



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Saad DAHLEB Blida 01
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biotechnologie et Agro écologie
Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques
Option : Système de production agro-écologique

Thème

Action de purin d'ortie sur la croissance et le développement de la tomate variété Marmande "*Solanum lycopersicum*" cultivée sous stress salin

Présenté par :

ABDELAZIZ Bakir

BENABID Sabrina

DJABOUT Chaima

Devant le jury composé de :

Mme CHELOUFI	MCB	Université Blida 1	Présidente
Mr ZOUAOUI	MCA	Université Blida 1	Examineur
Mme BENZAHRA	MCB	Université Blida 1	Promotrice

Remerciement

Tout d'abord nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné la force et la volonté de poursuivre nos études.

Nous remercions nos parents pour leur soutien durant nos études.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Mme. BENZAHRA Soraya** pour nous avoir pris sous sa charge et d'accepter d'être notre promotrice.

Nous remercions aussi les deux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail en l'occurrence la présidente **Mme. Cheloufi** enseignante à l'université de Blida1. Et aussi l'examineur **Mr. ZOUAOUI Ahmed** enseignant à l'université de Blida1.

Nous tenons à remercier spécialement **Mr. SAID** le responsable de laboratoire pédologie de la faculté science de la nature et de la vie pour leur encouragement.

Un grand merci à tous les enseignants du département biotechnologie végétale pour les connaissances, conseils et orientations qu'ils nous ont donné le long de nos études.

DEDICACE

Je dédicace ce travail à ma mère et mon père, qui n'a ménagé aucun effort pour m'aider et me encouragée de toutes les manières,

Au mes frères et ma sœur.

Aux professeurs qui m'ont enseigné dans cette université USDB¹,

À tous ceux qui aiment et apprécient leur travail et le réalisent pleinement.

À tous ceux qui travaillent dur pour un avenir meilleur.

A tous ceux qui voyagent et veulent toujours vivre une nouvelle expérience.

À mes collègues et mes amis

Je vous dédie ce travail à tous.

Elhadj Bakir <ABZ />

Dédicace

*Avant toutes choses, je remercie Allah ; le tout puissant, pour m'avoir donné
la force et la patience.*

Je dédie ce travail...

*À mes très chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur aide,
leur amour, leur soutien et leur encouragement.*

À mon cher frère Mohamed et sa femme Amel.

À mon cher frère et mon bras droit Toufik.

*À mes chères sœurs Farida et Aicha et Salima ; leurs maries Karim, Omar et
Sid Ahmed.*

Je n'oublierai pas leurs enfants turbulents.

*C'est difficile de dire merci à une personne qui mérite bien plus que de simples
mots. J'espère que je pourrai rembourser ne serait-ce qu'une partie de l'amitié
que vous m'avez donnée chaima.*

*À notre promotrice, MME BEN ZAHRA., pour avoir accepté de diriger ce
travail, sa confiance, sa patience et ses orientations et ses conseils.*

*Et bien sûr une grande dédicace pour mes amies qui ont été avec moi tout le
long de mon étude et leur encouragement.*

Sabrina

Dédicace

D'abord et avant tout Je remercie Allah, tout puissant, de m'avoir donné l'audace pour dépasser toutes les difficultés dans mes études pendant que je vis loin de ma famille.

Je dédie ce modeste travail...

Pour moi-même pour sa patience années de fatigue et rester éveillé tard pour le moment de l'obtention du diplôme de la Faculté des sciences naturelles et de la vie.

A Mon père pour lequel je souhaite une longue et heureuse vie pleine de bonheur, pour leurs sacrifices.

A mon bras droit ma sœur Sabrina BENABID Je suis si heureux que tu fasses partie de ma vie. Merci d'être mon ami. Je n'arrive plus à définir ce qu'est l'amitié et la famille parce que pour moi tu es à la fois ma sœur et ma meilleure amie.

Et tous qui m'ont aidé à compléter ce travail.

Chaima

Résumé

La salinité représente une menace sérieuse pour l'agriculture, car elle provoque de graves dommages aux sols et aux cultures, notamment les tomates, qui présentent de grands avantages économiques et nutritionnels. L'agriculteur recherche donc des alternatives pour réduire ces risques, et l'une des alternatives naturelles est purin d'ortie.

Le purin d'ortie fait partie des solutions pour corriger l'effet négatif du stress salin dans le sol, car il est considéré comme un engrais 100% naturel qui constitue un enjeu important pour la qualité de notre alimentation et de notre environnement,

Ce travail a pour but d'étudier l'effet du purin d'ortie sur la tomate cultivée en conditions stressantes saline. Pour cela 4 traitements ont été appliqués à base de NaCl (5g /l) en ajoutant les différentes dilutions du purin à savoir : T1 (10%), T2 (15%) et T3 (20%) en comparaison avec un témoin T0= (0%).

Les principaux résultats obtenus montrent que les doses croissantes du purin d'ortie appliquées améliorent positivement les paramètres étudiés tels que la hauteur des plants, le nombre des feuilles, poids frais et sec de la partie aérienne et souterraine. Et il a diminué l'effet néfaste du stress salin sur la plante.

Mots-clés : Tomate ; Stress salin; Purin d'ortie.

Abstract

Salinity poses a serious threat to agriculture, as it causes serious damage to soils and crops, especially tomatoes, which have great economic and nutritional benefits. The farmer is therefore looking for alternatives to reduce these risks, and one of the natural alternatives is nettle manure.

Nettle purin is one of the solutions for correcting the negative effect of salt stress in the soil, as it is considered a 100% natural fertilizer that is an important issue for the quality of our food and our environment,

The aim was to study the effect of nettle manure on tomatoes grown under stressful saline conditions. To this end, 4 treatments were applied based on NaCl (5g /l), with the addition of different dilutions of the liquid manure: T1 (10%), T2 (15%) and T3 (20%) in comparison with a witness T0= (0%).

The main results obtained show that the increasing doses of nettle purin applied positively improved the parameters studied, such as plant height, number of leaves, fresh and dry weight of the above-ground and underground parts. And it reduced the adverse effect of salt stress on the plant.

Keywords: Tomato; Saline stress; Nettle manure.

ملخص

تمثل الملوحة تهديدًا خطيرًا للزراعة، حيث تسبب أضرار جسيمة للتربة والمحاصيل، ومن بينها الطماطم التي لها فائدة اقتصادية وغذائية كبيرة، ولذلك يبحث المزارع عن بدائل للحد من هذه المخاطر، ومن البدائل الطبيعية سماد نبات القراص.

سماد القراص هو أحد الحلول لتصحيح التأثير السلبي للإجهاد الملحي في التربة، لأنه يعتبر سماد طبيعي بنسبة 100% وهو قضية مهمة لجودة طعامنا وبيئتنا.

الغرض من هذا العمل هو دراسة تأثير سماد نبات القراص على الطماطم المزروعة في ظل ظروف ملحية مرهقة. لهذا الغرض تم تطبيق 4 جرعات باستخدام NaCl (5 غ/ل) عن طريق إضافة مختلف تخفيضات السماد؛ وهي:

$$T1 = (10\%)، T2 = (15\%)، T3 = (20\%)، T0 = (0\%) .$$

تظهر النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها أن الجرعات المتزايدة من سماد القراص المطبق تحسن بشكل إيجابي المعلمات المدروسة مثل ارتفاع النباتات وعدد الأوراق والوزن الطازج والجاف للجزء الجوي وتحت الأرض. وقد قلل من التأثير الضار للإجهاد الملحي على النبات.

الكلمات الرئيسية: الطماطم؛ الإجهاد الملحي؛ سماد نبات القراص.

