

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB - BLIDA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGE

Spécialité : Biotechnologie végétale

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de Master académique
en Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

**Implication des phytofortifiants dans la
régulation du stress salin sur une culture du
haricot: *Phaseolus vulgaris* L.var Djedida. Cas
d'un biofertilisant issu de la lombriculture.**

Réalisé par : ABDESSEMED Nesrine

Devant le jury :

Présidente : M ^{me} FELIDJ M.	MCB	USD-Blida1
Promoteur : Dr Djazouli Z.E.	MCA	USD-Blida1
Co-promotrice : M ^{me} Baba-Aissa K.	MAB	USD-Blida1
Examinatrice : M ^{me} Chaichi W.	MAA	USD-Blida1
Examinatrice : M ^{me} Kebbas S.	MAA	USD-Blida1

Année Universitaire 2013-2014

Dedicaces

Je dédie ce mémoire tout d'abord à mes parents plus précisément l'être le plus cher au monde, ma source de tendresse qui ne cesse de

m'encourager et de me soutenir : *Ma Mère*

Mon frère Nadji et ma sœur Neyla qui font mon bonheur au quotidien et que j'aime.

Ma chère tante Fouzia, ma confidente qui m'a toujours soutenue de près.

Mehdi qui fait mon équilibre par sa présence dans ma vie, pour sa patience et son affection ainsi que mes beaux parents.

Nesrine.

Remerciements

Qu'il me soit permis d'exprimer toute ma gratitude et mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce travail et en particulier :

L'université SAAD DAHLEB de Blida à sa tête Monsieur le Recteur qui m'ont encadré tout au long du cycle d'étude et m'ont permis d'en ressortir l'uni d'un Master II en Biotechnologie végétale.

Mes remerciements vont également à tous les enseignants qui m'ont encadrée et ont contribué à approfondir mes connaissances tout au long de mon cursus universitaire.

Monsieur Snoussi Sid – Ahmed mon Professeur devenu vice recteur a présent pour avoir cru en moi et m'avoir orienté vers cette spécialité d'avenir.

Le chef de département d'Agronomie et de Biologie d'avoir mis à ma disposition toutes les infrastructures, Bibliothèque, Laboratoire, serre et services administratifs en m'apportant tout le confort afin de me consacrer uniquement à mes études.

Monsieur Djazouli Z.E, Maître de conférences à L'USDB 1, Département de Biotechnologie végétale qui a accepté de diriger ce travail. Son aide, ses conseils précieux, sa discrétion, sa rigueur et son soutien moral ont été pour beaucoup dans l'aboutissement de ce travail. Je le remercie également pour sa grande disponibilité, sa confiance, de son aide à la réflexion, et de son esprit analytique.

Tous les intervenants de la serre professeurs et doctorants qui ont mis à ma disposition tous les moyens nécessaires à l'aboutissement de ce projet.

Je tiens à remercier les côtoyants du labo de zoologie à leur tête Amina.

Madame Felidj M, Département de Biotechnologie végétale qui m'a fait l'honneur de présider ce jury, qu'elle trouve ici toute ma gratitude.

Je remercie Madame Baba aissi K, ma Co-promotrice pour sa disponibilité, et tout le temps qu'elle m'a accordée, ces aides précieuses et sa générosité. Je souhaite te remercier pour ton soutien durant toute la période de recherche ainsi que monsieur Moussaoui.

Je remercie également mesdames Chaichi. W et Kebbas S pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

.J'exprime ma sympathie et mes vifs remerciements à tous mes amis(ies) pour leurs encouragements et soutien moral.

Implication des phytofortifiants dans la régulation du stress salin sur une culture du haricot : *Phaseolus vulgaris* L variété Djedida. Cas d'un biofertilisant issu de la lombriculture

Résumé

La défense des plantes contre le stress salin est une situation préoccupante rencontrée dans plusieurs régions du monde où la pression sur l'eau devient de plus en plus forte, notamment en raison des changements climatiques et de la nécessité d'augmenter le rendement des cultures face à une population mondiale grandissante.

La présente étude est portée sur la variété Djedida de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. qui est une plante sensible à la salinité par deux modes d'applications : absorption racinaire et application foliaire.

L'objectif de notre travail consiste à évaluer la capacité d'une gamme de produits à base de proline exogène et de jus de lombricompost à lever le stress salin dont l'excès de NaCl dans le milieu réduit la disponibilité de l'eau chez le haricot vert.

Les principaux résultats auxquels nous avons aboutis montrent que la présence du sel à la dose appliquée stimule favorablement et d'une manière précoce la croissance en longueur et l'évolution des surfaces foliaires. En outre, l'association NaCl biofertilisant ou NaCl proline engagent des accélérations très importantes en termes de croissance. Si le sel stimule la croissance d'une manière précoce, la proline fournie d'une manière exogène une amplification d'accroissement des paramètres morphologiques en association avec le sel, par contre, l'addition du biofertilisant exprime des taux d'accroissement très importants en guise de son effet tardif sur la croissance.

En revanche, L'analyse des paramètres physiologiques (proline et de la chlorophylle) obtenus par application des traitements par absorption racinaire, désignent globalement un effet significatif. En contraste, le mode d'apport des traitements par application foliaire ne désigne aucune différence significative sur les taux d'accumulations de la proline et de la chlorophylle.

Nous concluons que la combinaison du NaCl avec de la proline exogène ou un biofertilisant tel que le jus de lombricompost régulerait le stress en le corrigeant et en octroyant aux plantules stressées une capacité de la tolérance face à ce stress salin.

Mots clés : Lombricompost, NaCl, *Phaseolus vulgaris*, proline exogène, stress.

Phyto fortifiants involvement in stress saline regulation on bean crop: *Phaseolus vulgaris* L variety Djedida. Case of biofertilizer outcome of the lombriculture.

Summary

The plants defense against saline stress is a cause concern situation encountered in many regions of the world where the pressure on the water become increasingly strong, especially due to climate change and the necessity to increase yield of cultures facing a growing world population.

This study is carried on the variety Djedida of *Phaseolus vulgaris* species L. Wich is a plant sensitive to salinity by two modes of applications: root absorption and foliar Application.

The aim of our work consist to evaluate the capacity of a product line based of exogenous proline and Juice lombricompost to raise the saline stress whose the excess of NaCl in the mid reduced the availability of water among the green bean.

The main results shows that the presence of solt to the applied dose stimulates favorably and in a precocius way the growing in length and the evolution of the foliar grounds.furthermore, the combination NaCl biofertilizer or NaCl proline engaged important hastinesses in term of growth. If the salt stimulate the growth in a precocius way, the proline provide in an exogenous way an amplification of morphological increment parameters in association with salt, on the other side, the addition of biofertilizer express very important increment rates due to his late effect on the growth.

On the other hand, physiological parameters analysis (proline and the chlorophyll) obtained by treatment applications by root absorption, designate significant effect. Opposing, the treatements contribution way by foliar application don't designate any significant difference on accumulations rates of the proline and the chlorophyll.

We conclude that the combination of NaCl with exogenous proline or a biofertilizer such as lombricompost would regulate the stress by correcting and granting to the stress seedlings a capacity of the tolerance in front of this saline stress.

Key words : *Phaseolus vulgaris*,NaCl,lombricompost,Exogenous proline,stress.

اشترك المقومات النباتية (phytofortifiants) في تنظيم الإجهاد الملحي على محصول الفاصوليا الخضراء
la lombriculture phaseolus vulgaris L تشكيلة جديدة منها الأسمدة الحيوية المبنية على

ملخص

دفاع النبات ضد تأثير الملوحة هو الوضع المثير لقلق الكثير من دول العالم حيث أن الإعتماد على الماء يكون حسب الظروف المناخية المتقلبة و الحاجة لزيادة الإنتاج مقابل نمو ديمغرافي ملحوظ.

دراستنا اهتمت بنوعية *Djedida Phaseolus Vulgaris L* التي تعتبر نبتة عرضة للملوحة من قبل وضعيتي التطبيق : امتصاص جذري و التطبيق الورقي.

الهدف من عملنا هو تقييم قدرة مجموعة من المنتجات القائمة على البرولين الخارجية (proline exogène) و عصير lombricompost لتقليل الإجهاد الملحي و الفائض من NaCl في الوسط يخفض من توافر الماء في الفاصوليا الخضراء .

اهم النتائج التي تحصلنا عليها تظهر أن وجود الملح في جرعة تطبيق يحفز بطريقة ايجابية النمو في وقت مبكر من طول و تطور سطوح الأوراق بالإضافة إلى ذلك NaCl و biofertilisant أو NaCl proline تتعهد تسارع كبير جدا في النمو .

إذا الملح يحفز النمو في وقت مبكر تزود proline خارجيا مع الملح التضخيم من المعايير المورفولوجية.

إضافة الأسمدة الحيوية biofertilisant تعبر عن معدل نمو كبير في وقت متأخر على النمو.

و مع ذلك تحليل المعايير الفيزيولوجية chlorophyle proline التي تم الحصول عليها من خلال تطبيق العلاجات عن طريق الإمتصاص الجذري تدل عموما أن لها تأثير كبير . في المقابل فإن طريقة تقديم العلاج الورقي لا يبين فرقا كبيرا على معدل تراكم chlorophyle proline.

نستنتج أن الجمع بين NaCl مع proline الخارجية أو الأسمدة الحيوية مثل jus de lombricompost ينظم الإجهاد عن طريق تصحيحه و إعطاء الشتلات القدرة على الصمود اتجاهه.

الكلمات الدالة : الإجهاد الملحي ، برولين خارجية ، proline ، phaseolus vulgaris ، biofertilisant NaCl

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I : salinité.....	3
Introduction.....	3
I.1. Définition du stress salin.....	3
I.2. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie.....	4
I.3. Impact de la salinité sur la rétention en eau	4
I.4. Impact de la salinité sur l'effet et la pression osmotique.....	4
I.5. Effet de la salinité sur la croissance de la plante.....	5
I.6. Effet de la salinité sur l'absorption d'eau et la transpiration...	5
I.7. Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	5
I.8. Effet de la salinité sur la tige et feuilles.....	5
I.9. Les glycophytes sous stress salin.....	5
I.10. La résistance à la salinité.....	5
I.11. L'accumulation de la proline.....	6
Chapitre II : Généralités sur le haricot.....	7
II.1. Histoire et origine de la culture du haricot.....	7
II.2. Importance du haricot dans le monde.....	7
II.3. Importance du haricot en Algérie.....	8
II.4. Position systématique.....	8
II.5. Diversité des espèces du haricot.....	8
II.6. Description de la plante.....	9
II.6.a. Le système racinaire.....	9
II.6.b. Le système aérien.....	9
II.7. Exigences de la plante.....	10
II.7.a. Température.....	10
II.7.b. La lumière.....	11
II.7.c. Le sol.....	11
II.7.d. Les besoins en eau de la culture.....	11
II.8. La nutrition minérale des plantes.....	12
II.8.1 Les Macroéléments.....	12

II.8.2 Les Micro éléments.....	13
II.8.3 Les oligo-éléments.....	14
Chapitre III : Le jus de lombricompost.....	15
III.1. Définition du lombricompost.....	15
III.2. Les lombrics.....	16
III.3. Gestion du lombricomposteur.....	16
III.4. Importance du lombricompost.....	16
III.5. Rôle de la fertilisation.....	17
III.6. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN).....	17
III.6.1 Défense passive.....	17
III.6.2 Défense active.....	17
III.7 Voies de signalisation et réactions de défense.....	18
III.8 Caractéristiques générales des SDN.....	18
III.9 Intérêt en protection des plantes.....	19
	20
Chapitre IV : Matériel et méthodes.....	
Objectif.....	20
IV.1. Présentation et climat de la région d'étude.....	20
IV.2. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales	20
IV.3. Matériel d'étude.....	21
IV.3.1. Obtention des plantules du haricot	21
IV.3.2 Présentation des traitements.....	22
IV.4. Méthodes d'étude.....	23
IV.4.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai	23
IV.4.2. Evaluation de l'effet des phytofortifiants sur	24
les paramètres morphologiques.....	
IV.4.3. Evaluation de l'effet des traitements sur la	25
phytochimie du haricot.....	
IV.4.3.1 Extraction et quantification de la Proline.....	25
IV.4.3.2.Extraction et quantification de la	25
chlorophylle totale	
IV.5. Analyses statistiques des résultats.....	25
IV.5.1. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37).....	25
IV.5.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12,	26
SPSS 2009).....	
Chapitre V : Résultats.....	27
V.1. Effets des traitements sur les paramètres morphologiques	27
du haricot conduit en mode de stress salin.....	

V.1.1. Variation temporelle des paramètres morphologiques du haricot sous l'effet des différents traitements....	27
V.1.2. Tendance des variations morphologiques du haricot sous l'effet des traitements.....	28
V.1.3. Etude comparée des effets des traitements sur les paramètres morphologiques	30
V.2. Effets des traitements sur la qualité phytochimique de l'haricot conduit en mode de stress salin	35
V.2.1. Variation temporelle de la qualité phytochimique de l'haricot sous l'effet des traitements.....	35
V.2.2. Tendance des variations phytochimiques du haricot sous l'effet des traitements.....	36
V.2.3. Etude comparée de l'effet des traitements sur la qualité phytochimique du haricot	37
Chapitre VI : Discussion générale	42
VI.1. Effet des traitements sur la morphologie du haricot.....	42
VI.2. Effet des traitements sur la phytochimie du haricot.....	43
Conclusion et perspectives.....	47
Références Bibliographiques	49

Liste des photos et figures

Photo 1	L'espèce <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	10
Figure 2	Les vers rouges.....	16
Figure 3	Serre expérimentale en polycarbonate.....	21
Photo 4	Dispositif expérimental de la culture du <i>Phaseolus vulgaris</i> L sous stress salin.....	23
Photo 5	Méthode d'estimation de la croissance foliaire et la croissance en longueur des plantules du haricot.....	24
Figure 6	Variation temporelle des paramètres morphologiques selon le mode d'apport des traitements.....	27
Figure 7	Projection des variables morphologiques sous l'effet des différents traitements sur les deux axes de l'ACP.....	29
Figure 8	Effets comparés des traitements sur l'évolution temporelle de la surface foliaire et de la croissance en longueur.....	31
Figure 9	Effet temporel des traitements apportés par absorption racinaire sur la croissance en longueur.....	33
Figure 10	Effet temporel des traitements apportés par application foliaire sur la croissance en longueur.....	34
Figure 11	Variation temporelle de la qualité phytochimique selon le mode d'apport des traitements.....	36
Figure 12	Projection des variables phytochimiques sous l'effet des différents traitements sur les deux axes de l'ACP.....	37
Figure 13	Effets comparés des traitements sur l'accumulation temporelle de la proline et de la chlorophylle.....	39
Figure 14	Effet temporel des traitements apportés par absorption racinaire sur l'accumulation de la proline et de la chlorophylle.	41

Liste des tableaux

Tableau 1	Les quatres espèces du genre <i>Paseolus</i>	9
Tableau 2	Model GLM appliqué a l'effet du mode d'apport des traitements sur la surface foliaire et la croissance en longueur des plants.....	30
Tableau 3	Model GLM appliqué a l'effet du mode d'apport des traitements sur la l'accumulation de la proline et de la chlorophylle des plants.....	38

Introduction générale

Le taux élevé de sel dans les sols ou les eaux d'irrigation est une préoccupation environnementale majeure et un problème sérieux pour l'agriculture dans les régions arides et semi-arides, comme le bassin méditerranéen. En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables (Delgado et al., 1994), conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions. D'autre part, dans une étude réalisée sur le genre *Phaseolus*, il a été démontré que la variabilité de tolérance à la salinité au sein des espèces viendrait largement d'un rapport PR/PA (biomasse racinaire/biomasse aérienne) élevé (Bayuelo-Jiménez et al., 2002). En effet, ces espèces maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline.

la tolérance au sel est habituellement déterminée en termes de croissance ou de rendement (Maas et al., 1977 ; Shannon, 1984)

La salinisation des sols n'est pas seulement liée aux conditions climatiques , mais également à l'activité de l'homme qui, pour des raisons économiques, a développé une agriculture intensive souvent mal contrôlée, le fort ensoleillement et la faible pluviométrie ont obligé les agriculteurs à irriguer en quantité importante et souvent avec une eau saumâtre.

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium (et du chlore pour certaines espèces) qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaire, biochimique et physiologique (Winicov et al., 1998)

La majorité des plantes cultivées appartiennent à des espèces sensibles à divers degrés de salinité et ont dans ses conditions des rendements très faibles.

Chez les légumineuse, le stress salin perturbe la croissance du végétal et a une influence sur la qualité des fruits et la qualité organoleptique (A. Levigneron et al ; 1995).

Le haricot *Phaseolus vulgaris L.* est une plante sensible à la salinité et une source de protéines diététiques dans beaucoup de pays en développement, quand au secteur de culture, le haricot représente la troisième plus importante récolte des légumineuses dans le monde (Aydin et al ; 1997).

L'effet négatif de la forte salinité peut être observé au niveau de toute la plante comme la mort de la plante et /ou la diminution de la productivité. Beaucoup de plantes développent des mécanismes soit pour exclure le sel de leurs cellules ou pour tolérer sa présence dans les cellules. (arida et Das, 2005).

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet des phytofortifiants tel que le jus de lombricompost et la proline exogène dans la régulation du stress salin par deux modes d'application : racinaire et foliaire sur une culture d'haricot .

Pour cela nous avons émis quelques hypothèses auxquelles nous allons essayer de répondre et qui se résument dans :

- Le jus de lombricompost peut-il lever le stress salin ?
- L'apport de proline exogène peut-il également permettre à la plante de gérer et tolérer un stress salin ?
- Quelle est l'influence de ces apports sur la croissance foliaire et la longueur des tiges dans le temps ?
- Quel serait le devenir du stress par deux modes d'application des traitements à savoir foliaire et racinaire?

Chapitre I : Stress salin

Introduction

Selon, Dita et al., 2006, le terme « stress abiotiques » est un terme général qui comprend de multiples contraintes telles que la chaleur, le froid, la sécheresse, l'excès de lumière, le rayonnement UV, l'excès d'eau, la salinité, les blessures occasionnées par les ravageurs, les pratiques culturales, l'exposition à l'ozone, et le choc osmotique.

