



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences
de la Nature et de la Vie

Département: Biologie Des êtres vivants

MEMOIRE De Fin D'étude

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Biotechnologie

Spécialité: Biotechnologie végétale

Thème:

Étude comparative de l'effet de deux amendement sur la fertilité du sol et sur la physiologie de l'orge (*Hodeum vulgare*) sous stress hydrique

Présenté par:

- Tria Aziza
- Dahdah Athman

Membres De Jury

| | | | |
|--------------|------------|---------------|--------------|
| Hioune. S | M.A.A | Univ. Tébessa | Présidente |
| Boudjabi. S | Professeur | Univ. Tébessa | Promotrice |
| Ghedabnia. K | M.A.A | Univ. Tébessa | Examinatrice |

Année Universitaire 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions ALLAH, tous puissant de m'avoir donné la Patience, la santé et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

À ma promotrice Mme BOUDJABI Sonia professeur à l'université de Tébessa. Votre compétence, votre encadrement ont toujours suscité mon profond Respect.

Je vous remercie pour votre accueil et vos conseils.
Merci à tous les membres du jury Mme Hioune.S et Mme Ghedabnia.K d'avoir accepté le jugement sur ce travail et d'avoir discuté de mon mémoire.

Vous me faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail. Ma profonde gratitude s'oriente vers tout le personnel du Département de biologie des êtres vivants.

Dédicace

قال تعالى (قل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنين)

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات وبفضله تتحقق الأمنيات

يسرّ البدايات وأكمل النهايات وبلغنا الغايات

الحمد لله حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه أهدي ثمرة عملي هذا

إلى حبيبة القلب وضيء الدرب ومهونة كل صعب أمي حفظها الله

إلى صاحب كل أشواقى والذى رحمه الله

إلى سندي فالحياة أخواتي وكل عائلتي

إلى من كانوا سحابة ممطرة في سنواتي العجاف - صديقاتي -

إلى أمي الثانية وصاحبة دعوة الغيب غالية قلبي "الياقوت ويدير" حفظكم

الله بحفظه وأدامكم فرحا لقلبي

مخرجة

Résumé

Résumé :

L'objectif de cette étude modeste est d'évaluer comment l'ajout de compost affecte les propriétés physico-chimiques d'un sol contenant des micro plastiques, tout en examinant ses effets sur quelques paramètres physiologiques de *Hordeum vulgare*, une plante fourragère fréquemment utilisée par la population algérienne. Pour ce faire, un essai a été établi sous serre en verre à la faculté des sciences exactes et des sciences de la nature de l'Université de Tébessa. Dans des pots en plastique contenant 3 kg de sol, 5 grains d'orge ont été semés. Les doses de compost ajoutées étaient de (C0 = 0 g de compost / kg de sol, C1 = 15 g de compost / kg de sol, C2 = 30 g de compost / kg de sol) et les doses de micro plastiques étaient de (PL0 = témoin sans micro plastique, PL1 = 0,5 g / kg de sol et PL2 = 1 g / kg de sol). Le compost et les micro plastiques ont été ajoutés à la même date que le semis. Le stress hydrique a été appliqué selon les niveaux suivants : (H0 = 100%, H1 = 60% et H2 = 20%). Les résultats ont montré une diminution du pH sous l'influence du stress hydrique, le pH étant compris entre 7,86 et 7,67, tandis que le compost l'augmentait. Quant à la conductivité électrique, elle augmentait sous l'influence du compost, avec des valeurs comprises entre 688,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour C0 et 771,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour C2, mais diminuait sous l'influence du stress hydrique et des micro plastiques jusqu'à une valeur de 665,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les nitrates diminuaient sous l'influence du stress hydrique, avec des valeurs passant de 1,65 mg/g pour H0 à 1,43 mg/g pour H2. Avec le compost, la valeur était de 2,32 mg/g. Concernant la chlorophylle, on notait une amélioration sous l'influence du stress hydrique et des micro plastiques, avec des valeurs respectives de 1,16 $\mu\text{g}/\text{g}$ et 1,71 $\mu\text{g}/\text{g}$. Le compost montrait un effet de diminution de la teneur en pigment chlorophyllien, avec une teneur de 1,53 $\mu\text{g}/\text{g}$.