Liste des tableaux

Tableau 1: Eléments chimiques et leurs proportions dans le purin d'ortie.....	8
Tableau 2 : Résultat d'analyse chimique de sol.....	12
Tableau 3 : Composition des différents traitements testés.....	15

Liste des figures

Figure 1 : Orties fraîches après la récolte (originale)	13
Figure 2 : Ajout de l'eau et mélange. (originale)	14
Figure 3 : Filtration du purin après fermentation (originale)	14
Figure 4 : Dispositif expérimental	15
Figure 5 : Germination (originale).....	16
Figure 6 : Transplantation des plantules (originale).....	16
Figure 7 : Parties souterraines frais (originale).....	17
Figure 8 : Hauteur finale des plantes	21
Figure 9 : Nombre des feuilles	22
Figure 10 : Poids frais des feuilles.....	22
Figure 11 : Poids sec des feuilles	23
Figure 12 : Poids frais des tiges	24
Figure 13 : Poids sec des tiges	24
Figure 14 : Poids frais des racines	25
Figure 15 : Poids sec des racines	26
Figure 16 : Teneur de proline	26

Sommaire

Introduction	2
Chapitre I : Recherche Bibliographique	5
1 Salinité.....	5
1.1 Définition.....	5
1.2 Effets de la salinité sur les processus physiologiques de la plante	5
1.3 Réaction des plantes	6
2 Purin d'ortie.....	7
2.1 Définition.....	7
2.2 Fabrication et le stockage	7
2.3 Eléments actif	7
2.4 Domaines d'utilisation	8
2.5 Stockage et conservation	9
2.6 Les domaines d'utilisation de purin.....	9
Chapitre II : Matériel Et Méthodes.....	12
1 Objectif du travail.....	12
2 Condition expérimentale	12
2.1 Lieu de l'expérimentation.....	12
2.2 Substrat utilisé	12
2.3 Caractéristiques du substrat utilisé	12
3 Matériel végétal.....	13
4 Préparation de purin d'ortie.....	13
5 Préparation des Traitements utilisés.....	15
6 Dispositif expérimental	15
7 Différentes étapes de l'expérimentation.....	16
7.1 Germination des grains de tomate	16
7.2 Transplantation des plantules de la tomate	16
8 Paramètre mesures.....	17
8.1 Paramètres morphologiques	17
8.1.1 Hauteur final des plantes	17
8.1.2 Nombre des feuilles par plante.....	17
8.1.3 Biomasse fraîche produite	17

8.1.4	Biomasse sèche produite	17
8.2	Paramètre biochimique	18
8.2.1	Dosage de proline	18
8.3	Analyse statistique	18
Chapitre III : Résultats et interprétation		21
1	Paramètres morphologiques	21
1.1	Hauteurs finale des plantes	21
1.2	Nombre des feuilles	21
1.3	Poids frais et sec des feuilles	22
1.4	Poids frais et sec des tiges	23
1.5	Poids frais et sec des racines.....	25
2	Paramètre biochimique.....	26
2.1	Teneur en proline.....	26
Reference bibliographique		31
Annexes.....		34

Introduction

Introduction

Le stress salin est un phénomène qui se produit lorsque le sol contient des niveaux élevés de sel, ce qui peut avoir un impact négatif sur la croissance et le rendement des cultures. Lorsque la concentration de sel dans le sol devient excessive, il crée un déséquilibre osmotique qui limite la capacité des plantes à absorber l'eau. Cela conduit à une diminution de la croissance des racines, à un flétrissement des feuilles et à une diminution de la productivité des cultures (**Bouazza 2012**).

En Algérie, le stress salin est un défi majeur pour l'agriculture en raison de la présence de sols salins dans de nombreuses régions du pays, notamment dans les zones côtières et les régions arides. Les sources de salinité du sol en Algérie comprennent la proximité des zones côtières, l'irrigation excessive et inappropriée, la mauvaise gestion des ressources en eau et la dégradation des terres (**Hamlaoui 2021**).

L'impact du stress salin sur l'agriculture en Algérie se traduit par une diminution de la production agricole, une réduction de la diversité des cultures, une diminution de la qualité des récoltes et une dégradation des terres agricoles. Cela entraîne des pertes économiques pour les agriculteurs et peut avoir des conséquences sur la sécurité alimentaire du pays (**Tahi 2020**). De plus en plus une menace sérieuse pour l'agriculture, affecte approximativement 20% des régions agricoles irriguées. Ces régions assurent le tiers des besoins alimentaires mondiaux (**MUNNS, 2002**).

Pour remédier au stress salin, il existe diverses approches, parmi lesquelles l'utilisation du purin d'ortie. Ce dernier, riche en nutriments, peut améliorer la tolérance des plantes, peut-être par renforçant leur système racinaire et en favorisant l'absorption d'eau. Cependant, des études approfondies sont nécessaires pour évaluer son efficacité dans le contexte spécifique du stress salin. Aussi l'utilisation abusive et anarchique d'engrais chimique pour accroître la productivité agricole dégrade continuellement l'état des sols et met en danger l'équilibre environnemental et constitue une grave menace pour la santé humaine. En effet, la fertilisation peut améliorer les rendements de manière spectaculaire.

Le purin d'ortie est un extrait végétal fermenté, riche en azote et en minéraux, il est le stimulateur de défense naturelle de la plante. Les produits à base d'extrait d'ortie sont riches en azote (phyto stimulants), aussi ils contiennent beaucoup d'oligoéléments, qui ont un effet positif sur les feuilles, Les biostimulants connus par la synthèse métabolites importants qui ont pour fonction d'approuver des processus naturels pour accroître l'absorption et l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la qualité des récoltes lorsqu'ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère.

Le travail que nous avons abordé se situe dans le cadre général de la chimie verte et de la préservation de l'environnement. Dans ce contexte notre travail a pour objectif de tester l'effet de purin d'ortie (produit obtenu par macération prolongée de l'ortie dans l'eau) considéré comme un biofertilisant riche en éléments minéraux nécessaires au développement des cultures, et stimulant la défense naturelle des plantes contre le stress salin.

Donc, on peut poser la problématique suivante :

Est-ce que l'utilisation du purin d'orties peut être considérée comme une méthode efficace pour traiter le stress salin chez les plantes, en améliorant leur résistance et leur capacité à absorber l'eau? Et son efficacité dans des conditions de stress salin.

Chapitre I
Recherche
Bibliographique

Chapitre I : Recherche Bibliographique

1 Salinité

1.1 Définition

La salinisation des sols constitue l'un des facteurs majeurs de la baisse de la productivité agricole dans le monde. Selon la **FAO (2008)**, plus de 800 millions d'hectares de terres à travers le monde sont affectés par la salinité, ce qui représente plus de 6% de la surface du globe. Les sels présents dans les sols et dans les eaux d'irrigation, perturbent la germination des graines, affectent la croissance des plantules et réduisent par conséquent la production des cultures. Les ions Na^+ Cl^- accumulés dans les tissus des plantes, notamment dans les tissus des organes aériens, peuvent également provoquer une toxicité chez la plante (**Munns et Tester, 2008**). Outre leurs effets sur le potentiel osmotique de la plante, les concentrations élevées de NaCl engendrent une toxicité liée à la présence excessive des ions Na^+ qui interfèrent avec les ions K^+ . La salinité affecte tous les processus physiologiques de la plante ainsi que son développement et sa croissance. La synthèse des composés organiques ou osmoprotectants, est une des stratégies que la plante déploie pour atténuer l'effet de la salinité. Les protéines, les sucres solubles, les acides aminés et plus particulièrement la proline, comptent parmi ces composés organiques qui jouent un rôle majeur dans l'ajustement osmotique de la plante déjà perturbée par la présence excessive des ions Na^+ et Cl^- . La tolérance des plantes au sel, dépend de leur maintien d'une absorption suffisante de nutriments essentiels, tel que K^+ , notamment en présence d'un excès de Na^+ (**Shabala et al, 2005**).

