et 14 mg/g de M.F pour la manzanilla greffée.

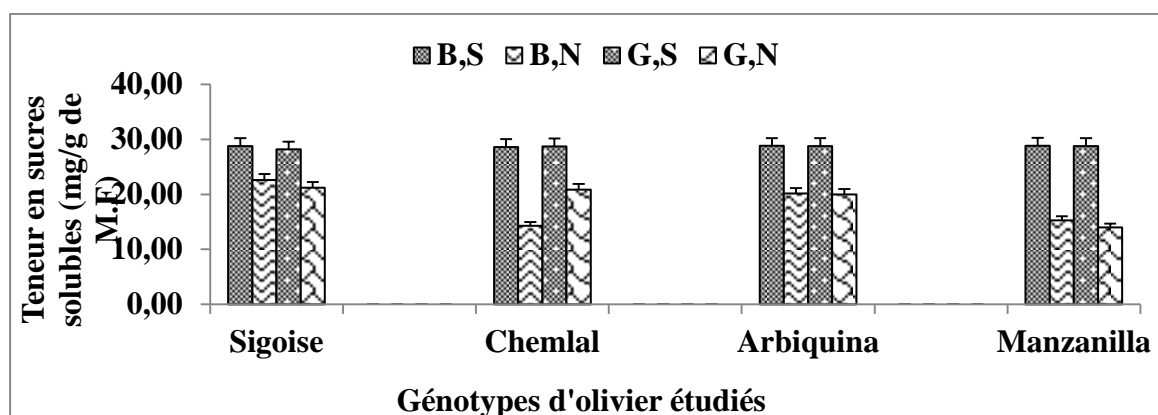


Figure 55 : Histogramme représentant la Teneur en sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence d'excès de sel (Annexe; Tab.26), les feuilles enregistrent une teneur en sucres soluble de 18% pour les boutures et de 19 % pour les plants greffés et en présence de sel on remarque une valeur moyenne de 22 mg/g de M.F chez plants en bouture et de 28 mg/g de M.F greffés sur oléastre, soit une différence de 4 mg/g de M.F chez bouture, et de 10 mg/g de M.F chez les greffés. Par ailleurs, on constate aussi les augmentations de la teneur en sucres solubles de 9 mg/g de M.F chez les variétés locales et de 11 mg/g de M.F chez les variétés introduites.

III. 2.2.2. la teneur en proline:

L'analyse de la variance (Tab.27), de la teneur en proline après 72 semaines de traitement à l'eau salée à 100 millimoles. l-1 de NaCl, révèle que ce paramètre est fortement dépendant des effets variété (p=0%), stress (p=0%) et des interactions variété/plant(p=0%) , plant/stress (p=0%), variété/stress (p=0%) et variété/plant/stress (p=0%), par contre il n'a pas été influencé par l'effet du type de plant (p=8%).

Tableau 27 : Analyse de la variance en proline des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
proline 2	0,000	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

A travers le tableau 27, de l'analyse de la variance de la teneur en proline, les résultats statistiques affichent un effet très hautement significatif des facteurs étudiés sur ce paramètre. En effet, après 72 semaines de traitement à l'eau salée à la dose de 100 mM de NaCl/l⁻¹, les génotypes étudiés ont réagi par une accumulation de la teneur en proline plus intense(fig.56) que la première durée de stress avec des valeurs moyennes de 69 µg/g de M.F pour la sigoise bouture et 48 µg/g de M.F pour la sigoise greffée; de 42 µg/g de M.F pour Chemlal bouture et 63 µg/g de M.F pour Chemlal greffée; 23 µg/g de M.F pour l'Arbiquina bouture et 37 µg/g de M.F pour l'Arbiquina greffée; 26 µg/g de M.F pour la manzanilla bouture et 19 µg/g de M.F pour la manzanilla greffée.

En absence de sel (Annexe, Tab.28), les moyennes de la teneur en proline sont de 28% pour les boutures et les plants greffés et en présence de sel, on remarque une valeur moyenne de 28 µg/g de M.F chez plants en bouture et de 70 µg/g de M.F pour les plants greffés sur oléastre, soit une différence de 4 µg/g de M.F chez bouture, et de 10 µg/g de M.F chez les greffés. Par ailleurs, on constate aussi des augmentations de la teneur en sucres solubles de 55 µg/g de M.F chez les variétés locales et de 26 µg/g de M.F chez les variétés introduites.

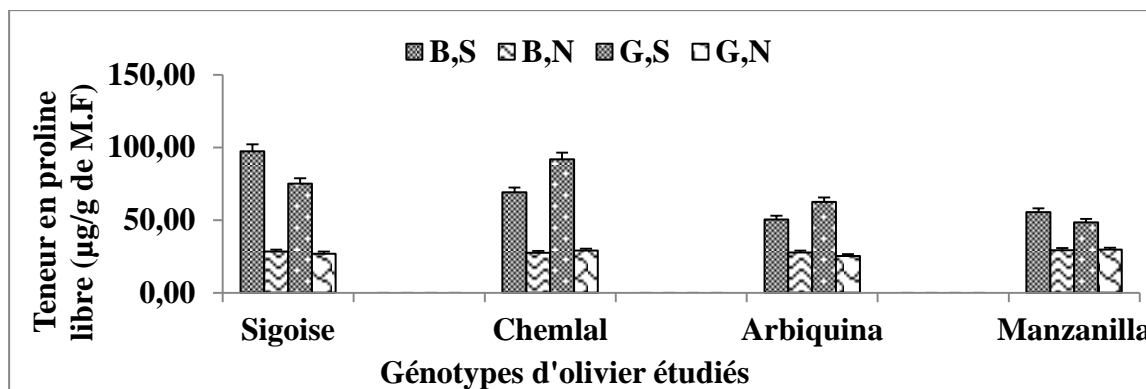


Figure 56 : Histogramme représentant la Teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin.; GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

III. 2.2.3. Les pigments chlorophylliens

L'analyse de la variance des résultats obtenus (Tab. 29), montre que les pigments chlorophylliens (chlorophylles a et b et caroténoïdes) sont fortement conditionnés par la variété ($p < 0,05$) par contre ils ne dépendent pas du plant ($p = 0,36$ chlorophylle a) ($p = 0,30$ chlorophylle b) ($p = 0,73$ caroténoïdes) ni de du stress. ($p = 0,06$ chlorophylle a) ($p = 0,97$ chlorophylle b). Par ailleurs, les interactions des facteurs la réagissent de manière différentes.

En effet, la teneur en chlorophylle a, a été fortement conditionnée par l'interaction variété/type de plant ($p = 0,000$), variété/stress ($p = 0,019$) et variété/plant/stress ($p = 0,011$) mais ne dépend pas de l'interaction plant/stress ($p = 0,18$). Cependant, la chlorophylle b et caroténoïdes ne dépendent d'aucune interaction.

Tableau 29: Analyse de la variance de la Chlorophylle (a, b), Caroténoïdes et Chlorophylle Totale des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Chlorophylle a	0,000	0,36	0,06	0,000	0,18	0,019	0,011
Chlorophylle b	0,000	0,30	0,97	0,39	0,18	0,70	0,17
Caroténoïdes	0,000	0,73	0,71	0,006	0,24	0,47	0,09

III. 2.2.3.1. Chlorophylle a

La teneur en chlorophylle "a" (fig.57), a diminué sous l'effet de la salinité pour tous les génotypes étudiés. En effet, on enregistre les réductions moyennes de 5mg/g de M.F chez la sigoise bouture, 6 mg/g de M.F chez sigoise greffée, 3 mg/g de M.F chez chemlal bouture, 6 mg/g de M.F chez chemlal greffée, 3 mg/g de M.F chez arbiquina bouture, 6 mg/g de M.F chez arbiquina greffée, 5 mg/g de M.F chez manzanilla bouture, 6 mg/g de M.F chez manzanilla greffée.

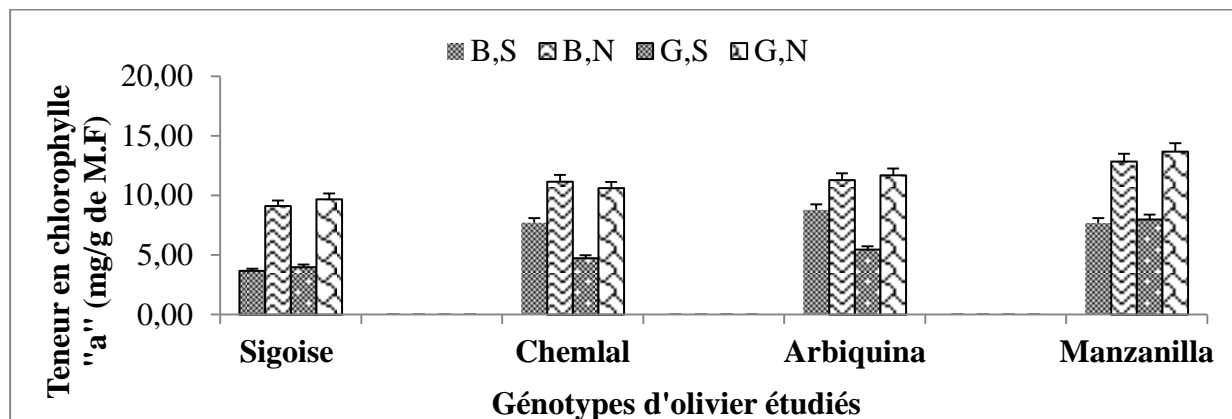


Figure 57 : Histogramme représentant la Teneur en chlorophylle « a » des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une teneur en chlorophylle a, moyenne de 11 mg/g de M.F pour les boutures et de 11mg/g de M.F pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.l-1, les valeurs sont respectivement 7 et 6 mg/g de M.F (Annexe, Tab.30). En effet, la réduction de la teneur en chlorophylle a de l'ensemble des plants stressés étant de 4mg/g de M.F pour les boutures et de 5 mg/g de M.F pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la teneur en chlorophylle a, moyenne des variétés locales a diminué de 5 et 5 mg/g de M.F pour les variétés introduites.

III. 2.2.3.2 Chlorophylle b

La teneur en chlorophylle b (fig.58), a diminué sous l'effet de la salinité pour tous les génotypes étudiés, en effet, on enregistre les diminutions moyennes de 4mg/g de M.F chez la sigoise bouture, 4mg/g de M.F chez Sigoise greffée, 5mg/g de M.F chez Chemlal bouture, 3mg/g de M.F chez Chemlal greffée, 3mg/g de M.F chez Arbiquina bouture, 5mg/g de M.F chez Arbiquina greffée, 2mg/g de M.F chez Manzanilla bouture, 3mg/g de M.F chez Manzanilla greffée.

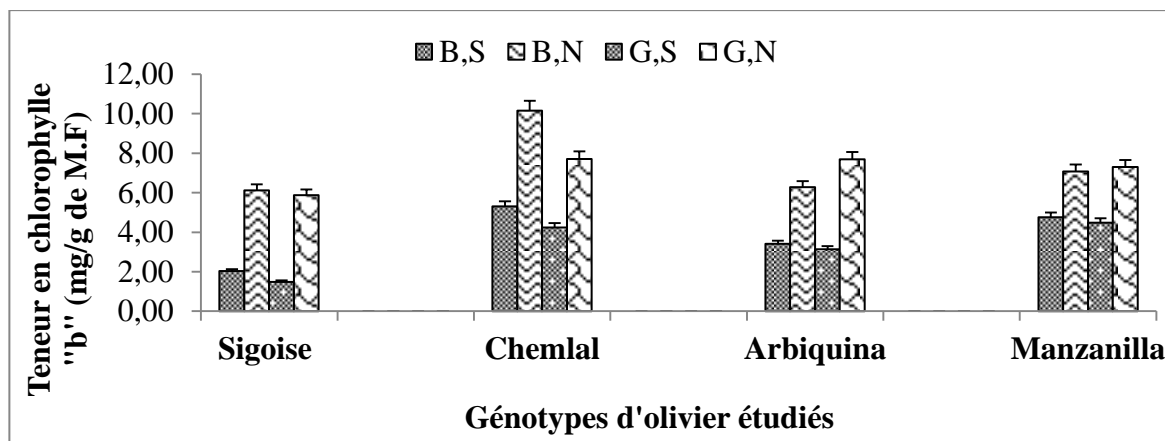


Figure 58: Histogramme représentant la Teneur en chlorophylle « b » des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une teneur en chlorophylle b, moyenne de 7mg/g de M.F pour les boutures et pour les plants greffés, alors que chez les plantes traitées à 100 mM.l-1, les valeurs sont respectivement 4 et 3 mg/g de M.F (Annexe, Tab.31). En effet, la réduction de la teneur en chlorophylle b de l'ensemble des plants stressés étant de 4mg/g de M.F pour les boutures et de 3 mg/g de M.F pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la teneur en chlorophylle b, moyenne des variétés locales a diminué de 4 mg/g et 3 mg/g de M.F pour les variétés introduites.

III. 2.2.3.3 Les pigments caroténoïdes :

La teneur en Caroténoïdes (fig.59), a diminué sous l'effet de la salinité pour tous les génotypes étudiés. En effet, on note des réductions de 44 mg/g de M.F chez la Variété Sigoise en bouture et de 55 mg/g de M.F chez Sigoise greffée. Et ces réductions sont de 25 mg/g de M.F chez Chemlal bouture et 38mg/g de M.F chez Chemlal greffée alors qu'elles sont de 23mg/g de M.F chez Arbiquina en bouture et 43 mg/g de M.F chez Arbiquina greffée.

Enfin, on note 25 mg/g de M.F chez Manzanilla en bouture et 43 mg/g de M.F chez Manzanilla greffée.

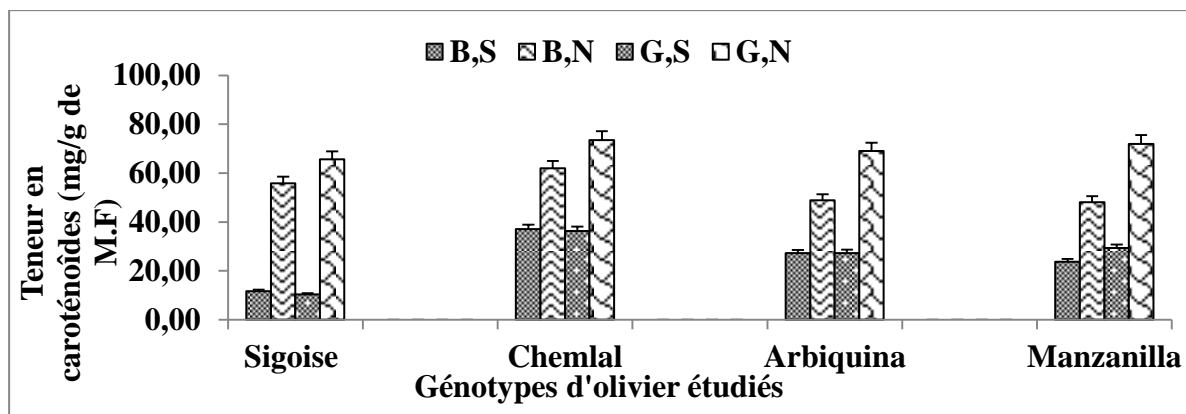


Figure 59 : Histogramme représentant la Teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une teneur en caroténoïdes, moyenne de 54 mg/g de M.F pour les boutures et de 70 mg/g de M.F pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100 mMole.l⁻¹, les valeurs sont respectivement 25 et 26 mg/g de M.F (Annexe, Tab.32). En effet, la réduction de la teneur en chlorophylle b de l'ensemble des plants stressés étant de 4mg/g de M.F pour les boutures et de 3 mg/g de M.F pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la teneur en chlorophylle b, moyenne des variétés locales a diminué de 40 et 33 mg/g de M.F pour les variétés introduites.

III. 2.3. Interprétation des résultats des paramètres morphologiques :

III. 2.3.1. Interprétation des paramètres morphologiques aériens :

III. 2.3.1.1. La surface foliaire :

L'analyse statistique (Tabl.33), indique que les différences entre la surface foliaire des plants sous traitement salin sont significativement influencées par l'effet de la variété (p=0,000), du plant (p=0,014) et du stress (p=0,034) mais ne le sont pas par l'interaction des facteurs sauf l'interaction variété/plant (p=0,019) qui influe la surface foliaire.

Tableau 33: Analyse de la variance de la surface foliaire 72 semaines de stress des plants d'oliviers étudiés

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
S/F 2	0,000	0,014	0,034	0,019	0,44	0,27	0,12

Les plantes stressées à 100 mM de Na Cl, montrent une diminution de la surface foliaire par rapport aux plantes témoins, après 72 semaines de stress, les valeurs moyennes des diminutions de la surface foliaire obtenues (fig.60) sont de 3cm² pour la Sigoise en bouture et 2cm² chez sigoise greffée; de 3cm² pour Chemlal bouture et 2cm² chez Chemlal greffée; de 2cm² pour Arbiquina en bouture et 2cm² chez arbiquina greffée, 3 cm² chez manzanilla bouture, 1 cm² chez manzanilla greffée.

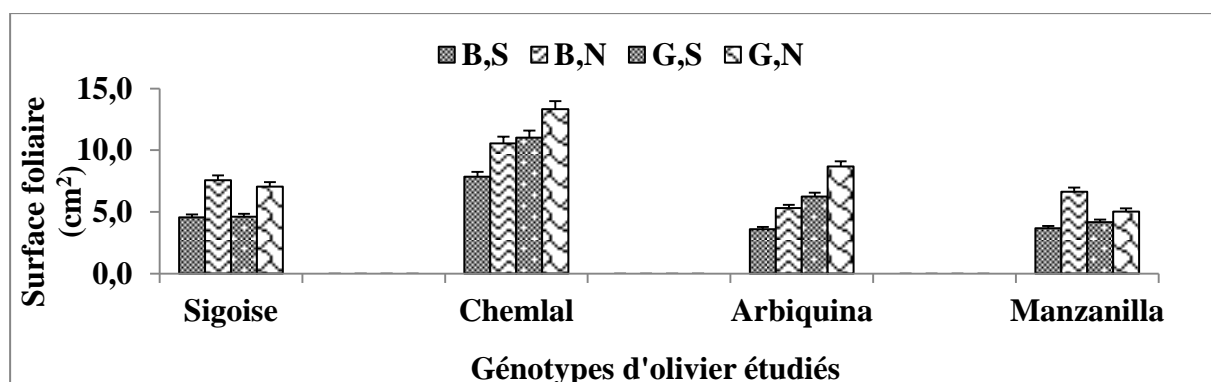


Figure 60 : Histogramme de la surface foliaire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin)

En effet, en absence de salinité, la feuille présente une surface foliaire moyenne de 5cm² pour les boutures et pour les plants greffés alors que chez les plantes traitées à 100mM.l⁻¹, les valeurs sont respectivement 3 et 4 cm² (Annexe, Tab. 34). Par conséquent, la réduction de la surface foliaire de l'ensemble des plants stressés est de 2 cm² pour les boutures et de 1 cm² pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, surface foliaire, moyenne des variétés locales a diminué de 3 et 2 cm² pour les variétés introduites.