Selon le même auteur, on estime que 90% des terres arables sont soumises aux stress abiotiques. Certaines de ces contraintes, telles que la sécheresse, les températures extrêmes et la haute salinité limiteraient fortement la productivité des cultures.

La superficie des sols salés, estimée dans le monde à plus de 900 millions d'hectares (Epstein, 1980) dont Les terres arides et semi arides représentent un tiers de la surface du globe. Dans ces zones, la salinité des sols et des eaux d'irrigation est l'un des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole (Zid et Grignon, 1991).

Ashraf, 1997 estime que la salinité du sol peut inhiber la croissance et le rendement du haricot à cause d'une toxicité et d'un déséquilibre ionique, et d'une réduction du potentiel hydrique de la plante. Le haricot commun est extrêmement sensible à la salinité, 5 à 30% des zones de production du haricot sont affectées par la salinité du sol (CIAT, 1992).

Cette dégradation de la végétation dans la région méditerranéenne a été Particulièrement étudiée au cours des dernières décennies, elle a été la préoccupation de plusieurs chercheurs ou scientifiques notamment : Harroy (1967), Barbero et Quézel (1979 et 1980), Quézel (1999, 2000), Jauffret et Lavorel (2003), Oztas et al., (2003).

I.1. Définition du stress salin

L'eau est un élément important pour les plantes mais parfois cet élément est difficile à être assimilé en cas de stress salin car le végétal rencontre un problème en absorbant le sel qui affecte les activités physiologiques des cellules d'une part, et de l'abaisser du potentiel hydrique du sol qui a un impact sur l'alimentation de la plante en eau d'autre part.

Selon (Zid et Grignon, 1991) chez certains des glycophytes tel que le haricot restreint le transport de Na^+ dans les parties aériennes et maintient ainsi des niveaux de sel relativement bas dans les tissus photosynthétiques, il correspond à une protection des organes aériens contre l'envahissement par le NaCl. Ainsi, la

résistance au sel apparait comme un caractère polygénique contrôlé à différents niveaux d'organisation, de la cellule à la plante entière .cependant, la diversité des effets du sel offre une gamme étendue de critères physiologiques et biochimiques

I.2. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie

La salinité est un problème écologique majeur qui touche un nombre important de région à l'échelle mondiale. Dans les régions méditerranéennes particulièrement dans les zones semi-arides la salinité est très répondeue car les précipitations sont insuffisantes pour assurer le lessivage des sels. (Levigeron et al, 1995).

AUBERT, 1975 considère que l'Algérie est un pays aride à semi-aride. Par ailleurs, Halitim 1985 déclare que la surface aride occupe environ 95% des terres dont 80 % sont hyper aride avec un apport d'eau par irrigation entrainant une augmentation et une extension de la salinité des sols (DAOUD, 1993).

D'après Omrani en 1993, les sols salins se situent dans différentes régions d'Algérie parallèlement au Nord et au Sud de la cote et de manière discontinue. Au sud, ces sols se situent dans les chotts Echergui et el Gharbi ainsi qu'au niveau de la steppe et à Biskra et Oum Bouaghi. Au nord, dans les régions oranaises comme Messerghine, Sig, Mohammadia, Relizane et Oued Rhiou ainsi qu'à l'Est, Sétif, Constantine et Annaba.

I.3. Impact de la salinité sur la rétention en eau

Selon Halitim en 1973, l'absorption d'eau par les racines est conditionnée par le potentiel osmotique, quant il est élevé il entrave l'assimilation d'eau par les racines.

Daoud, 1988 confirme que l'augmentation de la pression osmotique dans un sol salé est liée à la concentration de la solution du sol et que celle ci entraine une augmentation de la pression osmotique, c'est alors que la disponibilité en eau devient impossible

I.4. Impact de la salinité sur l'effet et la pression osmotique

L'effet osmotique n'est autre que la diminution de la disponibilité de l'eau pour le végétal due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol. Cependant, la présence de forte concentration de sels dans le milieu crée une pression osmotique élevée réduisant la disponibilité en eau du sol pour la plante (Hamza, 1980).

I.5. Effet de la salinité sur la croissance de la plante

La plante lutte contre le stress salin par la mobilisation des réserves énergétiques ce qui conduit à un ralentissement de la croissance des plantes est enregistré chez la quasi-totalité des glycophytes à partir de 50mMol de NaCl.(Zhu, 2001).

I.6. Effet de la salinité sur l'absorption d'eau et la transpiration

La diminution de la transpiration est due à l'augmentation de la résistance stomatique en présence de fortes concentrations de sels qui provoquent la dépendance de l'ABA (acide abscissique), cela implique l'accumulation des solutés organiques tel que la proline, les acides organiques, la glycine...etc. (Morgan, 1984).

I.7. Effet de la salinité sur la photosynthèse

Les effets de la salinité sur l'intensité de la photosynthèse a montré que les plantes soumises à des conditions de stress salin présentent des surface foliaires réduites ce qui se répercute sur le bilan énergétique photosynthétisé par la plante (Terry et Waldrow, 1984).

I.8. Effet de la salinité sur la tige et feuilles

Briens, 1979 estime que si la concentration des sels dans le sol est importante, la partie aérienne est réduite. Aussi, la salinité affecte la partie aérienne, en faisant apparaître un jaunissement sur les jeunes feuilles, il peut alors se former des décolorations ou des brûlures dues à la toxicité des sels à forte doses (CHerfaoui, 1997).

Les chercheurs ont constaté que la surface foliaire est réduite sous stress salin (Benaceur et al, 2003)

I.9. Les glycophytes sous stress salin

Mass et Neiman, 1978 considère que ce sont des plantes fortement ou moyennement sensibles aux sels, il y a des glycophytes exclusives qui ne peuvent accumuler du sodium dans leurs feuilles car elles sont incapables d'utiliser l'ion Na⁺ pour l'ajustement osmotique de leur limbe tel que le haricot (Hadji, 1979), et d'autres inclusives qui utilisent le sodium pour rétablir leur équilibre hydrique.

I.10. La résistance à la salinité

C'est le degré avec lequel la plante ajuste sa pression osmotique en sacrifiant un minimum de son développement végétatif, ceci implique une accumulation d'éléments nécessaires pour maintenir la turgescence (Bernstein, 1964).

I.11. L'accumulation de la proline

Chez les plantes supérieures, les acides aminés sont le point de départ de nombreux métabolites secondaires. Ils sont à l'origine de la biosynthèse des alcaloïdes, des hétérosides, des cyanogénétiques et des glucosinolates. Un stress conduit à l'accumulation des solutés organiques, tel que les glucides solubles et des polyols ou encore certains acides aminés et leurs dérivés bétaïniques. Parmi ces acides aminés, la proline se trouve habituellement en faible quantité dans les tissus des plantes cultivées sur des milieux peu ou pas contraignant sur le plan hydrique. Elle serait accumulée de façon spectaculaire en réponse à un stress salin. Son accumulation résulterait de la synthèse du précurseur principal de la proline qui serait le glutamate qui dérive des voies primaires d'assimilation de l'ammoniac ou du catabolisme des protéines et qui témoignerait de la perte des modalités normales de régulation du métabolisme de cet acide aminé et constituerait, de ce fait, un symptôme révélateur des dommages causés au niveau du métabolisme azoté . Guignard Jet al,1985 et Asthon J et al, 1993.

Certains acides aminés sont le point de départ de la synthèse des alcaloïdes qui se fait donc à partir de corps dans lesquels le groupe azoté a été préalablement incorporé. D'après GUIGNARD *et al.* l'ornithine et la proline dérivent pour leur part de l'acide glutamique.

La proline à un rôle osmotique dans le cytoplasme (Batamouny, 1993). La quantité de proline augmente suite à l'hydrolyse de protéines stockées sous l'effet du sel (Levit, 1972).

Chapitre II : Généralités sur le haricot

II.1. Histoire et origine de la culture du haricot

Le haricot est l'une des légumineuses alimentaires qui a suscité un débat controversé sur son éthologie et son origine dans l'histoire (Chaux et Foury, 1994). Le terme *Phaseolus* était utilisé par les anciens grecs puis, dans les langues romaines, cette plante fut appelée fasiolo, fugol, fesol, fasole (Gibault, 1896).

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) appartient donc à la famille des Légumineuses appelée aujourd'hui Fabacée. Il est le plus cultivé en Amérique centrale et en Amérique du sud ; il a été découvert par Christophe Colomb sur l'île de Cuba il y a environ 7000 ans. Il était déjà cultivé par les habitants du Mexique et du Pérou (Evans, 1976) ensuite il a peu à peu conquis toute l'Amérique du Sud (Lamboley, 2001).

II.2. Importance du haricot dans le monde

A l'époque actuelle, le haricot est un des légumes les plus répandus dans le monde. Il est largement consommé en sec et en frais ou sous forme de différentes conserves durant toute l'année (Kolev, 1976)

Du fait de sa teneur élevée en protéines et en micronutriments comme le fer et l'acide folique, il représente l'une des composantes les plus importantes de l'alimentation humaine dans de nombreux pays en voie de développement tels l'Amérique latine et l'Afrique, (G. Fouilloux et H. Bannerot, 2003).

En Amérique latine, cette culture a une grande importance économique car elle procure une source de revenus aux petits fermiers (Pachico, 1989).

Baudouin et al., 2001 estiment qu'il est de l'ordre de 0,2 à 0,5 t/ha dans les systèmes culturels traditionnels et de 3 à 6 t/ha en stations expérimentales ou en cultures modernes. La consommation du haricot se répandit d'abord dans différents pays méditerranéens. Quand aux Français, ils le découvrent en Algérie et apprécient surtout le haricot « beurre » qu'ils baptisent « haricot d'Alger ».

Selon l'ensemble de la communauté économique européenne le haricot vert fin (type French bean) tient une place non négligeable. La production européenne porte essentiellement sur des types de mangetout classiques à cosse ronde récoltés dans les calibres moyens à gros (type Bobby) ou à cosse plate. Une part importante est destinée à l'industrie.

L'Égypte est considérée comme étant la première source d'approvisionnement de l'Europe en haricots verts de type mangetout (Bobby), néanmoins l'Afrique

occidentale assure divers types de production, privilégiant les haricots de type filet destinés pour la France. Le premier pays exportateur de produits de haute valeur (frais, primeurs ou tardifs) est l'Espagne

II.3. Importance du haricot en Algérie

Selon Kolev, 1976, la culture du haricot en sec et en frais est plus ou moins répandue dans toutes les régions de l'Algérie. C'est un légume bien apprécié et recherché pendant toute l'année.

D'après Laumonier, 1979, la culture de cette légumineuse occupe une très grande importance dans l'alimentation humaine, elle est cultivée sur une grande échelle pour l'approvisionnement des conserveries (Hadj – Messaoud, 1991).

II.4. Position systématique

Le haricot, *P. vulgaris* L., appartient à la tribu des *Phaseolus* dont le nombre chromosomique est $2n = 22$ (Chaux et Fourey, 1994).

Selon Guignard (1998), la position systématique du haricot est la suivante :

- Règne :Végétal.
- Embranchement :Spermaphytes.
- Sous embranchement :Angiospermes.
- Classe :Dicotylédones.
- Ordre :Fabales.
- Famille :Fabacées.
- Genre :*Phaseolus*.
- Espèce :*Phaseolus vulgaris* L.

II.5. Diversité des espèces du haricot :

Le genre *Phaseolus* comprenait plus de 200 espèces, mais en 1974, Verdcourt en a rattaché un grand nombre au genre *Vigna*. Finalement, après plusieurs révisions, Debouck, en 1988, a recensé 56 espèces dans ce genre. Quatre espèces du genre *Phaseolus*, seulement, décrites dans le tableau n°1.

Les deux genres *Phaseolus* et *Vigna* sont les plus importants et contiennent à eux seuls le plus grand nombre d'espèces cultivées comme légumineuses vivrières. La section *Phaseolus* du genre *Phaseolus* est la plus importante et regroupe notamment les cinq espèces cultivées suivantes: *P. acutifolius* A. Gray., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Greenm. et le haricot commun *P. vulgaris* L. Baudoin et al., 2002

Il existe différentes variétés, les deux principales sont le haricot filet ou fin et le haricot mange-tout (OCVCM, 2004) .

Tableau 1 : Les Quatre espèces du genre *Phaseolus*.

Nom botanique	<u><i>P. vulgaris</i></u>	<u><i>P. coccineus</i></u>	<u><i>P. lunatus</i></u>	<u><i>P. acutifolius</i></u>
Nom Commun	H. commun	H. d'Espagne	H. de Lima	Tepary bean
Germination	Epigée	Hypogée	Epigée	Epigée
Caractéristiques	Polymorphe	Souvent grosse graines	Lignes radicale sur graines	Petite gousse (<8 cm)
Zone de culture	Tropicale, tempérée	Tropicale d' altitude	Tropicales humide	Régions sèches
Interet pour la selection	-	Rés. Aux basses T° et virus allogamie	-	Rés. Sécheresse Rés. bactéries

Source : A. Gallais, H. Bannerot, 1992

II.6. Description de la plante :

II.6.a. Le système racinaire :

Doorembos, 1980, note que le haricot est caractérisé par un système racinaire pivotant, pouvant atteindre 1m de profondeur et que les racines latérales se concentrent essentiellement dans les 30 premiers centimètres. Bezpaly, 1984 ajoute que la majorité des racines se développent dans la couche arable.

Kolev, 1976, signale que la faculté restauratrice des racines est très faible, ne supportant donc pas le repiquage et qu'à leur niveau, on peut noter la présence de nodosités fixatrices d'azote dans lesquelles, se forment des bactéries azotofixatrices.

II.6.b. Le système aérien :

D'après Bezpaly, 1984, la tige du haricot est une herbacée, parfois lignifiée à la base. Suivant le port de la tige, on distingue des formes naines et des formes hautes à rames.

Les feuilles sont glabres ou pubescentes. Chaux, 1972 ajoute que les deux premières feuilles présentent des limbes simples, cordiformes et que les suivants sont trifoliés.

Les fleurs réunies en inflorescences, grappes axillaires, portant le plus souvent de deux à huit fleurs qui peuvent être de couleur blanche, rose, mauve ou violacés (Bezpaly, 1984).

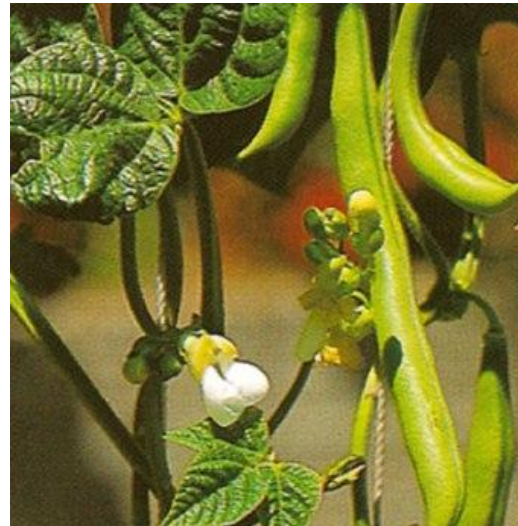
Les gousses, de même que les graines, peuvent présenter des formes, des couleurs et une consistance variables (Messiaen, 1975).

Il existe deux types de croissance chez l'haricot :

- Haricot à croissance indéterminée : la tige est volubile et faiblement ramifiée , elle peut atteindre 2 m représente les variétés : "à rames"
- Haricot à croissance déterminée : la tige est plus forte , dressée et très ramifiée , elle peut atteindre 35 à 50 cm de hauteur : "haricots nains".



(a)



(b)

Photos 1 : l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. (a) :stade floraison. (b) :stade de fructification (Anonyme, 2009)

II.7. Exigences de la plante

II.7.a. Température

Selon Chaux 1972, étant une plante de climats chauds, le haricot nécessite des températures assez élevées, sa germination n'est normale qu'au dessus de 14 à 15°C, alors que sa végétation est stoppée aux environs de 10°C.

La culture du haricot ne peut être entreprise qu'en dehors des époques ou le refroidissement est à craindre.

II.7.b. La lumière

En ce qui concerne la luminosité, le haricot est très exigeant, surtout pendant les premières étapes de son développement (Kolev, 1976), si la luminosité n'est pas suffisante, les plantes s'allongent et diminuent beaucoup leur rendement.

II.7.c. Le sol

Selon Laumonnier, 1976, le choix des sols joue considérablement sur les rendements et la qualité des produits.

Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité, de bon état sanitaire et de richesse relative. Le haricot réussit bien sur les sols alluviaux, riches en potasse et réussit mal dans les terres halomorphes et fortement acides ainsi que dans les sols lourds-argileux (Bezpalý, 1984).

L'idéal pour le haricot serait un PH légèrement acide, favorable à l'assimilation des éléments nutritifs du sol (Gros, 1987)

Kolev, 1976 note que pour le haricot, le PH doit osciller entre 5,3 et 6 et que la salinité diminue considérablement les rendements.

II.7.d. Les besoins en eau de la culture

L'apport d'eau est nécessaire pour assurer un rendement maximum tant en produits frais qu'en produits secs, il est à peu près le même pendant une bonne partie du cycle végétatif (Ayers et Westcott 1984), pendant la floraison et la formation des gousses, le haricot exige beaucoup d'eau, l'insuffisance d'humidité au rendement (Bezpalý 1984).

Dooremos 1980, signale que les besoins en eau correspondant à une production maximum d'une culture de 60 à 120 jours varient entre 300 et 500 mm selon le climat et qu'ils sont très variables pendant la période de murissement, selon que la gousse est récoltée humide ou sèche.

Pendant toute sa végétation, le haricot est très exigeant en humidité de l'air et du sol. un excès ou un manque d'humidité gêne le développement et peut compromettre la nouaison (Kolev, 1976).

II.8. La nutrition minérale des plantes

Parmi les nombreux éléments que l'on peut retrouver dans la composition des tissus végétaux, dix-neuf (19) seulement se sont révélés indispensables à la croissance, au développement et à la reproduction des plantes.