Mots clés : Compost ; stress hydrique, micro plastique ; physiologie, fertilité du sol, Orge

Abstract

Abstract

The objective of this modest study is to evaluate how the addition of compost affects the physicochemical properties of soil containing microplastics, while also examining its effects on some physiological parameters of *Hordeum vulgare*, a forage plant frequently used by the Algerian population. To do this, an experiment was established in a glass greenhouse at the Faculty of Exact Sciences and Natural Sciences of the University of Tébessa. In plastic pots containing 3 kg of soil, 5 barley grains were sown. The doses of compost added were (C0 = 0 g of compost / kg of soil, C1 = 15 g of compost / kg of soil, C2 = 30 g of compost / kg of soil) and the doses of microplastics were (PL0 = control without microplastics, PL1 = 0.5 g / kg of soil and PL2 = 1 g / kg of soil). The compost and microplastics were added on the same date as the sowing. Water stress was applied according to the following levels: (H0 = 100%, H1 = 60%, and H2 = 20%). The results showed a decrease in pH under the influence of water stress, with pH values ranging from 7.86 to 7.67, while compost increased it. As for electrical conductivity, it increased under the influence of compost, with values ranging from 688.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ for C0 to 771.40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ for C2, but decreased under the influence of water stress and microplastics to a value of 665.66 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nitrates decreased under the influence of water stress, with values ranging from 1.65 mg/g for H0 to 1.43 mg/g for H2. With compost, the value was 2.32 mg/g. Regarding chlorophyll, there was an improvement under the influence of water stress and microplastics, with respective values of 1.16 $\mu\text{g}/\text{g}$ and 1.71 $\mu\text{g}/\text{g}$. Compost showed a diminishing effect on the chlorophyll pigment content, with a content of 1.53 $\mu\text{g}/\text{g}$.

Keywords : Compost; water stress; microplastic; physiology; soil fertility; barley

ملخص

الهدف من هذه الدراسة المتواضعة هو تقييم كيفية تأثير إضافة السماد على الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة التي تحتوي على مواد بلاستيكية دقيقة، مع دراسة أثارها على بعض المعايير الفسيولوجية لنبات *Hordium Vulgare*، وهو نبات علفي يتردد عليه السكان الجزائريون للقيام بذلك، يقام اختبار بالدفيئة الزجاجية بكلية العلوم الدقيقة والعلوم الطبيعية بجامعة تبسة. في أوعية بلاستيكية تحتوي على 3 كجم من التربة، تم زرع 5 بذور شعير بجرعات السماد (CO-0) جم من السماد/ كجم من التربة، C1-15 جم من السماد/ كجم من التربة، C2-30 جم من الفحم الحيوي/ كجم من التربة). تمت إضافة المواد البلاستيكية الدقيقة (تحكم PLO بدون البلاستيك الدقيق، الجرعة PL10.5 جم / كجم من التربة والجرعة PL2 = 1 جم كجم من التربة) في نفس تاريخ الزراعة. تطبيق الإجهاد المائي حسب المستويات التالية (H0=100%، H160%، H220%). أظهرت النتائج انخفاض الرقم الهيدروجيني تحت تأثير الإجهاد المائي حيث تراوح الرقم الهيدروجيني بين (7.86) و (7.67) بينما زاده السماد.

أما بالنسبة للتوصيل الكهربائي فهو يزداد تحت تأثير السماد، حيث نسجل قيمة تتراوح بين 688.25 us/ cm لثاني أكسيد الكربون و 771.40 cm /us لـ C2 وهو ما يقابل انخفاض تحت تأثير الإجهاد المائي والجسيمات البلاستيكية بقيمة 665.66 لنا/ سم

تتناقص النترات تحت تأثير الإجهاد المائي، حيث تتراوح قيمها بين 1.65 ملجم/ جم LH0 و 1.43 ملجم/ جم LH2، وتزداد مع السماد واللدائن الدقيقة حتى قيمة 2.32 ملجم/ جم

ويسجل تحسن في مستويات الكلوروفيل تحت تأثير الإجهاد المائي والجسيمات البلاستيكية، حيث تتراوح قيمها بين (1.16 ميكروغرام/ جم) و (1.7 ميكروغرام/ جم)، كما تنخفض عند إضافة السماد حتى تصل إلى قيمة 1.53 ميكروغرام. / ز

❖ الكلمات المفتاحية: الكومبوست، الإجهاد المائي، المواد البلاستيكية الدقيقة، علم وظائف الأعضاء، خصوبة التربة، الشعير.

Table Des Matières

Table Des Matières

| Titres | Pages |
|-----------------------------------------------|--------------|
| Remercîment | |
| Dédicace | |
| Résumé | |
| Liste des abréviation | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Sommaire | |
| I. Introduction | 01 |
| 2. Matériel et méthodes | 04-07 |
| 2.1. Localisation de l'essai | 04 |
| 2.2. Dispositif de l'expérimentation | 04 |
| 2.3. Les matériaux utilisés | 04 |
| 2.4. La description de l'expérimentation | 05 |
| 2.5. Les analyse du sol | 05 |
| 2.5.1. Les nitrate | 05 |
| 2.5.2. Le carbone | 05 |
| 2.5.3. Le PH | 06 |
| 2.5.4. La CE | 06 |
| 2.6. Les paramètres de la plante | 06 |
| 2.6.1. La teneur des feuilles en chlorophylle | 06 |
| 2.6.2. La teneur relative en eau | 06 |
| 3. L'étude statistique | 07 |
| 4. Résultats obtenus | 09-24 |
| 4.1. Les paramètre du sol | 09 |

Table Des Matières

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 4.2. Les paramètres de la plante | 15 |
| 5. Discussion | 26 |
| Conclusion et perspectives | 30 |
| Références bibliographique | |
| Annexes | |

Liste Des Abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

- HO: irrigation à 100 % (pas de stress)
- H1: irrigation à 60 % stress hydrique I
- H2: irrigation à 20 % stress hydrique 2
- PLO = Témoin sans micro-plastique,
PLI = 0.5g /Kg de sol
- PL2= 1g /Kg de sol
- PE= Polyéthylène
- C0=sons compost c'est le témoin
- C1=15 g/kg de compost
- C2=30 g/kg de compost.