III. 2.3.1.2. La densité et les dimensions stomatiques :

- **Concernant la densité stomatique**, l'analyse de la variance (Tab.34), a révélé qu'après 72 semaines d'irrigation avec une eau salée à 100mM de NaCl, ce paramètre dépend de la variété (p=0,046), du stress (p=0,000) et des interactions variété/plant (p=0,036), mais les valeurs ne sont pas significatives pour le "type de plant" (p=0,10), ni pour l'interaction "plant-stress" (p=0,19), ni pour l'interaction variété-plant-stress (p=0,80) (Tab. 35).

Tableau 35: Analyse de la variance de la densité stomatique après 72 semaines de stress des plants d'oliviers utilisés stressés et non stressés

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
D.S 2	0,46	0,54	0,000	0,36	0,10	0,19	0,80
L. S	0,001	0,235	0,000	0,120	0,000	0,130	0,006
I. S	0,000	0,135	0,003	0,005	0,002	0,000	0,067

D.S+= densité stomatique,L.S= longueur stomatique et I.S= largeur stomatique.

Après 72 semaines de traitement, les plantes stressées montrent une baisse de la densité stomatique de la face inférieure, par rapport aux plantes témoins qui est de l'ordre de 32 et 38 stomates/cm² respectivement pour "Sigoise bouture" et "Sigoise greffée" et elle est de 36 et 33 stomates/cm² respectivement pour "Chemlal bouture" et "Chemlal greffée". De même qu'elle est de 33 et 37 stomates/cm² respectivement pour "Arbiquina bouture" et "Arbiquina greffée" et enfin de 35 et 40stomates/cm² respectivement pour "Manzanilla bouture" et "Manzanilla greffée" (Annexe, Tab.36).

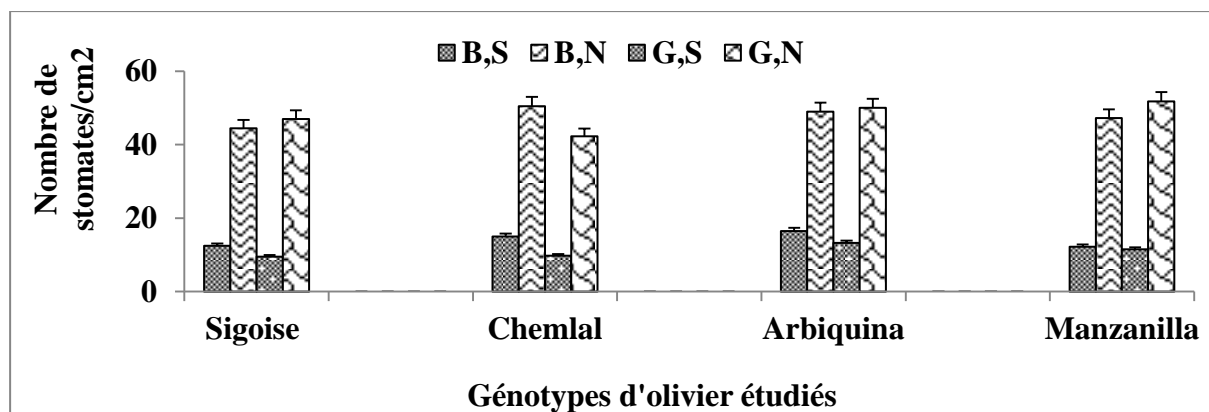


Figure 61 : Histogramme représentant la densité stomatique des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, la réduction de la densité stomatique de l'ensemble des plants stressés étant de 34 pour les boutures et de 37 stomates/cm² pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la densité stomatique, moyenne a diminué de 34 tomates/cm² pour les variétés locales et de 36 stomates/cm² pour les variétés introduites (fig.61).

- **Concernant la longueur des stomates**, l'analyse de la variance (Tab. 35) montre, d'une part, que la longueur et largeur des stomates, dépendent toutes les deux fortement des facteurs "variété" avec $p=0,001$ et le "stress" avec $p=0,000$. Par contre, les résultats ne sont pas significatifs pour le "type de plant" avec $p=0,23$ pour la longueur et $p=0,13$ pour la largeur, alors que les interactions montrent une forte dépendance de la largeur interactions type de variété/plant ($p=0,005$) plant/stress ($p=0,002$) variété/stress ($p=0,000$) mais pas par l'interaction variété/plant/stress ($p=0,067$). Par ailleurs, la longueur des stomates dépend fortement des interactions plant/stress ($p=0,000$) et variété/plant/stress ($p=0,006$).

Après 72 semaines, les plantes stressées à 100 mM de Na Cl, montrent une diminution de la longueur stomatique de la face inférieure, par rapport aux plantes témoins, d'une valeur moyenne (fig.62) de, 2 μm la chez sigoise bouture, 1 μm chez sigoise greffée, 0,5 μm chez chemlal bouture, 4 μm chez chemlal greffée, 3 μm chez arbiquina bouture, 3 μm chez arbiquina greffée, 1 μm chez manzanilla bouture, 3 μm chez manzanilla greffée.

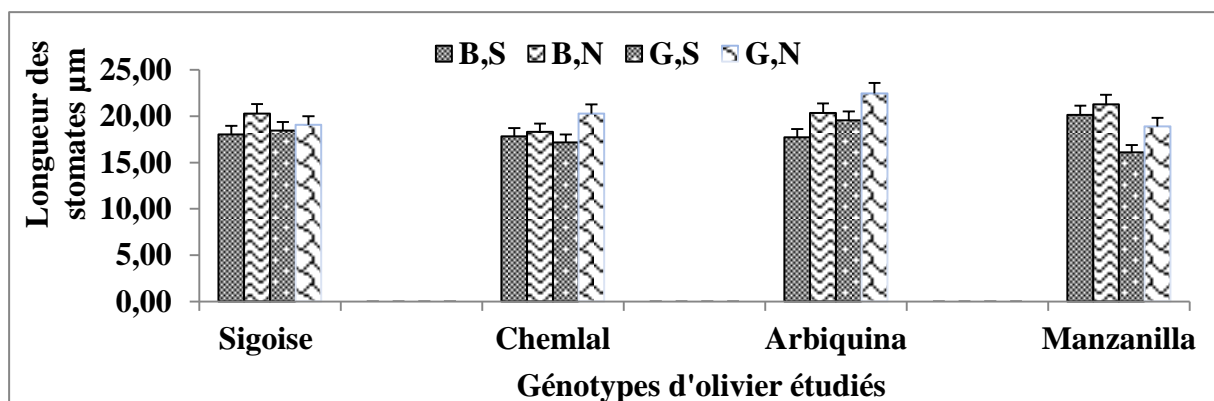


Figure 62: Histogramme représentant la longueur stomatique des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

La longueur stomatique des plants stressés a chuté pour l'ensemble des génotypes étudiés. En effet, en absence de salinité, la feuille présente une longueur stomatique, moyenne de 20 μm pour les boutures et les plants greffés alors que chez les plantes traitées à 100mM.1-1, cette moyenne est de 18 μm (Annexe, Tab.37). En effet, la réduction de la longueur stomatique de l'ensemble des plants stressés étant de 2 μm pour les boutures et les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la longueur stomatique moyenne a diminué de 2 μm pour les variétés locales et pour les variétés introduites.

- **Concernant la largeur des stomates**, après 72 semaines, les plantes stressées à 100 m.M de Na Cl, montrent une diminution de la largeur stomatique de la face inférieure, par rapport aux plantes témoins, d'une valeur moyenne (fig.63) de 2 μ m la chez sigoise bouture, de 1 μ m chez sigoise greffée, de 3 μ m chez chemlal bouture, 1 μ m chez chemlal greffée, 3 μ m chez arbiquina bouture, 3 μ m chez arbiquina greffée, 1 μ m chez manzanilla bouture, 3 μ m chez manzanilla greffée

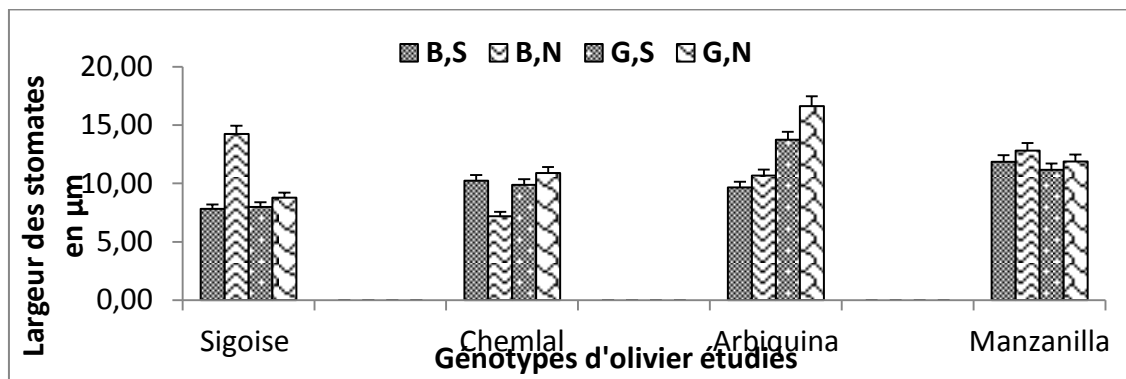


Figure 63 : Histogramme représentant la largeur stomatique des variétés d'olivier étudiées après 70 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

La largeur stomatique des plants stressés a chuté pour la totalité des génotypes étudiés. En effet, en absence de salinité, la feuille présente une largeur stomatique, moyenne de 11 μ m pour les boutures et de 12 μ m pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.L-1, les valeurs sont respectivement 10 et 11 μ m (Annexe, Tab.38).

En effet, la réduction de la largeur stomatique de l'ensemble des plants stressés étant de 1 pour les boutures et les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la longueur stomatique, moyenne a diminué de 1 μ m pour les variétés locales et pour les variétés introduites.

III. 2.3.1.3. Effet du stress salin sur la longueur de la plante :

L'analyse de la variance de ce paramètre (Tab.39), révèle que la longueur de plante a été influencé par la variété (p=0,000) par le type de plant (p=0,000), l'effet du stress salin (p=0,000), ainsi que les interactions variété/type de plant (p=0,000), variété/stress (p=0,000) et variété/type de plant/stress.

Tableau 39: Analyse de la variance de la longueur de la plante après 72 semaines de stress

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Longueur plante 2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,55	0,000	0,000

Les plants stressés à 100 mM de Na Cl, montrent une diminution de la longueur de la plante par rapport aux plants témoins, après 72 semaines de stress. En effet, les valeurs moyennes des réductions (fig.64) sont de 58 cm chez la Sigoise bouture, 39 cm chez Sigoise greffée, 3 cm chez Chemlal bouture, 2 cm chez Chemlal greffée, 33 cm chez Arbiquina bouture, 30 cm chez Arbiquina greffée, 10 cm chez Manzanilla bouture, 2 cm chez Manzanilla greffée.

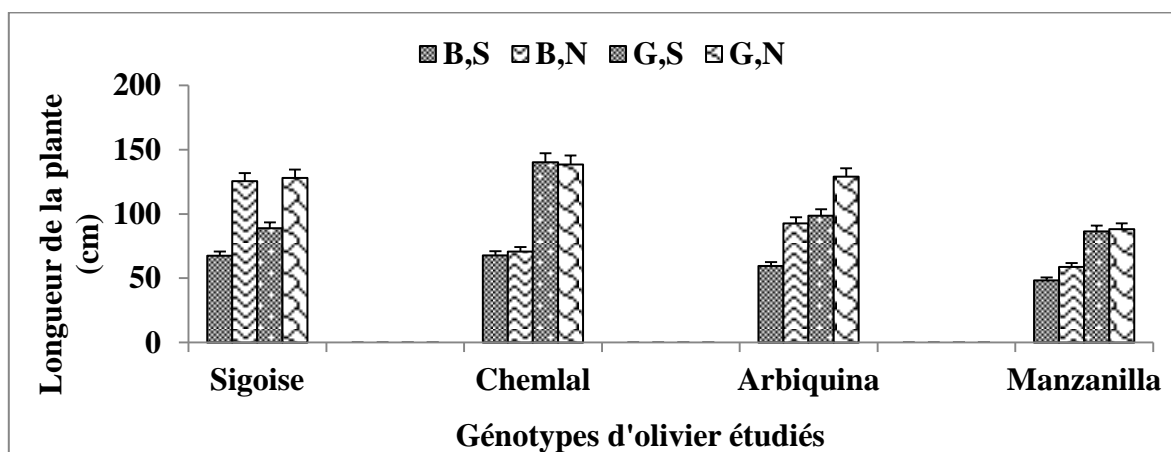


Figure 64 : Histogramme représentant la longueur des plants des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la longueur de la plante moyenne est de 87 cm pour les boutures et de 121cm pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.L-1, les valeurs sont respectivement de 61 et 104 cm (Annexe, Tab.40). En effet, la réduction de la longueur de la plante de l'ensemble des plants stressés étant de 26 cm pour les boutures et de 17 cm pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, la longueur des plants, moyenne des variétés locales a diminué de 25 et 19 cm pour les variétés introduites.

III. 2.3.2. Interprétation des paramètres morphologiques souterrains:

III. 2.3.2.1. La longueur racinaire : Le tableau de l'analyse de la variance de la longueur de la plante (Tab. 41), révèle que ce paramètre est fortement dépendant de la variété (p=0%), du stress (p=0,000) et de aux interactions variété/plant (p=0%) variété/stress (p=0,000) et variété/plant/stress (p=0,005), par ailleurs , il n'est pas influencé par le plant (p=0,20) et par l'interaction plant/stress (p=0,86).

Tableau 41: Analyse de la variance de la longueur de la racine 72 semaines de stress

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
L.R 2	0,000	0,20	0,000	0,000	0,86	0,000	0,005

Les plantes stressées à 100 mM de NaCl, montrent une baisse de la longueur de la racine par rapport aux plantes témoins et les réductions moyennes obtenues (fig.65) sont de 19cm chez la Sigoise bouture, 14 cm chez Sigoise greffée, 30 cm chez Chemlal bouture, 30 cm chez Chemlal greffée, 17 cm chez Arbiquina bouture, 10 cm chez Arbiquina greffée, 2 cm chez Manzanilla bouture, 9 cm chez Manzanilla greffée.

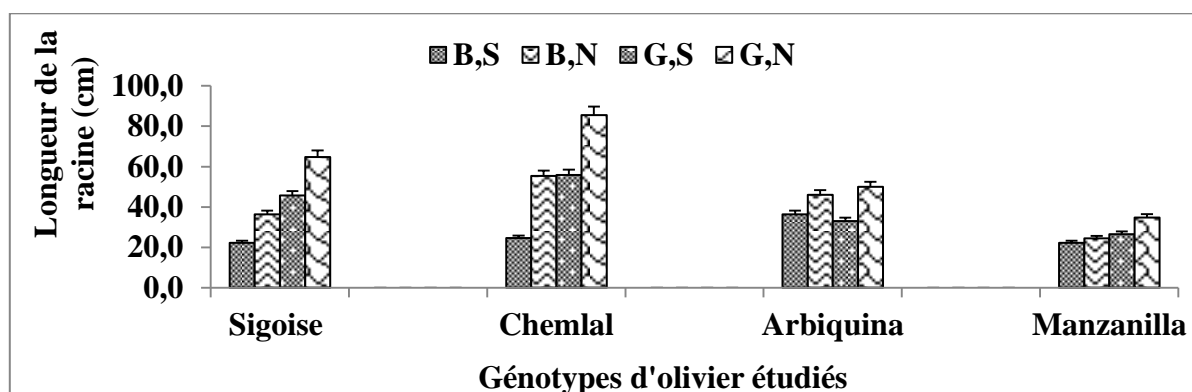


Figure 65 : Histogramme représentant la longueur des racines des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, la longueur de la racine moyenne est de 26 cm pour les boutures et de 60cm pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.l⁻¹, les valeurs sont respectivement 26 et 40 cm (Annexe Tab.42). En effet, la réduction de la longueur de la racine de l'ensemble des plants stressés étant de 14 cm pour les boutures et de 20 cm pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, de la longueur de la racine, moyenne des variétés locales a diminué de 23 et 9 cm pour les variétés introduites.

III. 2.3.2.2. Le volume racinaire : L'analyse de la variance du volume racinaire des plantes étudiées, (Tabl.43), démontre que ce paramètre est significativement dépendant de la variété (p=0%), du plant (p=0%) et du stress (p=0%) et des interactions variété/plant (p=0%) variété/stress (p=0,000) et variété/plant/stress (p=0,000), par ailleurs , il n'est pas influencé par l'interaction plant/stress (p=0,10).

Tableau 43: Analyse de la variance du volume de la racine après 72 semaines de stress

Variable	Effet variété (F1)	Effet plant (F2)	Effet stress (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
	P	P	P	P	P	P	P
Volume racine 2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,10	0,000	0,000

Les plantes stressées à 100 mM de NaCl (fig.50), montrent une diminution du volume de la racine par rapport aux témoins, après 72 semaines de stress, les valeurs moyennes des diminutions obtenues (fig.66) sont de 56 cm³ chez la Sigoise bouture, 34 cm³ chez Sigoise greffée, 164 cm³ chez Chemlal bouture, 43 cm³ chez Chemlal greffée, 56 cm³ chez Arbiquina bouture, 17 cm³ chez Arbiquina greffée, 106 cm³ chez Manzanilla bouture, 29 cm³ chez Manzanilla greffée.

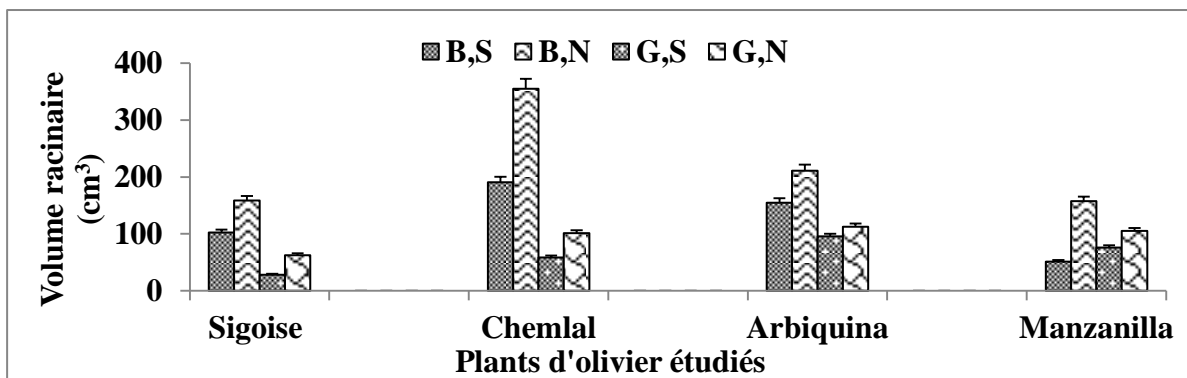


Figure 66 : Histogramme représentant le volume racinaire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin (BS :Bouture Stressée, BN: Bouture Témoin, GS: Greffée Stressée ; GN:Greffée Témoin).