Les éléments essentiels sont répartis en deux groupes, le premier groupe qui porte le carbone, l'hydrogène et l'oxygène qui proviennent de l'air et de l'eau du sol.

Le deuxième groupe contient les 16 autres éléments que la plante trouve sous forme minérale dans le sol. Osman et Milthorpe, 1971.

Parmi les éléments minéraux essentiels ou **macroéléments**, leurs apports en grande quantité est nécessaire. Ces derniers sont l'azote (**N**), le phosphore (**P**), le potassium (**K**).

Le soufre (**S**), le calcium(**Ca**) et le magnésium (**Mg**) sont considérés comme des éléments secondaires ou microéléments avec un apport en petites quantités.

Des éléments mineurs, dits oligo-éléments, sont nécessaires en quantité moindre : le fer, le zinc, le cuivre, le bore, le manganèse, le silicium, le molybdène, le sodium, le cobalt et le chlore (Hall *et al.*, 2000).

Les besoins de la plante évoluent au cours de son développement. Ils doivent être disponibles en quantités suffisantes et sous une forme disponible. (Mengel et Kirkby, 1978).

II.8.1 Les Macroéléments

L'Azote (N): est un moteur de la croissance végétale. Il représente 1 à 4 pour cent de la matière sèche végétale. Etant le constituant essentiel de protéines, il intervient dans les principaux processus de développement de la plante et de détermination du rendement (Hirose et Werger, 1994).

La déficience en azote s'associe souvent à une diminution de la taille des feuilles et des ramifications.

Le phosphore (P) : est un constituant important des protéines phosphorées. Les ions phosphoriques sont des éléments très importants dans les processus de stockage et de transport de l'énergie dans les cellules (ATP). Le phosphore, comme l'azote, est un élément indispensable à la croissance de la plante. Le phosphore est fondamental pour les processus de floraison, la mise en graine ou en fruit des plantes.

En réponse à une carence en phosphate, la croissance et l'architecture des racines sont modifiées (Lynch, 1995). La biomasse racinaire augmente, entraînant de ce fait un accroissement des surfaces d'absorption (Raghothama, 1999).

Potassium (K): Il représente 1 à 4 pour cent de la matière sèche de la plante et ses fonctions sont multiples. Il active plus de 60 enzymes. Il joue ainsi un rôle vital dans la synthèse des hydrates de carbone et des protéines. Ce dernier améliore le régime hydrique de la plante et accroît sa tolérance à la sécheresse, au gel et à la salinité.

Les plantes bien alimentées en potassium sont plus résistantes aux maladies (Martin Prevel, 1978).

II.8.2 Les Micro éléments

Ce sont le magnésium, le soufre et le calcium. Ils sont également absorbés par les plantes en grandes quantités.

Magnésium (Mg) : est le constituant central de la chlorophylle, le pigment vert des feuilles qui capte l'énergie fournie par le soleil: c'est ainsi que 15 à 20 % du magnésium contenu dans la plante se trouvent dans les parties vertes. Le Mg intervient aussi dans les réactions enzymatiques relatives au transport de l'énergie dans la plante (Kolbe, 1977).

Soufre (S): Il est un constituant essentiel des protéines. Il intervient dans la formation de la chlorophylle. Il représente dans la plupart des plantes 0.2 à 0.3 (0.05 à 0.5)% de la matière sèche. Il joue un rôle aussi important que le phosphore et le magnésium dans la croissance des plantes; mais son rôle est souvent sous-estimé (Crasnier et al, 1985).

Calcium (Ca): Il est indispensable pour la croissance des racines et aussi comme constituant des matériaux de la membrane cellulaire. Bien que la plupart des sols soient abondamment pourvus en calcium assimilable, une carence en Ca peut se produire en sols tropicaux fortement épuisés en calcium. Toutefois, l'application du Ca est généralement considérée comme un chaulage qui vise à corriger l'acidité du sol (Hall et al, 2000).

II.8.3 Les oligo-éléments :

Les oligoéléments sont des éléments indispensables au bon fonctionnement du métabolisme de la plante mais dans des proportions relativement faibles. Ils ont des rôles essentiellement catalytiques et métaboliques. Les faibles quantités d'oligoéléments contenues dans le sol ne suffisent pas à une culture intensive. Leurs apports sont une nécessité.

Le fer (Fe) : *est un élément essentiel pour la croissance et le développement des plantes.* Ainsi, le fer que ce soit en tant que cofacteur ou élément structural des molécules organiques, intervient dans la photosynthèse, la respiration, le métabolisme de l'azote ou encore les processus de détoxification (Guerinot et Yi, 1994).

Une carence en cet élément affecte donc l'ensemble des processus physiologiques d'un végétal. Les premiers symptômes visuels d'une carence en fer incluent l'apparition de chloroses intercostales, principalement chez les feuilles jeunes. (Spiller et Terry, 1980).

L'effet du fer agit sur le nombre et la longueur des poils absorbants d'une plante et les cellules de transfert se différencient sur le rhizoderme (Schmidt, 1999).

Le bore (B) : Les plantes jeunes consomment plus de Bore que les plantes adultes. Il est très mobile dès l'absorption par les racines mais devient presque immobile dans les feuilles. Il régule la photosynthèse, maintient l'élasticité des parois cellulaires ainsi que l'intégrité de la membrane cytoplasmique. Il est nécessaire dans l'élongation et la division cellulaire des bourgeons apicaux racinaires ou caulinofoiaires. Il intervient aussi dans la synthèse des acides nucléiques (Baeyens, 1967).

Chapitre III : Le jus de lombricompost

III.1. Définition du lombricompost

Selon Chaoui, 2010 le vermicompostage, aussi appelé lombricompostage, désigne la transformation des déchets organiques par les vers de terre. Le lombricompost est un processus biologique qui permet de convertir des matières organiques fraîches en un produit stabilisé, hygiénique tel que le terreau. Cette démarche est contrôlée et se fait par fermentation aérobie. Le produit fini est appelé le COMPOST qui est un amendement organique riche en humus. (Mustin, 1987). Cependant, il engendre la production de deux types de produits valorisables: La biomasse en vers de terre qui est utilisée pour l'alimentation de certain animaux d'élevage et le lombricompost qui fournit un amendement homogène et efficace permettant d'accroître la fertilité des sols. Paolettim G, 2000.

Le lombricompost présente des niveaux de contamination en microorganismes pathogènes bien plus faible que le compost conventionnel Santos Oliveira J F, 1976.

Hassan H S A, et al., 2010 estiment que la lombriculture représente une technologie appropriée afin de valoriser les résidus de cultures ainsi que d'autres déchets végétaux mélangés aux excréments animaux provenant de l'exploitation agricole.

Les vers de terre ingèrent les déchets organiques puis excrètent du fumier foncé, sans odeur et fertile, ainsi que des granules de boue riches en matière organique qui constituent un excellent amendement pour le sol. D'après Castle K et al., 2002 ils jouent un rôle essentiel dans la transformation des matières organiques car les lombrics transforment la matière organique instable d'origine végétale en substances organiques stables appelées 'Humus'. Ces derniers participent à la libération d'éléments minéraux disponibles pour les plantes cultivées.



Figure 2 : Des vers rouges (*Eisenia fetida*) mangent des déchets organiques, comme des pelures de légumes, puis excrètent du fumier de vers. (Sherman, Rhonda, 2000)

III.2. Les lombrics

D'après Caseellato S., 1987 il existe dans la nature beaucoup d'espèces de vers mais seuls quelques unes peuvent être mises dans la compostiere. Considérés comme des travailleurs du sol, les lombrics de compost sont des vers de surface qui se trouvent à 10cm, qui se reproduisent très vite et qui se nourrissent d'une matière décomposée.

III.3. Gestion du lombricomposteur

Selon Lavelle P et al, 1997 les déchets organiques ménagers sont placés dans le composteur qui est riche en azote. Ils mentionnent que les vers adorent le papier et le carton, ils s'y réfugient, s'y reproduisent et s'en nourrissent. Cependant, le carton sert d'appoint de carbone et pompe l'excédant d'eau.

Le lombricompostage demande peu de manipulation, il faut juste vérifier que l'humidité soit bonne avec un milieu ni trop sec ni trop humide, il faut régulièrement alimenter la compostiere car les vers mangent entre 0.5 et 2 fois leurs poids par jour. Il faut également vérifier le niveau du jus et le récupérer.

III.4. Importance du lombricompost

L'agriculture est un grand consommateur d'éléments fertilisants, donc un marché potentiel important pour le compost. Utilisé principalement comme amendement organique, le compost ne peut remplacer complètement les engrais minéraux utilisés en agriculture. Toutefois, l'utilisation du compost peut permettre de réduire les quantités d'engrais chimiques utilisées et même d'accroître l'efficacité de ceux-ci.

De même, l'augmentation des rendements des cultures fait appel à une amélioration générale des conditions physiques, chimiques et biologiques des sols. Il s'agit de l'ultime avantage agronomique à utiliser le compost.

III.5. Rôle de la fertilisation

La fertilité des sols dépend de la quantité et de la qualité des matières organiques transformées par les organismes décomposeurs. L'efficacité de ces derniers est caractérisée par le taux de transformation de la matière organique qui dépend des facteurs du milieu tels que la température, l'humidité et des caractéristiques de la matière à décomposer Champagnol F., 1980.

Bidon, 1993 considère qu'à l'état naturel, le sol est régulièrement enrichi par les éléments organiques (feuilles, racines,...) qui déperissent. Ces derniers sont des molécules complexes qui constituent la vie : le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P). Ces éléments complexes sont ensuite décomposés par les microorganismes du sol en éléments simples et assimilables par les plantes.

Le compost accroît ainsi la biodiversité du sol contribuent à des phénomènes telle que la phytoprotection des plantes contre certaines infections et la lutte contre les mauvaises herbes.

III.6. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN)

Elle consiste à donner aux plantes les moyens de se défendre elles-mêmes, ou renforcer leurs propres moyens de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN) (Amborabé *et al.*, 2004).

III.6.1 Défense passive

Les plantes, au cours de leur évolution, ont mis en place des barrières protectrices contre les bioagresseurs telles la cuticule et la paroi pectocellulosique. Ces barrières mécaniques leur confèrent une résistance constitutive, notamment face aux agents pathogènes (Kaufmann *et al.*, 2001).

III.6.2 Défense active

Les mécanismes de défense active peuvent débiter par la réaction d'hypersensibilité (HR). La réaction HR est une réaction spécifique basée sur le concept gène pour gène de Flor, dans laquelle le produit du gène d'avirulence du pathogène est reconnu par le produit du gène de résistance de la plante. Cette réaction intense et violente se manifeste par la mort de la cellule hôte qui, avant de

s'autodétruire, aura émis des signaux d'alerte vers les cellules voisines pour créer une zone de résistance locale acquise (LAR). Il s'ensuit la synthèse de molécules de défense antimicrobienne à action directe ou indirecte (Klarsinski et Fritig, 2001).

III.7 Voies de signalisation et réactions de défense

pour lutter contre l'action d'enzymes microbiennes digérant la paroi cellulaire végétale, la plante la renforce par diverses macromolécules qu'elle synthétise : protéines, polysaccharides ou polymères aromatiques (ressemblant à la lignine). Or la dégradation fongique de ces parois accélère encore plus la mise en place d'une résistance puisque les oligosaccharides obtenus servent d'éliciteurs endogènes. (Kauffmann et *al.*, 2001).

III.8 Caractéristiques générales des SDN :

Les SDN ont par nature des caractéristiques en commun. Ainsi, ils sont inactifs sur l'agent pathogène puisqu'ils agissent sur la plante. Ce critère est très fréquemment utilisé en laboratoire pour les discriminer.

Par exemple, l'équipe de M. Couderch a travaillé sur un SDN inactif qui est appliqué directement sur le champignon *Botrytis cinerea*, même à très forte dose (Couderchet et *al.*, 2003).

Deuxième caractéristique, les changements observés au niveau biochimique sont identiques à ceux naturellement présents dans les plantes. C'est également un critère utilisé au laboratoire, avec une dimension quantitative puisque la mesure de ces molécules qui marquent une résistance induite renseigne sur l'efficacité du SDN.

Les molécules mesurées peuvent être des protéines PR (Amborabé et *al.*, 2004, Couderch et *al.*, 2003, Floch et *al.*, 2003), une enzyme intervenant dans la synthèse de l'acide salicylique, la PAL (Amborabé et *al.*, 2004), une phytoalexine (Jeandet et *al.*, 1996) ou des peroxydases qui participent à la production d'espèces actives de l'oxygène (Martinez et *al.*, 1996).

À ces caractéristiques intrinsèques s'ajoutent des propriétés qui leur sont liées.

Ainsi, les SDN sont généralement dépourvues de toxicité pour les êtres vivants et pour l'environnement, ils sont complètement biodégradables.

III.9 Intérêt en protection des plantes

Les SDN sont donc une nouvelle voie que la science a ouverte dans le domaine de la protection des plantes. Il reste cependant à bien préciser leur intérêt pour l'agriculture, aussi bien sur les plans technique qu'environnemental.

Chapitre IV : Matériel et méthodes

Objectif

L'objet de notre travail est d'évaluer la capacité d'une gamme de produits à base de proline exogène et de lombricompost de lever le stress salin chez le haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. (var. Djadida). L'intensité du stress salin a été estimée par l'appréciation des changements morpho physiologiques.

IV.1. Présentation et climat de la région d'étude

La Mitidja est une vaste plaine, située à une altitude Nord moyenne de 36 à 48° et une altitude moyenne de 30 et 50 mètres. Elle s'étend sur une longueur de 100 kilomètres et une largeur de 5 et 20 kilomètres. Elle couvre une superficie de 150 000 ha et correspond à une dépression allongée d'Ouest en Est. Elle est limitée à l'Ouest par l'Oued Nador, à l'Est par l'Oued Boudouaou et bordée par deux zones élevées; le Sahel au Nord et l'Atlas Tellien au Sud. Elle ne s'ouvre que sur quelques kilomètres sur la mer Méditerranée (Loucif et Bonafonte, 1977).

L'analyse des températures de la région de la Mitidja, fait ressortir que les basses températures sont enregistrées aux mois de janvier et février. Les hautes températures sont notées durant les mois de juillet et août. À partir du mois de février les températures augmentent et atteignent le maximum au mois d'août, et à partir de ce mois. Les données enregistrées durant l'année de l'expérimentation nous révèlent que la température la plus élevée a été observée au mois d'août (30,45°C) de l'année 2013 et la température la plus basse a été enregistrée au mois de février (11,51°C). Le total des précipitations cumulées durant l'année expérimentale est de 669,40 mm. Les mois les plus pluvieux sont mai (145,6 mm), janvier (106,5 mm) et février (98,1 mm). L'indice d'EMBERGER classe la région de Soumaa dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux pour les 11 ans de 2001 à 2012, ainsi que pour l'année 2012-2013.

IV.2. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

Les essais de la présente étude ont été réalisés au niveau du laboratoire de Biotechnologie des productions végétales de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1 durant la période 09/02/2014 – 20/03/2014. Durant toute la période d'expérimentation, l'enceinte expérimentale enregistre une température oscillant entre 28 et 30°C avec une humidité relative de l'air de 70 à 85% .

L'expérimentation est réalisée dans une serre de 382,5 m² de surface en polycarbonate, sous des conditions semi-contrôlées, d'exposition nord-sud. L'éclairage est celui du jour, la température varie au cours de la journée et d'une saison à l'autre et elle est mesurée par un thermomètre placé au milieu de la serre, un système de chauffage thermostatique permet de réguler la température durant les journées les plus froides, l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre sur une longueur de 17 mètres (Fig. 3).



Figure 3 : Serre expérimentale en polycarbonate

IV.3. Matériel d'étude

IV.3.1. Obtention des plantules du haricot

L'expérimentation a été menée sur des plantules d'une variété Djedida d'haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. une variété naine à croissance déterminée, appartenant au groupe des haricots mange-tout et destiné pour la consommation en frais. Les semences proviennent de l'Institut Technique de Cultures Maraichères et Industrielles (I.T.C.M.I.) de Staouali, récoltée en 2013 avec une pureté spécifique de 99%.

Les graines du haricot sont imbibées dans l'eau pendant 48h. Le semis est effectué dans la serre le 09/02/2014 dans des pots en plastiques de 13,5 cm de hauteur et 15,5 cm de diamètre, ils sont de couleurs marron ayant une capacité de 1500 ml et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution excédentaire. Les pots sont remplis d'un mélange: ½ terre + ½ de tourbe.

IV.3.2 Présentation des traitements

La réalisation de l'essai a mis en œuvre cinq préparations à savoir :

- Préparation de la solution à proline (TPr)

Le traitement à base de proline exogène est préparé par la dilution de la proline libre dans l'eau courante. Une dose de 25mM/l. a été arrêtée pour cette expérience. De nombreuses fonctions sont suggérées pour cet acide aminé comme: dans le maintien de l'osmolarité, la baisse de l'acidité, la régulation des potentiels redox, il pourrait servir de source d'énergie et de pouvoir réducteur, de stockage d'N, de protecteur d'enzymes (Szekely et *al.*, 2008)

- Préparation Biofert brut (TBi)

Biofert brut, est un biofertilisant à base d'une solution sans odeur issue de l'égouttage du lombricompost. Ce dernier est un produit naturel issu de la dégradation des déchets ménagers sous l'action du ver de terre anécique. Le produit final a la consistance d'un terreau sans odeur contient des composés organiques très bénéfiques aux plantes (hormones, acides aminés, sucres, acides organiques..). Pour le jus du lombricompost, nous avons apporté la forte dilution D10. Cette dernière est obtenue par le mélange jus/eau (V/10V).

- Préparation de la solution saline (Na)

Le traitement à base de sel est préparé par la dilution de NaCl dans l'eau courante. Une dose de 4,2g de NaCl/l. Allagui et *al.* (1994), estiment que la dose 4,2 g.l⁻¹ NaCl a un effet dépressif sur le taux de germination, la croissance biologique et la production en grains. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété en question.