Liste Des Figures

LISTE DES FIGURES

| Figure N° | Titre | Page N° |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Figure 01 | effet des traitements sur la teneur du carbone (%) | 10 |
| Figure 02 | Effet du stress hydrique sur le pH du sol | 11 |
| Figure 03 | Effet du micro plastique sur le pH du sol | 11 |
| Figure 04 | Effet du compost sur le Ph | 12 |
| Figure 05 | Effet du stress hydrique sur la conductivité électrique du sol | 13 |
| Figure 06 | Effet des micro-plastiques sur la conductivité électrique du sol | 13 |
| Figure 07 | Effet du compost sur la conductivité électrique du sol | 13 |
| Figure 08 | Effet du stress hydrique sur la teneur des nitrates dans le sol (mg/g de sol) | 14 |
| Figure 09 | Effet du micro plastique sur la teneur des nitrates dans le sol (mg/g de sol) | 14 |
| Figure 10 | Effet du compost sur la teneur des nitrates dans le sol (mg/g de sol) | 15 |
| Figure 11 | Effet du stress hydrique sur la teneur de la chlorophylle (a) ($\mu\text{g/g}$ de MF) | 17 |
| Figure 12 | Effet du micro plastique sur la teneur de la chlorophylle (a) ($\mu\text{g/g}$ MF) | 17 |
| Figure 13 | Effet du compost sur la teneur de la chlorophylle (a) ($\mu\text{g/g}$ MF) | 18 |
| Figure 14 | Effet du stress hydrique sur la teneur de la chlorophylle (b) ($\mu\text{g/g}$ MF) | 19 |
| Figure 15 | Effet du micro plastique sur la teneur de la chlorophylle (b) ($\mu\text{g/g}$ MF) | 20 |
| Figure 16 | Effet du compost sur la teneur de la chlorophylle (b) ($\mu\text{g/g}$ MF) | 20 |
| Figure 17 | Effet du stress hydrique sur la teneur de la chlorophylle T ($\mu\text{g/g}$ MF) | 21 |

Liste Des Figures

| | | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figure 18 | Effet du micro plastique sur la teneur de la chlorophylle T ($\mu\text{g/g}$ MF) | 22 |
| Figure 19 | Effet du compost sur la teneur de la chlorophylle T ($\mu\text{g/g}$ MF) | 22 |
| Figure 20 | Effet du stress hydrique sur la teneur en eau des feuilles (%) | 23 |
| Figure 21 | Effet du micro plastique sur la teneur en eau des feuilles (%) | 24 |
| Figure 22 | Effet du compost sur la teneur en eau des feuilles (%) | 24 |

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

| Tableau N° | Titre | N° |
|-------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| Tableau01 | les caractéristiques du sol et du compost utilisé | 04 |
| Tableau02 | Résultats de l'ANOVA pour les paramètres du sol | 09 |
| Tableau03 | Résultats de l'ANOVA pour les paramètres de la plante | 16 |

Introduction

Introduction

I. Introduction

Dans les régions arides et semi arides, la dégradation des sols et les sécheresses répétées caractérisées par des faibles et irrégulières précipitations constituent des obstacles majeurs pour la croissance des plantes (Attab et al., 2012). La sévérité du climat qui se résume aux fortes températures associées à l'effet d'érosion génèrent de sérieux stress. Parmi les stress environnementaux observés dans ces régions on a en particulier le stress hydrique. Un facteur paradoxal qui entraîne une chute sérieuse dans la croissance des plantes ainsi que leurs productivités. Parmi les cultures qui sont très liées à cette perte de rendement, les céréales, notamment l'orge (Oustami, 2011). L'Orge est considérée comme l'une des cultures les plus utilisées en Algérie et les plus commercialisées, avec une demande en constante augmentation. En réalité la dégradation des cultures est le reflet indirect dans la perte de la fertilité du sol (Oukara et al., 2017). Un facteur menaçant de façon très sérieuse la sécurité alimentaire et l'équilibre nutritionnel de notre pays. Tous ces inconvénients limitent considérablement la production agricole et nécessitent une amélioration des sols. Si les engrais constituent l'amendement organique traditionnel, le déclin de l'élevage et l'augmentation des surfaces cultivées et de leurs besoins en matière organique font que la production d'engrais est insuffisante pour reconstituer et maintenir le stock d'humus des sols cultivés (Boutmedj et al., 2015). Par ailleurs, l'augmentation importante des prix des fumures minérales nécessite de trouver des solutions pour substituer les fertilisants minéraux par des matières moins chères et plus économiques tout en respectant les contraintes liées à la protection de l'environnement et de la santé publique (Schafer, 2015).