1.2 Effets de la salinité sur les processus physiologiques de la plante

L'accumulation du sel dans la plantule peut réduire la surface foliaire photosynthétique grâce à la fermeture des stomates (**FLOWERS et al, 1977 ; RAHMOUNE et al, 1997 ; BEN NACER, 2004, 2005 ; RAHMOUNE, 2005 in Lemzeri, 2007**). La réduction de l'assimilation du carbone par suite de la réduction de la surface foliaire provoque un maintien accru de la respiration (**HOPKINS, 2003**). La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi de la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (**Chartzoulakis et Klapaki, 2000**). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la

surface racinaire chez la tomate. La tolérance d'une culture à la salinité est une valeur relative basée sur les conditions de croissance de cette culture, la résistance au sel dépend de la complexité anatomique et physiologique de la plante (ZHU, 2001). Le NaCl peut augmenter la croissance et le développement des plantes mais un certain taux. Le sel peut nuire et endommager la croissance et le développement des plantes à cause du changement du potentiel osmotique, du déséquilibre ionique et de la toxicité ionique dans les cellules. (ZHU, 2001). En présence des conditions salines, une diminution dans la croissance de l'appareil végétatif aérien et une stimulation du développement racinaire ont été observées.

1.3 Réaction des plantes

Pour comprendre les mécanismes physiologiques responsables de la tolérance à la salinité de ces espèces, il est nécessaire de savoir si leur croissance est limitée par l'effet osmotique du sel dans le sol ou par l'effet toxique. Dans l'analyse la plus simple de la réponse d'une plante au stress de salinité, la réduction de la croissance des pousses se produit en deux phases : une réponse rapide à l'augmentation de la pression osmotique externe et une réponse plus lente due à l'accumulation de Na⁺ dans les feuilles. Dans la première phase osmotique, qui commence immédiatement après que la concentration en sel autour des racines a atteint le niveau seuil, le taux de croissance des pousses chute de manière significative. Le niveau seuil est d'environ 40 Mm de NaCl pour la plupart des plantes ou moins pour les plantes sensibles. Ceci est en grande partie dû à l'effet osmotique du sel à l'extérieur des racines montre l'effet sur le taux de croissance des pousses, c'est-à-dire le taux d'augmentation de la matière sèche des pousses ou de la surface foliaire au fil du temps. La vitesse à laquelle les feuilles en croissance se développent est réduite, les nouvelles feuilles émergent plus lentement et les bourgeons latéraux se développent plus lentement ou restent au repos, de sorte que moins de branches ou de pousses latérales se forment (Munns et Tester, 2008).

Trois types distincts de réponse ou de tolérance des plantes Les mécanismes de tolérance à la salinité se répartissent en trois catégories :

- **Tolérance au stress osmotique :** Le stress osmotique réduit immédiatement l'expansion cellulaire dans les extrémités des racines et les jeunes feuilles et provoque la fermeture des stomates. Une réponse réduite au stress osmotique entraînerait une croissance foliaire et une conductance stomatique plus importantes, mais l'augmentation de la surface foliaire qui en résulterait ne profiterait qu'aux plantes qui ont suffisamment d'eau dans le sol. Une plus grande expansion de la surface foliaire serait productive lorsqu'un approvisionnement

en eau est assuré, comme dans les systèmes de production alimentaire irrigués, mais pourrait être indésirable dans les systèmes limités en eau et entraîner l'épuisement de l'eau du sol avant que le grain ne soit complètement mûri (**Munns et Tester, 2008**).

- **Exclusion de Na⁺ des limbes** : L'exclusion du Na⁺ par les racines garantit que le Na ne s'accumule pas à des concentrations toxiques dans les feuilles. Un défaut d'exclusion de Na⁺ manifeste son effet toxique après des jours ou des semaines selon les espèces et provoque la mort prématurée des feuilles les plus âgées (**Munns et Tester, 2008**).
- **Tolérance tissulaire, c'est-à-dire tolérance des tissus au Na⁺ accumulé ou, chez certaines espèces, au Cl⁻** : La tolérance nécessite une compartimentation du Na⁺ et du Cl⁻ au niveau cellulaire et intracellulaire pour éviter les concentrations toxiques dans le cytoplasme, en particulier dans les cellules du mésophile de la feuille. La toxicité se produit avec le temps, après que le Na⁺ foliaire ait atteint des concentrations élevées dans les feuilles plus âgées (**Munns et Tester, 2008**).

2 Purin d'ortie

2.1 Définition

Le purin d'ortie est une préparation naturelle pour fertiliser les plantes et renforcer leur résistance aux maladies et aux parasites en agriculture biologique. Il est fait à partir des feuilles d'ortie fermentées dans de l'eau, ce qui en fait une alternative écologique et économique pour les jardiniers et les agriculteurs (**Jean-michel Groult, 2023**).

2.2 Fabrication et le stockage

Le purin d'ortie est préparé en faisant macérer les feuilles d'ortie dans de l'eau pendant environ deux semaines pour produire un engrais biologique riche en nutriments. Après la fermentation, le purin d'ortie doit être stocké dans un endroit frais et sombre pour une utilisation ultérieure. Une fois prêt, il peut être utilisé comme engrais liquide ou en traitement foliaire pour stimuler la croissance des plantes et améliorer leur résistance aux maladies et aux parasites. Le stockage approprié garantit une utilisation efficace et économique, permet de préserver les nutriments et d'éviter les mauvaises odeurs (**Jean-michel Groult 2023**).

2.3 Eléments actif

Le purin d'ortie contient plusieurs éléments actifs, tels que l'azote, le manganèse, le fer, le zinc, l'acide formique, ainsi que des oligo-éléments, des minéraux et des composés organiques (**Tableau 1**). Ces éléments et substances contribuent à la fertilité du sol, stimulent

la croissance des plantes et renforcent leur résistance aux maladies et aux parasites. En somme, le purin d'ortie est un engrais biologique naturel et économique qui apporte des nutriments essentiels aux plantes en agriculture biologique.

Tableau 1: Eléments chimiques et leurs proportions dans le purin d'ortie

Élément chimique	Proportion dans le purin d'ortie
Azote (N)	5 à 7 %
Phosphore (P)	1 à 2 %
Potassium (K)	2 à 3 %
Calcium (Ca)	0,5 à 1 %
Magnésium (Mg)	0,2 à 0,5 %
Soufre (S)	0,1 à 0,2 %
Fer (Fe)	0,05 à 0,1 %
Cuivre (Cu)	0,003 à 0,005 %
Manganèse (Mn)	0,001 à 0,005 %
Zinc (Zn)	0,001 à 0,002 %
Vitamines	B1, B2, C, E

(Jean-Pol 2015, gammvert.fr 2015)

Il est important de noter que les proportions exactes peuvent varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la période de récolte de l'ortie, le temps de macération, la température, le pH, etc. Par conséquent, les valeurs présentées dans le tableau sont approximatives et peuvent varier d'un échantillon de purin d'ortie à l'autre.

2.4 Domaines d'utilisation

Le purin d'ortie est utilisé dans différents domaines d'application, notamment en agriculture biologique comme engrais biologique pour stimuler la croissance des plantes et renforcer leur résistance aux maladies et aux parasites. Il peut également être utilisé comme activateur de compost pour accélérer la décomposition des déchets organiques. En plus de cela, il est utilisé pour augmenter la qualité du sol en améliorant sa structure et sa fertilité. Le purin d'ortie peut également être utilisé en tant que répulsif naturel contre divers insectes nuisibles (Daniel 2016).