- Préparation de la solution saline/ Proline exogène (Na+ Pr)

Le traitement mixte à base de NaCl et de Proline exogène est obtenu par un mélange (V/V) de solution saline (4,2g.l⁻¹ NaCl) et de Proline exogène (1,24g.l⁻¹L-proline).

- Préparation de la solution saline/ Biofert brut (Na+ Bi)

Le traitement mixte à base de NaCl et de jus de lombricompost est obtenu par un mélange (V/V) de solution saline (4,2g.l⁻¹ NaCl) et du jus de lombricompost (1 volume de jus dans 10 volumes d'eau).

IV.4. Méthodes d'étude

IV.4.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet a 9 répétitions (Fig. 4). 54 pots (unité expérimentale) ont été obtenus contenant chacun une plantule. Les blocs élémentaires sont distantes de 20 cm les uns des autres. Les jeunes plantules sont irriguées jusqu'à l'apparition des deux feuilles cotylédonaires par l'eau de robinet. Après ce stade nous avons procédé à l'application des différents traitements, soit 29 jours après semis. Le dispositif expérimental est conduit en deux modes d'apports des traitements à savoir :

- Apport par absorption racinaire durant 09 jours du 02/03/2014 jusqu'au 10/03/2014.
- Apport par application foliaire durant 10 jours du 11/03/2014 jusqu'au 20/03/2014.

Les plantules ont reçu les préparations appropriés par absorption racinaire puis par application foliaire aux doses respectives : **TPr (100 ml)**, **TBi (100 ml)**, **Na (100 ml)**, **Na+Pr (100 ml)** et **Na+Bi (100 ml)**. L'apport des traitements est renouvelé régulièrement selon les besoins de la culture durant toute la période du suivi qui s'est étalée sur 20 jours. Le bloc témoin a reçu de l'eau courante par les deux modes et selon le rythme d'apport des traitements.



Figure 4: Dispositif expérimental de la culture du Phaseolus vulgaris L sous stress salin (Original 2014)

IV.4.2. Evaluation de l'effet des phytofortifiants sur les paramètres morphologiques

Après chaque apport de traitement, la production de la phytomasse (croissance foliaire et croissance en longueur des plants) du haricot sous l'effet des différentes préparations a été estimée jusqu'à la nouaison. Au niveau des pots élémentaires 9 feuilles sont prélevées aléatoirement et sont étalées sur un papier millimétré on faisant apparaître clairement les rebords (Fig. 5a). De même pour la croissance en longueur des plants, 9 plants sont ajustés à une règle (Fig. 5b). Les feuilles ainsi étalées et les plants ajustés à la règle sont pris en photos par un appareil photos numérique en gardant le même taux de pixel. Les photos numérisées sont traités par le logiciel ImageTool ver. 3.0 afin d'évaluer la longueur des plants du haricot ainsi que la surface foliaire.

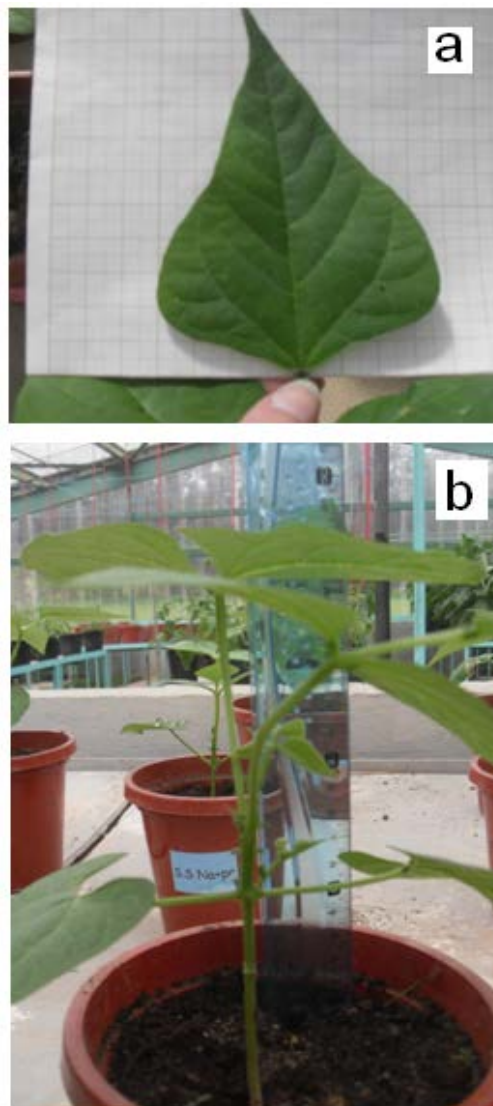


Figure 5: Méthode d'estimation de la croissance foliaire et la croissance en longueur des plantules du haricot (Original 2014)

IV.4.3. Evaluation de l'effet des traitements sur la phytochimie du haricot

IV.4.3.1 Extraction et quantification de la Proline

La proline est déterminée par la méthode proposée par Bergman et Loxley (1970) qui consiste à mettre 100 mg de matière végétale fraîche avec 500 µl d'eau distillé dont le tout est homogénéisé 10 min par centrifugation. Une prise d'essai de 200 µl d'homogénat est additionnée à 200 µl d'acide acétique glacial et 200 µl de solution de ninhydrine. Le mélange est incubé pendant 100 min à 100 °C. Après incubation les échantillons ont été extraits avec un volume égal de xylène. L'absorbance de la phase aqueuse a été quantifiée à 522 nm. Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de courbe d'étalon dont la relation est la suivante :

$$Y=0,1043 X$$

Y : étant l'absorbance

X : étant la quantité de proline exprimée en µg/g.M.F.

VI.4.3.2. Extraction et quantification de la chlorophylle totale

La chlorophylle totale est estimée d'après le protocole proposé par Tahiri *et al.* (1998). 50 mg de matière végétale fraîche est broyée dans l'acétone 80%. L'extrait obtenu est centrifugé à 4500 tours pendant 5 min. L'absorbance de la totalité des surnageant obtenus est mesuré à 646,8 nm et à 663,2 nm. La concentration en chlorophylle totale (chlorophylle a et b) est donnée par la formule suivante :

$$C.C.T \text{ (mg./g.M.F.)} = 7,15 \times DO_{663,2} + 18,71 \times DO_{646,8} \text{ v/M}$$

OÙ :

V= volume de l'extrait totale en litre.

M= la masse de la matière fraîche broyée en gramme.

IV.5. Analyses statistiques des résultats

IV.5.1. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Ainsi, nous avons analysé globalement les variables (paramètres morphologique, phytochimique). A partir des coordonnées des variables et des facteurs prises sur les trois premiers axes de l'analyse en composantes principales, une classification ascendante hiérarchique est réalisée dans le but de détecter les groupes corrélés à partir des mesures de similarité calculées à travers des distances euclidiennes entre les coordonnées des variables quantitatives étudiées.

IV.5.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (préparations, accumulation en molécules, croissance en longueur et périodes d'exposition), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. Le déroulement des tests a été réalisé par le logiciel SYSTAT vers. 7, (SPSS 2009).

Chapitre V : Résultats

Le stress salin est une des contraintes majeures qui entrave la production agricole et limite considérablement la productivité végétale, c'est pour cela que nous avons essayé de gérer ce stress par l'utilisation des apports exogènes (proline) et biofertilisant (jus de lombricompost). L'effet du stress a été estimé par une évaluation des paramètres morphologiques et paramètres phytochimiques.

V.1. Effets des traitements sur les paramètres morphologiques du haricot conduit en mode de stress salin

Les résultats relatifs au stress salin se sont intéressés à l'évolution de la surface foliaire et la croissance en longueur des plants.

V.1.1. Variation temporelle des paramètres morphologiques du haricot sous l'effet des différents traitements

Les résultats concernant la variation temporelle de la croissance foliaire sous l'effet des différents traitements appliqués par absorption racinaire désignent la même tendance pour la plus part des traitements apportés durant les 9 jours de suivi. Exception faite pour les plantules ayant subi un traitement par une solution saline (NaCl) dont un pic de croissance s'est manifesté au bout du 4^{ème} jour de l'application du stress (Fig. 6a).

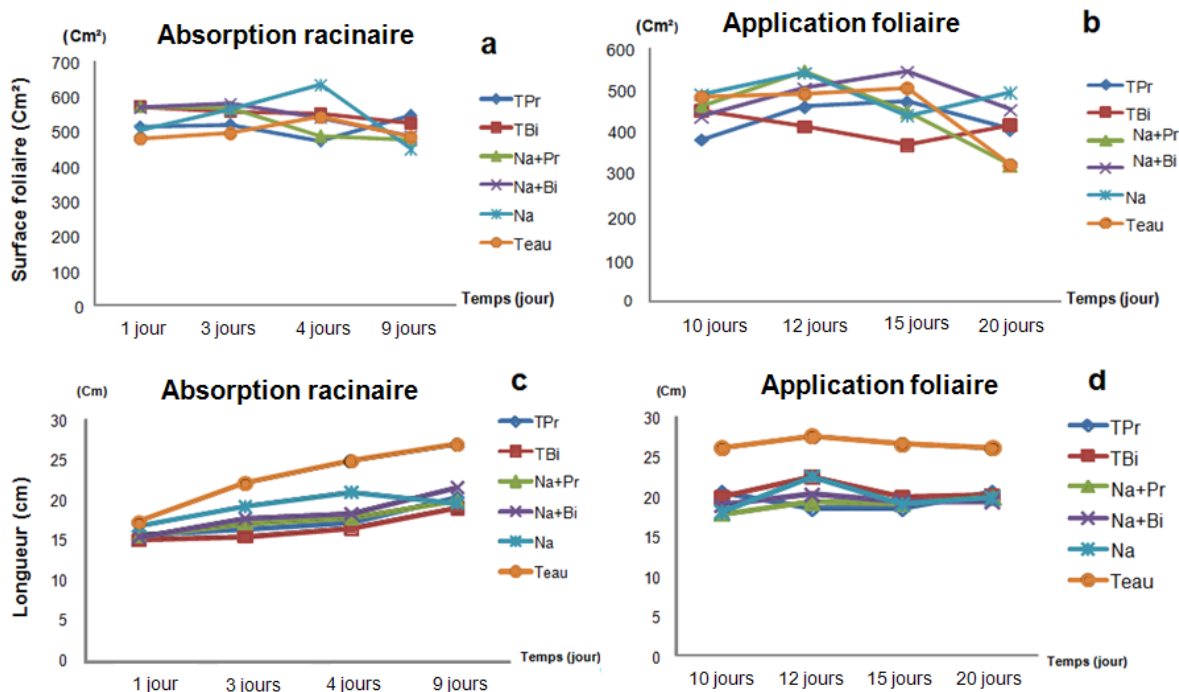


Figure 6 : Variation temporelle des paramètres morphologiques selon le mode d'apport des traitements

TPr: Proline, TBi: jus de lombricompost, Na+Pr: Na Cl + Proline, Na+Bi : Na Cl + jus de lombricompost, Na : Na Cl, Teau: Eau.

Concernant l'évolution de la surface foliaire sous l'effet des traitements par applications foliaires, nous constatons une progression plus importante au-delà du 12^{ème} jour sous l'effet de la proline (TPr) et du mélange Na Cl + jus de lombricompost (Na+Bi) avec une individualisation du traitement (TBi) par comparaison aux plantules témoin (Teau) (Fig. 6b).

La (Figure 6c) qui concerne l'évolution temporelle de la croissance en longueur des plants sous l'effet des traitements appliqués par absorption racinaire, il en ressort que la longueur sous l'effet des différents régimes de stress restent au dessous de celle de témoin. La même figure affiche une croissance en longueur au profit des plants sous l'effet de NaCl (Na) qui ne tarde à perdre cette suprématie au compte des traitements (TBi, TPr, Na+Pr et Na+Bi) dès le 4^{ème} jour de l'apport des produits.

Quant à l'évolution de longueur des plants sous l'effet des traitements par application foliaire représenté par la (Figure 6d), il est visible que le traitement Na est le traitement Bi (jus de lombricompost) présentent la même évolution avec une meilleure progression par rapport aux restes des traitements mais en étant moins importante que celle affichée par le témoin eau.

V.1.2. Tendance des variations morphologiques du haricot sous l'effet des traitements

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST, à partir des valeurs de la surface foliaire et de la croissance en longueur des plants est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Fig.7). Nous nous sommes contentés de se référer aux projections sur l'axe 1 de l'analyse à cause du fort pourcentage de contribution enregistré.

A travers l'apport des traitements par absorption racinaire, la projection des valeurs de la surface foliaire en vecteurs à travers l'axe 1 (50,68 %), montre que la surface foliaire présente une certaine disparité de croissance en relation avec le type de stress. Ainsi la surface enregistre une croissance précoce visible entre 3 et 4 jours d'application des produits Na, Na+Pr, Na+Bi et Teau, alors que les traitements TPr et TBi n'atteignent cette croissance foliaire qu'au 9^{ème} jour après apport. Les coefficients de corrélation de Pearson montrent bien cette disparité qui s'installe essentiellement chez Na, Na+Pr qui sont en contre du TBi (Fig.7a).

En revanche, en mode d'application foliaire, la projection de la même variable à travers l'axe 1 (66,40 %) montre que la surface foliaire évolue différemment en deux groupes à dans de laps de temps divergents. Les surfaces évoluant sous l'effet de TPr, Na+Pr et TBi ce distinguent au 11^{ème} jour alors que l'accroissement en surface sous traitement Na+Bi, Na, Teau, débute dès le 10^{ème} jour et progresse jusqu'au 12^{ème} jour. Les coefficients de corrélation confirment cette

divergence(Fig.7b).

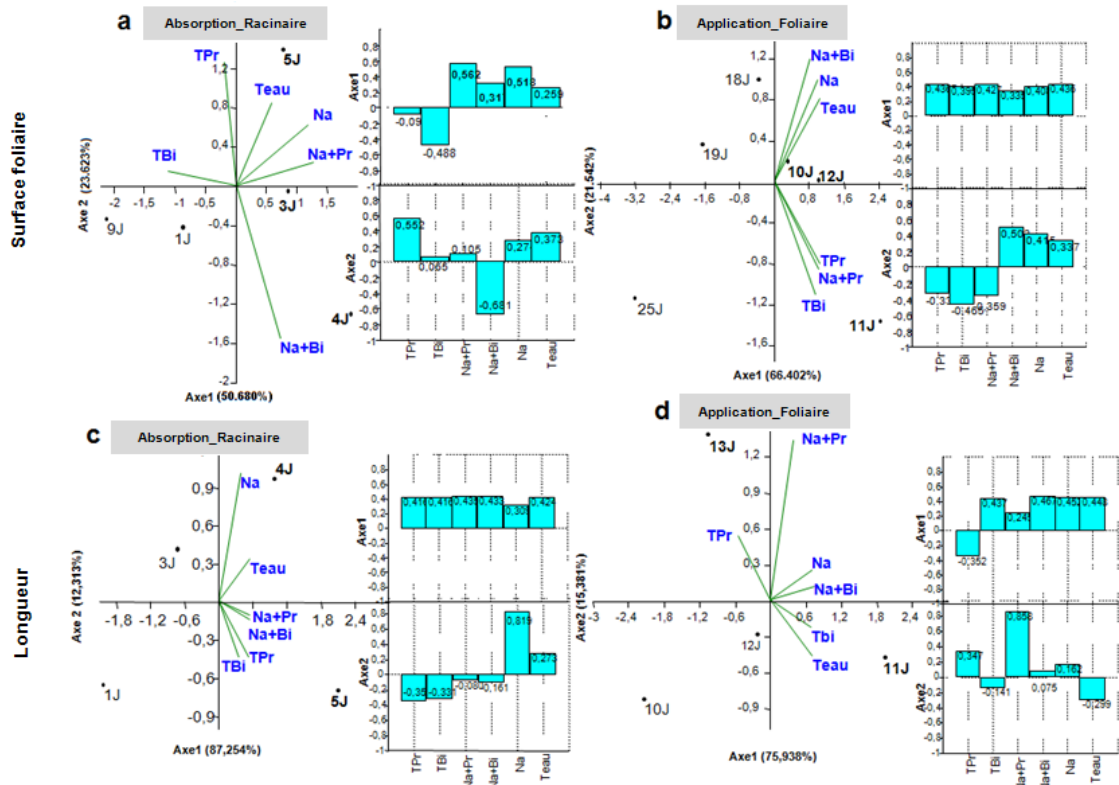


Figure 7: Projection des variables morphologiques sous l'effet des différents traitements sur les deux axes de l'A.C.P.

TPr: Proline, **TBI:** jus de lombricompost, **Na+Pr:** Na Cl + Proline, **Na+Bi :** Na Cl + jus de lombricompost, **Na :** Na Cl, **Teau:** Eau.

Concernant l'apport des traitements par absorption racinaire, la projection des valeurs de la croissance en longueur en vecteurs à travers l'axe 1 (87,25 %), montre que la croissance des plantules est corrélée positivement avec le temps (voir les valeurs du coefficient de corrélation). Cependant la longueur des plantules accuse des rythmes de croissance contrastés. Selon l'orientation des vecteurs quatre paliers de croissance sont à distinguer Na / Teau / Na+Pr et Na+Bi / TPr et TBI (Fig. 7c).

En revanche, en mode d'application foliaire, la projection de la variable croissance en longueur à travers l'axe 1 (75,93%) montre que la croissance en longueur évolue précocement en trois paliers de grandeurs à savoir : Na+Pr / Na et Na+Bi / Teau et TBI. Les plantules sous l'effet du traitement TPr n'enregistrent la longueur maximale qu'au bout du 13^{ème} jour (Fig.7d).

V.1.3. Etude comparée des effets des traitements sur les paramètres morphologiques

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M), de manière à étudier la variation temporelle des surfaces foliaires et de la croissance en longueur des plantes en fonction des modes d'apport de différents traitements. Les résultats sont consignés dans le tableau 3 et la Figure 8.

Globalement, le temps et les traitements influencent très significativement la croissance foliaire et la croissance en longueur des plantules de l'haricot. Cette différence est réconfortée par les valeurs des probabilités associées (Tableau 2).