Récemment, une grande attention s'est portée sur le compost en tant que bon engrais pour le sol. Le compost est la transformation des déchets en miracles à l'aide de micro-organismes. Lorsque les fermes biologiques produisent du compost, elles ajoutent deux parties de matière organique à une partie de compost frais, puis les remuent et les mouillent régulièrement. Ce processus garantit que seuls les organismes micro-aérobies bénéfiques restent dans le tas de compost. Les organismes micro-aérobies sont ce dont, les agriculteurs, avons besoin pour un sol sain (Mostafa, 2021). En plus de tous ces inquiétudes, dans notre pays s'est rajouté récemment le problème de pollution de l'environnement par les plastiques augmente. En effet, il faut dire que, la quantité de plastique produite dans le monde aujourd'hui est 170 fois supérieure à celle d'il y a 60 ans, soit 288 millions de tonnes par an. On estime qu'environ 10 % de ce plastique se déverse dans les océans où il s'accumule sans pratiquement

Introduction

se décomposer. De nos jours, l'opinion publique s'inquiète de plus en plus des micro plastiques, c'est-à-dire des particules de moins de 5 mm de diamètre. Ils sont moins visibles que les plus gros débris, mais ils sont tout aussi préoccupants car leur petite taille leur permet d'être absorbés. Par les plus petits organismes et s'accumulent ainsi dans la chaîne alimentaire. Dans notre pays l'inconscience de la population a entraîné un problème considéré actuellement insurmontable, car on observe que dans la plupart des terres agricoles la quantité des plastiques rejetés par la population inconsciente augmentent de jours en jours et aggrave la situation des terres agricoles, surtout que ces polymères sont constitués de molécules organiques synthétiques obtenus par polymérisation de monomères extraits du pétrole ou du gaz. L'accumulation de ces matières dans l'environnement conduit à former un amas de déchet solide qui affecte négativement l'équilibre des écosystèmes. L'élimination de ces déchets plastiques par leurs rejets dans la nature conduit à leurs transformations et leurs décompositions au fil du temps en micro plastiques(Bajt, 2021).La biodégradation de ces matières avec l'aide de micro-organismes telluriques est un moyen accessible de nettoyer les déchets plastiques (Sivan, 2011). Les enzymes d'origine microbienne sont utilisées pour lutter contre la pollution et contribuent au développement d'un environnement respectueux.

les recherches sur l'interaction entre les micro plastiques et le sol sont limitées, on n'en est qu'à ses débuts (stade précoce), ce qui rend impossible de conclure à l'impact de la pollution plastique sur les paramètres de fertilité du sol et aussi sur la plante (De Souza et al., 2019).

Cependant quelques auteurs ont rapporté que l'application d'engrais peut améliorer la fertilité du sol et modifier la vitalité des microorganismes telluriques, favorisant ainsi la dégradation des micro plastiques (Zhang et al., 2019).Dans cet objectif que cette modeste étude est faite, elle vise à mettre en relief l'effet combiné des micro plastiques et du compost comme fertilisant sur la physiologie de l'orge, et aussi sur quelques paramètres de fertilité du sol

L'étude est conduite sous serre dans la Faculté des Sciences Exactes et des Sciences Naturelles et de la Vie de l'Université de Tébessa. Le modeste travail s'articule en ces parties :

- Introduction
- Matériels et méthodes
- Analyse et discussion
- Conclusion

Matériel

Et

Méthodes

Matériel Et Méthodes

2 MATERIEL ET METHODES

2.1. Localisation de l'essai

L'expérimentation est menée sous serre dans la faculté des sciences exactes et sciences de la nature (Université, Cheikh Larbi Tébessi, Tébessa) durant l'année 2023-2024. L'objectif de cette modeste étude est de démontrer l'effet combiné des micro-plastiques et du compost comme fertilisant sur la physiologie de l'orge, et la fertilité du sol.

2.2. Le dispositif expérimental

L'expérimentation a été faite dans 27 pots en plastiques semblables de 3Kg de contenance. L'essai se base sur la prise en considération de deux facteurs, le premier représente le régime hydrique appliqué en trois niveaux (R=100%, R1=60%, et R2=20% de la capacité a champs). Le deuxième facteur c'est l'effet amendement, qui consiste en l'application de deux composants, le compost appliqué en trois doses (C0=le témoin, C1=15g de compost/Kg de sol, C2=30g de compost/Kg de sol et aussi, l'amendement des micro-plastiques PE (polyéthylène) avec les doses de : L0=Témoin sans micro-plastiques L1=g /Kg de sol et la dose L2=1g/Kg de sol).