En effet, en absence de salinité, le volume de la racine moyenne est de 221 cm³ pour les boutures et de 95 cm³ pour les plants greffés et chez les plantes traitées à 100mM.l⁻¹, les valeurs sont respectivement 125 et 65 cm (Annexe, Tab.44). En effet, la réduction du volume de la racine de l'ensemble des plants stressés étant de 96 cm³ pour les boutures et de 31 cm³ pour les plants greffés par rapport aux plants témoins. Par ailleurs, le volume racinaire, moyenne des variétés locales a diminué de 74 et 52 cm³ pour les variétés introduites.

Chapitre IV : Discussion

Chapitre IV : Discussion

En situation de stress, les plantes déploient des stratégies impliquant des mécanismes à différents niveaux, de la cellule à la plante, comme réponse visant à contourner et limiter les effets de ce stress. Toutefois, la diversité des effets du sel sur la plante offre une gamme importante de critères physiologiques, biochimiques et morphologiques, qui peuvent être à la base de test rapide pour une sélection à grande échelle.

Nous avons choisi deux variétés autochtones (Algériennes), les plus répandues « Sigoise et Chemlal » et deux variétés allochtones d'origine Espagnole, aussi très connues même en Algérie « Arbiquina et Manzanilla », sous deux modes de propagation, **en bouture herbacée**, qui est actuellement la technique la plus utilisée surtout en Espagne, pour multiplier, et diffuser, les variétés d'oliviers présentant un intérêt spécifique car elle permet d'obtenir un nombre important de plants sur une faible superficie et en un temps réduit et **greffé sur oléastre**, c'est la technique la plus utilisée en Algérie.

A cet effet, on a procédé à l'irrigation des jeunes plants d'olivier avec une eau saumâtre, (NaCl à une concentration de 100 mM.l⁻¹), durant une durée de 72 semaines. Cependant, on a évalué l'effet du sel à deux stades, une première évaluation après 20 semaines et une seconde en fin de la durée de stress et cela nous a permis de mettre en exergue certaines informations sur le comportement des variétés étudiées selon les deux durées d'irrigation à l'eau salée.

IV.1. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et le plant) et les paramètres physiologiques :

Ainsi, parmi les éléments essentiels à la vie de la plante, l'eau occupe une place de choix. Sans elle, toute forme de vie disparaît. L'état hydrique d'une plante peut être exprimé par sa teneur relative en eau (Mehani *et al*, 2012). Par ailleurs, la teneur relative en eau des feuilles est un critère d'évaluation de la tolérance au stress abiotique, du fait qu'elle indique l'état de turgescence des tissus de la plante et sa capacité de maintenir un niveau d'hydratation des tissus à même de garantir la continuité de son métabolisme (Monneveux *et al.*, 1997).

- **Concernant la Teneur Relative en Eau**, elle permet de décrire d'une manière globale le statut hydrique de la plante et d'évaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation et de maintenir une turgescence cellulaire (El djaafari, 2000).

D'autre part, la salinité est un phénomène complexe qui conduit souvent à un stress osmotique dû à la diminution des quantités d'eau disponible au niveau de la rhizosphère (Jagesh et al. ,2009), suite à la réduction de l'aptitude des plantes à absorber l'eau.

En effet, les résultats obtenus, démontrent que la TRE de tous les génotypes testés d'olivier, a connu une légère chute par rapport au témoin. Par ailleurs, on remarque qu'après la première durée, un classement dans l'ordre décroissant (Tab.45), la variété locale « Chemlal » a connu une diminution plus importante avec 25% de baisse pour les plants greffés et 20% pour les plants en bouture puis la variété " Sigoise" greffée avec 14% suivit de la variété "Manzanilla" en bouture et greffée avec respectivement 13% et 12% ensuite la variété "Sigoise" en bouture et enfin la variété "Arbiquina" greffée avec 8%. Ce qui est confirmé (Tab.46), par une légère sensibilité de ce paramètre avec le facteur variété ($r=0,273^*$), d'autre part aucun effet des autres facteurs de variation « sel ; $r=0,079$ et plant $r=0,095$ ».

Tableau 45: Réduction de la TRE des génotypes testés selon les deux durées de stress salin

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Sigoise	8,33 %	5,82%	14,38%	7,35%
Chemlal	19%	7,02%	24,63%	3%
Arbiquina	6,52	4,19	7,67	3,30
Manzanilla	12,61	15	11,54	16,82

T1= Temps 1= 20 semaines;

T2=Temps 2= 72 semaines

Par ailleurs, après les 72 semaines d'irrigation à l'eau saline, l'ordre de classement a changé et on enregistre dans l'ordre décroissant, la variété Espagnole Manzanilla affiche 17% chez les plants greffés sur oléastre, et 15% chez les plants issus de bouture suivi par les variété autochtone Sigoise en bouture et Arbiquina greffée 8% pour chacune, Sigoise greffée et Chemlal en bouture avec 7% pour les deux, Arbiquina bouture 4% et en dernier lieu Chemlal greffée et Arbiquina greffée avec 3% de chute par rapport à leurs témoins (Tab.45).

Ces résultats démontrent que la salinité influence ce paramètre qui diminue pour éviter les pertes d'eau. En effet, l'absorption d'eau est maintenue à un niveau suffisant pour éviter la déshydratation des tissus de la plante, pour établir le phénomène de succulence et pouvoir diluer le plus d'osmolytes possibles. (HASSANI *et al.*, 2008).

Tableau 46: Corrélation après 20 semaines de stress, à $p < 0,05$ des paramètres physio-biochimiques en fonction des facteurs étudiés (**stress salin, variété et le plant**)

	TRE	Chl.a	Chl.b	Carotène	Sucres solubles	Taux de Proline	Taux de Cire
Sel	-0,317*	-0,899***	-0,950***	-0,910***	0,764***	0,324*	0,413*
Plant	0,095	0,072	0,021	0,028	0,078	0,048	0,134
Variété	0,273*	0,156	0,092	0,170	0,159	0,128	0,231

Tableau 47 : Corrélation après 72 semaines de stress, à $p < 0,05$ des paramètres physio-biochimiques en fonction des facteurs étudiés (**stress salin, variété et le plant**)

	TRE	Chl.a	Chl.b	Carotène	Sucres solubles	Taux de Proline	Taux de Cire
Sel	-0,079	-0,235	0,015	-0,059	0,764***	0,473*	0,946***
Plant	0,037	-0,106	-0,123	-0,041	-0,078	-0,249	0,456*
Variété	0,131	-0,531**	-0,194	-0,179	0,207	0,407*	0,592**

L'état hydrique de la plante, exprimé par la teneur relative en eau, s'est montré légèrement sensible au traitement appliqué (100mM/l de NaCl) après 72 semaines de stress salin seulement avec $r = -0,317^*$, (Tab.47). En effet, l'application d'une eau saumâtre s'est traduite par un abaissement de la TRE mais qui a gardé une valeur élevée par rapport à d'autres plantes. (Bajji *et al.*, 2002) ont attribué ce phénomène à la capacité d'ajustement osmotique.

Chez les plantes tolérantes, les processus déclenchés par les premiers signaux impliquent des contrôles de la transcription activant les mécanismes de réponse au stress qui maintiennent ou rétablissent l'homéostasie, facilitent l'accumulation de l'eau, protègent le fonctionnement du chloroplaste et l'intégrité de la membrane cellulaire, (Vinocur *et Altman*, 2005).

En situation de stress intense et contrairement aux autres arbres fruitiers, l'olivier privilégie sa survie et non le développement de sa descendance car en deçà d'un potentiel hydrique foliaire de - 9 bars, l'olivier ralentit son activité photosynthétique ce qui pénalise la fructification et la croissance des pousses (**Xiloyannis et al., 1999**). Au potentiel hydrique foliaire de - 70 bars, l'olivier bloque totalement les échanges gazeux à travers ses **stomates**. Il faut préciser que la fermeture des stomates chez les autres espèces fruitières intervient pour des potentiels hydriques foliaires compris entre - 15 et - 25 bars. L'olivier est ainsi capable de diminuer fortement son activité photosynthétique, ce qui lui permet de réduire les pertes en eau par évapotranspiration.

- **Concernant la cuticule**, est une couche de substance extracellulaire, plus ou moins épaisse et plus ou moins imperméable qui recouvre les épidermes foliaires des plantes pour empêcher les pertes en eau vers l'atmosphère. La transpiration cuticulaire est moins importante que celle des stomates. D'après **Barrit et Schonherr (1990)**, la différence d'épaisseur de la cuticule engendre une transpiration 85 fois plus grande chez *Impatiens nolitragar* qui est une plante hygrophyte que chez le *Pinus silvestris* qui est une plante xérophyte.

Selon, **Fisher et Turner (1978)** et **Anderson et al., (1984)**, L'augmentation de l'épaisseur de la cuticule résulte d'un dépôt de cires qui réduit la transpiration et la température foliaire, sous l'intensité lumineuse et constitue la cuticule

Les cires sont des composés protecteurs hydrophobes présents sur la surface des plantes, constituant la cuticule qui est couche lipidique, plus a moins imperméable, sa fonction principale est d'empêcher les pertes d'eau. La transpiration est moins importante que celles des stomates (**Schnherr, 1976**).

Selon **Anderson et al., (1984)**, l'augmentation de l'épaisseur de la cuticule est un dépôt de cire qui diminuent la transpiration et la température foliaire sous les intensités lumineuses élevées, mais ne constitue pas le seul facteur de régulation de la perméabilité cuticulaire. L'âge de l'organe et les facteurs écologiques interviennent aussi.

Les facteurs génétiques et l'environnement conditionnent fortement la présence des cires à la surface des feuilles (**Levitt. 1980**). Selon **Anderson et al., (1998)**, la réduction de la transpiration dépend non seulement de la quantité totale des cires mais également de la structure de ces cires.

Cependant, tous les génotypes stressés sans exception ont montré une augmentation du dépôt de cire (Tab.48) dès la première durée de stress qui a connu le double après la seconde durée de stress salin pour certaines. En effet, nos résultats (Tab.42) montrent une forte corrélation entre le sel et le taux de cire, après 20 semaines de stress ($r=0,413^*$). De même pour le tableau **39**, après 72 semaines d'irrigation à l'eau salée, montre une très forte corrélation ($r = 0,946^{**}$) ; néanmoins après la seconde durée de stress ce paramètre « dépôt de cire est devenu aussi sensible à la variété ($r=0,592^{**}$) ainsi qu'au type de plant ($r=0,456^*$). Ce qui démontre que l'olivier en général et les variétés testées gardent une TRE élevée au niveau des feuilles en grande partie grâce à la cuticule qui s'est développée sous l'effet de l'irrigation avec l'eau salée à 100mM de NaCl. Par ailleurs; nos résultats sont conformes avec ceux de **Fisher et Turner, (1978)** et **Anderson et al ., (1984)** qui ont démontré que le déficit hydrique induit le dépôt de cire sur le limbe et la gaine de certaines variétés de céréales. Ce dépôt est d'autant plus marqué que l'environnement est plus sec. L'inflorescence des céréales est relativement protégée de l'évaporation par des surfaces protectrices comme une cuticule épaisse qui fait que le statut hydrique des inflorescences est meilleur que celui des feuilles (**Shepherd et Griffiths, 2006**).

Selon **Hopkins, 2003**, la transpiration devient plus importante dans le cas des feuilles à cuticule mince. D'après nos résultats les génotypes stressés ont eu des cuticules plus épaisses que ceux dans les conditions normales ce qui peut expliquer la résistance de nos plantes en gardant leurs feuilles après les dix-huit mois de stress Salin.

Pour **Bennaceur (1994)**, la transpiration est de 1/10 que celle des stomates chez le même genre, la plus grande résistance à la sécheresse est imputable à une plus faible transpiration cuticulaire. Par ailleurs, l'épaisseur de la cuticule réduit la transpiration, (**Fisher et Turner, 1978**).

La cuticule joue un rôle essentiel dans le contrôle des échanges hydriques entre la plante et le milieu extérieur autre que celui régulé par l'intermédiaire des stomates. Elle assure la fonction d'une barrière contre les pertes d'eau à travers la plante (**Kerstiens, 1996a**).

Des auteurs comme **Rieder et Schreiber, (2001)** ainsi que **Feakins et Sessions, (2010)**, spécifient que la cuticule des plantes supérieures est très importante et constitue une interface entre la plante et son environnement. Plusieurs auteurs dont **Bouzoubaâ et al, (2006)**, attribuent aux cires un grand rôle dans la préservation de la plante, les impliquant dans plusieurs paramètres adaptatifs de la plante à son environnement et les considèrent comme un critère de sélection des plantes tolérantes à la sécheresse.

Tableau 48: Augmentation du Taux de cire des génotypes testés en fonction des **deux durées de stress salin**

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Sigoise	0,72	2,14	1	1,87
Chemlal	0,72	1,92	0,82	1,82
Arbiquina	0,67	1,70	0,52	1,50
Manzanilla	0,49	1,40	0,65	1,45

T1= Temps 1= 20 semaines;

T2=Temps 2= 72 semaines

Les variations de l'augmentation du taux de cire au niveau des feuilles de l'olivier après les 72 semaines d'irrigation à l'eau saumâtre à 100mM/l de NaCl, (Tab. 48), révèlent que toutes les variétés testées ont montré une augmentation de ce paramètre qui représente le double de celui développé lors de la première durée de stress salin (20 semaines).

IV.2. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et type de plant) et les paramètres biochimiques :

- **Pigments chlorophylliens et activité photosynthétique :**

-L'activité photosynthétique des plantes implique de nombreuses étapes photochimiques et biochimiques, au cours de laquelle l'énergie lumineuse absorbée par les pigments photosynthétiques regroupés au sein des photosystèmes est transformée en énergie utilisable par la plante (**Havaux, 1993**).

Pour apprécier, l'effet de l'irrigation avec l'eau salée pendant une longue durée sur les pigments chlorophylliens des génotypes étudiés, on a procédé au dosage des chlorophylles "a" et "b" et pigments caroténoïdes des feuilles des variétés testées à deux stades de leur cycle de développement après 20 et après 72 semaines de stress salin.

- **Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes** des feuilles diminue, en général, sous les conditions de stress salin. 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**).

Par contre, **Wang et Nil (2000)** ont rapportés que ce taux de chlorophylle augmente sous les conditions de salinité chez *Amaranthus*. Néanmoins, chez la plante *Grevilea*, la protochlorophylle, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle et de la chlorophylle est plus importante que celle des caroténoïdes. Les pigments anthocyanines augmentent significativement dans ce cas de stress salin (**Kennedy et De Fillippis, 1999 in Parida et Das, 2005**). Le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité (**Parida et al., 2002**). **Agastian et al., (2000)** ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent à de fortes concentrations de salinité chez le mûrier.

Après les 20 semaines de stress, on remarque une nette corrélation négative entre le stress salin et les teneurs en chlorophylle "a" ($r = -0,899^{***}$), en chlorophylle "b" ($r = -0,950^{***}$) et en caroténoïdes ($r = -0,910^{***}$), (Tab.46). Par ailleurs, on n'enregistre aucune corrélation entre les trois paramètres et les facteurs de variation « variété et type de plant ».

Ainsi, des auteurs **Albert et Thornber (1977)**, **Bhardwaj et Singhal (1981)**, montrent que cette réduction est concomitante d'une diminution de la teneur en protéines thylacoïdales associées aux chlorophylles a et b. Ces auteurs considèrent que la réduction de la teneur en pigments chlorophylliens est peut-être due à la diminution de la synthèse des protéines ou à une activation de leur dégradation.

En revanche après les 72 semaines d'irrigation à l'eau salée à une concentration de 100mM/l de NaCl, cette relation est devenue très faible entre le facteur "sel" et les trois pigments étudiés ne sont pas significatives ($r = -0,235$ pour chlorophylle a, $r = -0,015$ pour chlorophylle b et pour caroténoïdes $r = -0,059$), (Tab.43). On remarque des diminutions très faibles par rapport à la première durée des génotypes stressés par rapport à leurs témoins. Cette faible baisse est remarquée plus chez les génotypes autochtones que chez les allochtones. Ce qui nous permet de dire que l'olivier et spécialement les génotypes étudiés ont réajusté leur activité photosynthétique (Tab.49, 50 et 51).

Tableau 49 : Réduction de la teneur en Chlorophylle "a" des géotypes testés en fonction des deux durées de stress salin

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Durée du stress				
Sigoise	5,53	0,73	3,91	0,92
Chemlal	7,63	0,44	2,59	0,14
Arbiquina	2,49	1,81	3,27	1,22
Manzanilla	3,15	2,11	5,14	1,68

T1= Temps 1= 20 semaines; T2=Temps 2= 72 semaines

Tableau 50: Réduction de la teneur en Chlorophylle "b" des géotypes testés en fonction des deux durées de stress salin

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Durée du stress				
Sigoise	4,39	4,09	4,60	4,38
Chemlal	5,92	4,82	4,72	3,64
Arbiquina	5,81	2,87	6,06	4,55
Manzanilla	3,48	2,31	4, 30	2,81

T1= Temps 1= 20 semaines; T2=Temps 2= 72 semaines

Tableau 51 : Réduction de la teneur en caroténoïdes des géotypes testés en fonction des deux durées de stress salin

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Durée du stress				
Sigoise	5,44	44,14	5,69	55,22
Chemlal	3,44	24,81	5,86	37,22
Arbiquina	2,49	21,63	6,22	41,72
Manzanilla	5,15	24,45	5,68	42,57

T1= Temps 1= 20 semaines; T2=Temps 2= 72 semaines

- **Accumulation des osmolytes :**

- **L'accumulation de sucres** est un phénomène supplémentaire révélateur de résistance aux conditions de stress salin, surtout les teneurs élevées en saccharose et en amidon dans les racines et les feuilles (Zid et Grignon, 1991).