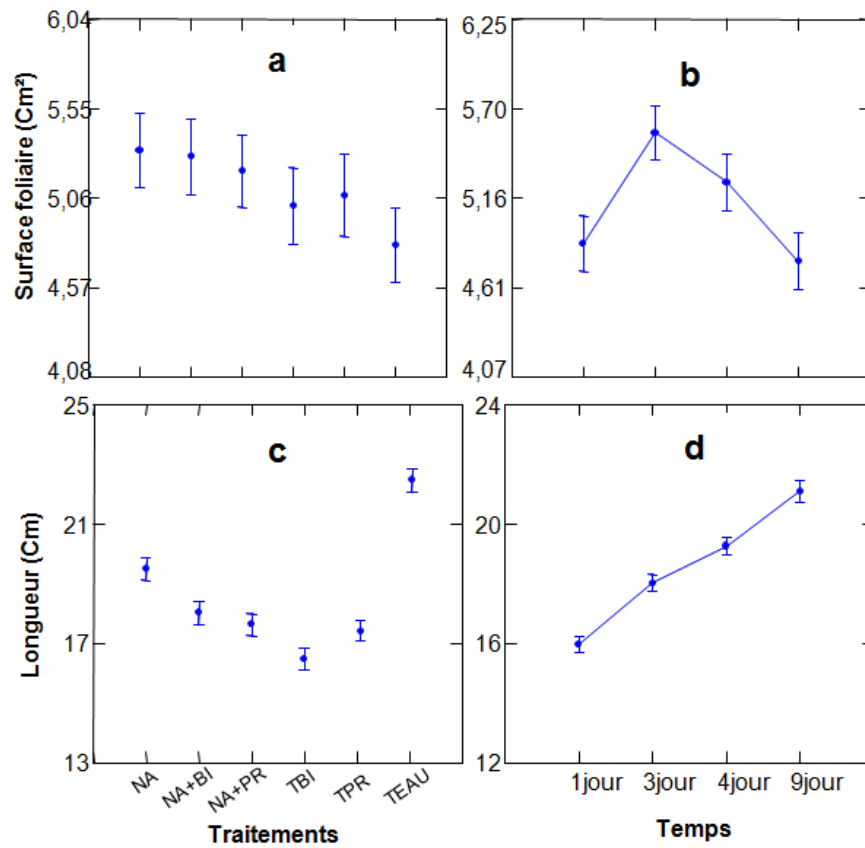
Tableau 2: Modèle G.L.M. appliqué à l'effet du mode d'apport des traitements sur la surface foliaire et la croissance en longueur des plants

Mode	Paramètre:	Source	Somme des carrées	DLI	Moyenne des écarts	F-ratic	P
Absorption racinaire	Surface foliaire	Temps	185411,025	3	61803,675	4,555	0,004**
		Traitements	61758,484	5	12351,697	0,910	0,476 ^{NS}
		Var. Intra	2456049,78	181	13569,336	-	-
	Longueur	Temps	584,143	3	194,714	44,827	0,000**
		Traitements	707,775	5	141,555	32,588	0,000**
		Var. Intra	799,245	184	4,344	-	-
Application foliaire	Surface foliaire	Temps	463899,349	3	154633,116	11,759	0,000**
		Traitements	332616,357	5	66523,271	5,059	0,000**
		Var. Intra	2038226,34	155	13149,847	-	-
	Longueur	Temps	25,140	3	8,380	2,333	0,080 ^{NS}
		Traitements	440,061	5	88,012	24,505	0,000**
		Var. Intra	294,514	82	3,592	-	-

NS : Non significative, * :Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** :Significative à 0,01%

Les résultats de GLM concernant l'évolution de la surface foliaire sous l'effet des traitements par absorption racinaire bien que la probabilité associée ne montre pas de différence significative, on peut estimer que la solution saline Na, Na+Bi et Na+Pr se distinguent marginalement par comparaison aux autres applications en termes de croissance foliaire (Fig. 8a). Cependant, l'évolution temporelle de la surface foliaire annoncent une progression continue en début de traitement jusqu'au 3^{ème} jour (Fig. 8b).

Absorption racinaire



Application foliaire

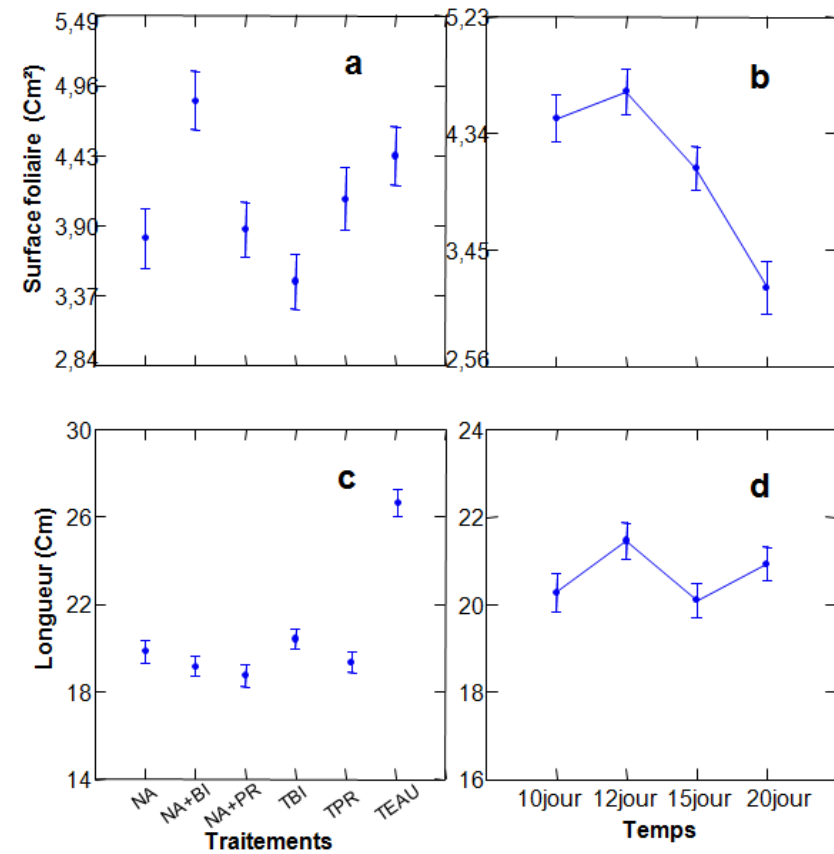


Figure 8 : Effets comparés des traitements sur l'évolution temporelle de la surface foliaire et de la croissance en longueur

TPr: Proline, **TBi:** jus de lombricompost, **Na+Pr:** Na Cl + Proline,
Na+Bi : Na Cl + jus de lombricompost, **Na :** Na Cl, **Teau:** Eau.

Les graphiques du GLM relatifs à l'effet des traitements par absorption racinaire sur la croissance en longueur ont montré qu'à l'égard du témoin qui a révélé la meilleure élongation des plants, les traitements Na et Na+Bi, ont montré des croissances prépondérantes (Fig. 8c). En contraste, la croissance des plantules expose une évolution croissante qui se maintient jusqu'au 9^{ème} jour du suivi (Fig. 8d).

Par application foliaire des traitements, les résultats de GLM concernant l'évolution de la surface foliaire ont montré que la combinaison du Na+Bi a révélé la meilleure surface foliaire des plants suivi du témoin, alors que le reste des traitements à savoir la solution saline Na, Na+Pr, Bi et la proline se sont montrés plus modérés (Fig. 8a'). En revanche, cette croissance foliaire se montre éphémère puisque le gain en surface foliaire ne se manifeste guère au delà du 12^{ème} jour d'apports des traitements (Fig. 8b').

Sous le même mode d'apport, les effets des traitements sur la croissance en longueur montrent qu'au détriment du témoin, TBi, TPr et Na a révélé la meilleure élongation des plants, alors que le reste des traitements à savoir la solution saline Na+Bi, Na+Pr, ont montré une évolution moins importante (Fig. 8c'). Enfin, la longueur paraît marginalement influencée par le temps d'exposition aux différents traitements. Cet effet temporel marginal est confirmé par la redondance des longueurs signalée au bout de 20 jours (Fig. 8c').

Le recours à l'analyse de la variance type ANOVA nous permet de visualiser l'affinité de l'interaction entre les facteurs temps et traitements et leur incidence sur le développement de la surface foliaire ainsi que la croissance en longueur des plants de l'haricot.

L'interaction des facteurs (Temps × Traitements) en mode d'absorption racinaire note la présence d'une différence très hautement significative pour les variables croissance en longueur des plants d'haricot (Fig. 8).

Les graphiques obtenus par ANOVA, exhibent un même profil temporel concernant le gain en longueur des plants, exception faite pour le traitement Na dont le profil est clairement divergent. Les mêmes résultats montrent que le 4^{ème} jour constitue le point charnière désignant l'avantage d'accroissement en longueur des plants sous l'effet de l'ensemble des traitements TBi, TPr, Na+Bi et Na+Pr, avec une hégémonie des valeurs au profit des traitements Na+Bi et Na+Pr (Fig. 9).

Analyse de la variance type ANOVA
(F-ratio=3,198, p=0,000*, p<0,01%)**

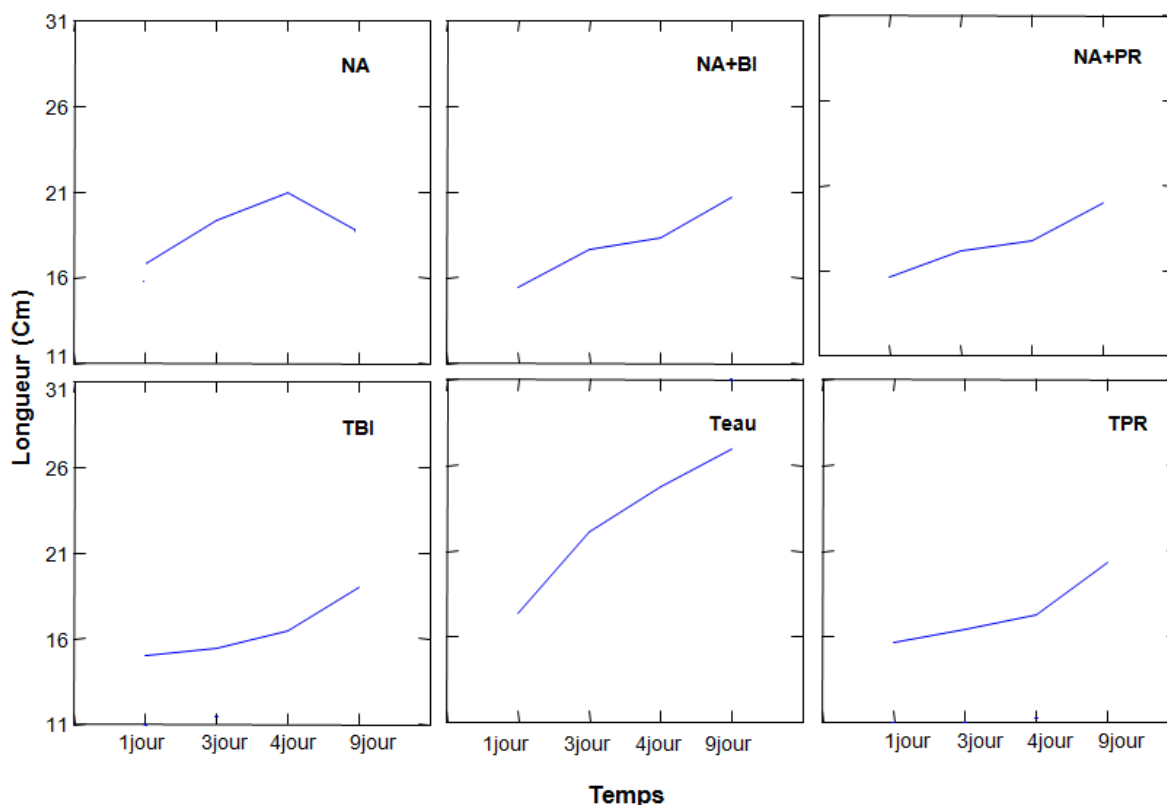


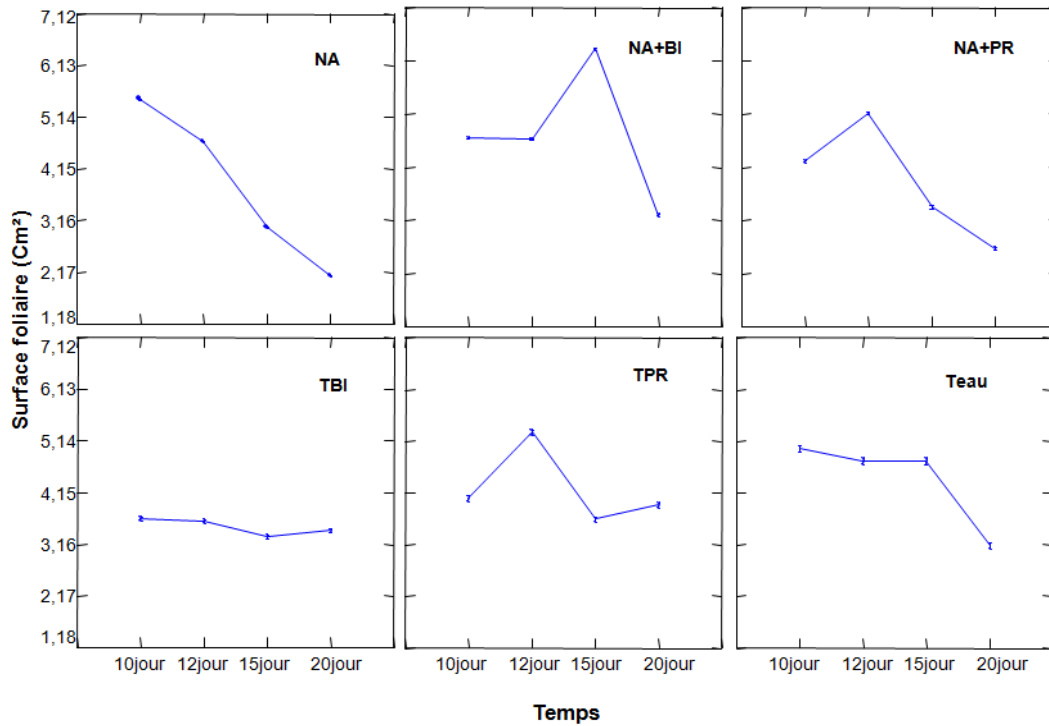
Figure 9 : Effet temporel des traitements apportés par absorption racinaire sur la croissance en longueur

TPr: Proline, **TBi:** jus de lombricompost, **Na+Pr:** Na Cl + Proline, **Na+Bi :** Na Cl + jus de lombricompost, **Na :** Na Cl, **Teau:** Eau.

L'interaction des facteurs (Temps × Traitements) en mode d'application foliaire note la présence d'une différence très hautement significative respectivement pour les variables de la croissance en longueur des plants (F-ratio=5,52 ; p=0,000, p<0,1%) (F-ratio=7,74 ; p=0,000, p<0,1%) (Fig. 9).

L'évolution de la surface foliaire est tributaire du temps d'exposition aux différents traitements. Le traitement mélange Na+Bi exprime le meilleur résultat par rapport aux autres traitements (Fig.10). Le Lombricompost en mélange avec la solution saline induit deux paliers de croissance de surface foliaire respectivement durant le laps 10-12 jours dont la surface accuse une stabilité de croissance et le laps 12-15 jours dont la croissance est maximale par comparaison aux autres traitements.

Analyse de la variance type ANOVA
(F-ratio=5,52, p=0,000*, p<0,01%)**



Analyse de la variance type ANOVA
(F-ratio=7,74, p=0,000*, p<1%)**

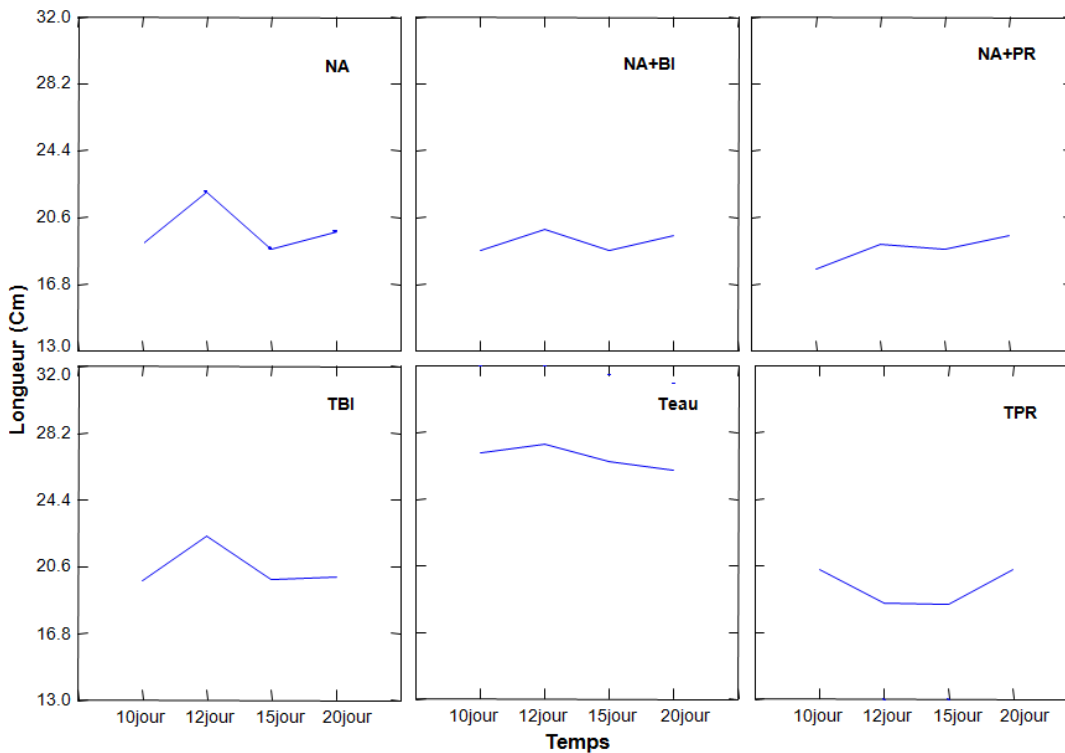


Figure 10 : Effet temporel des traitements apportés par application foliaire sur la croissance de la surface foliaire et de la longueur

TPr: Proline, **TBi:** jus de lombricompost, **Na+Pr:** Na Cl + Proline,
Na+Bi : Na Cl + jus de lombricompost, **Na :** Na Cl, **Teau:** Eau.