2.3. Les matériaux utilisés

Le sol utilisé dans cette expérimentation est apporté dans une terre agricole située dans la région de FALAHEEN dans la province de Tébessa. Les micro-plastiques sont obtenus en broyant quelques bouteilles de plastique polyéthylène à un diamètre de 1 mm. Les semences de l'orge sont ramenées de L'OAIC de Tébessa, Le compost est acheté auprès d'un vendeur de fertilisants situé à Tébessa. Le matériel (sol et compost) utilisé a subi au niveau de notre laboratoire une caractérisation au début de l'expérimentation les caractéristiques figurent dans le tableau 1

Tableau 1 : les caractéristiques du sol et du compost utilisé

| Caractéristiques | Compost | Sol |
|-------------------|--------------|--------------|
| Matière organique | 1.048 g/kg | 1.252 g/kg |
| PH | 7.813 | 7.729 |
| CE | 665.666 mg/g | 737.888 mg/g |

Matériel Et Méthodes

2.4. La description de l'expérimentation

Les pots de plastiques une fois remplis par le sol ils sont mis dans la serre (le 25 Novembre 2023), dans chaque pot on a placé cinq grains d'Orge. Les doses de compost sont appliquées le même jour avec les micro- plastiques. Une fois les pots sont placés dans la serre de la faculté, ils sont irrigués puis le suivi de l'irrigation a été réalisé en tenant compte de la capacité au champ du sol déterminé au début de l'expérimentation. Après la germination des graines et développement des plantes jusqu' au stade quatre feuilles, le stress hydrique a été appliqué selon les niveaux mentionnés précédemment.

Le prélèvement des échantillons de sol pour analyse est fait après trois mois du début d'expérimentation 23 février 2024. Trois répétitions sont prises pour chaque paramètre dosé ; les paramètres de la plante sont calculés au cours de la même période.

2.5. Les analyse du sol

Avant de commencer les dosages les échantillons de sol ont été séchés à l'air libre, puis tamisés avec un tamis de 2mm de diamètre.

2.5.1. Les nitrate

L'analyse est faite selon la méthode de (Rodier et al., 2009) (Adamowicz et al.,2018)

Chaque échantillon (10g) de sol est agité dans 100ml d'eau distillée pendant 1 h. 10 ml du filtrat est prélevé on y ajoute (1ml) de salicylate de sodium. Le résidu obtenu par évaporation à 80°C est repris après refroidissement par 2ml d'acide sulfurique et 15ml d'une solution d'hydroxyde de sodium et tartrate double de sodium et de potassium. Une couleur jaune se développe. La lecture des échantillons est faite à la longueur d'onde 415nm. La teneur des nitrates est déduite par l'équation d'étalonnage suivante :

$$Y=0.1729X -0.1545, (R^2=0.9861)$$

2.5.2. Le carbone

On oxyde le carbone organique du sol avec le bichromate de potassium(en milieu acide). L'excès de carbone non oxydé est titré par le sel de mohr en présence d'un indicateur coloré, la diphenylamine, qui vire au vert foncé lorsque la quantité de dichromate en excès est réduite (Walkley et Black in Baize, 2000)

Nous prenons trois répétitions de chaque échantillon, Le taux de carbone est calculé selon la formule : $C\% = \frac{X-X'}{P} \times 0.3 \times 100$

X =Le volume de titrations du témoin en ml.

X'=Le volume de titrations de l'échantillon en ml.

P=La prise d'essai (Poids du sol).

Matériel Et Méthodes

2.5.3. Le PH

Après agitation de 20g de sol dans 50ml d'eau distillée, la lecture du Ph est faite directement sur le filtrat en utilisant un PH-mètre (Baise ,2000).

2.5.4. La CE

La conductivité électrique (CE) 10g de sol fin est agité dans 50 ml d'eau distillée pour une durée de 1h. Après filtration la conductivité est déterminée à l'aide de conductimètre (Baise ,2000).

2.6. Les prélèvements de la plante

2.6.1. La teneur des feuilles en chlorophylle

Une macération des feuilles (100mg) est faite dans des tubes à essais contenant 10 ml d'un mélange d'acétone et d'éthanol (75% et 25%)de volume et de 80% et 40% de concentration, on place les tubes à l'obscurité (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière) dans une température ambiante. Après 48h une lecture spectrale des échantillons est faite selon les densités suivantes (663nm, 645nm)

On déduit la teneur des pigments chlorophylliens selon les formules suivantes

$\text{Chl a } (\mu\text{g}/100 \text{ mg MF}) = 12.7 \times \text{DO (663)} - 2.59 \times \text{DO (645)} \times V / (1000 \times W).$

$\text{Chl b } (\mu\text{g}/100\text{mg MF}) = 22.9 \times \text{DO (645)} - 4.68 \times \text{DO (663)} \times V / (1000 \times W).$

$\text{Chl (a+b)} (\mu\text{g} /100 \text{ mg MF}) = \text{Chl a} + \text{Chl b}$ ou (V : volume solution extraite. W : le poids de matière fraîche de l'échantillon) (Bouchelaghham, 2012).