L'augmentation considérable des teneurs en sucre est connue depuis longtemps, comme un phénomène de résistance chez les plantes soumises aux différents types de stress, tel que chez les arbres adultes d'Eucalyptus sous stress hydrique, (**Chunyang, (2003) et chez le céleri sous stress salin, (Noiraud et al., 2000).**

Dans notre étude, l'accumulation des sucres plus importante après 20 semaines d'irrigation à l'eau saumâtre par rapport à la seconde durée de stress salin, à l'exception de la variété Manzanilla en bouture et greffée sur oléastre et la variété Chemlal issue de bouture herbacée (Tab. 52).

Tableau 52 : Augmentation de la teneur en sucres solubles des génotypes testés pour les deux durées de stress salin

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Sigoise	13,74	6,18	12,47	6,97
Chemlal	3,10	14,32	10,41	7,86
Arbiquina	8,77	8,65	11,95	8,78
Manzanilla	6,66	13,57	6,62	14,77

T1= Temps 1= 20 semaines;

T2=Temps 2= 72 semaines

Il existe une corrélation (annexe, Tab ; 53) négative et hautement significative ($r = -0,994^{***}$) entre la teneur relative en eau et l'accumulation des sucres solubles actifs. Cette dernière semble contribuer au maintien de la teneur relative en eau, particulièrement élevée, des feuilles des plants d'arganier lors de la contrainte hydrique (**Bouzaâma et al., 2006**).

- L'accumulation proline: de nombreux travaux rapportent que la proline **s'accumule dans la plante lorsque la plante se trouve en conditions défavorables (Sivarama krishnan et al., 1988)** ce qui traduit le caractère de la résistance aux stress (**Greenway et Munns,1980**). Chez les plantes sensibles, la présence de cet acide aminé est par contre amoindrie (**Chen et al., 1995**). Selon **Feitosa et al., (2001), Meloni et al.,(2004)**, le rôle attribué à la proline dans la réponse des plantes aux stress reste parfois controversé : pour **Quien et al., (2001)**, son accumulation contribue à l'acquisition de cette résistance grâce au maintien de la turgescence cellulaire chez de nombreuses espèces, créé par l'ajustement osmotique dont la proline est responsable. Le mécanisme de l'accumulation de la proline permet de penser à la présence de sites de résistance de la plante à la contrainte.

En effet, la proline est l'un des acides aminés le plus accumulé lors d'un déficit hydrique chez plusieurs espèces, comme *Acacia cyanophylla* (Albouchi et al., 1997), *Picea mariana* (Tan et al., 1992), *Pseudotsuga menseisii* (Grieu et al., 1998), *Arapidopsis thaliana* (Kiyosue et al., 2001) et *Ziziphus mauritiana* (Clifford et al., 1998).

Chez les plantes tolérantes, les processus déclenchés par les premiers signaux impliquent des contrôles de la transcription activant les mécanismes de réponse au stress qui maintiennent ou rétablissent l'homéostasie, facilitent la rétention d'eau, protègent le chloroplaste et l'intégrité de la membrane cellulaire, (Vinocur et Altman, 2005).

En effet, après la première durée de stress salin, nos résultats révèlent une forte corrélation entre l'accumulation des osmolytes tels les sucres ($r=0,764^{***}$) et la proline ($r=0,323^*$), (Tab.46). Par ailleurs, ces résultats sont proportionnels après la seconde durée de stress est la corrélation est toujours forte pour les sucres avec ($r=0,764^{***}$) et la proline ($r=0,473^*$), (Tab.47). Par conséquent, on peut conclure que l'olivier en général et en particulier les génotypes étudiés font parties les plantes tolérantes au stress salin comme cela est confirmé par Hare et al., (2002).

IV. 3. Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et type de plant) et les paramètres biométriques :

Tableau 55 : Corrélation après les 20 semaines de stress, à $p<0,05$ entre les facteurs variété, type de plant, stress et les paramètres biométriques aériens et souterrains.

	Surface foliaire	longueur plante	densité stomatique	Longueur. Stomate	Largeur. Stomate
Sel	0,029	-0,232	-0,832***	-0,247	0,539**
Plant	0,287*	0,647**	0,091	0,129	0,106
Variété	0,504*	0,477*	0,118	0,053	0,266

Tableau 56 : Corrélation après les 72 semaines de stress, à $p<0,05$ entre les facteurs variété, type de plant stress et les paramètres biométriques aériens et souterrains

	Surface foliaire	longueur plante	densité stomatique	Longueur stomate	Largeur stomate	Longueur racine	Volume racine
Sel	0,532**	-0,313*	-0,905***	-0,382*	0,167	0,394*	0,377*
Plant	0,461*	0,637**	0,031	0,097	0,058	-0,411*	-0,446
Variété	0,361*	0,385*	0,005	0,201	-0,413*	0,496*	0,162

IV.3.1 Corrélations entre les facteurs de variation (stress salin, variété et type de plant) et les paramètres biométriques aériens :

-Concernant la Surface foliaire:

La réponse immédiate du stress salin est aussi exprimée par une réduction de la surface foliaire (**Wang et al., 2000**) et une diminution des matières fraîche et sèche au niveau des feuilles mais aussi au niveau des tiges et racines (**Dinar et al., 1999; Chartzoulakis, 2000; Hernandez et al., 2000**). La réduction de croissance végétative, exprimée par la réduction du nombre de feuilles ou par réduction de surface foliaire, représente généralement la première réponse des glycophytes exposées au stress salin (**Munns et al., 2006**).

Par ailleurs, la sénescence foliaire est un mécanisme qui intervient au niveau de la plante entière pour réduire des effets de stress. **Bensemmane et al., (2011)** trouvent des différences dans le rythme de sénescence de la feuille étendard.

La réduction de la surface foliaire est considérée par **Bidinger et al., (1989)**, comme une forme d'adaptation au stress salin car elle réduit les pertes en eau par transpiration mais elle provoque en parallèle une baisse des rendements suite à la réduction de la photosynthèse.

Après les 20 semaines de stress salin (Tab.55), il n'y a pas de corrélation significative entre la surface foliaire et l'excès de sel ($r=0,029$) mais la corrélation existe entre elle et le type de plant ($0,287^*$) et quand le stress salin a duré 72 semaines, elle est fortement significative ($0,504^{**}$) (Tab.56). De même que pour ce paramètre avec le stress salin ($r=0,532^{**}$), avec le type de plant ($r=0,461^*$) et avec la variété ($r=0,361^*$).

En effet, (Tab. 57.), durant la première durée de stress tous les génotypes stressés ont exprimé une réduction minime par rapport à leurs témoins. Par contre, après la seconde durée de stress, cette diminution a doublé. Par ailleurs,. En effet, la salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (**Parida et Das, 2005**).

Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que: la photosynthèse, la protéosynthèse, les métabolismes énergétiques sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire puis son inhibition avec l'intensification du stress. (**Parida et Das, 2005**).

Tableau 57: Réduction de la surface foliaire en cm² des géotypes testés en fonction des deux durées de stress salin

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Durée du stress				
Sigoise	1,3	3,0	0,7	2,4
Chemlal	1,0	2,7	1,4	2,3
Arbiquina	1,1	1,7	1,5	2,4
Manzanilla	0,4	3,0	1,0	0,8

T1= Temps 1= 20 semaines;

T2=Temps 2= 72 semaines

Concernant la densité et dimensions stomatiques:

Tableau 58 : Réduction de la densité stomatique des géotypes testés en fonction des deux durées de stress salin

Type de plant	En bouture		greffé sur oléastre	
	T1	T2	T1	T2
Durée du stress				
Sigoise	19	32	29	38
Chemlal	15	36	12	33
Arbiquina	16	33	14	37
Manzanilla	16	35	28	40

T1= Temps 1= 20 semaines;

T2=Temps 2= 72 semaines

Cependant, en ce qui concerne la densité et dimensions stomatiques, les résultats montrent d'une part en fonction de la durée de stress salin imposée, en effet, on enregistre, une forte dépendance au sel ; (après 20 semaines, $r=0,832^{***}$ et après les 72 semaines de salinité $r=0,905^{***}$) (Tab.55 et 56).

Par ailleurs, après la première durée de stress salin, la longueur des stomates n'a pas été influencée par les trois facteurs (stress salin, type de plant et la variété). En revanche la largeur des stomates a été fortement influencée par le sel ($r=0,539^{**}$) et elle n'a pas dépendue ni de la variété ni du type de plant.

En effet, après les 72 semaines d'irrigation à l'eau saumâtre, la longueur est corrélée avec le stress salin ($r=0,382^*$) et non dépendante des deux autres facteurs (type de plant et variété). En revanche la largeur a été corrélée avec la variété ($r=0,413^*$) et non dépendante du sel et du type de plant.

Conclusion générale

5. Conclusion générale

L'étude effectuée en conditions artificielles (sous serre) a montré que l'action du sel est d'autant plus marquée que la concentration saline est élevée. Par ailleurs, la résistance au sel est un caractère polygénique qui peut être contrôlé à différents niveaux de l'organisation, de la cellule à la plante entière. Par conséquent, la diversité des effets des sels sur les plantes offre un large éventail de critères physiologiques et morpho-biochimiques qui peuvent servir de base à des tests rapides pour une sélection à grande échelle.

Ainsi, parmi les principales réactions à la contrainte s'inscrit la réduction de la surface foliaire et celle de la densité stomatique. Cette modification favorise la protection de la feuille en limitant l'évaporation d'eau. En effet, les paramètres morpho-physiologiques de la feuille, retenus dans cette étude, démontrent qu'ils sont étroitement impliqués dans la régulation de l'état hydrique des tissus foliaires.

Néanmoins, les variations des niveaux de transpiration demeurent fortement influencées par une variabilité liée aux caractères morphologiques, physio-biochimiques et anatomiques de la plante en général et de la feuille, en particulier. Il est possible de retenir les points suivants :

✓ Une modification des caractères physiologiques de la plante qui s'avère plus nette en présence d'excès de sel d'où une réduction de la teneur relative en eau (TRE) qui n'a pas dépassé les 25% après les 20 semaines de stress salin et cette réduction n'a pas dépassé 15 %, pour la durée de stress a duré 72 semaines cette chute est d'une moyenne de 11% pour les variétés locales et de 10% pour les variétés étrangère, pour les deux durées de stress salin. Par ailleurs elle est d'une moyenne de 12% chez les plants en bouture et de 9% plants les plants greffés sur oléastre, après les 20 semaines d'irrigation à l'eau saumâtre et de 13% et 8% après la seconde durée de stress.

✓ D'autre part on a enregistré des dépôts de cire sur les feuilles qui s'est doublé après la seconde durée de stress salin, ainsi les taux d'augmentation sont de l'ordre de deux fois (2), celle déposée lors de la première durée chez les génotypes Algériens et une fois et demi 1,5 chez les génotypes Espagnoles , ce qui nous permet de déduire que l'olivier et spécialement les génotypes étudiés ont modifié leur stratégie pour s'adapter aux conditions imposées.

✓ Le comportement biochimique des génotypes stressés à 100mM/l de Na Cl, révèle une accumulation des osmolytes comme les sucres solubles accumulés au sein de la cellule végétale peut être une conséquence de deux phénomènes :

- D'une part, de l'effet de la déshydratation cellulaire suite à une perte d'eau engendrée par la contrainte hydrique (accumulation passive).
 - D'autre part, par l'accumulation active suite aux modifications des voies métaboliques induites par cette même contrainte qui amène à l'installation d'un mécanisme de tolérance à savoir l'ajustement osmotique.
- ✓ D'autre part, les génotypes étudiés ont enregistré une accumulation de proline d'une moyenne de 9% chez les plants d'origine autochtone et 6% chez ceux d'origine allochtone après la première durée de stress et après la seconde durée ces augmentations sont de l'ordre de 56% chez les génotypes d'origine Algérienne et de 26% chez ceux d'origine Espagnole. la proline représente l'une des manifestations les plus remarquables des stress hydrique et salin. Son rôle d'osmoticum a été rapporté par de nombreux auteurs. L'accumulation de la proline, induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires:
- Stimulation de sa synthèse,
 - Inhibition de son oxydation
 - Et/ou altération de la biosynthèse des protéines
- ✓ Cependant, la synthèse des protéines, associée avec le catabolisme des sucres, pourrait jouer un rôle majeur dans la mobilisation de l'énergie métabolique requise durant le stress pour une compartimentation ionique et synthèse des osmolytes.
- ✓ De même, les plantes d'origine locale et greffés sur oléastre réagissent vis à vis de l'accumulation du sel dans le substrat par une augmentation des teneurs en sucres et en proline, et un dépôt de cire à l'échelle des tissus foliaires supérieurs par rapport aux plants d'origine introduites et issus de bouture, cette différence de comportement physio-biochimique montre que les génotypes Algériens et greffés sur oléastre sont plus adaptés à la contrainte saline que les génotypes Espagnoles et issus de bouture herbacée.
- ✓ En effet, les pigments chlorophylliens ont connu une réduction moins importante après 72 semaines que celle obtenue après la première durée (20 semaines), d'irrigation à l'eau salée à 100mM de NaCl /l, ce qui permet de conclure que les génotypes étudiés en condition stressante en sel de longue durée, ont enregistré un ré-établissement de leur activité photosynthétique.
- ✓ La teneur en chlorophylle a et b varie en s'abaissant sous le régime salin imposé, si bien que la chlorophylle "a" reste toutefois supérieur aux autres pigments. on enregistre des réductions de 5% chez les génotypes des deux origines locale et étrangère.

A l'exception d'une chute remarquable de la teneur en caroténoïdes d'une moyenne de 40% chez la Sigoise et la Chemlal et de 33% chez l'Arbiquina et la Manzanilla.

✓ L'application d'une eau saumâtre s'est traduite par un abaissement de la TRE, mais relativement élevée par rapport à d'autres plantes dans la même situation. Ce contrôle de l'hydratation révèle une bonne aptitude d'ajustement du potentiel osmotique chez l'olivier en général et spécialement chez les variétés étudiées. A cet effet, on peut déduire que les variétés d'oliviers étudiés ont gardés une TRE élevée en présence de stress salin et ont retrouvé une activité photosynthétique suffisante, ce qui indique que cette plante est de **type 'stay green'** qui conserve des feuilles vertes et photo-synthétiquement actives permettant d'avoir des rendements raisonnables, même en présence de contraintes abiotiques.

✓ La surface foliaire est affectée par le sel et tous les génotypes réagissent au stress salin par la réduction de cette surface, en effet la réduction moyenne de 1cm^2 pour les génotypes autochtones et allochtones durant la première durée de stress et de 2,5 pour les variétés Algériennes et de 2cm^2 pour les variétés Espagnoles, après les 72 semaines de stress salin par rapport à leurs témoins.

✓ Par ailleurs, l'étude des rapports de réduction de la surface foliaire et de la densité stomatique démontre une diminution relative montrant qu'une réduction de la surface foliaire, limite la transpiration. Ces transformations permettant ainsi à la feuille de conserver une hydratation lui favorisant un fonctionnement physiologique optimal,

✓ . Pour répondre à la contrainte saline, les deux types de plants (greffés et non greffés) ont réagi par une diminution de la TRE. Cette diminution est accompagnée par une fermeture des stomates pour limiter les pertes d'eau par transpiration.

Néanmoins, cette fermeture des stomates a diminué les échanges gazeux entre la feuille et le milieu environnant d'où une baisse du rendement et par voie de conséquence une chute de l'activité photosynthétique et de la capacité catalytique de la carboxylation.

En effet, sous climat aride et en situation de stress ionique, accompagné de stress osmotique, la plante doit maintenir un équilibre dynamique entre l'ouverture et la fermeture des stomates, pour accroître la fixation du carbone et pour permettre la transpiration, évitant ainsi, l'échauffement de la plante. En régions méditerranéennes, la sécheresse physiologique (due à l'excès de salinité) est souvent chronique ; il en résulte une diminution de la photosynthèse.

Il ressort de cette étude que les variétés étudiées, greffées sur Oléastre ou issues de bouture herbacée et soumis à l'effet de la salinité ont développé une cuticule épaisse par rapport à celles dans les conditions normales, diminuant ainsi la transpiration des feuilles. Ce caractère peut expliquer la résistance de l'olivier en général et plus spécialement les génotypes étudiés en gardant leurs feuilles toute la durée du stress appliqué. La persistance des feuilles de l'olivier est à la base de la survie de cet arbre dans les habitats arides.

Enfin, d'après les résultats rapportés dans cette étude, il en ressort que l'olivier est une plante résistante à la salinité qui est une caractéristique des zones arides et semi-aride. Cet arbre constitue une alternative prometteuse pour améliorer la productivité des terres marginalisées par l'eau saumâtre. L'origine génétique, la rusticité, l'adaptation de l'olivier (en bouture ou greffé sur oléastre) aux conditions d'aridité et sa spécificité aux régions méditerranéennes, lui donne la capacité de constituer un moyen de lutte contre la désertification et la salinisation des sols.

Perspectives

Premièrement, à partir des études menées au niveau du département des sciences de la nature et de la vie et discutées ci-dessus, nous pouvons conclure que pour réduire les effets du stress salin, il est indispensable d'adopter une approche intégrée (génétique et agronomique).

Deuxièmement, cette approche doit cibler le développement du matériel génétique ayant la capacité, en conditions stressantes, d'emmener les photosynthétats des feuilles vers les fruits et d'avoir des taux de remplissage élevés

Troisièmement, Sélectionner des caractères pouvant apporter des éléments supplémentaires susceptibles d'expliquer les mécanismes de tolérance aux stress abiotiques et notamment la contrainte saline;

Quatrièmement, Par ailleurs, en plus de l'amélioration génotypique, il faut procéder éventuellement à l'amélioration des sols salés en intervenant sur leurs propriétés physico-chimiques ainsi qu'une bonne gestion de l'irrigation et de l'utilisation des eaux saumâtres.

Remarque : Cette étude va être compléer par:

L'étude du comportement anatomique des feuilles, des tiges et des racines, sous l'effet du stress salin.

L'étude comportement nutritionnel en azote, en phosphore et en calcium des feuilles et des racines sous l'effet de la salinité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A Abdelguerfi A. , (2003) : “Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l’utilisation durable de la biodiversité importante pour l’agriculture” Rapport de synthèse – le ministère de l’environnement et du développement durable: la République Tunisienne: 2009 “4eme Rapport National sur la diversité”.P. 29, 34.

📖 **Abdel Latef, A.A., (2010):** Change of anti-oxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. Cereal; Res. Comm. P. 38, 43–5.

📖 **Agastian P., Kingsley S.J., Vivekanandan M., 2000.** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica, 38: 287–290.

📖 **Albert R S and Thornber J P. (1977):** Water stress effect on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplast. Plant Physiology 59: 351-353.