Le traitement de proline TPr se distingue du traitement Na+Pr par le maintien de la surface au-delà du 20^{ème} jour d'apport même si le pic d'accroissement maximale est enregistré précocement vers le 12^{ème} jour tandis que le jus de lombicompost aboutit à des croissances en deux paliers très éloignés à savoir durant la 4^{ème} semaine et la 9^{ème} semaine (Fig. 10b).

Le gain en longueur des plants d'haricot est signalé d'une manière similaire sous l'effet du Na+Bi et Na+Pr. Les deux traitements s'individualisent par rapport aux autres traitements par leurs capacités d'induire une promotion de la longueur à partir du 15^{ème} jour d'apport, contrairement au témoin où la période de 15 jours constitue le point de perte de vigueur (Fig. 10).

V.2. Effets des traitements sur la qualité phytochimique de l'haricot conduit en mode de stress salin

Les résultats relatifs au stress salin se sont limités à l'évolution du taux de proline et de chlorophylle

V.2.1. Variation temporelle de la qualité phytochimique de l'haricot sous l'effet des traitements

La figure 11 , présente l'accumulation temporelle de la proline et de la chlorophylle selon deux modes d'apports des traitements. En mode d'absorption racinaire, la Figure (11 a) fait ressortir que tous les traitements affichent la même tendance d'évolution des taux de la proline. Par ailleurs le biofertilisant (TBi) s'est montré le plus intéressant en accumulant précocement des quantités importantes de proline contrairement aux autres des traitements où les pics d'accumulation se sont manifestés tardivement. Concernant, l'accumulation de la proline par application foliaire, nous constatons que l'accumulation a été la plus importante en milieu de traitement (du 12 au 18^{ème} jour) avec une plus forte manifestation dans les traitements contenant déjà de la proline exogène suivis par les traitements contenant le biofertilisant (Fig. 11 b).

Les résultats concernant l'effet des traitements par absorption racinaire sur l'accumulation temporelle de la chlorophylle, indiquent que tous les traitements affichent la même tendance d'évolution que celle du témoin mis a part le traitement Na (NaCl) qui accuse un retard d'accumulation de la chlorophylle jusqu'au 5^{ème} jour pour ensuite montrer une évolution régressive en fin de traitement. Cependant les traitements comprenant du Na tels que (Na+Bi et Na+Pr) et le traitement Bi montrent une reprise a partir du 5eme jour ainsi se rapprochant du témoin(Fig.11 c). L'apport foliaire des traitements indique que les produits Na+Bi, TBi, Na+Pr s'accommodent avec la tendance d'évolution du taux d'accumulation de la chlorophylle chez le témoin (Fig. 11 d).

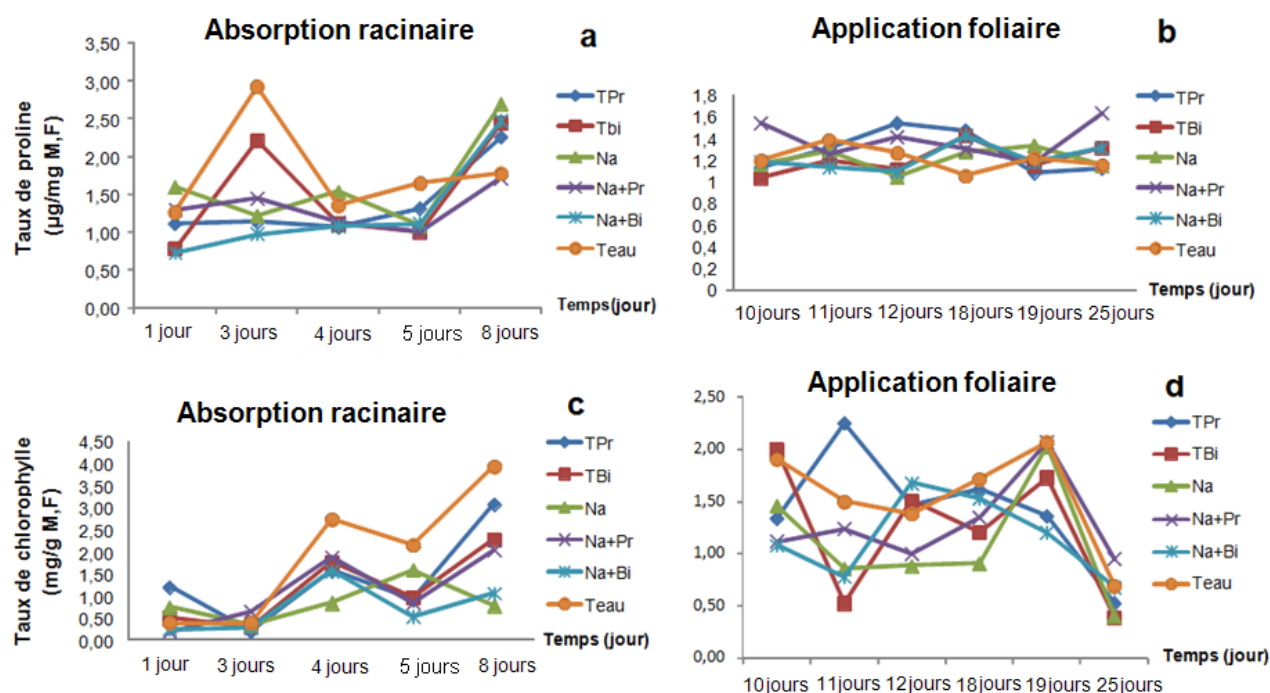


Figure 12: Variation temporelle de la qualité phytochimique selon le mode d'apport des traitements

TPr: Proline, TBi: jus de lombricompost, Na+Pr: Na Cl + Proline, Na+Bi : Na Cl + jus de lombricompost, Na : Na Cl, Teau: Eau.

V.2.2. Tendence des variations phytochimiques du haricot sous l'effet des traitements

La projection des valeurs de la qualité phytochimique sur les deux axes de l'analyse en composantes principales est acceptable du moment que les contributions dépassent largement les 80% (Fig. 12).

Par absorption racinaire, la projection des valeurs de la proline en vecteurs sur l'axe 1 (68,86%), montre que l'accumulation est tributaire du temps. Deux périodes influencent les quantités de la proline, la première période est précoce se distingue dès le 3^{ème} jour sous l'effet des traitements (Teau et TBi), alors que la deuxième s'affiche dès le 8^{ème} jour sous l'effet des traitements (Na+Bi, TPr et Na) (Fig. 12 a). La projection des valeurs de la chlorophylle sur l'axe 1 (73,87 %) montre que l'ensemble des traitements conduit à des accumulations qui se manifestent dès le 4^{ème} jour et qui se poursuit jusqu'au 8^{ème} jour (Fig. 12c).

Par application foliaire, la projection des valeurs de la proline en vecteurs sur l'axe 1 (43,73%), montre que l'accumulation de la proline est précoce chez le témoin Teau (11^{ème} jour) et se manifeste tardivement sous l'effet des autres traitements dont le 18^{ème} jour constitue le point culminant d'accumulation (Fig. 12 b).

Pour la chlorophylle, tous les traitements semblent avoir le même effet sur la capacité accumulatrice qui se distingue très tardivement par rapport aux apports (Fig. 12 d).

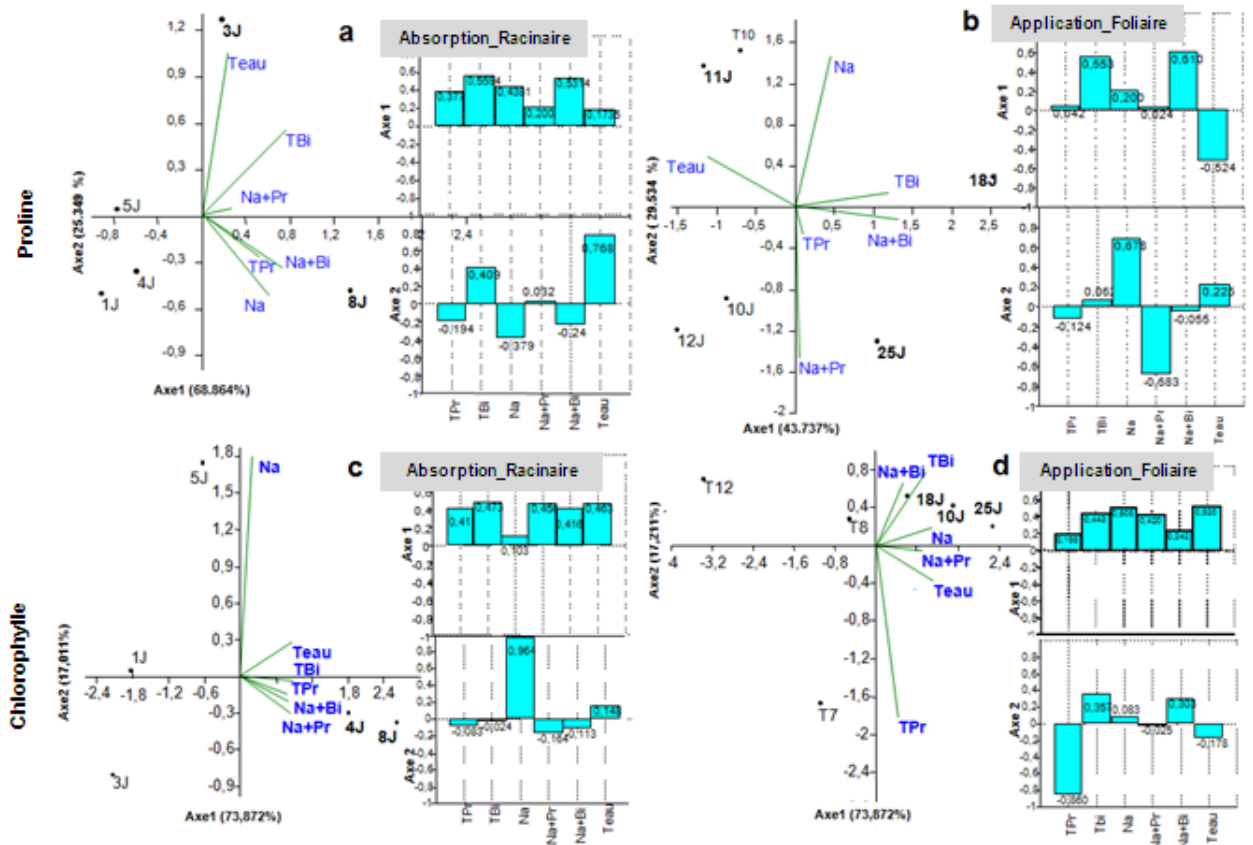


Figure 12 : Projection des variables phytochimiques sous l'effet des différents traitements sur les deux axes de l'ACP

TPr: Proline, TBi: jus de lombricompost, Na+Pr: Na Cl + Proline, Na+Bi : Na Cl + jus de lombricompost, Na : Na Cl, Teau: Eau.

V.2.3. Etude comparée de l'effet des traitements sur la qualité phytochimique du haricot

L'analyse de la variance type GLM, appliquée aux valeurs des taux de la proline et de la chlorophylle obtenus par application des traitements par absorption racinaire, désignent globalement un effet significatif (Tableau 3). En contraste, le mode d'apport des traitements par application foliaire ne désigne aucune différence significative sur les taux d'accumulations de la proline et de la chlorophylle (Tableau3)

Tableau 3 : Modèle G.L.M. appliqué à l'effet du mode d'apport des traitements sur l'accumulation de la proline et de la chlorophylle des plants

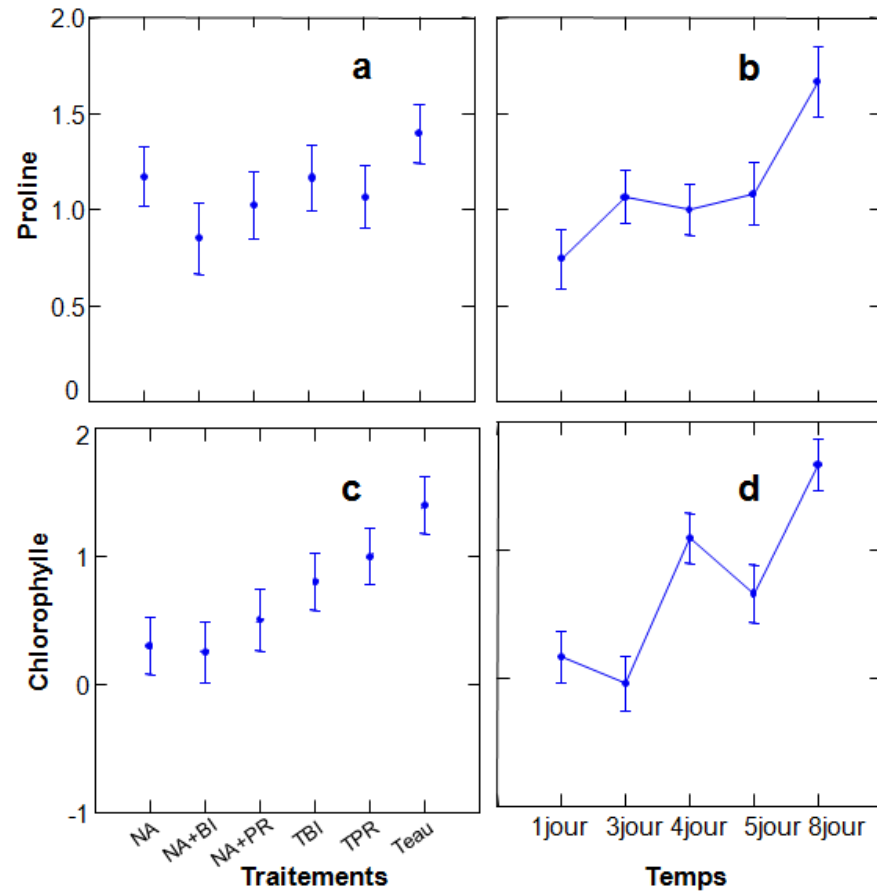
Mode	Paramètres	Source	Somme des carrées	DLI	Moyenne des écarts	F-ratic	P
Absorption racinaire	Proline	Temps	3,128	4	0,782	3,778	0,012**
		Traitement:	1,222	5	0,244	1,180	0,338 ^{NS}
		Var. Intra	7,451	36	0,207	-	-
	Chlorophylle	Temps	23,016	4	5,754	11,85	0,000***
		Traitement:	9,330	5	1,866	3,843	0,005**
		Var. Intra	23,306	48	0,486	-	-
Application foliaire	Proline	Temps	0,452	5	0,090	1,607	0,172 ^{NS}
		Traitement:	0,109	5	0,022	0,389	0,854 ^{NS}
		Var. Intra	3,374	60	0,056	-	-
	Chlorophylle	Temps	2,000	5	0,400	0,838	0,528 ^{NS}
		Traitement:	4,091	5	0,818	1,715	0,145 ^{NS}
		Var. Intra	28,628	60	0,477	-	-

NS : Non significative, * :Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** :Significative à 0,01%

Les résultats du GLM concernant l'accumulation de la proline sous l'effet des traitements par absorption racinaire ont montré que le témoin révèle le meilleur taux accumulé suivie de la solution saline Na et le traitement à base de lombricompost TBi (Fig. 13 a). La proline affiche deux périodes de fortes capacités accumulatrice à savoir le 3^{ème} et le 8^{ème} jour (Fig. 13 b).

L'étude de l'effet de l'accumulation de la chlorophylle par absorption racinaire a mis en évidence une accumulation assez marquée pour le témoin, et les traitements à base de proline exogène TPr et de lombricompost TBi. L'évolution temporelle du rythme d'accumulation se distingue en premier lieu dès le 4^{ème} jour d'application et se renforce vers le 8^{ème} jour (Fig. 13 c). Bien que les variations de la proline et de la chlorophylle affichent des fluctuations divergentes sous l'effet des apports des traitements par application foliaire, nous signalons que les traitements n'influencent pas grandement les taux d'accumulations des deux molécules (Fig. 13 a', b', c' et d').