2.6.2.La teneur relative en eau

De chaque pot trois feuilles sont prélevées, pesées pour avoir le poids frais, puis mises dans de l'eau distillée pour une durée de quatre heures, pour avoir le poids à la turgescence, après séchage dans l'étuve à 80°C(Rad et al. 2013).

on calcule la teneur relative des feuilles en eau selon la formule suivante :

$\text{TRE} = \text{PF} - \text{PS} / \text{PR} - \text{PS} \times 100$ avec

PF : poids frais,

PT : poids à la turgescence.

PS : pois sec

Matériel Et Méthodes

3. L'étude statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une Anova à deux facteurs, le test est fait au niveau $\alpha = 0.05$; le premier facteur testé, est l'effet stress hydrique, le deuxième représente l'effet amendement compost et micro-plastique Le logiciel utilisé est STATISTICA 13.0.

Résultats

Résultats

4 .Les résultats obtenus

4.1. Les paramètre du sol

L'effet de stress hydrique sur la teneur du carbone est non significatif ($p=0.144$; Tableau 2) ; les teneurs de carbone dans le sol varient entre 1.40% pour H0 et 0.98% pour H2(figure1). L'ANOVA concernant l'effet des micro-plastiques annonce un effet significatif ($p=0.008$; Tableau2),

Tableau2 : Résultats de l'ANOVA pour les paramètres du sol

| Factors | df | SS | <i>p</i> -value | Sig | SS | <i>p</i> -value | Sig | SS | <i>p</i> -value | Sig |
|---------|----|-----------|-----------------|-----|---------|-----------------|-----|-------|-----------------|-----|
| | | Carbone % | | | EC | | | pH | | |
| S-H | 1 | 0.128 | 0.04 | * | 334600 | <0.001 | *** | 0.519 | <0.001 | *** |
| M | 1 | 0.430 | <0.01 | ** | 197886 | <0.001 | *** | 0.027 | 0.07 | Ns |
| C | 1 | 0.144 | 0.12 | Ns | 117951 | <0.001 | *** | 0.098 | <0.001 | *** |
| S-H×M | 3 | 0.211 | 0.31 | Ns | 1015386 | <0.001 | *** | 0.329 | <0.001 | *** |
| S-H×C | 3 | 0.181 | 0.38 | Ns | 859963 | <0.001 | *** | 0.228 | <0.001 | *** |
| M×C | 3 | 0.025 | 0.93 | Ns | 1140856 | <0.001 | *** | 0.161 | <0.001 | *** |
| S-H×M×C | 7 | 0.687 | 0.13 | Ns | 1188339 | <0.001 | *** | 0.158 | <0.001 | *** |
| | | Nitrates | | | | | | | | |
| D-S | 2 | 17.0483 | <0.001 | *** | | | | | | |
| M | 2 | 1.2360 | 0.03 | * | | | | | | |
| B | 2 | 11.9629 | <0.001 | *** | | | | | | |
| D-S×M | 4 | 9.3581 | <0.001 | *** | | | | | | |
| D-S×B | 4 | 10.8411 | <0.001 | *** | | | | | | |
| M×B | 4 | 34.9964 | <0.001 | *** | | | | | | |
| D-S×M×B | 8 | 16.2173 | <0.001 | *** | | | | | | |

df : degrés de liberté, SS : Somme des carrés, Sig : Signification statistique, *** : $p < 0,001$, ** : $p < 0,01$, * : $p \leq 0,05$, ns : $p > 0,05$

Résultats

Les valeurs du carbone diminuent de 1.16% pour PL0 à 1.04% pour fort dose PL2, cependant la teneur allouée à PL1 est 1.22% (figure1). Le compost note aussi on effet non significative ($p=0.12$), les valeurs du carbone sont 1.04% pour le niveau C2 et 1.25% pour le témoin C0 (figure1).