2.5 Stockage et conservation

Le stockage et la conservation du purin sont importants pour garantir sa qualité et son efficacité. Voici quelques conseils (**François Couplan 2008**) à suivre pour stocker et conserver le purin :

- **Stockage** : Le purin doit être stocké dans un endroit frais, sec et à l'abri de la lumière directe du soleil. Les contenants de stockage doivent être bien fermés pour éviter la perte de liquide ou l'exposition à l'air. Les contenants doivent être en matière résistante à la corrosion et à la dégradation, tels que des fûts en plastique ou en métal.
- **Dilution** : Le purin peut être dilué avant utilisation pour réduire l'odeur et faciliter son application.
- **Durée de conservation** : La durée de conservation du purin dépend de sa composition, du temps de fermentation et des conditions de stockage. En général, le purin doit être utilisé dans les six mois suivant sa production. Au-delà de cette période, sa qualité peut diminuer.
- **Application** : Le purin doit être appliqué rapidement après l'ouverture du contenant de stockage. Il ne doit pas être utilisé si l'odeur est trop forte ou s'il y a des signes de contamination.
- **Sécurité** : Il est important de manipuler le purin avec précaution pour éviter tout risque de contamination ou d'infection. Les équipements de protection tels que des gants, des lunettes et des masques peuvent être nécessaires pour éviter les éclaboussures ou les inhalations.
- **Élimination** : Les résidus de purin ne doivent pas être jetés dans les égouts ou dans les cours d'eau. Ils doivent être éliminés conformément aux réglementations locales ou en utilisant des méthodes écologiques telles que le compostage.

2.6 Les domaines d'utilisation de purin

Les purins peuvent être utilisés dans plusieurs domaines, notamment:

- **Agriculture biologique**: comme fertilisant organique pour les cultures, pour améliorer la santé du sol et augmenter le rendement (**Jean-François Lyphout 2015**).
- **Jardinage**: pour nourrir les plantes et les aider à se développer sainement (**Gerbeaud 2019**).
- **Apiculture**: pour favoriser la santé des abeilles et améliorer la production de miel (**François Couplan 2012**).

- **Aquaculture:** Les plantes sont une source alternative de protéines et d'huiles pour les aliments pour poissons en aquaculture. Les plantes telles que l'ortie peuvent être utilisées pour produire des aliments pour poissons plus durables et respectueux de l'environnement. Les aliments pour l'aquaculture doivent contenir un mélange équilibré de nutriments essentiels tels que les acides aminés, les acides gras et les vitamines pour assurer la croissance et la santé des animaux aquatiques (**Aquaculture Feeds 2015**).
- **Fabriquer des tissus :** La fibre d'ortie est une fibre naturelle très résistante et durable, qui peut être utilisée pour fabriquer des tissus et des vêtements, également très douce et confortable, et peut être utilisée pour fabriquer des vêtements pour les personnes ayant une peau sensible, il est également écologique, car elle ne nécessite pas de produits chimiques pour sa production et sa transformation (**Alessandra Moro Buronzo 2011**).
- **Médecine alternative:** pour traiter diverses affections humaines et animales, telles que les maladies de la peau, les infections fongiques et bactériennes, entre autres (**Gulsel M. Kavalali 2004**) (**Walter H. Lewis 1977**).
- **Contrôle des parasites et des maladies:** certains purins ont des propriétés insecticides, fongicides ou antimicrobiennes qui peuvent aider à contrôler les parasites et les maladies des plantes et des animaux (**Jean-François Lyphout 2015**).
- **Protection de l'environnement:** les purins peuvent être utilisés pour décontaminer les sols pollués et réduire les effets de la pollution (**Jean-François Lyphout 2015**).

Chapitre II

Matériel Et Méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

1 Objectif du travail

Notre travail a pour objectif d'évaluer la capacité de purin d'ortie à atténuer les effets du stress salin sur quelques paramètres morpho-physiologiques de la tomate d'une part. Et d'autre part de contourner ces effets néfastes par une alimentation organique.

2 Condition expérimentale

2.1 Lieu de l'expérimentation

Notre expérimentation a été menée à la serre des cultures maraichères, située dans le département de Biotechnologie et Agro-Ecologie, faculté des sciences de la Nature et de la vie, Université Blida 1, Sa surface est de 381m². L'orientation de cette serre est de nord-sud dont l'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre et chauffée en hiver grâce à des radiateurs à eau chaude installés.

2.2 Substrat utilisé

Le sol utilisé provient de la station expérimentale de l'Université SAAD DAHLEB Blida1. Le sol présente une texture argilo-limoneuse, avec présence de graviers fins inférieur à 5mm de diamètre.

On a effectué les paramètres pédologiques suivants :

- L'humidité
- Matière organique
- Calcaire (CaCO₃)
- Conductivité électrique
- Phosphore assimilable
- pH

2.3 Caractéristiques du substrat utilisé

Tableau 2 : Résultat d'analyse chimique de sol

	Echantillon	Interprétation
humidité	15.55	Faiblement humide
Matière organique		D'après la méthode d'Anne 1945 notre

	12.90%	sol est riche en matière organique.
Calcaire	1.64%	Calcaire total <5% on dit notre sol est non calcaire.
Conductivité électrique	979μs à 25C°	notre sol est non salé.
Phosphore assimilable	0.27PPM	notre sol est riche on phosphore.
pH	7.70	Légèrement alcalin

3 Matériel végétal

L'espèce étudiée dans notre expérimentation est la tomate "*Solanum lycopersicum*" variété Marmande c'est une espèce moyennement sensible à la salinité. Récoltée en 2021 avec une pureté spécifique de 99%.

4 Préparation de purin d'ortie

La préparation de purin d'ortie est une méthode courante et naturelle pour créer un engrais liquide riche en nutriments. Le purin d'ortie est fabriqué en faisant fermenter les feuilles d'ortie dans de l'eau, ce qui libère les composés nutritifs essentiels présents dans la plante. La préparation du purin d'ortie nécessite quelques étapes simples, comme suit:

4.1 Récolte des orties fraîches : Après avoir cueilli la plante d'ortie fraîche, de la station expérimentale du département de biotechnologie, nous avons pesé 500g de plante d'ortie pour la mettre dans 5 litres d'eau .



Figure 1 : Orties fraîches après la récolte (originale)

4.2 Ajout de l'eau et mélange : De l'eau non chlorée, telle que l'eau minérale, et versée dans le récipient pour recouvrir complètement les orties et mélange.



Figure 2 : Ajout de l'eau et mélange (originale)

4.3 Fermentation : Le récipient est couvert avec un couvercle, puis est placé dans un endroit ombragé et frais pendant environ 2 semaines. Le contenu est mélangé tous les quelques jours pour favoriser la fermentation.

4.4 Filtration : Une fois la période de fermentation terminée, le purin d'ortie est filtré à l'aide d'un tamis fin, pour séparer les parties solides du liquide.



Figure 3 : Filtration du purin après fermentation (originale)

4.5 Stockage : Le purin d'ortie filtré est transféré dans des contenants propres et hermétiques, tels que des bouteilles en plastique, puis stocké dans un endroit frais et sombre.

4.6 Dilution et utilisation : Avant utilisation, le purin d'ortie est dilué avec de l'eau et les traitements utilisés, et c'est ce dont nous parlerons dans la partie suivant.