Absorption racinaire



Application foliaire

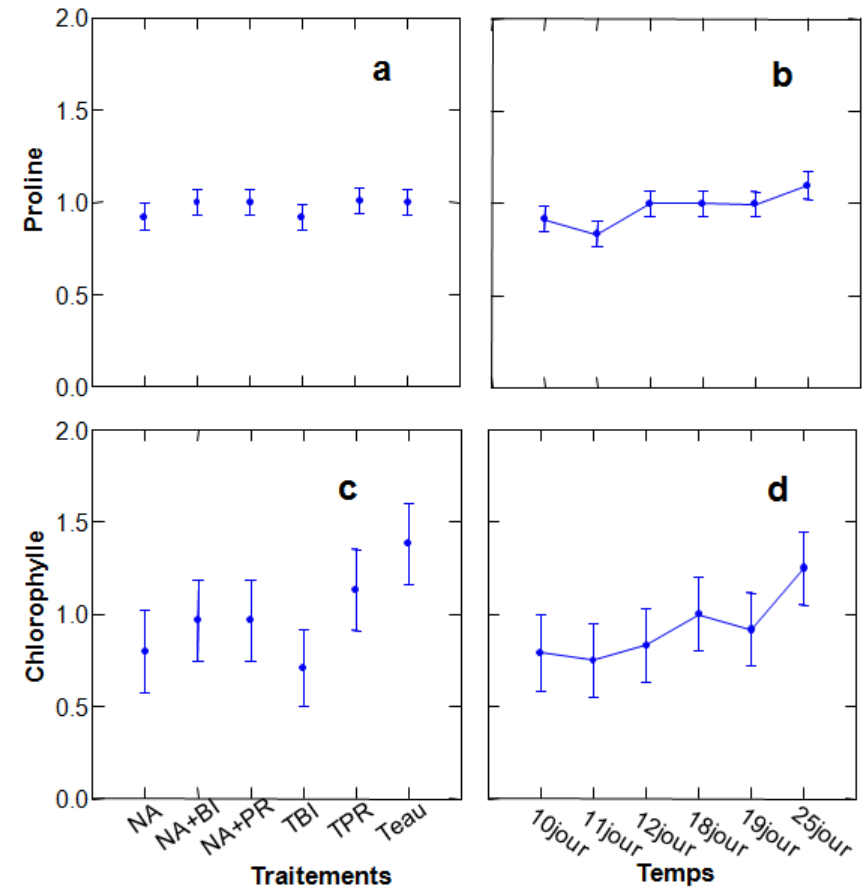


Figure 13 : Effets comparés des traitements sur l'accumulation temporelle de la proline et de la chlorophylle

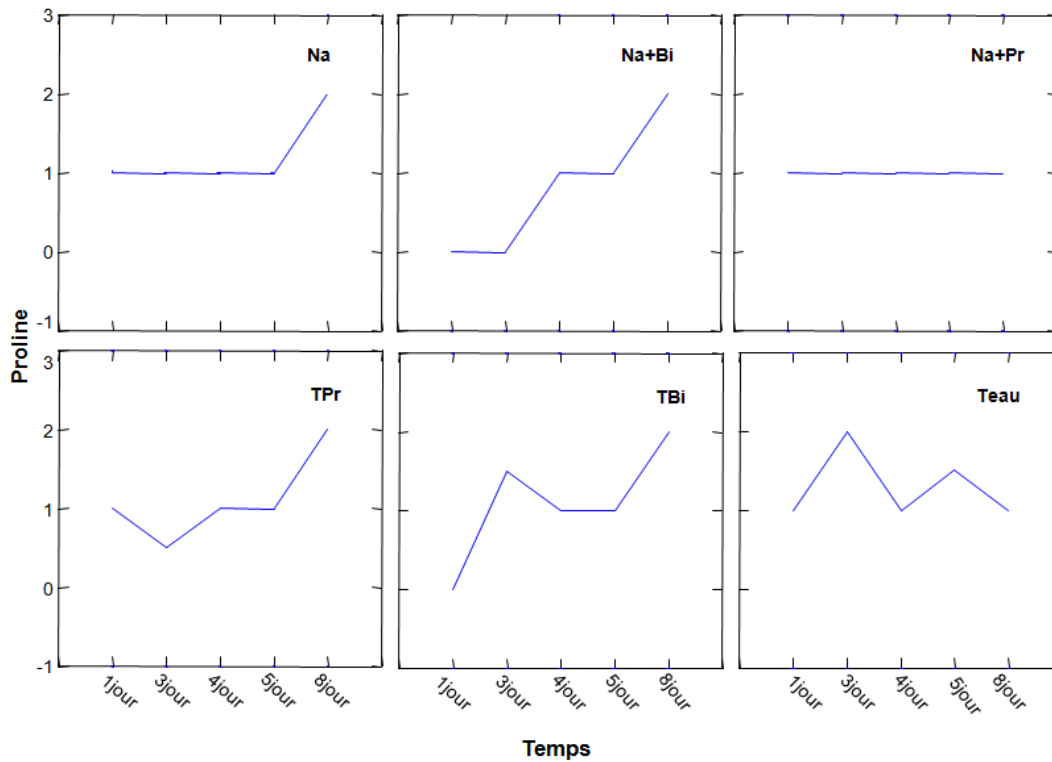
TPr: Proline, TBI: jus de lombricompost, Na+Pr: Na Cl + Proline, Na+Bi : Na Cl + jus de lombricompost, Na : Na Cl, Teau: Eau.

L'interaction des facteurs (Temps × Traitements) en mode d'absorption racinaire note la présence d'une différence très significative respectivement pour les variables proline et chlorophylle (F-ratio=3,17 ; p=0,0011, p<1%) (F-ratio=2,22 ; p=0,025, p<5%) (Fig. 14).

La fluctuation des taux de proline annonce une divergence entre les plantules ayant subis de l'eau (Teau) et ceux ayant subis les traitements à base de lombricompost en mélange et seul (Na+Bi et TBi) et le traitement à base de proline exogène (TPr). Le témoin conduit a des pertes d'accumulation de proline dès le 3^{ème} jour, alors que les traitements Na+Bi, TBi et TPr entraînent une augmentation d'accumulation vers le 5^{ème} jour (Fig.14).

La fluctuation des taux de chlorophylle note une similitude entre les plantules ayant subis de l'eau (Teau), du lombricompost (TBi) et de la proline exogène (TPr) Le témoin conduit a de fortes accumulations de chlorophylle par rapport aux traitements sus-cités, mais l'ensemble des apports désigne deux périodes de fortes accumulations à savoir le 4^{ème} et le 8^{ème} jour (Fig.14).

Analyse de la variance type ANOVA (F-ratio=3,17, p=0,0011**, p<1%)



Analyse de la variance type ANOVA (F-ratio=2,22, p=0,025**, p<5%)

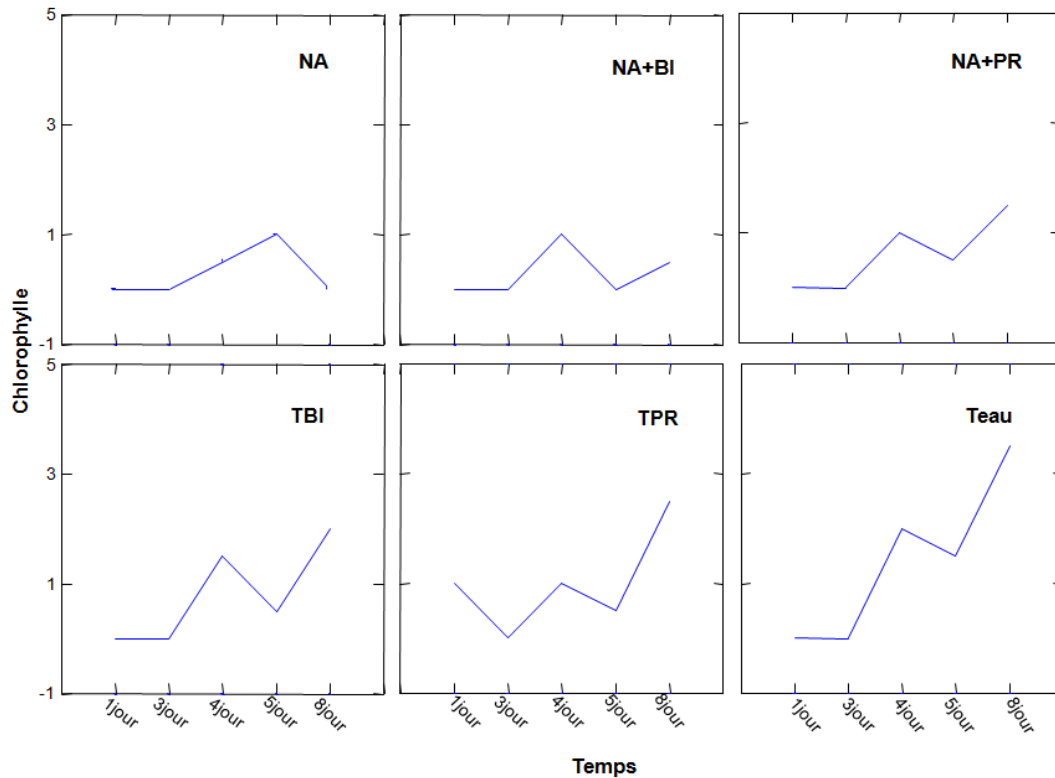


Figure 14 : Effet temporel des traitements apportés par absorption racinaire sur l'accumulation de la proline et de la chlorophylle

TPr: Proline, TBi: jus de lombricompost, Na+Pr: Na Cl + Proline, Na+Bi : Na Cl + jus de lombricompost, Na : Na Cl, Teau: Eau.

Chapitre VI : Discussion générale

Les plantes répondent aux contraintes de l'environnement par de nombreux changements qui révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques. En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes physiologiques (Kylin et Quatrano., 1975; Parida et Das, 2005) et biochimiques (Brugnoli et Lauteri, 1991) impliquant une activité enzymatique (Stephanopoul, 1999; Chaffei et *al.*, 2004). Ainsi, par la synthèse de composés organiques ayant un rôle d'osmoprotecteurs (Rathinasabapathi et *al.*, 2000) ou de régulateurs osmotiques (Mccue et Hanson, 1990 ; Sannada et *al.*, 1995). Des modifications morphologiques et anatomiques au niveau de la plante sont capables de minimiser les effets indésirables du stress salin (Poljakoff-Mayber, 1988). Les résultats de la présente étude qui s'est intéressée à l'évaluation de la capacité d'une gamme de produits à base de proline exogène et de jus de lombricompost afin de lever le stress salin chez le haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. (var. Djadida) nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes :

VI.I. Effet des traitements sur la morphologie du haricot

Les résultats concernant l'évolution de la surface foliaire sous l'effet des traitements par absorption racinaire nous a permis d'estimer que la solution saline Na, Na+Bi et Na+Pr se distinguent marginalement par comparaison aux autres applications en termes de croissance foliaire. Cependant, les traitements appliqués par absorption racinaire annoncent une progression continue de l'évolution temporelle de la surface foliaire en début de traitement. Quant à celle engendrée par application foliaire, les résultats ont montré que la combinaison du Na+Bi a révélé la meilleure surface foliaire des plantules stressées par rapport au reste des traitements à savoir la solution saline Na, Na+Pr, Bi et la proline qui se sont montrés plus modérés. En revanche, cette croissance foliaire se montre momentanée puisque le gain en surface foliaire ne se manifeste guère au delà du 12^{ème} jour d'apports des traitements.

L'effet des traitements par absorption racinaire sur la croissance en longueur des plantules stressées a montré qu'à l'égard du témoin qui a révélé la meilleure élancement des plantules, les traitements Na et Na+Bi, ont montré des croissances prépondérantes. En contraste, la croissance des plantules expose une évolution croissante qui se maintient jusqu'au 9^{ème} jour du suivi. Cependant, les effets des traitements par application foliaire sur la croissance en longueur montrent qu'en dehors du témoin, TBi, TPr et Na qui ont révélé la meilleure élancement des plantules, le reste des traitements à savoir : la solution saline Na+Bi et Na+Pr, ont montré une évolution moins importante. Enfin, la longueur paraît marginalement influencée par le temps d'exposition aux différents traitements. Cet effet temporel marginal est confirmé par la redondance des longueurs signalée au bout de 20 jours.

Concernant le gain en longueur des plantules, les résultats exhibent un même profil temporel, exception faite pour le traitement Na dont le profil est clairement divergent. Les mêmes résultats montrent que le 4^{ème} jour constitue le point charnière désignant l'avantage d'accroissement en longueur des plantules sous l'effet de l'ensemble des traitements TBi, TPr, Na+Bi et Na+Pr, avec une hégémonie des valeurs au profit des traitements Na+Bi et Na+Pr.

L'ensemble de ces résultats nous permet de supposer que la présence du sel à la dose appliquée stimule favorablement et d'une manière précoce la croissance en longueur et l'évolution des surfaces foliaires. En outre, l'association NaCl biofertilisant ou NaCl proline engagent des accélérations très importantes en termes de croissance. Si le sel stimule la croissance d'une manière précoce, la proline fournie d'une manière exogène une amplification d'accroissement des paramètres morphologiques en association avec le sel, par contre, l'addition du biofert exprime des taux d'accroissement très importants en guise de son effet tardif sur la croissance. L'hypothèse avancée est en phase avec la copieuse recherche notamment celle Baba sidi Kassi, (2010), où les résultats sur l'Atriplex font ressortir que, la croissance racinaire en longueur et en volume semble indifférente à la contrainte saline et ne présente pas de différence significative vis-à-vis du niveau de la salinité, aussi, la présence de sel au niveau racinaire chez les plantes stressées, préserve ses structures membranaires et cela malgré l'accumulation de Na⁺ dans les feuilles, et une pression osmotique élevée au niveau des racines. Ce maintien des structures intact, permet à la plante de garder une activité physiologique normale pour les besoins de la croissance et du développement (Ben Bachir, 2009) .

De nombreux auteurs rapportent que l'application exogène de la proline favorise une augmentation significative du rendement et des paramètres morphologiques de la croissance du blé, c'est-à-dire, la hauteur et le nombre d'épis. Ainsi, l'accumulation de la proline devrait éviter les effets néfastes de faible potentiel osmotique des cellules sans interférer avec la synthèse des protéines (; Jones, 1981 ; Raggi, 1994). Un gain de tolérance est observé chez les plantes qui expriment une meilleure capacité à remettre en circulation le sodium, ce qui protège les parties aériennes de l'envahissement salin (Levigneron et *al.*, 1995). L'augmentation de la surface foliaire chez les plantes de blé soumises au stress modéré et sévère a été rapportée également par Adjab (2002).

VI.2. Effet des traitements sur la phytochimie du haricot

L'analyse de la variance appliquée aux valeurs des taux de la proline et de la chlorophylle obtenus des traitements appliqués par absorption racinaire, désignent globalement un effet significatif, contrairement au mode d'apport des traitements par application foliaire qui ne désigne aucune différence significative sur les taux d'accumulations de la proline et de la chlorophylle .

Les résultats concernant l'accumulation de la proline sous l'effet des traitements par absorption racinaire ont montré que le témoin révèle le meilleur taux accumulé suivi de la solution saline Na et du traitement à base de jus de lombricompost TBi. Le traitement par la proline exogène affiche deux périodes de fortes capacités accumulatrices à savoir le 3^{ème} et le 8^{ème} jour. Quant à l'effet de l'accumulation de la chlorophylle par absorption racinaire, cette dernière a mis en évidence une accumulation assez marquée pour le témoin, et les traitements à base de proline exogène TPr et de jus de lombricompost TBi. L'évolution temporelle du rythme d'accumulation se distingue dès le 4^{ème} jour d'application et se renforce vers le 8^{ème} jour. Bien que les variations de la proline et de la chlorophylle affichent des fluctuations divergentes sous l'effet des apports des traitements par application foliaire, nous signalons que les traitements n'influencent pas grandement les taux d'accumulations des deux molécules.

La fluctuation des taux de proline annonce une divergence entre les plantules étant traitées par de l'eau (Teau) et ceux ayant subis les traitements à base de jus de lombricompost en mélange ou seul (Na+Bi et TBi) et le traitement à base de proline exogène (TPr). Le témoin conduit à des pertes d'accumulation de proline dès le 3^{ème} jour, alors que les traitements Na+Bi, TBi et TPr entraîneraient une augmentation d'accumulation vers le 5^{ème} jour.

Ainsi, la fluctuation des taux de la chlorophylle note une similitude entre les plantules traitées par de l'eau (Teau), du jus de lombricompost (TBi) et de la proline exogène (TPr). Néanmoins, le témoin conduit à de fortes accumulations de la chlorophylle par rapport aux traitements sus cités, mais l'ensemble des apports désigne deux périodes de forte accumulation à savoir le 4^{ème} et le 8^{ème} jour.

Ces résultats obtenus nous permettent d'avancer que l'entraînement de l'accumulation éphémère de la proline et de la chlorophylle est conditionné par le stress salin conduit par le NaCl tandis que l'accumulation des mêmes molécules est ajustée à l'entrée en action des préparations de jus de lombricompost et de la proline exogène qui n'extériorisent leur effet positif que tardivement avec une régularité croissante. Les propos avancés trouvent leur justification au niveau des études qui ont été réalisées sur la qualité du jus de lombricompost et son effet sur la phytochimie des plantes. Beaucoup de travaux argumentent l'impact des biofertilisants à base de jus de lombricompost sur la physiologie des plantes. De nombreuses études estiment que l'accumulation de ce composé organique qui est la proline est un phénomène lié aux régimes salins et à l'espèce. Cependant, les espèces qui se sont montrées les plus sensibles au sel sur le plan morpho-physiologique, réagissent en accumulant plus rapidement de la proline (Hassani et al., 2002).

Selon Hassani et *al.* (2002), l'accumulation de proline chez l'orge est positivement corrélée avec la salinité ($r=0.537^{**}$) qui permet la protection de la membrane cellulaire en participant à l'ajustement osmotique. En outre, l'augmentation de la proline est inversement proportionnelle à la teneur en eau dans les feuilles. Ould El Hadj (2001), indique que chez des plantes de tomate soumises à un stress de 200 mM de NaCl, l'accumulation de la proline est plus importante dans les feuilles jeunes que les feuilles basales et que l'application d'un second traitement salin déclenche une nouvelle augmentation de cet acide aminé. Le sel induit à l'affaiblissement des complexes protéines-lipides (Gunes *et al.*, 1996) et une augmentation de l'activité de la chlorophyllase (Stivsev *et al.*, 1973). D'après Belkhodja et Bidai (2004), les plantes expriment une aptitude à synthétiser de la proline quel que soit le traitement à la salinité; sa teneur varie selon l'organe et la salinité du milieu, l'accumulation de la proline libre varie dans le sens racines tiges feuilles, la teneur en proline libre augmente avec la concentration du milieu. Hubac (1967) et Le Saint (1969), montrent que la proline exogène appliquée aux plantules augmente leur résistance à la sécheresse.

L'étude de l'accumulation de la proline chez les végétaux soumis aux contraintes mésologiques a été abordée par de nombreux auteurs. Les résultats obtenus de Hireche, 2006 indiquent une augmentation dans la concentration de l'acide aminé proline chez les plantes exposées à différents stress.