📖 **Albouchi A, Ghrir R. El Aouni. MH (1997):** Endurcissement à la sécheresse et accumulation de glucides solubles et d’acides aminés libres dans les phyllodes d’Acacia cyanophylla Lindl. Ann Sci For 1997 ; 54 : 155-68.

📖 **Alem C., Amri A., (2005) :** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l’orge. Biology and Biotechnology, 4. 1: 20-31.

📖 **ALLAOUI A. (2006) :** Étude comparative de la tolérance de trois porte-greffes d’agrumes à la salinité, *Institut agronomique et vétérinaire HASSAN II, Mémoire de troisième cycle, 144p.*

📖 **Anderson W.H. ; Gellerman J.I. ; and Schlenk H. (1984) :** Effect of drought on phytol wax esters in phaseolus leaves, phytotechnology 23 : p. 2695-2696 ;

📖 **Arbaoui M., Benkhelifa M., Belkhodja M. (2000):** Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. Option méditerranéenne. Pp.267-270.

B Bajji. M., Kinet.J-M. and Lutts. (2002): Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae) Canadian Journal of Botany, Vol.80, Nb 3, pp. 297-304.

📖 **Barritt B. H., Schonberg B. J. (1990):** Cultivar and canopy position effects on seasonal development of vegetative spurs of apple. HortScience 25, 628-631.

- 📖 **Bartels.D and Sunkar. R., (2005):** Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24:23–58, 2005
- 📖 **Belaj A, Munoz-Diez C, Baldoni L, Satovic Z, Barranco D (2010)** Genetic diversity and relationships of wild and cultivated olives at regional level in Spain. *Scientia Horticulturae* 124: 323–330.
- 📖 **Belkhodja M. & M.Benkablia., (2000) :** Proline response of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Egypt. J. of Agric. Res.*, 78,(1), p.185-195.
- 📖 **Belkhodja M et Y.Bidai., (2004).** Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. *Revue Sécheresse*, N°4, vol.15, 331-335.
- 📖 **Bendarradji L, Hadji N, Kellou K, Benniou R et Brini F. (2016)** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpho physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre. *Revue Agriculteur*, N°1 :278-286
- 📖 **Benhayoun G. et Lazzeri, Y. (2007) :** L'olivier en Méditerranée, du symbole à l'économie, Editions Le Harmattan, Paris. p; 27-37.
- 📖 **Benjamin Lisan, (2016) :** Planter en conditions arides et salines (désertiques et/ou sahariennes) V. 2.2 ; p. 44 et 45 ;
- 📖 **Benkhalel L., A.M Gomez , M.Honrubia & A.Oihabi., (2003):** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. *Agronomie*, 23, p.553-560
- 📖 **Benaceur, M, Rahmoun, C., H. Sdiri, M. Medahi, M. Selmi, (2001) :** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Secheresse*, 12 (3): 167-174.
- 📖 **Bensemmane L., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, H. Mimouni. (2011) :** Assessment of the phenotypic variation within two- and six-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.) breeding lines grown under semi-arid conditions. *Advanced environmental Biology*, 5: 1454-1460.
- 📖 **Besnard G, Breton C, Baradat P, Khadari B, Bervillé A., (2001) :** Cultivar identification in the olive (*Olea europaea* L.) based on RAPDS. *J Amer Hort Science*. 2001b; 126:668-75.

C Carrion.Y.Ntinou M., Badal E. (2010) : *Olea europaea* L. in North Mediterranean Bassin during the pleniglacial and the early-Middle Holocene. *Quaternary Science Review*, 29, 952-968.

📖 **Chaouia A. (2003)** : Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante à l'agriculture. Cas des plantations arboricoles. *ProjetvALG/97/G31 PNUD*, Alger, 22-23/01/2003, 60p.

📖 **Chartzoulakis, A. Patakas, A.M. Bosabalidist (2000)**: Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars, *Environ. Exp. Bot.* 42 113–120.

📖 **Chen H., D.Kuang & J.Wang., (1995)**: Studies on selection and characterisation of a stress tolerant sugarcane cell line. *Chin.J.Biotechnol.*, 11, 2, p.93–99.

📖 **Chunyang L, Kaiyun W (2003)** : Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. *Uni of Helsinki. Finland. Forest Ecology and Management* 179: 377 – 385.

📖 **Clarcke. J and MC Caig,T.,(1982)**:. Excised leaf water retention capability as an indicator drought resistance of *Triticum*. *Can.J. of Plant Science*, 62 571-578.

📖 **Clifford SC, Arndt SK, Corlett JE, (1998)** : The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lam). *Journal of Experimental Botany* 1 ; 49 : 967-77.

📖 **Cuevas, J. and V.S. Polito. (1997)**. Compatibility relationships in 'Manzanillo' olive. *Hort Science* 32: 1056-1058.

📖 **Conseil International Oléicole, (2011)** : «Statistiques oléicoles internationale». In web : <http://www.internationaloliveoil.org>

📖 **Conseil Oléicole International, (2007)**: Techniques de production en oléiculture

D Dinar A., Ebert H.M. & Lüdders G., (1999) : Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. *Gartenbau Wiss.*, 64, 54-59.

📖 **Dutuit P., Pourrat Y., Dutuit J.M., (1994)** : La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sècheresse*, 5. 1: 23-31.

E El Djaafari S., (2000) : Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: Defining physiological traits and criteria. *Option Mediterranean*, 40 : 251- 256.

📖 Elmsehli, S., (2009) : Les plantes et la perception des changements environnementaux. *Compte rendu de la session 4 : Biotic and abiotic stresses. 8ème Colloque National de la SFBV, Strasbourg, France*, pp. 20-25.

📖 Estan M.T. ; Martinez-Rodriguez M.M. ; Perez-Alfocea F. ; Flowers T.J. ; Bolarin M.C. ; (2005) : Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the concentration of sodium and chloride to the shoot. *J ; Exp Bot* 56 : p : 703-712 .

F Falistocco E. and N. Tosti. (1996) : Cytogenetic investigation in *Olea europaea* L. *J. Genet. Breed.* 50: 235-238.

📖 Feakins S.J. et Sessions A.L (2010). Controls on the D/H ratios of plant leaf waxes in arid ecosystem. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74 (2010) 2128-2141

📖 Feitosa LC., J.Cambraia, MA.OlivoCano & HA. Ruiz.,2001. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes under NaCl stress. *Braz.J.Plant. Physiol* , 13,270284.

📖 Fisher, R.A., Turner, N.C., (1978). Plant productivity, in arid and semi arid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29, 897–912.

G Garrec JP, Richardin I, Le Maout L, Rose C, Gérard B, Mathieu Y (1989) : Etude du pH et du pouvoir tampon des aiguilles de sapins (*Abies alba* L) et d'épicéas (*Picea abies* L) dépérissants. *Application en symptomatologie?* *Ann Sci For* 46, 55-69

📖 Gate, P.,(1995) : *Ecophysiologie du blé*. Ed . Lavoisier , PARIS ; tech. et doc. , pp 244-245 (429 Pages)

📖 Ghassemi, F., Jakeman, A.J., Nix, H.A., 1995. *Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies*. Wallingford, Oxon, UK.

📖 Green P. S. and Wickens G. E. (1989) : *The Olea europaea complex*. The Davis & Hedge *Festschrift*, ed. Kit an. Edinburgh University press, pp. 287-299.

📖 Greenway H., and Munns R., (1980) : Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31 (1980) 149-190.

📖 **Grieu P, Aussenac G, Larcher F. (1998) :** Sècheresse édaphique et concentrations en quelques soutes organiques des tissus foliaire et racinaire de trois espèces de conifères : *Cedrus atlantica* Mannetti. *Pseutsuga macrocarpa* (Torr) Mayr. *Pseutsuga menziesii* (Mirb) Franco. *Ann Sci For*; 45 : 311-22

📖 **Guignard et Dupont, (2004) :** Botanique systématique moléculaire. 13éme Eds. Masson. Paris. France. 164-179p.

HHamza M. (1967) - Contribution à l'étude de la tolérance de l'olivier à l'asphyxie et à la salure. Service pédologique - Tunis, ES 35.

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

📖 **Hare PD, Cress WA, Staden V (2002) :** Dissection the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell and Environment*; 21 : 535-53.

📖 **Hassani A, Dellal A, Belkhodja M, et Kaid – Harch M, (2009).** Effet de la Salinite sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research*; Vol.23 No.1 ; pp.61-69.

📖 **Havaux, M. (1993):** La fluorescence de la chlorophylle in vivo: quelques concepts appliqués à l'étude de la résistance de la photosynthèse aux contraintes de l'environnement. Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne, Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier (France), 15-17 Décembre 1992. INRA (Ed), Paris (Les colloques, N° 64).

📖 **Hernandez. J.A., A.Jimenez., P. Mullineaux And F. sevilla., (2000) :** Tolerance of pea (*pisum sativum L.*) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant Cell Environ.*, 23 : 853-253.


📖 **Hopkins W. G.,(2003).** Physiologie végétale. 2éme édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476.

📖 **Hare PD, Cress WA, Staden V. (1998) :** Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell and Environment* ; 21 : 535-53.


📖 **Hernandez., J.A., A.Jimenez., P. Mullineaux and Sevilla (2000) :** Tolerance of pea (*pisum sativum L.*) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant Cell Environ* 23 ;253- 853.


I ITAFV : Brochure ITAFV. Projet CFC/IOOC/04. Les sous-produits de l'olivier et la fertilisation des cultures fruitières et de la vigne.


J Jabnoue m., (2008) : adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.


 **Jagesh K. ; Tiwari Anilabh D. ; Munshi Ravinder Kumar ; Raghu N .Pandey. Ajay arora ; jayant Bhat S. ; Amish Kumae Sureja.(2009)** : Effect of salt stress on cucumber : Na⁺/K⁺ ration, osmolyte concentration, phenols and chlorophyll content acta physiol plant 32 :103-114 DOI 10 1007/S 11738- 009-0385-1.

K Kao R. K., Jaiswal W., Kolch., Landreth G.E., (2001). Identification of the mechanisms regulating the differential activation of the mapk cascade by epidermal growth factor and nerve growth factor in pc12 cells. J. Biol. Chem, 276: 18169–18177.


 **Kennedy, B.F. and De Fillippis, L.F. (1999)**: Physiological and oxidative response to NaCl of the salt tolerant *Grevillea ilicifolia* and the salt sensitive *Grevillea arenaria*. J. Plant Physiol., 155: 746-754.

 **Khaldoun, A., Chéry, J. and Monneveux, P., (1990)** : Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Agronomie 10: 369-379.

 **Kiyosue T, Yoshiba Y. Yamaguchi – Shinozaki K, K. Shinozaki. (2001)** : A nuclear gene encoding mitochondrial proline dehydrogenase, an enzyme involved in proline metabolism, is upregulated by proline but downregulated by dehydration in Arabidopsis. The Plant Cell ; 8 : 13 ,23-35

 **Kurban H.H., Saneoka K., Nehira R., Adila G.S., Premachandra and K. Fujita., 1999.** Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant alhagi pseudoalhagi (bieb.). Soil Sci. Plant Nutr, 45: 851–862

L Laajimi A. et Thabet B., (2006) : L'huile d'olive : un produit méditerranéen à valoriser davantage, CIHEAM, Note d'Alerte, n°29, juin

 **Laval-Jeantet, (1976) M.** Interactions humaine. Path Biol ; 24: 213-225.

📖 **Leport. L., 1992.** Accumulation de proline associée aux contraintes environnementales et à la floraison chez le colza (*Brassica napus* L). Thèse D'état. 156 p. Rennes,

📖 **Levitt J., (1980):**. Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York, 2: 365- 406.

📖 **Lewington A et Parker E. (1999)** Ancient trees. Trees that live for a thousand years.(Collins & Brown, London).

📖 **Loussert R, Brousse G (1978) :** L'olivier. Systématique et classification botanique. G.P. Maisonneuve et La rose, Paris.

M **Maillard, J., (2001):** Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandation. Handicap International. Nov. 34 p.

📖 **Marschner H., Kirkbly E.A. et Cakmak (1996) :** Effect of nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. J. Exp. Bot. 47 ; 1255-1263.

📖 **Mehani, M., Bissati, S., Djeroudi, Q. (2012).** Effet de l'eau de mer sur deux paramètres hydriques de jeunes plants d'*Atriplex canescens*. J. Mater. Environ. Sci., 5, 840-845.

📖 **Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A., 2004.** Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr, 24: 599-612.

📖 **Mermoud A., (2006) :** cours de physique du sol : maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne. P,23

📖 **Mezni,M, Albouchi, E. Bizid et M.Hamza.,(2002).** Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*).Agro. 22,283–291.

📖 **Minelli S., Maggini F., Gelati, M.T., Angiolillo A. and P.G. Cionini. 2000.** The chromosome complement of *Olea europaea* L.: characterization by differential staining of the chromatin and *in situ* hybridization of highly repeated DNA sequences. Chrom Res. 8:615-619.

📖 **Mitsuya, S., Takeoka, Y. and Miyake, H. (2000)** Effect of sodium chloride on foliar ultrastructure of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) plantlets grown under dark conditions *in vitro*. J. Plant physiol. 157 ; 661-667.

📖 **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.

📖 **Monneveux P and D. Thys. (1997).** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse: espoirs et difficultés. *Cahiers Sécheresse*, 8 (1): 29-37.

📖 **Mouhouche B. et Boulassal M. (2006):** Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinization des sols en zones arides. *Recherche agronomique*, 4: p 15-23

📖 **Munns, R., A.J.Richard, A. Lauchli (2006):** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 5, pp. 1025–1043,

📖 **Munns R. et Tester, (2008):.** Mechanisms of Salinity Tolerance; *The Annual Review of Plant Biology* Annu. Rev. Plant Biol. 59:651–81.

N **Noiraud N., Delrot S. AND Lemoin R. (2000) :** The sucrose transporter of celery .Identification and expression during salt stress 1.Plant physiol .Volum 122 ,Pp 1447-1456.

P **Paquin R.,(1986) :** Effet de l'humidité du sol sur la teneur en proline libre et des sucres totaux de la luzerne endurcie au froid et à la sécheresse. *Can.J.Plant Science*,66,p.95-101.

📖 **Parida A.K.and AB.Das. (2005).** Salt tolerance and salinity effects on plants: *A.Rev.Ecotoxicol. nviron. Safety*, 60-324-349.

📖 **Prestamburgo M., (1988) :** "La demande mondiale d'huile d'olive", in Allaya M. (ed.), *L'économie de l'olivier*, CIHEAM, Paris.

Q **Quien YL., S.J. Wilhelm & K.B. Marcum., 2001.** Comparative Responses of Two Kentucky Bluegrass Cultivars to Salinity Stress. *Crop Science*, 41,p.18951900.

R **Rekika D. (1997).** Identification des caractères physiologiques liés au rendement en condition de sécheresse chez le blé dur. Thèse Doctorat, ENSA Montpellier, 102p.

📖 **Richards, J.A., (2009) :** Remote sensing with imaging radar. Germany. Springer séries on signal and communication technology. 352pages.

📖 **Richards RA, Passioura JB (1981)** Seminal root morphology and water use of wheat. II. Genetic variation. *Crop Sci* 21, 253-255.

📖 **Rieder, M. et Schreiber, L. (2001) :** Protecting against water loss : analysis of the barrier properties of plant cuticles : J. Exp. Bot. (52) : 2023-2032.

📖 **ROSELT/OSS, (2005) :** Observatoire des Hautes plaines steppiques, Bilan final du projet Roselt /OSS (2002-2005), USTHB-CRSTRA, 115 p.

📖 **Rozema, J., Flowers, T., 2008.** Crops for a salinized world. Science 322, 1478–1480

📖 **Rubio de Casas R, Bernad G., Schenswetter P., Balguer L Vargas p. (2006) :** Extensive gene flow blurs phylogeographic but not phylogenetic signal in *Olea europaea* L. Theoretical and Applied Genetics 113 ;575-583.

📖 **Rush D.W. et Epstein, E. (1981) :** Comparative studies on sodium, potassium and chloride of a wild halophytic and a domestic Salt-sensitive tomato species. J. Plant Physiol, 68 (1981) 1308-1313.

📖 **Rugini E & Fedeli E (1996)** Olive (*Olea europaea* L.) as an oilseed crop. In: Bajaj YPS (ed) Biotechnology in Agriculture and Forestry, Legumes and Oil Seed Crops, Vol 10 (pp 593–641).

S **Sala A, Tenhunen JD. (1996) :** Simulation of net canopy photosynthesis and transpiration in *Quercus ilex* L. under the influence of seasonal drought. Agricultural and Forest Meteorology 78: 203-222.

📖 **Schonherr j. (1976) :** Water permeability of cuticular membranes. In « Water and plant life » p : 148-159. Edit. O. L. LANGE ; L. KAPPEN and E. D. SCHULZE. Seasonal variations on water relations of *Amygdalus communis* L. Under drip irrigated and non irrigated conditions. Plant and soil, 106, 215 – 220.

📖 **Scippa G., Di Michel M., Onelli E., Patrignani G., Chiatante D., and Bray E. (2004) :** The histone-like protein H1-S and the response of tomato leaves to water deficit. J. Exp. Bot. 55 : 99-109.


📖 **Shepherd T., et Griffiths D. W., (2006):** The effects of stress on plant cuticular waxes. New Phytol., 171: 469–499.


📖 **Sivaramakrishnan S., V.Pattel, G.Flower and LG. Paleg., (1988) :** Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid season drought stress. Plant Physiol.,74,p.418426.

📖 **Spennemann, D. H. R. and L.R. Allen. 2000.** Feral olives (*Olea europaea*) as future woody weeds in Australia: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture. 40 (6):889-901.


T Tan W, Blake TJ, Boyle TJB. (1992) : Drought tolerance in faster –and lower-growing black spruce (*Picea mariana*) progenies. II. Osmotic adjustment and changes of soluble carbohydrates and amino acids under stress. *Plant Physiol*; 85 : 645-51.

le message indique 1996


 Tava A , Cunico C, Cremona R and E. Piccinini, 1996: *Isomeric composition of the ester fraction from epicuticular waxes of Festuca arundinacea Schreb; Journal of High Resolution Chromatography. Vol 19, Issue 1 (First published: January 1996)*

 Troll.W. and Lindsley.J.,1955. A photometric method for the determination of proline; *J.Biochem*: 655-660.

V Villemur P., Musho U. S., Delmas J. M., Maamar M and Ouksili A. (1984) : Contribution à l'étude de la biologie florale de l'olivier (*Olea europaea* L.): stérilité mâle, flux polliniqu


 Vinocur, B., A. Altman. (2005) : Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Curr Opi Biotech.*, 16: 123-132.

W 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.