5 Préparation des traitements utilisés

Les différents traitements sont élaborés à base d'une solution saline à une concentration de [5g/l] de NaCl, en suite et pour la fabrication des traitements on a dilué le purin d'ortie à 10%, 15% et 20%, la composition des solutions finales sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Composition des différents traitements testés

Traitement	Témoin T0	T1	T2	T3
[NaCl]	[5g/l]	[5g/l]	[5g/l]	[5g/l]
% purin	0%	10%	15%	20%

6 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué par la combinaison de deux facteurs : (facteur solution à 4 niveaux et facteur variété à 1 niveaux), L'ensemble est composé de 4 traitements. Chaque traitement comporte 05 répétitions.



T0= Témoin ; T1= 10 % de purin ; T2= 15 % de purin ; T3= 20 %

Figure 4 : Dispositif expérimental

7 Différentes étapes de l'expérimentation

7.1 Germination des grains de tomate

La germination a été réalisée le 16/02/2023, les graines ont été disposées dans des boîtes de Pétri contenant du papier filtre imbibé d'eau et déposées dans une étuve réglée à 25°C pendant 6 jours. L'eau distillée est ajoutée en cas de dessèchement du papier filtre.



Figure 5 : Germination (originale)

7.2 Transplantation des plantules de la tomate

Après 6 jours de germination dans les boîtes de Pétri dans l'étuve, et après que les germes aient atteint 1 cm de longueur.

Les graines germées sont transplantées en pot le 22/02/2023 à raison de deux germes par pots. Après le repiquage, les pots sont ensuite arrosés avec l'eau de robinet jusqu'à ce que les vraies feuilles apparaissent, après ce stade les jeunes plantules de la tomate sont irriguées avec les traitements.



Figure 6 : Transplantation des plantules (originale)

8 Paramètre mesures

8.1 Paramètres morphologiques

8.1.1 Hauteur final des plantes

Les hauteurs ont été mesurées en centimètres (cm) du collet à l'apex de chaque plante à l'aide d'une règle graduée.

8.1.2 Nombre des feuilles par plante

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plante au moment de la coupe.

8.1.3 Biomasse fraîche produite

C'est un paramètre qui consiste à peser les différents organes de la plante en gramme (g) pour toutes les plantes de l'expérience, à l'aide d'une balance.

Les pesées ont porté sur :

- Poids frais des tiges en g.
- Poids frais des feuilles en g.
- Poids frais des parties souterraines les racines ont été séparé les partie aériennes et souterraines rincer les racines avec un jet d'eau et leur masse a été déterminée à partir du matériau frais.



Figure 7 : Parties souterraines frais (originale)

8.1.4 Biomasse sèche produite

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement total des tiges, des feuilles et des racines de toutes les plantes dans une étuve à 75c° jusqu'à la stabilité du poids sec.

- Poids sec des feuilles en g.
- Poids sec des tiges en g.
- Poids sec des parties souterraines

8.2 Paramètre biochimique

8.2.1 Dosage de proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Monneveux et Nemmar (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon. La méthode consiste à :

- Mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai.
 - Ajouter 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min. Après refroidissement.
 - Prélever 1 ml de la solution de chaque tube.
 - Mettre dans de nouveaux tubes.
 - Ajouter 1 ml d'acide acétique + 25 mg de ninhydrine. + 1 ml d'un mélange contenant : 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique.
 - Porter les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min.
- Après refroidissement des solutions :
- Ajouter 5 ml de toluène dans chaque tube.
 - Après agitation au vortex deux phases apparaissent.
 - Prélever la phase supérieure
 - Ajouter 5 mg du sulfate de sodium,
 - laisser au repos pendant 48h.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule:

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO}_{528} \times 0.62$$

8.3 Analyse statistique

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un facteur étudié (solution d'irrigation). Les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et

Keuls qui est basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par le logiciel XLSTAT.
On considère que les résultats sont significatifs quand ($\alpha \leq 0,05$).

Chapitre III

Résultats et interprétation

Chapitre III : Résultats et interprétation

Pour mettre en évidence la réponse de plante de tomate étudiée soumise au stress salin, nous avons mesuré les paramètres suivants :

1 Paramètres morphologiques

1.1 Hauteurs finale des plantes

La hauteur finale des tiges a été mesurée à partir de collet jusqu'à l'apex. Les résultats relatifs au paramètre mesuré, sont présentés dans la figure ci-dessous :

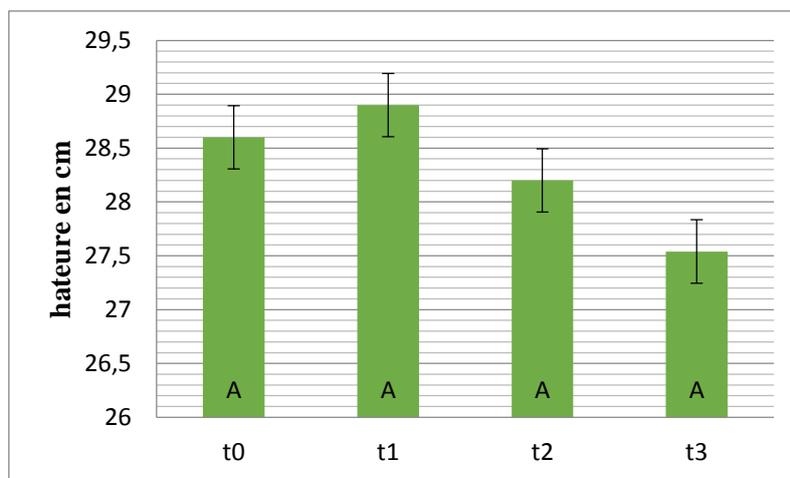


Figure 8 : Hauteur finale des plantes

L'analyse de la variance au seuil de 5% montre que le facteur traitement exerce une action significative sur les paramètres mesurés (annexe 01).

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une augmentation progressive de la hauteur des plants au niveau de traitement T1 (10%) qui ont enregistré la valeur la plus élevée 28.9cm et ce par rapport au traitement témoin qui ont donné 28.5cm. Les traitements T2 (15%) et T3 (20%) ont donné respectivement 28.2cm et 27.5cm, sont des valeurs moins importantes en comparaison avec le témoin qui n'a pas subi le biofertilisant.

1.2 Nombre des feuilles

Les résultats du nombre de feuilles par plante sont présentés dans la figure ci-dessous :

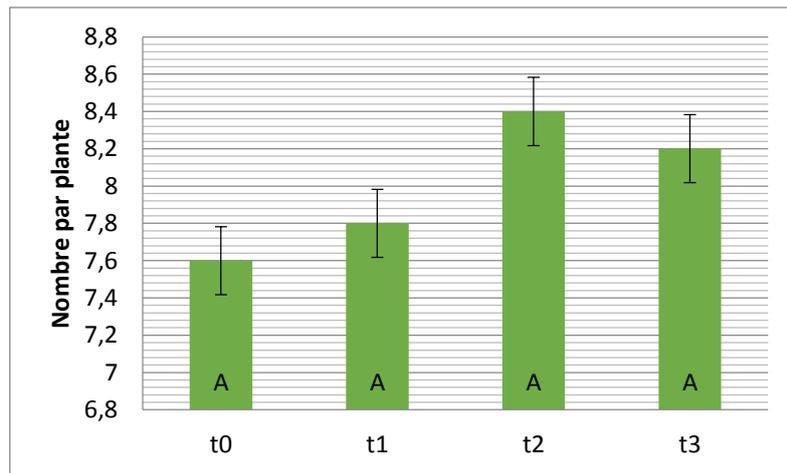


Figure 9 : Nombre des feuilles

L'analyse de la variance au seuil de 5% montre que le facteur traitement exerce une action significative entre les différents traitements testés (annexe 02).