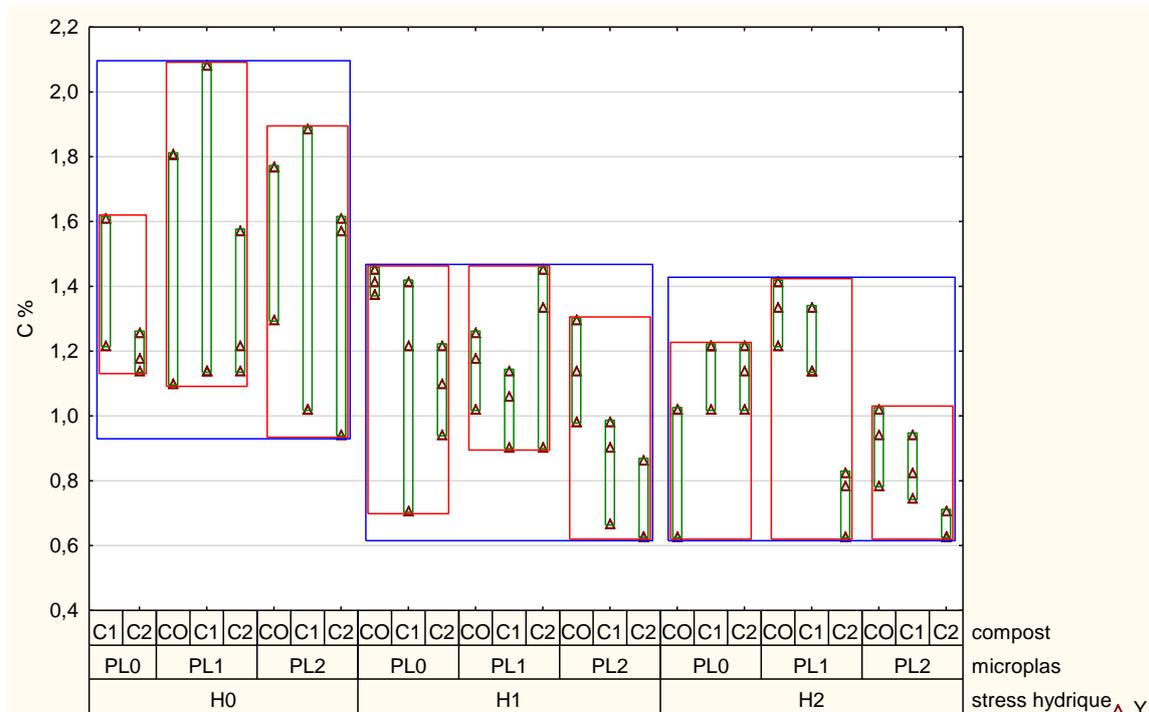


Figure .1 effet des traitements sur la teneur du carbone (%)

L'évolution du pH du sol avec l'application du stress hydrique montre une diminution significative ($p<0.001$; Tableau 2), ou l'on remarque une variation de 7.86 pour H0 à 7.67 pour H2 (Figure2). D'après les résultats obtenus, il apparaît que l'ajout de micro-plastiques n'a pas d'effet significative ($p=0.07$; Tableau 2). Le PH se situe entre les deux valeurs 7.79 pour PL0 et 7.75 pour PL2 (Figure.3). Contrairement au micro-plastiques le compost ($p<0.001$; Tableau 2) a montré une augmentation hautement significative dans la valeur du pH de, 7.72 pour C0 à 7.81 pour C2 (Figure.4).