Selon Belkhodja et Bidai (2004), l'apport de proline à 25 mM dans l'eau de mer diluée de moitié provoque une accumulation de la proline libre dans les feuilles; dès que la concentration en proline exogène double (50 mM) dans le milieu salin, cet acide aminé se distribue fortement dans tous les organes de la plante. Le comportement des plantes de *Atriplex halimus* L. stressées à l'eau de mer additionnée de proline exogène montre une variabilité dans l'accumulation de la proline libre dans les différents organes. De nombreux travaux rapportent que la proline s'accumule dans la plante lorsqu'elle se trouve en conditions défavorables (Sivaramakrishnan *et al.*, 1988) ce qui traduit le caractère de la résistance aux stress (Greenway et Munns, 1980). Paquin (1986), signale que la proline serait synthétisée dans les feuilles et transportée vers ces sites; d'autres rapportent que chez le sorgho l'acide aminé migre chez diverses plantes glycophytes vers les feuilles et s'y localise (Weimberg, 1987). La proline augmente significativement dans les feuilles apicales des plantes arrosées à l'eau de mer diluée à 50% et additionnée de 50 mM de proline exogène comparativement au traitement à 25 mM de proline exogène (1,29 contre 0,87 μM .100 mg). Par contre, le traitement salin enrichi à 50 mM de proline exogène ne produit aucun effet significatif dans les feuilles médianes et basales, même si une sensible accumulation de la proline libre est enregistrée respectivement pour les deux types de feuilles du milieu à 25 mM à celui de 50 mM de proline exogène (Belkhodja et Bidai, 2004).

Selon Tahri et al. (1998), l'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques). Les mêmes auteurs estiment que parallèlement à cette augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress, une baisse dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b) a été en revanche enregistrée.

Singh et al. (1973), pensent que les quantités accumulées pourraient être liées au niveau de tolérance aux stress. La proline accumulée pourrait jouer un rôle d'osmoticum (Stewart et Lee, 1974 ; Kauss, 1977). Elle pourrait, également intervenir dans la régulation du pH cytoplasmique (Pesci et Beffagna, 1984) ou constituer une réserve d'azote utilisée par la plante postérieurement à la période du stress (Tal et Rosenthal, 1979).

Selon Silini (2013), les traitements par inoculation en présence ou en absence de proline améliore significativement les teneurs en chlorophylle a et chlorophylle totale à tous les niveaux de salinité. L'application exogène de la proline réduit encore cette teneur. Cet effet est visible surtout chez le blé var. Waha. L'apport de solutés compatibles améliore les paramètres morfo-biochimiques des deux variétés de blé essentiellement lorsque la proline est utilisée. Ces solutés peuvent avoir un effet direct et bénéfique sur la tolérance de la plante au stress salin. La proline contribue à une réduction de l'accumulation du Na⁺ et une perte moins prononcée de K⁺ dans les racines et les feuilles. Ce constat est la conséquence d'un transport plus faible des ions suite à une diminution de la transpiration (Gagnon et Dansereau, 2000; Heuer, 2003). Elle augmente aussi la turgescence cellulaire par le biais de l'ajustement osmotique et participe à l'augmentation de la conductance stomatique au niveau des feuilles (Heuer, 2003). L'apport de molécules osmoprotectrices (proline) seraient donc une solution prometteuse dans la biofertilisation des sols salins et arides (Silini, 2013).

Conclusion et perspectives

A l'issue de la présente étude consacrée essentiellement à l'évaluation de l'effet d'une contrainte saline par les différents traitements appliqués sur le haricot *Phaseolus vulgaris*. L var. Djedida, et la réponse de cette dernière face ce stress salin dont l'excès de NaCl dans le milieu réduit la disponibilité de l'eau chez la plante, il nous a paru intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Ainsi, les résultats relatifs aux paramètres morphologiques montrent que l'évolution de la surface foliaire sous l'effet des traitements par absorption racinaire pour les solutions salines Na, Na+Bi et Na+Pr se distingue marginalement par comparaison aux autres applications. Cependant, l'évolution temporelle de la surface foliaire annonce une progression continue en début de traitement. Quant à l'évolution de la surface foliaire reliée aux traitements par application foliaire, les résultats ont montré que la combinaison du Na+Bi a révélé la meilleure surface foliaire des plants suivi du témoin, alors que le reste des traitements à savoir la solution saline Na, Na+Pr, Bi et la proline ont révélé une évolution plus modérée.

Par ailleurs, l'effet des traitements par absorption racinaire sur la croissance en longueur des plants stressés ont montré qu'à l'égard du témoin qui a affiché la meilleure élancement, nous signalons que les traitements Na et Na+Bi, ont montré des croissances prépondérantes. Néanmoins, la croissance des plantules expose une évolution croissante qui se maintient jusqu'au 9^{ème} jour du suivi. En outre, les effets des traitements par application foliaire sur la croissance en longueur montrent qu'au détriment du témoin, TBi, TPr et Na ont révélé une meilleure élancement des plants, par rapport au reste des traitements à savoir la solution saline Na+Bi, Na+Pr, qui ont montré une évolution moins importante. Enfin, la longueur paraît marginalement influencée par le temps d'exposition aux différents traitements. Cet effet temporel marginal est confirmé par la redondance des longueurs signalée au bout de 20 jours.

Le gain en longueur des plantules exhibent un même profil temporel concernant, exception faite pour le traitement Na dont le profil est clairement divergent. Les mêmes résultats signalent que le 4^{ème} jour constitue le point commun désignant l'avantage d'accroissement en longueur des plants sous l'effet de l'ensemble des traitements TBi, TPr, Na+Bi et Na+Pr, avec une supériorité des valeurs au profit des traitements Na+Bi et Na+Pr. En revanche, L'analyse des paramètres physiologiques (proline et de la chlorophylle) obtenus par application des traitements par absorption racinaire, désignent globalement un effet significatif. En contraste, le mode d'apport des traitements par application foliaire ne désigne aucune différence significative sur les taux d'accumulations de la proline et de la chlorophylle.

Les résultats concernant l'accumulation de la proline sous l'effet des traitements par absorption racinaire ont montré que le témoin révèle le meilleur taux accumulé suivie de la solution saline Na et du traitement à base de jus de lombricompost TBi. Quant à l'effet de l'accumulation de la chlorophylle par absorption racinaire, il a mis en évidence une accumulation assez marquée pour le témoin, et les traitements à base de proline exogène TPr et de jus de lombricompost TBi. Bien que les variations de la proline et de la chlorophylle affichent des fluctuations divergentes sous l'effet des apports des traitements par application foliaire, nous signalons que les traitements n'influencent pas grandement les taux d'accumulations des deux molécules

La fluctuation des taux de proline annonce une divergence entre les plantules traitées à l'eau (Teau) et celles ayant subi les traitements à base de jus de lombricompost en mélange ou seul (Na+Bi et TBi) et le traitement à base de proline exogène (TPr). Aussi, le témoin dénote des pertes d'accumulation de proline dès le 3^{ème} jour, alors que les traitements Na+Bi, TBi et TPr entraîneraient une augmentation d'accumulation vers le 5^{ème} jour. Par ailleurs, la fluctuation des taux de chlorophylle, indique une similitude entre les plantules traitées à l'eau (Teau), au jus de lombricompost (TBi) et à la proline exogène (TPr). Ainsi, le témoin exhibe de fortes accumulations de chlorophylle par rapport traitements sus cités.

Au final, nous pouvons conclure que la combinaison du NaCl avec de la proline exogène ou un biofertilisant tel que le jus de lombricompost régulerait le stress en le corrigeant et en octroyant aux plantules une capacité de la tolérance face à un stress salin.

En perspective, et dans un travail ultérieur, Il serait ainsi envisageable d'étudier les réactions biochimiques pouvant résulter de ces combinaisons et de mettre en évidence les mécanismes métaboliques d'adaptation qui permettent à la plante de tolérer ou de résister à un stress salin

Il serait aussi intéressant de se focaliser sur l'utilisation des phytofortifiants dans le but d'augmenter leur efficacité dans le terrai afin de permettre aux les plantes de répondre efficacement aux différents régimes de stress. Cette tendance viserait la conquête de nouveaux territoires aujourd'hui encore non cultivables ou salinisés suite à une agriculture trop intensive.

Références Bibliographiques

A.Gallais,H. Bannerot,1992. Amélioration des espèces végétales cultivées: objectifs et critères de sélection publié. plantes légumières pp. 393.

Allagui MB, Andreotti VC, Cuartero J. (1994). Détermination de critères de sélection pour la tolérance de la tomate à la salinité. À la germination et au stade plantule. Ann INRAT ; 67 : 45-65.

Anonyme 1 : FAO 1988

Anonyme 2009: <http://isaisons.free.fr/haricot.htm>.

Asthan J, Delavney A.J, Desh-Pal S, Verma D., 1993.- Proline biosynthesis and osmoregulation in plants- *The plant journal* 4, 215-223.

Baba Sidi – Kaci safia,2010 effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (Biométrie, anatomie) et nitritionnels de l'*Atriples en vue d'une valorisation agronomique*,

Batamony.K, 1933. adaptation of plants in to saline condition in arid region, Faculty of science Cairo. University, Egypt. Acad publisher in Netherlands.

Baudouin J.P., Vanderborght T., Kimani P.M et Mw'angombe A.W., 2001. Légumes à grains : Haricot. in Agriculture en Afrique Tropicale, Bruxelles, DGCI., pp 337 - 355.

Bayuelo-Jiménez J.S., Craig R. & Lynch J.P., 2002. Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.*, 42, 2184-2192.

Belharous Zohir , 2012. evaluation de l'effet des fertilisants formulés sur l'expansion foliaire de *populus nigra* et la densité de *Chaitophorus lecomelas* dans la région de Boumedefaa.

Belouazanin.N, 1994 Etude de comportement des tomates industrielles soumises à l'action de la salinité croissance et anatomie des tiges et racines, .thèse ING-ITA ; mostagnem.

Benaceur, 2003. Effet du stress salin sur la germination ; la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé, sécheresse Vol 12. Pp 48

Benlamoudi Wiam, 1984, Etude de la réponse de la pomme de terre aux apports Bezpaly I., Les plantes cultivées en Afrique occidentale. Ed. Mir. Moscou. Pp 104.

Benlamoudi Wiam, 2012, Etude de la réponse de la pomme de terre aux apports organiques sous les conditions salines des régions sahariennes(Étude de quelques paramètres biométriques et biochimiques).OUARGLA .

C Abdelly, M Lachaal, C Grignon, A Soltani, M Hajji, 1995, association épisodique d'halophytes stricts et de Glycophytes dans un écosystème hydromorphe salé en zone semi- aride,.

Caburet A. et Hekimian Lethève C., 2003 Les légumineuses à CASELLATO S., 1987 - On polyploidy in oligochaetes with particular reference to lumbricids. In On earthworms. Selected symposia and monographs U.Z.I. (eds A. M. Bonvicini Pagliai & P. Omodeo), pp : 75–87. Modena, Italy: Mucchi.

Champagnol F., 1980 - La matière organique des sols de vigne du Midi de la France. Progrès Agricole et Viticole, 8, p : 161-173.

Chaoui H., 2010, Vermicompostage (ou lombricompostage) :Le traitement des déchets organiques par les vers de terre ;

Chaux C., 1972 production légumières. Ed. J.B. Bailliére & Fils pp.281-297.

Cl.Chaux / Cl. Foury,Productions légumineuses Tome 3. Paris. 1994 pp. 75-142.

Derkaoui Kada Mokhtar, 2011, Les réponses morphologiques physiologiques et anatomiques des racines de la tomate.

Djerroudi Z et al., 2010 Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline Chez Deux Espèces d'*Atriplex Halimus* L. et *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt. Pp.279-269.

Doorembos J., Kassam A.H et Vanderval U.K., 1960. Réponse des rendements à l'eau. Bull. FAO Irr. & drai. N° 33 pp.42-111.

Edward P. Glenn and J. Jed Brown,1999. Salt Tolerance and Crop Potential of Halophytes, dans *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(2):227–255.

El Houssine Tahri, Abdelmajid Belabed & Khadija Sadki, 1998, Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*) Rabat, , pp. 81-87.

Fouilloux, G., Bannerot, H, 2003, *Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection* , France, pp.392-405, Paris-France, CIRAD-GRET, p.865-878.

Guignard J.L. Cosson L. et Henry M., 1985 - Abrégé de phytochimie.- Ed. Masson, 224.

Guillaume C. 2006. Efect du stress salin sur les plantes. 1-14.

Hadji M., 1979, effet du sel sur la croissance et l'alimentation minérale du laurier rose. *Physio veg*, 17 (3), , pp 517-524.

Halitim, Amor, 1985. Contribution a l'etude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie) : Morphologie, distribution et role des sels dans la génèse et le comportement des sols. *Contribution to the study of soils of arid regions (steppic high plains of algeria) : morphology, repartition and effect of salts in the genesis and behaviour of soils*, Rennes.

Hamza.M, 1988, adaptation physiologique des plantes cultivées à la salinité, bulletin soc ; ecophysiologie végétale.,169-184 pp

Hamza.M,1982, adaptation physiologique des plantes cultivées à la salinité, bulletin soc ; Ecophysiologie végétale 169-184 pp.

Hanana M., Hamrouni I., Ben Hamed k., Ghorbel A., Abdelly C., Mainassaara Zaman-Allah, Bouaziz Sifi, Boulbaba l'Taif, Mohamed Hédi El Aouni, 2008, paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot.

Hassan H S A., Sarrwy S M A., Mostafa E A M., 2010 - Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees. *Agriculture And Biology Journal Of North America*. ISSN Print: 2151-7517, ISSN Online: 2151-7525. Dokki, Giza, Egypt.

Hassani A, Dellal A, Belkhodja M, Kaid- Harche M, 2008, Effet de la Salinite Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare*) *European Journal of Scientific Research* Vol.23 No.1, Tiaret, pp.61-69

Hiouani F (1) & Bensaid R, 2009, Effet de la salinité sur la retention en eau des sols gypseux de la region de Ain Benoui (Biskra). *Effect of salinity on the retention of water by gypseous soils in Ain Benoui regio*,pp.85-89.

Hireche Yasmina née Adjal, 2013, Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au hydrique et de stress salin.

Karoune Samira(1,2), Kechebar Mohamed Seif Allah(1), Belhamra Mohamed(1), Rahmoune Chaabane(2), 2013, Study the germination of *Acacia albida* seeds under salt stress.

Kolev N., 1976. Les cultures maraichères en Algérie . Tome 1. Les légumes fruits. Ed Mara. Pp.145-166.

Lamia Hamrouni (1), Mohsen Hanana (2), Chédly Abdelly (3), Abdelwahed Ghorbel, 2010, Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (var. 'Séjnène'), 387-400.

Laumonier R. 1979 . Cultures Légumières et maraichères. Ed. J.B Ballière. Paris. Pp 276.

Lavelle P., Pashanasi B., Senapati B. & Kumer T., 1997 - Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Appl. Soil Ecol.* 6, p :17–35.

Leila Radhouane J. *Appl. Biosci*, 2000, Comparaison de la nutrition minérale du mil en présence de stress hydrique et de stress salin. Comparaison de la nutrition minérale du mil (*Pennisetum glaucum* L.R. Br.) en présence de stress.

Levigneron. A ; Lopez.F ; Vansyt.G, Bethomien, Pand ; Cassdebart.F, 1995, Les plantes face au stress salin, cahier agriculture, . pp263-273

Levit B., 1972, reponses of plants to environmental stresses, academic press New York.

M.J., Ligerio F. & Lluch C., 1994. Comportement et stratégies d'adaptation de vignes franches de Delgado, Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biol. Biochem.*, 26, 371-376.

Messaïen C. M., 1975. Le potager tropical.2, Cultures spéciales Ed. Cons inter ; Lang. Française pp. 300-316.

Morgan.J.M ; 1984, Osmoregulation and water stress in higher plants . *annu Rev; plant physiol*,35,299-550

Moulay Belkhodja et Yasmina Bidai, *Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte Atriplex halimus L. à la salinité*, (SANS DATE), Oran.

Office centrale vaudoise de la culture maraichères, 2004 legumes.ch/commun/legumes_détails.asp?dLegumes=60 (Consulté le 24/05/2014)

Omrani.A, 1993, Evolution spatial de la salinité et du CaCO₃ total et actif de l'horizon de surface dans les sols salés de H'AMDNA (Relizane) . thèse ing ISA de Tiaret..

Paoletti M G., Dufour D L., Cerda H., Torres F., Pizzoferrato L., & Pimentel D., 2000 - The importance of leaf- and litter-feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267, p: 2247–2252.pp 13-20.

Rees R., and Castle K., 2002 - Nitrogen recovery in soils amended with organic manures combined with inorganic fertilisers. *Agronomie*, 22, p: 739-746.

Santos Oliveira J F., Passos De Carvalho J., Bruno De Sousa R F X, & Madalena Simao M., 1976 - The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. *Ecol. Food Nutr.* 5, pp :91–97.

Sherman, Rhonda. 2000 «Commercial Systems Latest Developments in Mid-to-Large Scale Vermicomposting», *Biocycle*, pp. 51.

Souleymane SILUÉ., 2009 Thèse Mécanismes génétiques de l'embryogenèse chez *Phaseolus* et application en hybridation interspécifique, Belgique.

Szekely G., Abraham E., Cseplo A., Rigo G., Zsigmond L., Csiszar J., Ayaydin F., Strizhov N., Jasik J., Schmelzer E., Koncz C. and Szabados L. (2008). "Duplicated P5CS genes of *Arabidopsis* play distinct roles in stress regulation and developmental control of proline biosynthesis." *Plant J* 53 (1): 11-28.

Terry L. et Waldrom A., 1984, Salinity, photosynthesis , and leaf growth. *J.Ame.Soc.sug.tech.* Pp 595.

Victor désire Taffouo, Martin Kenne , Oscar Wamba Fotsop, Modeste Lambert Sameza , mathieu Ndomou et Amougou Akoa, 2006, Effet de la salinité sur la croissance , la distribution ionique et l'état hydrique d'une glycophyte tolérante : *Gossypium birsutum* (Malvaceae), Cameroun.

Wissam Chaichi, 2011, Effet d'un lombricompost sur la qualité phytochimique et la fitness du pucerons noirs de la fève dans les conditions contrôlées.

Ziani R., 2001. Comportement de l'orge et du triticale en contrainte hydrique et salines. Thèse ING ; ISA, ,11-22pp.

Zid E., Grignon C., 1991, les tests de selection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique Montpellier. France inra. CNRS, pp 91-108.