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une augmentation progressive de la hauteur des plants au niveau des traitements et ce par rapport au traitement témoin. La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau du traitement (T2 dilution de la solution mère à 15%), suivi par les traitements T3 à 20% et le T1 à 10%, alors que la plus faible est enregistré au niveau du témoin (eau saline). les résultats ont montré que l'enrichissement de la solution saline avec le purin comme un biofertilisant améliore la densité foliaire.

1.3 Poids frais et sec des feuilles

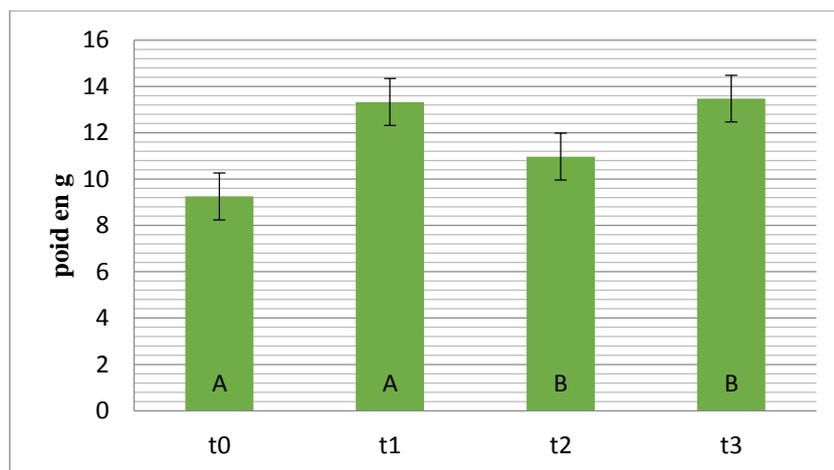


Figure 10 : Poids frais des feuilles

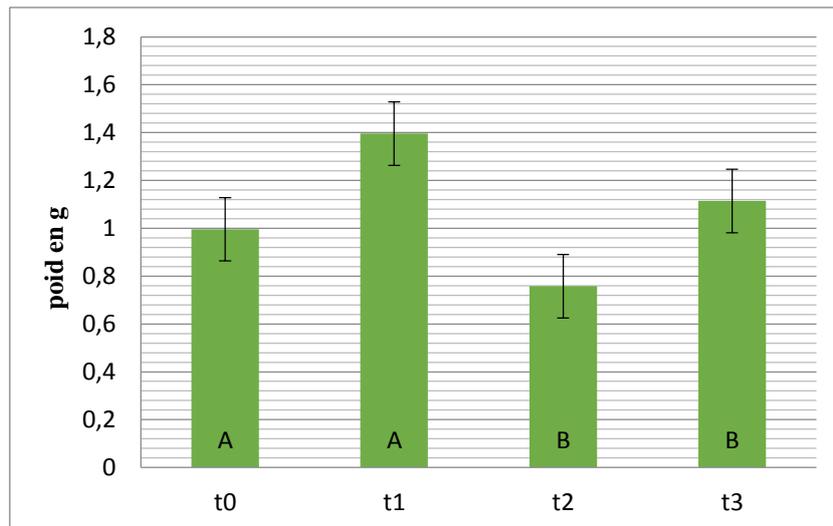


Figure 11 : Poids sec des feuilles

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative ($P < 0,005$) du facteur traitement sur le poids frais et sec totaux. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes pour le poids frais et le poids sec totaux (annexe 07 et 04).

Pour la production de la biomasse fraîche les plantes ont montré des réponses différentes aux niveaux des traitements testés. D'une façon générale le témoin (T0) irriguée par l'eau saline pure a répondu par une production de biomasse très faible. Les plantes issues du traitement (T1) avec 10% du purin d'ortie présentent une production de biomasse très marquée par rapport aux autres traitements en combinaison avec le purin, par rapport au T2 qui donne des valeurs les plus faibles ; alors que le traitement (T3) présente une position intermédiaire.

Ces résultats sont pareils pour le poids frais et le poids sec des feuilles de la tomate.

1.4 Poids frais et sec des tiges

Les résultats des paramètres mesurés à savoir le poids frais et le poids sec des tiges sont illustrés dans les figures 12 et 13 respectivement.

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative ($P < 0,005$) du facteur traitement sur le poids frais et sec totaux. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes pour le poids frais et le poids sec totaux (annexe 03 et 06).

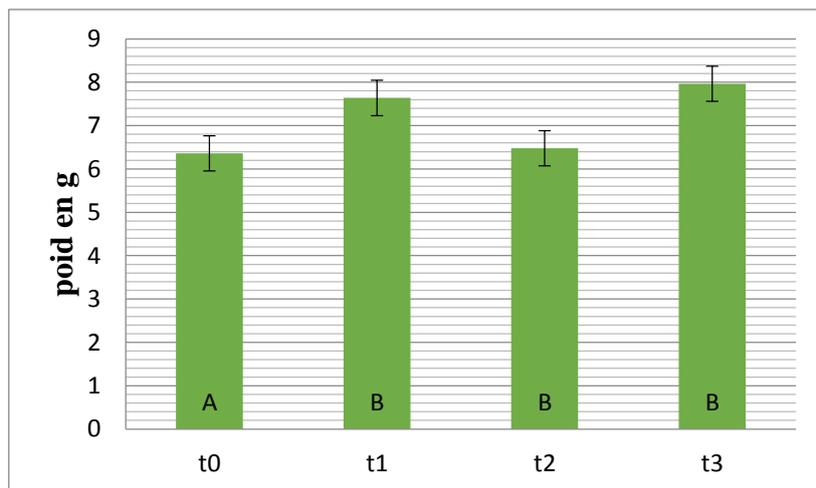


Figure 12 : Poids frais des tiges

Les résultats obtenus (Figure 12) montrent que les poids frais des tiges varie entre (T0) 6,36g et (T3) 7,97g où l'on note que les plantes traitées avec le purin d'ortie ne sont pas compatibles avec l'augmentation progressive des concentrations (10%, 15% et 20%), on remarque donc que T2 (15%) représente des valeurs intermédiaire par rapport au T1 (10%) et T3 (20%), et nous notons également que les tiges issus de T3 (20%) sont-elles qui manifeste les valeurs les plus élevées , et cela est dû à la saturation des tiges au nutriments présents dans le purin d'ortie.

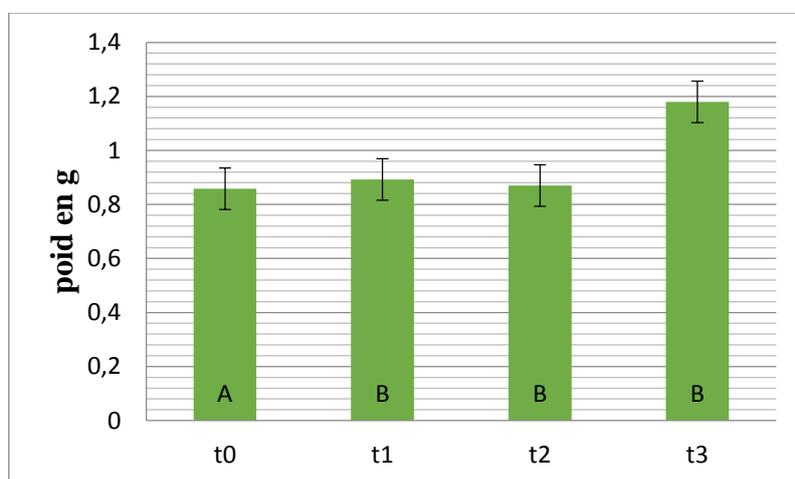


Figure 13 : Poids sec des tiges

Nous avons pesé les tiges après les avoir séchées, où nous avons obtenu ces résultats illustrés dans la (Figure 13), où nous remarquons que les poids conservent la même disposition à l'état frais, avec T0 (témoin) ayant moins de poids 0.59g et T3 (20) plus lourd 1.18g, et de ces résultats nous concluons que la différence de poids est due à l'accumulation

des nutriments de purin d'ortie, par ce que les cellules ne contiennent pas beaucoup d'eau, car l'eau s'est relativement évaporée.