 Weimberg R.,(1987) : solutes adjustments in leave of two species of wheat at two different stages of growth in response of salinity. *Physiol.Plant*,70,p.381388.

X Xiloyannis, C., Dichio, B., Nuzzo, V., Celano, G., 1999. Defence strategies of olive against water stress. *Acta Hort*, 474. pp. 423-426.

Z Zhu J.-K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* Volume 53, pp 247–273.

 Zid E., GRIGNON C., 1991: Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon Libbey Eurotext, Paris: 91- 108.

DOCUMENTATION ÉLECTRONIQUE

- WWW. AFIDOL
 - <http://www.afidol.org/content/view/4/8>
- Domaine olivier
 - [http://www.domainedesoliviers.fr/symbolique-fleurs-arbres.htm\(11/16\)](http://www.domainedesoliviers.fr/symbolique-fleurs-arbres.htm(11/16))
- WWW.healthychristianliving.com
 - [http://www.healthychristianliving.com/olive leaf extract](http://www.healthychristianliving.com/olive%20leaf%20extract)
- WWW.krauterweiten.de/olive.htm
 - <http://www.krauterweisheiten.de/olive.htm>
- Olives.ch.
 - [http://www.olives.ch/Pages/Histoire01.htm\(04/17\)](http://www.olives.ch/Pages/Histoire01.htm(04/17))
 - http://home.kpn.nl/lilian_schreurs/oman/Woodlands.htm
- www.paris-nord-sftg.com
 - <http://www.paris-nord-sftg.com/cr.osteoporose.htm>
- www.rexresearch.com
 - [www.rexresearch.com./articles/oliveleaf.htm](http://www.rexresearch.com/articles/oliveleaf.htm)
- NCBI Taxonomy : Olea europaea L.
 - [http://www.ncbi.nlm.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?lin=s&p=has](http://www.ncbi.nlm.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?lin=s&p=has&lin_kout&id=4146) lin
kout&id=4146.
- www.oca.eu
 - <http://www.oca.eu/adoca/olivier.html.botanique>

Annexes

Annexes

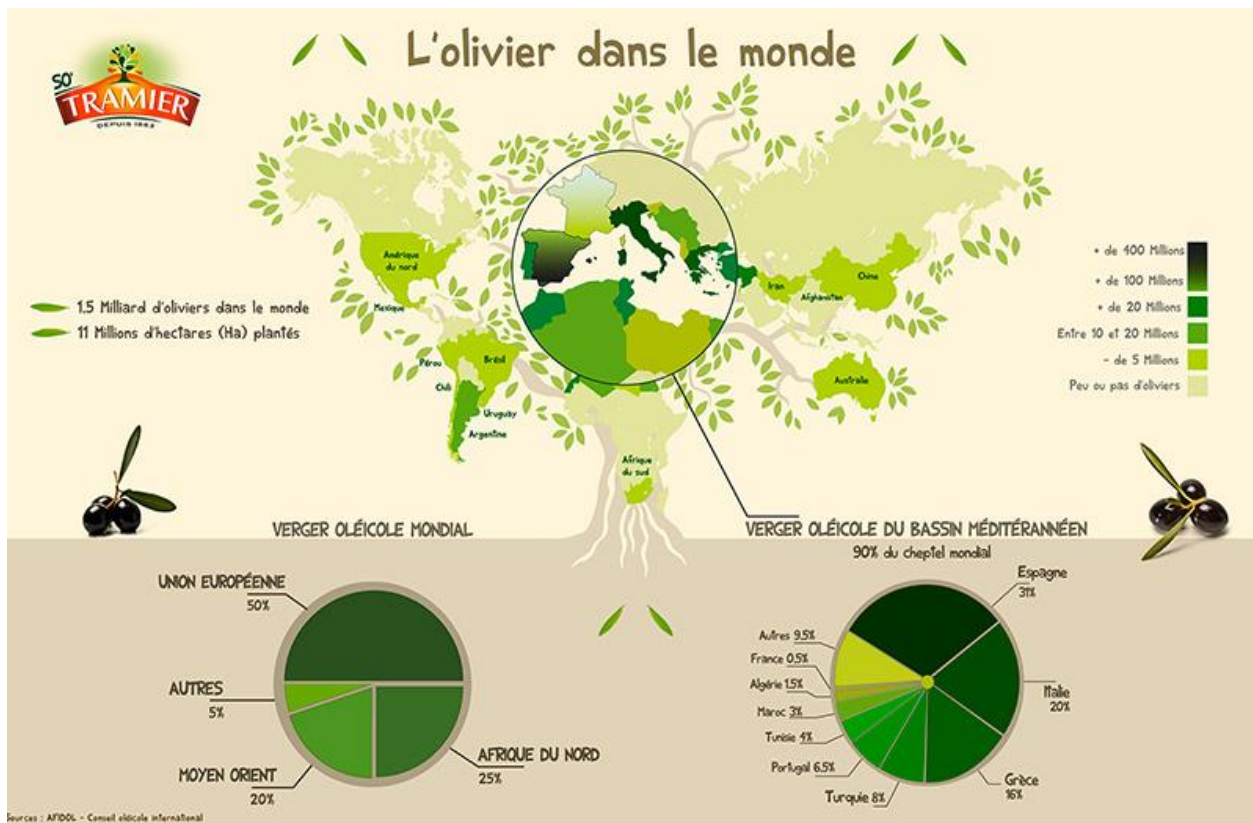


Figure 03 : Répartition de l'olivier dans le monde (<https://www.google.com/search>).



Figure 07 : régénération de jeunes pousses de plants d'oléastre (chemlal) après le semis des noyaux.



Figure 08 : Oléastre en plein champ



Figure 09 : Greffage sur oléastre sur site



Figure 10; Plants d'olivier après greffage sur oléastre sur site.



Figure 11 : obtention de plant à racines nues



Figure 12 : noyaux d'oléastre semis en sac.



Figure 13 : Plant issu de greffage de la pourette remportée ou de noyaux semis en sac.



Figure 15 Vue d'ensemble d'une serre de nébulisation et de la serre de durcissement.



(a)



(b)

Figure 16 : a : choix ; b : confection des futures boutures herbacées



(b)



(b)

Figure 17 : (a) : trempage de La base des boutures dans acide Indol butyrique ;

(b) : Les boutures traitées à l'hormone sont placées sur des tablettes à multiplication



(a)

(b)

Figure 19 : (a) : les boutures sont racinées; (b) : mise en pot des boutures racinées

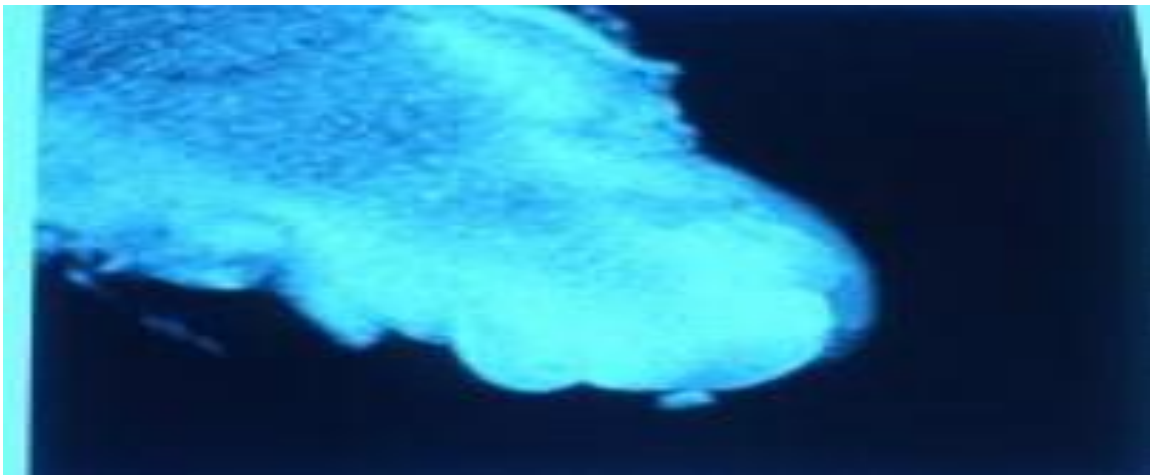


Figure 20 : méristème sous la loupe



Figure 21 : Re- transplantation



Figure 22 : transplantation de jeune plant issu de culture de cellules mristématiques



Figure 23 : Plant source



Figure 24: Enracinement de jeunes plants



Figure 25 : Acclimatation

Tableau 02: Résultats de la TRE des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	TRE (%) Bouture		TRE (%) Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	51,44	59,78	41,18	55,56
Chemlal	30,77	50,00	38,10	40,91
Arbiquina	50,00	56,52	35,71	43,39
Manzanilla	28,57	41,18	38,46	50,00

Tableau 04: Le taux de cire des géotypes d'olivier testés après 20 semaines de stress salin

Variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	2,24	1,52	2,31	1,31
Chemlal	2,25	1,55	2,22	1,42
Arbiquina	1,88	1,21	1,75	1,23
Manzanilla	1,84	1,35	1,79	1,14

Tableau 06 : Teneur en sucres solubles des variétés d'olivier testées après 20 semaines de stress salin (en mg/g de M.F)

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	22,57	8,83	21,19	8,72
Chemlal	14,28	11,18	20,84	10,43
Arbiquina	20,14	11,37	21,92	9,96
Manzanilla	11,89	5,23	14,00	7,38

Tableau 08 : La teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	23,92	17,16	33,41	22,36
Chemlal	26,26	20,67	28,73	17,68
Arbiquina	23,40	19,76	17,68	15,34
Manzanilla	27,56	12,48	22,36	18,85

Tableau 10 : Résultats obtenus de la teneur en chlorophylle a, des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	0,63	1,19	2,28	2,51
Chemlal	2,59	5,22	2,24	4,83
Arbiquina	1,20	3,01	1,64	4,91
Manzanilla	1,12	2,33	1,14	2,59

Tableau 11 : Résultats de la teneur en chlorophylle b, des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	3,74	8,12	3,71	8,31
Chemlal	3,08	9,00	3,11	7,81
Arbiquina	3,41	9,23	4,04	10,10
Manzanilla	6,63	10,12	7,21	11,51

Tableau 12 : Résultats de la teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	2,32	5,60	3,03	6,35
Chemlal	4,94	8,30	3,09	7,78
Arbiquina	4,43	7,44	3,08	6,45
Manzanilla	3,23	6,99	3,85	7,72

Tableau 14 : Résultats obtenus de la surface foliaire (cm²) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	6,00	7,20	5,4	6,1
Chemlal	4,9	5,9	5,5	6,9
Arbiquina	3,8	4,9	4,2	5,8
Manzanilla	2,6	3,0	4,1	5,1

Tableau 16 : Résultats obtenus de la densité stomatique (stomates/cm²) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	22	40	15	44
Chemlal	23	37	17	29
Arbiquina	24	40	27	42
Manzanilla	14	30	18	46

Tableau 17 : Résultats de la longueur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	14,69	20,28	18,46	17,97
Chemlal	18,36	17,94	16,25	20,25
Arbiquina	17,65	20,77	22,30	24,73
Manzanilla	19,01	23,47	15,34	19,37

Tableau 18 : Résultats de la largeur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	6,24	12,51	7,57	7,93
Chemlal	5,14	12,19	9,43	10,99
Arbiquina	9,33	10,66	8,16	12,22
Manzanilla	11,25	13,88	12,35	11,60

Tableau 20 : Résultats obtenus de la longueur de la plante (cm) des variétés d'olivier étudiées après 20 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	63,75	86,5	85,75	115,5
Chemlal	60,75	60	127	137
Arbiquina	55,25	81,5	89	116,25
Manzanilla	42	47,5	79	83,25

Tableau 22 : Résultats obtenus de la teneur relative en eau des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	57,14	62,96	57,48	64,84
Chemlal	66,00	73,02	52,55	77,18
Arbiquina	52,54	56,73	40,00	43,30
Manzanilla	40,93	55,93	44,06	60,88

Tableau 24 : Résultats du taux de cire des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

Variété	Taux de cire (%) Bouture		Taux de cire (%) Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	3,63	1,48	3,64	1,77
Chemlal	3,51	1,59	3,48	1,66
Arbiquina	2,99	1,29	2,88	1,38
Manzanilla	3,24	1,24	3,32	1,87

Tableau 26 : Résultats obtenus de la teneur en sucres solubles des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	28,75	22,57	28,17	21,19
Chemlal	28,60	14,28	28,70	20,84
Arbiquina	28,80	20,14	28,75	19,96
Manzanilla	28,80	15,23	28,77	14,00

Tableau 28 : Résultats obtenus de la teneur en proline des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	97,24	28,36	75,14	26,90
Chemlal	69,03	27,36	91,91	28,99
Arbiquina	50,44	27,68	62,53	25,30
Manzanilla	55,38	29,23	48,49	29,60

Tableau 30 : Résultats obtenus de la teneur en chlorophylle a, des variétés d'olivier étudiées après 70 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	3,68	9,12	3,99	9,68
Chemlal	7,72	11,15	4,75	10,61
Arbiquina	8,80	11,30	5,46	11,68
Manzanilla	7,70	12,85	8,00	13,68

Tableau 31 : Résultats obtenus de la teneur en chlorophylle b, des variétés d'olivier étudiées après 70 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	2,03	6,12	1,49	5,87
Chemlal	5,30	10,14	4,24	7,70
Arbiquina	3,40	6,28	3,14	7,68
Manzanilla	4,76	7,07	4,48	7,29

Tableau 32 : Résultats de la teneur en caroténoïdes des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	11,68	55,83	10,40	63,62
Chemlal	37,09	61,90	36,29	73,51
Arbiquina	27,24	48,86	27,30	69,03
Manzanilla	23,66	48,11	29,37	71,94

Tableau 34 : Résultats obtenus de la surface foliaire (cm²) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	4,6	7,6	4,6	7,0
Chemlal	7,9	10,6	11,0	13,3
Arbiquina	3,6	5,3	6,2	8,7
Manzanilla	3,7	6,6	4,2	5,0

Tableau 36 : Résultats obtenus de la densité stomatique (stomates/cm²) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	13	45	10	47
Chemlal	15	51	10	42
Arbiquina	17	49	13	50
Manzanilla	12	47	12	52

Tableau 37 : Résultats de la longueur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	18,04	20,29	18,45	19,05
Chemlal	17,83	18,29	17,17	20,26
Arbiquina	17,73	20,35	19,53	22,46
Manzanilla	20,13	21,26	16,08	18,89

Tableau 38 : Résultats de la largeur stomatique (µm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	7,82	14,24	7,98	8,77
Chemlal	7,19	10,21	9,87	10,87
Arbiquina	9,66	10,66	13,73	16,62
Manzanilla	11,84	12,81	11,15	11,89

Tableau 40 : Résultats obtenus de la longueur de la plante (cm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	67,05	125,5	89	128
Chemlal	67,75	70,75	140,25	138,5
Arbiquina	59,05	92,75	98,75	129
Manzanilla	48,25	58,75	86,5	88,25

Tableau 42 : Résultats obtenus de la longueur racinaire (cm) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	45,6	64,7	22,3	30,3
Chemlal	55,8	86,5	24,6	55,3
Arbiquina	33	50	36,4	40
Manzanilla	24,4	22,3	26,5	34,8

Tableau 44 : Résultats obtenus du volume racinaire (cm³) des variétés d'olivier étudiées après 72 semaines de stress salin

variété	Bouture		Greffé	
	stressé	Témoin	stressé	Témoin
Sigoise	102,25	158,75	28,25	62,5
Chemlal	190,75	335	58,75	101,5
Arbiquina	155	211,25	95,5	112,5
Manzanilla	51,5	157,5	76	105,25

Tableau 53 : Corrélation après 72 semaines de stress, à p<0,05 des paramètres physio-biochimiques en fonction des facteurs étudiés (**stress salin, variété et le plant**)

	variété	plant	stress	TRE	sucres	proline
variété	1.000					
plant	-0.189	1.000				
stress	0.000	0.000	1.000			
TRE	-0.273	-0.095	-0.079	1.000		
Sucres	-0.159	-0.078	-0.764***	-0.994***	1.000	
proline	-0.128	0.048	-0.324	0.188	0.362*	1.000

Abstract

In this study, we were interested in the evaluation of the morph-physiological and biochemical foliar responses of olive seedlings from cuttings and other Olestra grafts which are locally sourced and introduced under an irrigation regime. With salt water at 100mM NaCl/l. The analysis of their behavior was carried out in two periods: the first after 20 weeks of salt stress and the second after 72 weeks of stress and this in order to compare their resistance levels "in the short and long term".

The first stress duration induced, physiologically, a reduction of the RWC not exceeding 25%, and a wax deposition on the leaves, accompanied by a biochemical behavior which resulted in a significant accumulation of soluble sugars by compared to that of proline and a drop in the synthesis of chlorophyll pigments. In addition, there has also been a reduction in aerial biometric parameters such as reduced leaf area and stomatal density, the consequence of which is the reduction of transpiration. These transformations thus make it possible for the sheet to maintain a hydration that promotes optimal physiological functioning.

The second duration of 72 weeks of brackish water irrigation at 100mM NaCl / l resulted in a recovery of RWC, photosynthetic activity and a reduction which doubled compared to the first duration of stress. Concerning the biometric parameters above and below ground. Nevertheless, local varieties of olive trees seem better adapted to certain difficult living conditions compared to non-native (Spanish) varieties. Overall, the contribution of foliar and root morphological parameters is remarkable within the tolerance and adaptation strategies, particularly in the preservation of the water status of the plant. Similarly, for the physiological and biochemical parameters that promote osmoregulation allowing the plant to increase its suction capacity to absorb mineral nutrients useful for its metabolism and plant production.

The results obtained allowed us to deduce that the olive tree is a salinity-resistant plant that is a characteristic of the arid and semi-arid zones. This tree is a promising alternative to improve the productivity of marginal lands by brackish water. The genetic origin, the hardiness, the adaptation of the olive tree (in cuttings or grafted on oleaster) to the conditions of aridity and its specificity to the Mediterranean regions, gives it the capacity to constitute a means of fight against the desertification and the soil salinization.

Key words: Olive, salinity, allochthonous, autochthonous, osmolytes, Cutular , RWC, chlorophyll, leaf area, root.

ملخص

في هذه الدراسة ، قمنا بتقييم الاستجابات الورقية المورفولوجية الفيزيولوجية والبيوكيميائية لشتلات الزيتون من العقل العشبي و المطعمة علي الزبوج التي هي من أصل محلي والتي أدخلت تحت نظام الري. بالماء المالح يحتوي على تركيز 100 ميليمول لكل لتر كلوريد الصوديوم (100mMoles/INaCl). تم تنفيذ تحليل سلوكهم في فترتين: الأولى بعد 20 أسبوع من إجهاد الملح والثانية بعد 72 أسبوع من الإجهاد وهذا من أجل مقارنة مستويات مقاومتهم "على المدى القصير والطويل".