1.5 Poids frais et sec des racines

Les résultats de poids frais et sec des racines obtenues sont présentés dans les figures suivantes (figures14 et 15) :

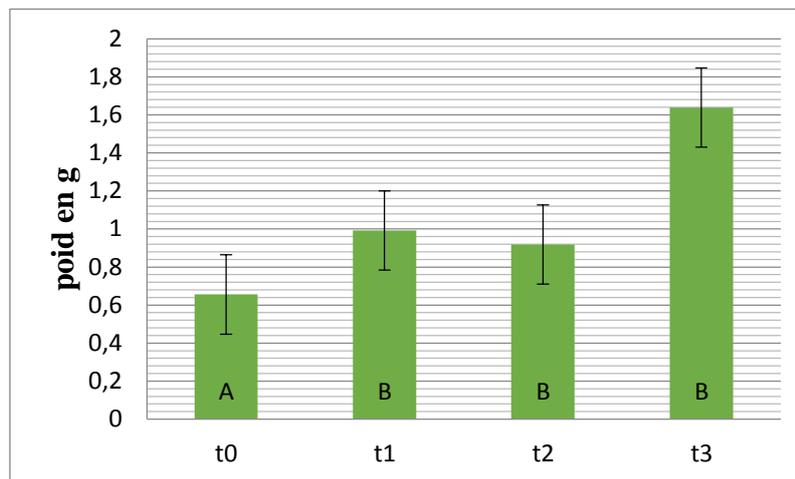


Figure 14 : Poids frais des racines

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative ($P < 0,005$) du facteur traitement sur le poids frais et sec totaux. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes pour le poids frais et le poids sec totaux (annexe 05 et 08).

La mesure de poids frais des racines a été effectuée après la récolte ; les résultats obtenus montrent que les plantes irriguées par le traitement (T3) d'une concentration de 20% de purin d'ortie présentent la valeur la plus élevée du poids frais des racines avec (1.63 g). Suivi par les Traitements (T1) d'une concentration de 10% de purin d'ortie que présente une valeur moyenne, suivi par le traitement (T2) d'une concentration de 15% de purin d'ortie. Par contre les plantes irriguées par le traitement (T0) présente des valeurs les plus faibles. On peut dire que la dose 20% de purin d'ortie montre un effet significatif sur le poids frais des racines.

La mesure de poids sec des racines après le séchage dans une étuve de 70°C. Et après stabilisation du poids sec obtenu.

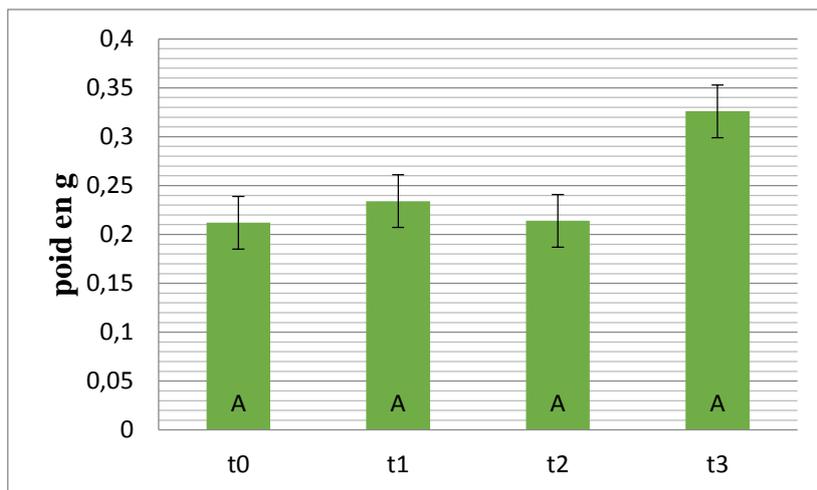


Figure 15 : Poids sec des racines

Concernant le poids sec obtenu les plantes réagies de la même façon où Le traitement T3 (dose de purin d'ortie à 20 %) présente le poids sec des racines la plus élevée avec une valeur de 0.32g ; par contre les plantes irriguées par le traitement T0 (Irrigation par NaCl seulement), manifestent le poids sec la plus faible. On peut dire que Le manque d'éléments minéraux importants dans l'environnement nutritionnel entraîne inévitablement une diminution le poids sec des racines.

2 Paramètre biochimique

2.1 Teneur en proline

Les résultats relatifs à la teneur en proline sont illustrés dans la figure ci-dessous :

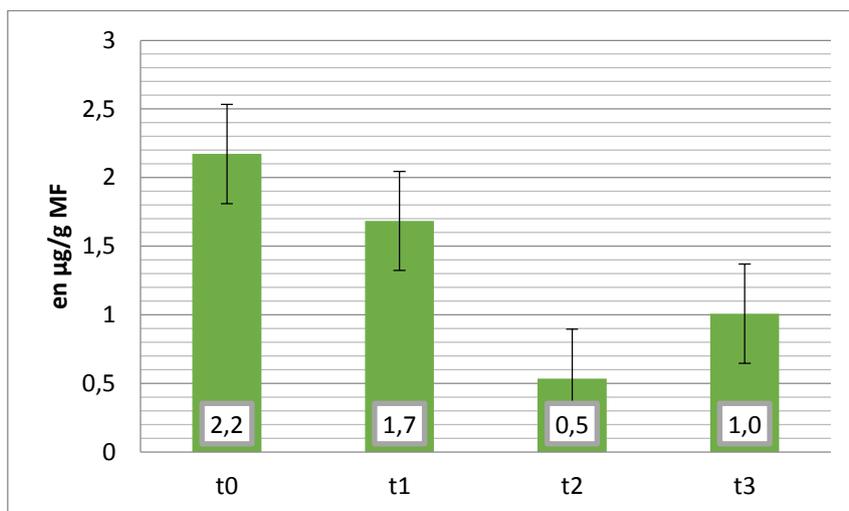


Figure 16 : Teneur de proline

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative ($P < 0,005$) du facteur traitement sur le poids frais et sec totaux. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de trois groupes homogènes pour le poids frais et le poids sec totaux (annexe 09).

La proline est un acide aminé synthétisé par les plantes en réponse à des stress environnementaux tels que le stress salin, Pour localiser cet osmo-régulateur, nous avons préconisé son dosage dans les feuilles de la tomate.

Les résultats obtenus montrent que le teneur de proline se diffère entre témoin (T0) et les autres traitements (T1, T2, T3) ; nous remarquons que les plantes irriguées par le traitement t0 synthétisent la quantité la plus élevée estimée à ($2.2 \mu\text{g/g MF}$) c'est à dire une augmentation de taux de la proline. Par contre les plantes traitées par le purin d'ortie (T1, T2, T3) le taux de proline est diminué surtout en T2 qui manifeste le plus faible taux.

Conclusion

Conclusion

Notre expérimentation a été conduite dans l'objectif d'évaluer l'effet du purin d'ortie dans un milieu salin sur les caractères morphologiques et physiologiques de la tomate variété Marmande. Les principaux résultats obtenus ont montré que la solution préparée est capable d'améliorer considérablement la croissance et le développement des tomates sachant que c'est une culture moyennement tolérante au sel.

L'effet du purin d'ortie à des concentrations de 10%, 20% est significatif sur tous les paramètres biométriques mesurés, à savoir la hauteur finale des tiges, le nombre de feuilles, le poids frais et sec des feuilles, tiges et racines. Les meilleurs résultats sont obtenus par le traitement T3 de 20 %.

Grace aux cette expériences que nous avons menées à la serre des cultures maraichères, Nous avons conclu que le purin d'ortie peuvent réduire les effets néfastes du stress salin et augmenter la tolérance des cultures au stress salin.

Il serait intéressant de confirmer ces résultats par une autre expérimentation et aussi, de tester le purin d'ortie en plein champs et sur d'autres espèces végétales et variétés de plantes cultivées afin de promouvoir un bio-stimulant à base d'extraits végétaux spontanés, disponible à tout moment, économique, pas dangereux pour l'homme et respectueux de l'environnement.

Reference
Bibliographique

Reference bibliographique

A

- Alessandra Moro Buronzo, Les incroyables vertus de l'ortie, Archamps (France), éditions Jouvence, 2011, 160 p.

B

- B-Actif Sarl, dans (<https://www.b-actif.fr/purin-d-orties.html>), consulté en 2023.

C

- Chartzoulakis K. and Klapaki G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic*, [86]: 247–260.

D

- Daniel-Jaime-jardiner.com, (30 mai 2016) en linge sur (<https://jaime-jardiner.ouest-france.fr/purin-d-ortie/>) consulté en (03/2023).

F

- FAO (Food and Agricultural Organization). 2008. Land and plant nutrition management service. Available online at: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/>
- FLOWERS, T.J., TROKE, P.F. AND YEO, A.R. (1977). The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of plant physiology* 28:89-21.
- François Couplan, Les plantes et leurs noms. Histoires insolite, Éditions Quae, 2012, p. 93.
- François Couplan, Remèdes et recettes à l'ortie, Fleurus, 2008, 64 p. (lire en ligne).

G

- Gammvert.fr 2018, dans (<https://www.gammvert.fr/conseils/conseils-de-jardinage/comment-utiliser-le-purin-d-ortie-sur-les-tomates>), consulté en 2023.
- Gulsel M. Kavalali, *Urtica. Therapeutic and nutritional aspects of stinging nettles*, CRC Press, 2004, p. 25.

H

- HOPKINS W G.2003. *Physiologie végétale* .2ème édition. De Boeck, Bruscelles : PP 61-476.

J

- Jean-François Lyphout, *Purin d'ortie et extraits végétaux*, Ulmer, 2015, p. 9
- Jean-Pol Mostade, *L'ortie et ses mille secrets*, TheBookEdition, 2015, p. 23.

M

- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59: 651-81.
- Munns R, Tester M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *The Annual of Plant Biology*. P: 651-681.

R

- RAHMOUNE, C, ZAIMECHE, S., WATHELET, B. ET BEN NACEUR, (2005). Rôle des acides aminés comme bio indicateurs de stress métalliques chez les végétaux aquatiques .1er Colloque Euro-méditerranéens de biologie végétale et environnement, Annaba 28-30 novembre 2005.

S

- Shabala S, Shabala L, Volkenburgh E, Newman I. 2005. Effect of divalent cations on ion fluxes and leaf photochemistry in salinized barley leaves. *J. Exp. Bot.*, 56(415): 1369-1378.

T

- Tien Le. 2021, Aquaculture feed for a sustainable future, publié dans alltech.com (<https://www.alltech.com/blog/aquaculture-feed-sustainable-future>) consulté en 2023.

W

- Walter H. Lewis, *Medical botany: plants affecting man's health*, Wiley, 1977.

X

- Xavier Gerbeaud en 14 octobre 2019 dans (https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/fp_purin_orties.php3) consulté en 2023.

Z

- ZHU J.K., 2001. Plant salt tolerance .*trends in plant science* n°2.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Régression de la variable hauteur

Analyse de la variance (Variable hauteur)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	5,186	1,728666667	0,45318303	0,7186331
Erreur	16	61,032	3,8145		
Total corrigé	19	66,218			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Hauteur	T0	T1	T2	T3
moyenne	28,6	28,9	28,2	27,54
Ecart type	2,24	1,08	1,52	2,58

Annexe 02 : Régression de la variable nombre des feuilles

Analyse de la variance (Variable nombre de feuilles)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	2,0000	0,6667	0,6667	0,5847
Erreur	16	16,0000	1,0000		
Total corrigé	19	18,0000			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

nombre de feuilles	T0	T1	T2	T3
moyenne	7,60	7,80	8,40	8,20
Ecart type	1,14	0,84	1,14	0,84

Annexe 03 : Régression de la variable poids frais des tiges

Analyse de la variance (Variable poids frais des tiges)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	9,894895	3,298298333	4,08787053	0,02478135
Erreur	16	12,9096	0,80685		
Total corrigé	19	22,804495			
Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$					

poids frais des tiges	T0	T1	T2	T3
moyenne	6,36	7,64	6,48	7,97
Ecart type	0,84	0,67	0,98	1,05

Annexe 04 : Régression de la variable poids frais des feuilles

Analyse de la variance (Variable poids frais des feuilles)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	61,3897	20,4632	9,0381	0,0010
Erreur	16	36,2258	2,2641		
Total corrigé	19	97,6155			
Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$					

poids frais des feuilles	T0	T1	T2	T3
moyenne	9,25	13,32	10,97	13,47
Ecart type	0,87	1,45	1,18	2,19

Annexe 05 : Régression de la variable poids frais des racines

Analyse de la variance (Variable poids frais des racines)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	2,60882	0,869606667	8,40321464	0,00139449
Erreur	16	1,65576	0,103485		
Total corrigé	19	4,26458			
Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$					

poids frais des racines	T0	T1	T2	T3
moyenne	0,66	0,99	0,92	1,64
Ecart type	0,22	0,36	0,37	0,32

Annexe 06 : Régression de la variable poids sec des tiges

Analyse de la variance (Variable poids sec des tiges)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	0,3557	0,1186	8,1050	0,0017
Erreur	16	0,2340	0,0146		
Total corrigé	19	0,5897			
Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$					

poids sec des tiges	T0	T1	T2	T3
moyenne	0,86	0,89	0,87	1,18
Ecart type				

	0,11	0,01	0,09	0,19
--	------	------	------	------

Annexe07 : Régression de la variable poids sec des feuilles

Analyse de la variance (Variable poids sec des feuilles)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	1,0550	0,3517	21,0371	< 0,0001
Erreur	16	0,2675	0,0167		
Total corrigé	19	1,3224			
<i>Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y)</i>					

Colonne1	T0	T1	T2	T3
moyenne	1,00	1,40	0,76	1,11
ecart tpe	0,09	0,15	0,11	0,15

Annexe 08 : Régression de la variable poids sec des racines

Analyse de la variance (Variable poids sec des racines)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	0,0436	0,0145	2,4597	0,1002
Erreur	16	0,0946	0,0059		
Total corrigé	19	0,1382			
<i>Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y)</i>					

poids sec des racines	T0	T1	T2	T3
moyenne	0,21	0,23	0,21	0,33
Ecart type	0,07	0,08	0,09	0,06

Annexe 09 : Régression de la variable proline

Analyse de la variance (Variable proline)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	8,1539	2,7180		
Erreur	16	0,0000	0,0000		
Total corrigé	19	8,1539			
<i>Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$</i>					

proline	T0	T1	T2	T3
moyenne	2,05	1,82	0,47	0,97
ecart tpe	0.02	0.01	0,00	0.01