مدة الإجهاد الأولى المستحثة ، من الناحية الفسيولوجية ، انخفاض في RWC لا تتجاوز 25 % ، وترسب الشمع على الأوراق ، مصحوبة بسلوك بيوكيميائي أدى إلى تراكم كبير للسكريات القابلة للذوبان بواسطة مقارنة مع البرولين وانخفاض في تركيب أصباغ الكلوروفيل. بالإضافة إلى ذلك ، كان هناك أيضا انخفاض في المعلمات البيومترية الجوية مثل انخفاض مساحة ورقة والكثافة الطيفية ، ونتيجة لذلك هو الحد من النتج. هذه التحولات تجعل من الممكن للصحية الحفاظ على الترطيب الذي يعزز الأداء الفسيولوجي الأمثل.

أدت المدة الثانية من 72 أسبوعًا من الري في المياه المائلة للملوحة عند 100 مل مولار / لتر إلى استرداد RWC ونشاط التمثيل الضوئي والتخفيض الذي تضاعف مقارنة بالفترة الأولى من الإجهاد. بشأن المعلمات البيومترية فوق وتحت الأرض.

ومع ذلك ، يبدو أن الأنواع المحلية من أشجار الزيتون تتكيف بشكل أفضل مع ظروف معيشية صعبة مقارنة بالأصناف غير الأصلية (الإسبانية). وعموما ، فإن مساهمة المعلمات المورفولوجية للجذور و رقي الجذور في إطار استراتيجيات التسامح والتكيف ، لا سيما في الحفاظ على الحالة المائية للمصنع. وبالمثل ، بالنسبة للمعايير الفسيولوجية والكيميائية الحيوية التي تعزز التنظيم العضوي للسماح للنبات بزيادة قدرته على امتصاص العناصر الغذائية المعدنية المفيدة لعملية التمثيل الغذائي والإنتاج النباتي.

سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها من استنتاج أن شجرة الزيتون هي نبات مقاوم للملوحة التي تميز المناطق القاحلة وشبه القاحلة. هذه الشجرة هي بديل واعد لتحسين إنتاجية الأراضي الهامشية بالمياه المالحة. الأصل الجيني ، الصلابة ، تكيف شجرة الزيتون (في العقل أو المطعمة على الزيتون) إلى ظروف الجفاف وخصوبياتها في مناطق البحر الأبيض المتوسط ، يمنحها القدرة على تشكيل وسيلة لمكافحة التصحر و تملح التربة.

، الأجنبية ، الأوصولايت ، طبقة الشمع الكلوروفيل ، **الكلمات المفتاحية:** الزيتون ، الإجهاد الملحي ، المحلية

منطقة

Résumé

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'évaluation des réponses morpho-physiologique et biochimiques foliaires de jeunes plants d'olivier issus de boutures et d'autres greffés sur Oléastre qui sont d'origine locale et introduites sous un régime d'irrigation avec une eau salée à 100mM de NaCl. L'analyse de leur comportement s'est effectuée en deux périodes: la première après 20 semaines de stress salin et la seconde après 72 semaines de stress et cela dans le but de comparer leurs degrés de résistance « à court et à long terme ».

La première durée de stress a induit, physiologiquement, une réduction de la TRE ne dépassant pas les 25%, et un dépôt de cire sur les feuilles, accompagnée d'un comportement biochimique qui s'est traduit par une accumulation importante en sucres solubles par rapport à celle de la proline et une chute de la synthèse des pigments chlorophylliens. Par ailleurs, on a constaté aussi, une réduction des paramètres biométriques aériens tels que la réduction de la surface foliaire et de la densité stomatique dont la conséquence est la réduction de la transpiration. Ces transformations permettent ainsi, à la feuille, de conserver une hydratation lui favorisant un fonctionnement physiologique optimal.

La seconde durée de 72 semaines d'irrigation à l'eau saumâtre à 100mM de NaCl/l, s'est traduite par un redressement de TRE, de l'activité photosynthétique et une réduction qui a doublé par rapport à la première durée de stress concernant les paramètres biométriques aériens et souterrains. Néanmoins, les variétés locales d'oliviers semblent mieux adaptées à certaines conditions de vie difficiles par rapport aux variétés allochtones (espagnoles).

Globalement, la contribution des paramètres morphologiques foliaires et racinaires est remarquable au sein des stratégies de tolérance et d'adaptation en particulier dans la préservation de l'état hydrique de la plante. De même, pour les paramètres physiologiques et biochimiques qui favorisent l'osmorégulation permettant à la plante d'augmenter sa capacité de succion afin d'absorber les nutriments minéraux utiles à son métabolisme et sa production végétale.

Les résultats obtenus nous ont permis de déduire, que l'olivier est une plante résistante à la salinité qui est une caractéristique des zones arides et semi-aride. Cet arbre constitue une alternative prometteuse pour améliorer la productivité des terres marginalisées par l'eau saumâtre. L'origine génétique, la rusticité, l'adaptation de l'olivier (en bouture ou greffé sur oléastre) aux conditions d'aridité et sa spécificité aux régions méditerranéennes, lui donne la capacité de constituer un moyen de lutte contre la désertification et la salinisation des sols.

Mots clés : Olivier, salinité, allochtones, autochtones, osmolytes, cuticule, TRE, chlorophylle, surface foliaire, racine.

Foliar behavior of olive trees (*Olea europaea* L.) grafted and cut under the effect of salt stress

Gharabi Dhia¹, Hellal Benchaben², Hassani Abdelkrim¹

¹Laboratory of Agrobiotechnology and Nutrition in Dry Areas. Ibn Khaldoun University
Tiaret, Algeria.

Corresponding author E-mail: karim_hassani2002@yahoo.fr

E-mail: gharabidhia@yahoo.fr

²Laboratory of Geomatics and Sustainable Development. Ibn Khaldoun University
Tiaret, Algeria. E-mail: hellal_b@yahoo.com

Submitted: 02.01.2018. Accepted: 16.02.2018

Olive (*Olea europaea* L.) is an important perennial crop in many agricultural regions of the Mediterranean countries but it is planted, often in salty soils. In this context, the objective of this work is to determine the effect of salinity on the morpho-physiological behavior of young olive plants in cuttings and grafted plants, including two local varieties (Chemlal and Sigoise) and two introduced varieties (Manzanilla and Arbiquina). The experiment was conducted in a laboratory and greenhouse with a well-controlled condition. The experiment was arranged in a completely randomized design of two factors (salinity and varieties) with four replications and two treatments. Not treated plants (without NaCl application) were utilized as control. The plant material (young 2-year-old olive seedlings) was selected and brought from a crop nursery. The experimentation started by the irrigation of the control plant with a nutrient solution. About the salinity treatment, the tree seedlings received a nutrient solution fortified by the addition of 100mM of NaCl. Four repetitions are being done according to the field capacity. The study covered the variation of the relative water content in leaves as well as the leaf surface, stomata density, stomatal size and the wax rate on the upper foliar epidermis. According to the achieved results, the RWC leaf area and stomatal density of the treated plants decreased compared to the control. On the other hand, the wax level increases in the case of salt stress compared to the control, both for the grafted plants and for the plants not grafted.

Key words: salt stress; olive-tree; RWC; stomatal density; wax rate; varieties

Introduction

The olive tree constitutes an economic and food source for the autochthonous inhabitants. The development of olive growing in Algeria was the subject of an extensive program to plant one million hectares of land in olive groves. Thus, new decisions are taken to improve the management of olive growing by extending it to land where intensification of production is possible. Olive (*Olea europaea* L.) is an important perennial crop in many agricultural regions of the Mediterranean countries. By adaptation to arid conditions, it has a positive impact on the environment and the economy of the region (Besnard et al., 2002). It contributes to reducing the soil erosion and the loss of the fertile soil (Álvarez et al., 2007). Otherwise, the recorded salinization of the arid and semi-arid ecosystems is the result of a high evaporation of water from the ground and insufficient and irregular rainfall (Mezni et al., 2002; Munns et al., 2006). This salinization stems also from an inadequately controlled irrigation (Bennaceur et al., 2001). Salinity and drought additionally have been shown to affect plant growth, protein accumulation (Zhu, 2001). Therefore, osmotic potential provides a better measure of the effect of salt on plant growth (Ben-Gal et al., 2009) and microbial activity (Chowdhury et al., 2011; Setia and Marschner, 2012) than the EC of a soil extract. The accumulation of salts in the root zone has adverse effects on plant growth (Belkhodja et Bidai, 2004). It is due to the low osmotic potential of the soil solution resulting in decreased availability of water to plants, but also due to the ion imbalance and ion toxicity (Pages et al., 2000; Lindsay et al., 2004; Bartels et Sunkar, 2005). Therefore, it must to understand the mechanisms developed by plants to adapt to changing environmental conditions to maintain their growth and productivity (Szabolcs, 1994; Trinchant et al., 2004). Indeed, according to the salinity in the media, glycophytes are exposed to changes in their morpho-physiological (Bennaceur et al., 2001) and

biochemical behavior (Grennan, 2006). So, the plants must modify their growth and development to suit the prevailing environmental conditions.

Indeed, given the salt constraint, activity and morphology of the leaves play a role in plant resistance to stress. According to Garg et al. (2002), Moinuddin et al. (2005) and Hassani et al. (2008), the plant expressed itself by maintaining turgor by reducing transpiration. Therefore, this experiment was conducted to examine the influence of NaCl or the effect of salinity on morpho-physiology of the leaf for four varieties of olive trees derived from cuttings or grafted including two local varieties (Chemlal and Sigoise) and two introduced varieties (Manzanilla and Arbequina). The analysis focused on changes in the relative water content of leaves, area, density of stomata, rate of wax and the internal structure. The induction of salt stress is achieved by adding a NaCl to the nutrient solution

Materials and methods

The Experimental Device

The plantlets used in the experiment were 18-month-old obtained by cutting rooted under nebulization (crop nursery). The olive plants were placed into a vinyl polychloride (VPC) cylinders (sixty centimeters long and twenty centimeters diameter) filled with a mixture of soil made by sand, soil₆ and an organic matter at proportions of four volumes from sand / one volume from soil / one volume from manure or an organic matter. The experiment was conducted in a greenhouse in the Ibn Khaldoun University of Tiaret (Algeria) with a daytime temperature of 18°C and nocturnal of 10°C, the relative humidity of the air was 70% and the photoperiod of 10-12 h.

The three factors experiment was laid out in Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications (four blocks) were set up to study the different parameters that demonstrate the physiological effects of salt water on the olive plants tested. The experiment is carried out on four varieties, two of which are to produce table olives (Sigoise and Manzanilla) and two for olive oil production (Chemlal and Arbequina). The cuttings of the local varieties (Sigoise and Chemlal) come from Algiers and the introduced plants (Manzanilla and Arbequina) come from Spain.

The induction of the salt stress of the four varieties was achieved by adding NaCl to the nutrient solution. Each plantlet received a standardized and a balanced nutrient solution as Hoagland and Arnon (1938). Treated plants were watered with the nutrient solution and twice a week with 300ml of 100 mM NaCl solution. Control plants received only the nutrient solution. Analyzes and measurements were done after twelve (12) weeks of saline stress

The relative water content (RWC). It was determined by method of Barrs and Weatherley, (1962) according by the formula of Clarck and McCaig (1982) and used by Rascio et al. (1988).

After excising the leaf, the initial fresh weight (ifw) was determined. Then, the leaf introduced into a test tube containing of distilled water. The unit is placed at the darkness at 4 °C for 12 hours. The leaves were weighed again (weight in full turgidity, wft). The dry weight (dw) is obtained by drying in the oven during 48 hours at 80 °C. The relative content water of the leaves is estimated by the equation:

$$\text{RWC (\%)} = [\text{ifw} - \text{dw} / \text{wft} - \text{dw}] \times 100 \%$$

The leaf area. The leaf area is directly measured by electronic planimeter LICOR-3000A (Cheverry, 1995) with a resolution of 1 mm².

The Wax Rate. The excised sheet at its base is introduced into a washed and weighed test tube (P1) to which chloroform is added to extract the wax. The test tube with the wax and the chloroform is dried in an oven for 24 h at 45 °C and then weighed (P2). The wax ratio is determined according to the formula:

$$\text{Wax Rate in mg.cm}^{-2} = \text{P2-P1} / \text{SF}$$

Density and size of the stomata. The stomata density, according to the method of Dohman *et al.* (1991) adopted by Denden and Lemeur (1999). The stomata density is evaluated on the lower and the upper surface in the central portion of the penultimate leaf that was dusted off and, after removing the epidermal hairs by applying an adhesive tape, thin layer of a clear nail varnish was applied. After two minutes, the varnish layer is removed with the stomata print by using another diaphanous adhesive tape, then spreading it on the microscope slide which has been beforehand washed and dried, and we observed it using an optical microscope to determine the number and the size of the stomata (length and width). The measurements are carried out using a ZEISS type microscope (with microscope and OPTIKA photo tube).

The structure of the leaf. Operated on limiting the water loss were assessed by performing an anatomic cut of the leaves and the histological study was carried out by the method of (Martoja et Martoja, 1968). Fragments with a length of two centimeters taken from young leaves were placed in a fixative based on alcohol, and formalin, and acetic acid for twenty-four hours. Then the samples were washed and dehydrated with increasing doses of the ethanol (70° and 100°). We went ahead with an impregnation of the samples: toluene then paraffin-toluene (V/V) during four hours at 60°C before including them in a pure and warm paraffin. The use of the microtome (type LEICA RM 2145) allowed to obtain lices of 12 µm thicknesses. They placed on to a slide in gelatin water then colored, fixed and using a microscope with an ocular micrometer ZEISS type.

Statistical Analysis. The obtained data were processed with *Statistica* 12.0, by analyzing the variance and the correlation matrix. The analysis of variance and the means were compared to the Tukey test at 5% probability level.

Results and discussion

The relative water content.

Table 1. Analysis of the variance of the Relative Water Content (RWC) and the leaf area of stressed and unstressed olive trees.

Variable	Variety effect (F1)	Plant effect (F2)	Stress effect (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
RWC	0.026	0.221	0.630	0.573	0.855	0.763	0.098
Leaf area	0.007	0.074	0.462	0.132	0.726	0.942	0.588

Our statistical results are significant for the varietal effect on the relative water content and nonsignificant for the effect of the plant type (the bit error rate threshold of 5%). Indeed, it shows that after six weeks of treatment with 100 mM.l⁻¹ of NaCl, most of the genotypes studied did not show a significant decrease in the relative water content. The reduction of the RWC of all the tested plants fluctuates between 1% and 2% compared to the control (Fig. 1a).

Thus, the varieties of olive trees studied (local and introduced) have retained a high RWC in the presence of salt stress, indicating that the olive tree is of the "stay green" type. The olive tree retains green leaves and photosynthetically active allowing having reasonable yields even in the presence of abiotic stresses. However, a high content can be found in local varieties of olive trees compared to introduced varieties. For the local plants treated with 100 mM NaCl and in absence of salinity, the sheet exhibited a RWC of 70% and 60% respectively for Chemlal and Sigoise, and 50% on average for the introduced varieties.

The leaf area

The same effect (Table 1) is observed when analyzing the variance of the leaf area. statistical calculations appear to be significant for the varietal effect on the leaf area and not significant for the effect of the plant type under the saline treatment effect and the various interactions at the 5% error threshold. Saline stress affects the leaf area slightly (p = 7.4%). Indeed, the foliar area recorded in the control plants is 49.34 cm² and then it drops to 27.19 cm² for the leaves of the plants treated with 100 mM.l⁻¹ NaCl, (Fig. 1b). Except for the effect of the plant type, the impact of salinity is very highly significant on the stomatal density (p=0%), as well as the varietal effect and the various interactions, particularly at leaf level of the plants in 100 mM.l⁻¹NaCl, (Table 2).

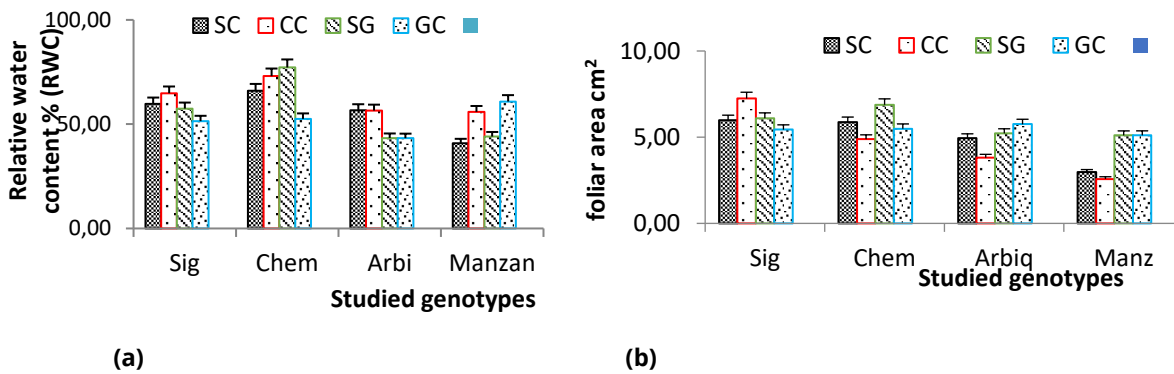


Figure 1. Relative water content (RWC) (a) and the leaf area (cm²) (b) as measured from the penultimate leaf of the studied plantlets (SC: Stressed Cut, CC: Cutting Control, SG: Stressed Graft, GC: Grafted Control).

The wax rate.

Table 2. Analysis of the variance of the wax rate of the stressed and unstressed olives genotypes.

Variable	Variety effect (F1)	Plant effect (F2)	Stress effect (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
The wax rate	0.012**	0.000***	0.000***	0.000	0.000	0.001	0.004**

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05; insignificant: p>0.05

The analysis of wax variance shows a very highly significant influence for all factors tested at p<0.05, the varietal effect on stomatal density, "plant type" effect, Saline treatment effect and plant genotype-type interactions, genotype-stress, genotype-treatment and genotype-type plant-treatment (Table 2). The histograms displayed in Fig. 3a show that all the genotypes studied (local and introduced) developed a cuticle by the deposition of wax.

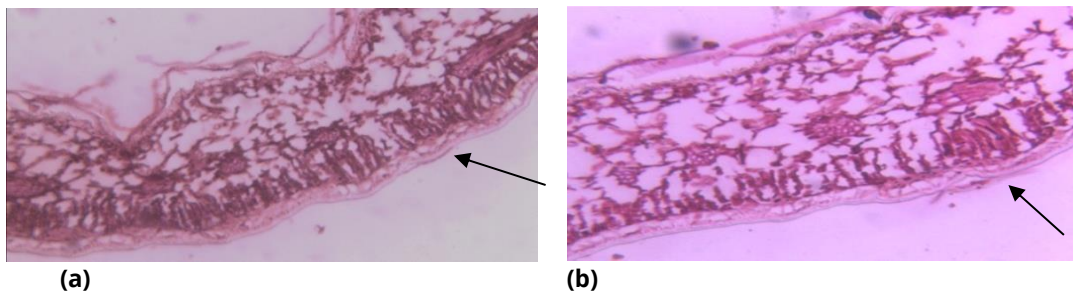


Figure 2. The foliar cuticle in olive tree "Sigoise" BS: Stressed Cut (a) and Stressed Graft (b) (photo by Gharabi, Hassani, 2015)

In addition, Hopkins, (2003), have established the relationship between transpiration and stomatal resistance in *Arabidopsis thaliana*, by increasing this resistance during salt stress to minimize water loss and sweating, becomes more important in case of thin cuticle leaves. According to our results, the stressed genotypes have cuticles thicker than those under normal conditions; this can explain the resistance of our plants by keeping their leaves throughout the duration of the stress applied (Fig. 2).

The stomata density

Table 3. Analysis of the variance of the stomatal density (cm^2), the length and width of the stomata (μm) of stressed and unstressed olive trees

Variable	Variety effect (F1)	Plant effect (F2)	Stress effect (F3)	F1*F2	F2*F3	F1*F3	F1*F2*F3
Stomatal Density	0.000	0.378	0.000	0.000	0.003	0.041	0.036
length of stomata	0.000	0.481	0.001	0.000	0.000	0.020	0.037
width of stomata	0.000	0.239	0.000	0.007	0.024	0.000	0.000

According to the obtained analysis (Table 2) the reaction of the plants followed the same tendency about the expression of this parameter. The Figure 3b shows a significant variation in the number of stomata. In fact, Sigoise cuttings have 40 stomata (control) versus 26 (stressed) stomata. The Chemlal presents 45 against 24, the Arbiquina 44 against 24, and the Manzanilla – 30 against 23 stomates/ cm^2 . For the genotypes grafted on oleaster the fall is more important. According to Fig. 5, the values were 49 (control) versus 14 for the Sigoise, 45 against 24 for Chemlal, 62 against 21 for Arbiquina, and 48 against 21 stomata for the variety Manzanilla

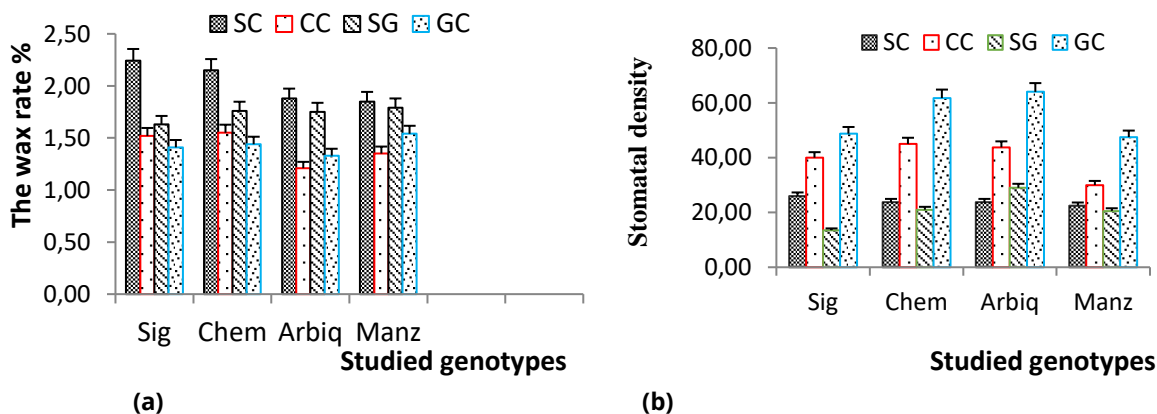


Figure 3. The wax rate of the upper surface of the leaves(a) and stomatal density ($/\text{mm}^2$) of lower surface (b). (SC: Stressed Cut, CC: Cutting Control, SG: Stressed Graft, GC: Grafted Control)

Otherwise, the impact of salinity on the length of stomata, particularly on the leaves of plants treated with $100 \text{ mM} \cdot \text{l}^{-1}$ NaCl except for the plant type, is highly significant ($p = 0\%$). It is the same for the varietal effect and the different interactions. The width of the stomata had the same fate (Table 3). Indeed, the values of these parameters, shows that the length and width of stomata in the leaves of plants treated with $100 \text{ mM} \cdot \text{l}^{-1}$ NaCl react differently.

The two local varieties (Sigoise and Chemlal) in cuttings and grafted mark an increase in the length of the stomata except for the grafted Sigoise which records an average decrease of $4 \mu\text{m}$. For the local varieties, the length of the stomata varies between 0.4 and $4.5 \mu\text{m}$. On the other hand, the width of the stomata of all the genotypes in their two forms (cuttings and grafted) shows a remarkable drop which oscillates between 1.33 and $6.51 \mu\text{m}$, apart from the grafted Manzanilla variety which marks an increase of the width of the stomata $0.75 \mu\text{m}$ relative to the control.

Table 4. Correlation effect between salinity and the leaf physio-morphological parameters

Variable	Variété	plant	Salinity	RWC	Leaf area	Number stomata	Wax rate
Variety	1.000						
Type de plant	0.000	1.000					
Salinity	0.000	0.000	1.000				
RWC	-0.249*	0.147	0.058	1.000			
Leaf area	-0.421*	0.211	0.086	0.268*	1.000		
Number stomata	-0.022	0.043	0.825***	-0.088	-0.011	1.000	
Wax rate	-0.178	0.269*	0.383*	0.033	0.169	-0.221	1.000

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$; insignificant: $p > 0.05$

Discussion

Our study focuses on the irrigation of native and introduced (Spanish) olive trees with salt water at the rate of 6g / l of soluble salts, i.e. approximately 100 mM.l⁻¹ of NaCl for 6 weeks. It enabled us to determine certain characteristics of the morpho-physiological behavior of this species under the salt stress. The water state of the plant, expressed by the relative water content, was sensitive to the applied treatments ($r = -0.2$). Indeed, salt stress causes a decrease in the values of the relative water content. This parameter, is one of the criteria for evaluating abiotic stress tolerance because it indicates the state of turgescence of the plant tissues and its ability to maintain a level of hydration of the tissues. The last could guarantee the continuity of its metabolism and the water state of a plant can be expressed by its RWC (Morant-Manceau et al, 2004; Mehani et al., 2012).

The results obtained during our study demonstrate that the RWC of all the stressed varieties changed with the salinity. However, the reduction was quite small compared to the control (between 1 and 2%). Local varieties retained a higher RWC than the introduced ones. We also noted that saline treatment did not cause a significant reduction in water content. The analysis of the relative water content is a good indicator of the water status of the plant.

On the other hand, salinity is a complex phenomenon that often leads to osmotic stress due to reduced amounts of water available at the root level, due to the reduced ability of plants to absorb water. The immediate response to salt stress is expressed by a reduction in leaf area as was noted by (Wang and Nil, 2000) and that decreased vegetative growth, expressed as leaf area reduction. Leaf area is generally the first response of glycophytes exposed to saline stress (Munns et al., 2006).

We observed that the decrease in the leaf area of all the genotypes studied shown only a slight drop which was between 1 and 2% compared to the control. This was confirmed by the results of the analysis of the correlation matrix between variety and leaf area ($p = -0.421$, see Table 4). For cuttings and grafted plants, it was found that grafted and stressed local ecotypes showed an increase in leaf area compared to the control, and cuttings and stress decreased leaf area compared to control (less 1.1 cm² at the control). Thus, decreasing of leaf area was considered as a form of adaptation to salt stress, by reducing water losses through perspiration, but it may also cause a decrease in yields due to the reduction of photosynthesis (Acevedo, 1991; Hassani et al., 2008).

The stomatal density of leaves of all stressed genotypes decreased compared to that of no salt (Fig. 4). Moreover, this decrease was greater in the ecotypes obtained from herbaceous cutting (it was 65% for Sigoise, 52.78% for Chemlal, 54.29% for Arbiquina, and 75% for Manzanilla) than those grafted (69% for Sigoise, 34.01% for Chemlal, 45.31% for Arbiquina, and 43.2% for Manzanilla). According to Guyot (1998), stomatal transpiration accounts for 90% of total sweating for 24 hours.

The opening and closing of the stomata are controlled by the turgidity of their guard cells, which depend on soil and air moisture, sheet temperature, incident radiation, wind and concentration CO₂ in the air as well as in the chamber under stomatal conditions (Hassani et al., 2014). However, whenever the plant reduces its transpiration by closing the stomata, it causes the reduction of the production of dry matter following the reduction of the chlorophyll assimilation (Zhang and Shi, 2013).

Moreover, obtained results show a strong positive relationship between salt stress and stomatal density in the lower leaf epidermis. Indeed, the high correlation obtained between salinity and stomatal density ($r = 0.825$, $p < 0.001$) shows that the presence of NaCl leads to an increase in the number of stomata, which is not logical when we know that they are small stomata to reduce water losses and increase the RWC.

According to Erchidi et al. (2000), plants that live in dry environments have many stomata with small sizes and that the presence of small and large stomata allows a much more effective regulation of sweating than that of large and small stomata and the increase in the number of stomata per unit area could be one of the factors of resistance to water deficit if accompanied by a good physiological activity (Slama et al., 2005).

The increase in stomatal density can increase the net assimilation of CO₂ and decrease the loss of water. In fact, many small stomates are fast closing (Heller et al., 2004).

In addition, Hopkins (2003) established the relationship between transpiration and stomatal resistance in *Arabidopsis thaliana* by increasing this resistance during salt stress, to minimize water loss and sweating, becomes more important in the case of thin cuticle leaves.

According to our results, the stressed genotypes have cuticles thicker than those under normal conditions that can explain the resistance of our plants by keeping their leaves throughout the duration of the stress applied.

Conclusions

The morpho-physiological parameters of the leaf, retained in this study, would be closely involved in the regulation of the water state of the leaf tissues. Salt resistance is a polygenic character that can be controlled at different levels of organization, from the cell to the entire plant. However, the diversity of salt effects on plants offers a wide range of physiological and biochemical criteria that can be the basis for rapid testing for large-scale selection. Application of salt water resulted in a reduction in RWC (relative water content), but relatively higher compared to other plants subjected to the same salt stress. This characteristic can be attributed to the osmotic fit of the stressed plant. This control of the hydration reveals a good ability to adjust the osmotic potential in the olive tree in general and especially in the varieties studied. For this purpose, it can be deduced that the varieties of olive trees studied have retained a high RWC in the presence of saline stress, indicating that this plant is of the "stay green" type, which keeps synthetically active green and photo leaves, have reasonable yields even in the presence of abiotic stress. Under arid climates and in conditions of ionic stress accompanied by osmotic stress, the plant must maintain a dynamic balance between the opening and closing of the stomata. This activity allows it to increase the fixation of the carbon and a better transpiration thus avoiding the overheating of the plant. In Mediterranean regions, physiological drought (due to excess salinity), is often chronic, resulting in a decrease in photosynthesis. Our results showed that all the varieties studied under the effect of salinity, developed a thick cuticle compared to those under normal conditions, that decreasing leaf transpiration. This develops the resistance of the olive tree in general and especially the studied genotypes that keep their leaves during the applied stress. The results obtained in this study show that the olive tree is a salinity-resistant plant that is a characteristic of arid and semi-arid areas. Olive trees, then, is a promising alternative to improve the productivity of marginalized lands.

References

- Acevedo, E. (1991). Improvement of winter cereals in Mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. In: Physiology-breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments, INRA-ICARDA. Paris, coll. Les colloques, 55, 273-306.
- Álvarez, S., Soriano, M.A., Landa, B.B., Gómez, J.A. (2007). Soil properties in organic olive groves compared with that in natural areas in a mountainous landscape in southern Spain. *Soil Use and Management*, 23, 404-416. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00104.x>
- Barrs, H.D. Weatherley, P.E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *J. Biol. Sci*, 15, 412-428. <https://doi.org/10.1071/B19620413>
- Bartels, D., Sunkar, R. (2005). Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24, 23-58. <https://doi.org/10.1080/07352680590910410>
- Belkhdja, M., Bidai, Y. (2004). Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. *Revue Sécheresse*, 15(4), 331-335.
- Ben-Gal, A., Borochoy, H., Yermiyahu, U., Shan, I.U. (2009). Osmotic potential is a more appropriate property than EC for evaluating whole-plant response to salinity. *Environ Exp Bot*, 65, 232-237. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.09.006>
- Bennaceur, M., Rahmoun, C., Sdiri, H., Medahi, M., Selmi, M. (2002). Effect of salt stress on the germination, growth and yield of wheat. *Drought. Revue Sécheresse*, 12(3), 167-174.
- Besnard, G., Khadari, B., Baradat, P., Bervillé, A. (2002). *Olea europaea* (Oleaceae) phylogeography based on chloroplast DNA polymorphism *Theor. Appl. Genet.*, 104, 1353-1360. <https://doi.org/10.1007/s00122-001-0832-x>
- Chowdhury, N., Marschner, P., Burns, R. (2011). Response of microbial activity and community structure to decreasing soil osmotic and matric potential *Plant Soil*, 344, 241-254. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0743-9>
- Clarke, J.M., Mc Caig, T.N. (1982). Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Can. J. Plant Sci*, 62, 571-578. <https://doi.org/10.4141/cjps82-086>
- Denden, M., Lemeur, R. (1999). Mesure de la transpiration par le modèle de Penman-Monteith. *Edit. Sécheresse*, 10, 39-44.
- Dohman, A.J., Gash, J.H.C., Roberts, J., James, W. (1991). Stomatal and surface conductance of tropical rainforest. *Agric Forest Meteo*, 54, 303-318. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(91\)90011-E](https://doi.org/10.1016/0168-1923(91)90011-E)
- Erchidi, A.E., Benbella, M., Talouizte, A. (2000). Relation entre des paramètres contrôlant les pertes en eau et le rdt grain chez neuf variétés de blé soumis au stress hydrique. *Cahiers Opt.Méd, Serie A*, 40, 279-282.
- Garg, A.K., Kim, J., Owens, T., Ranwala, A., Choi, Y., Kochian, V., Wu, R.J. (2002). Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99, 15898-15903. <https://doi.org/10.1073/pnas.252637799>
- Grennan, A.K. (2006). High Impact Abiotic Stress in Rice. An "Omic" Approach; *Plant Physiology*, 140, 1139-1141. <https://doi.org/10.1104/pp.104.900188>
- Hassani, A., Dellal, A., Belkhdja, M., et Kaid-Harch, M. (2008). Effet de la salinité sur l'eau et certains Osmolytes chez l'Orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research*, 23(1), 61-69.
- Hassani, A., Gharabi, D., Kouadria, M., Bounaceur, F., Sehari, N., Belkhdja, M. (2014). Impact of salt stress on morphological and physical behavior of the foliar system by cultivating olive and wild olive trees. *International Journal of Plant & Soil Science*, 3(12), 1542-1551.
- Heller, R., Esnault, R., Lance, C. (2004). *Physiologie végétale, Tome1- Nutrition*, Ed. Dunod Paris.

- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1938). The water culture method for growing plants without soil. University of California, Agricultural experimental station Circular, 347, 1-39.
- Hopkins, W.G., (2003). Physiologie végétale. 2ème édition. Ed. de Boeck, Bruxelles.
- Lindsay, M.P., Lagudah, E., Munns, R. (2004). A locus for sodium exclusion (Nax1), a trait for salt tolerance, mapped in durum wheat. *Functional Plant Biology*, 31, 1105-1114. <https://doi.org/10.1071/FP04111>
- Martoja, M., Martoja, R. (1968). Initiation aux techniques d'histologie. Ed Masson. Paris.
- Mehani, M., Bissati, S., Djeroudi, Q. (2012). Effet de l'eau de mer sur deux paramètres hydriques de jeunes plants d'*Atriplex canescens*. *J. Mater. Environ. Sci.*, 5, 840-845.
- Mezni, M., Albouchi, E., Bizid, N., Hamza, M. (2002). Effect of irrigation water salinity on mineral nutrition in three varieties of perennial alfalfa (*Medicago sativa*). *Agro*, 22, 283-291. <https://doi.org/10.1051/agro:2002014>
- Moinudin, A., Fischer, R., Savre, K., Reynolds, M.P. (2005). Osmotic Adjustment Wheat in Relation to Grain Yield under Water Deficit Environments. *Agro Journal*, 97, 1062-1071. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0152>
- Morant-Manceau, A., Pradier, E., Tremblin, G. (2004). Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *J. Plant Physiol*, 161, 25-33. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00963>
- Munns, R., Richard, A.J., Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1025-1043. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj100>
- Pages, L., Asseng, S., Pellerin, S., Diggle, A. (2000). Modelling root system growth and architecture (pp. 113-146). In *Root Methods: A Handbook*. A.L. Smit, A.G. Bengough, C. Engles et al. (Eds.). Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04188-8_4
- Rascio, A., Cedola, M., Sorrentino, G., Wittmer, G. (1988). pressure volume curves and drought resistance in two wheat genotypes. *Edit. Physiol. Plant*, 73, 122-127. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1988.tb09202.x>
- Setia, R., Marschner, P. (2012). Carbon mineralization in saline soils as affected by residue composition and water potential. *Biol Fertil Soils*, 48(4), 475-479. <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0643-4>
- Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid, E. (2005) Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*, 16, 225-229.
- Szabolcs I, (1994). Soils and salinization (pp. 3-11). In *Handbook of Plant and Crop Stress*. M. Pessarakali (Ed.). Marcel Dekker, New York.
- Trinchant, J.C., Bosdari, A., Spennato, G., Van de Sype, G., Le Rudulier, D. (2004). Proline-Betaine Accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under NaCl Stress. *Exploring Its Compartmentalization in Nodules Plant Physiology*, 135, 1583-594. <https://doi.org/10.1104/pp.103.037556>
- 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 <https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511297>
- Zhang, J.L., Shi, H., (2013). Physiological and molecular mechanisms of plant salt tolerance. *Photosynthesis Research*, 115, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11120-013-9813-6>
- Zhu, J.-K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci*, 6, 66-71. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01838-0](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01838-0)

Citation:

Gharabi Dhia, Hellal Benchaben, Hassani Abdelkrim (2018). Foliar behavior of olive trees (*Olea europaea* L.) grafted and cut under the effect of salt stress. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 578-584.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0. License