Résultats

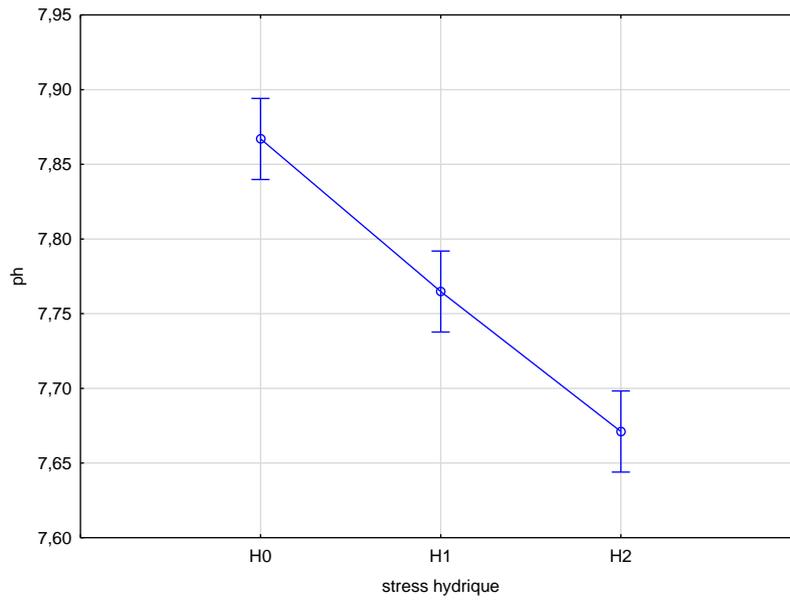


Figure 2. Effet du stress hydrique sur le p H du sol

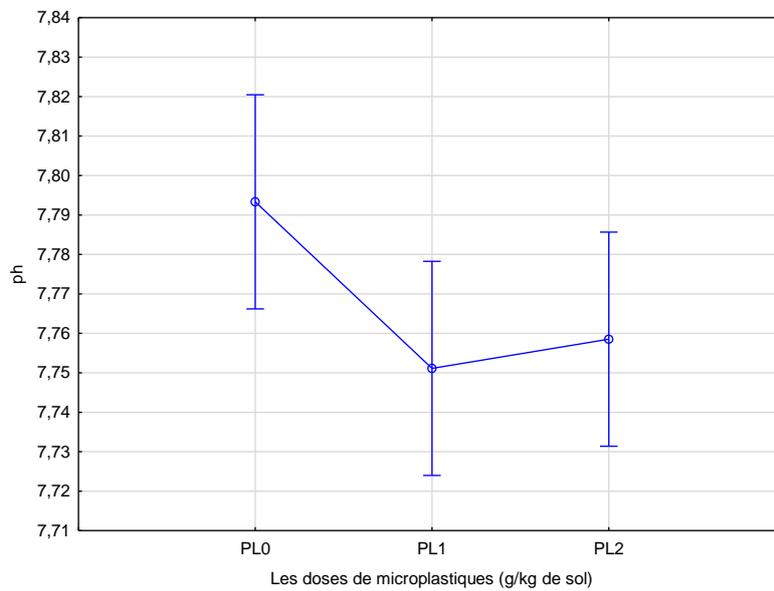


Figure 3. Effet des microplastiques sur le p H du sol

Résultats

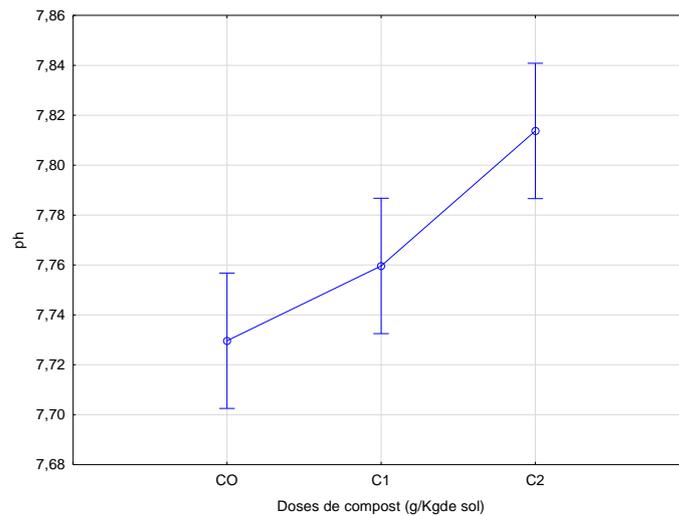
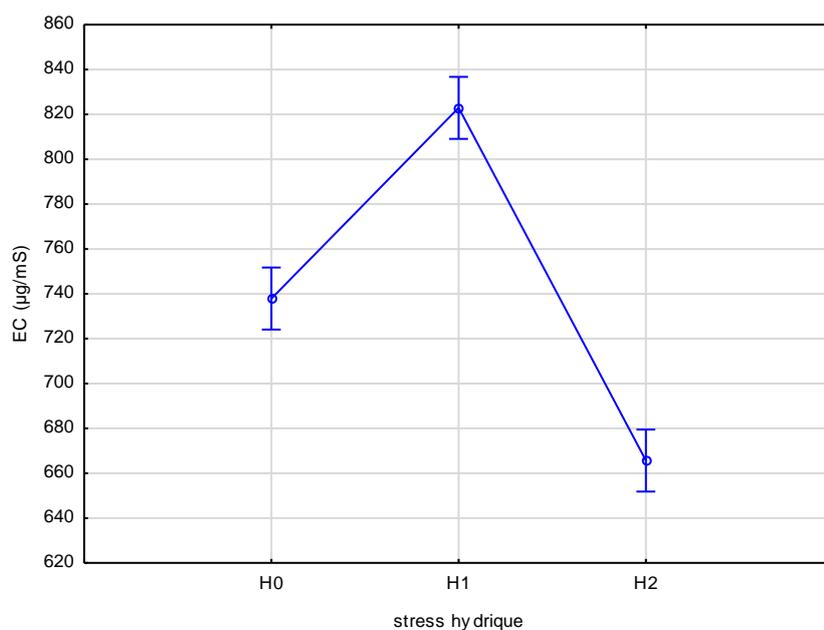


Figure .4 Effet du compost sur le pH

L'analyse statistique a révélé une diminution significative de la conductivité électrique due au stress hydrique ($p < 0.001$; Tableau 2) avec des valeurs allant de $773.88 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour H0 à $665.66 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour H2 (Figure. 5). De même, l'application de micro-plastiques a montré la même tendance significative ($p < 0.001$; Tableau 2), les valeurs observées sont $808.92 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour PL0 et $690.85 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour PL2 (Figure. 6). En revanche, l'ajout de compost a entraîné une augmentation significative ($p < 0.001$; Tableau 2), en effet, la conductivité électrique (EC) du sol, passant de $688.25 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour C0 à $771.40 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour C2 (Figure. 7).



Résultats

Figure .5 Effet du stress hydrique sur la conductivité électrique du sol

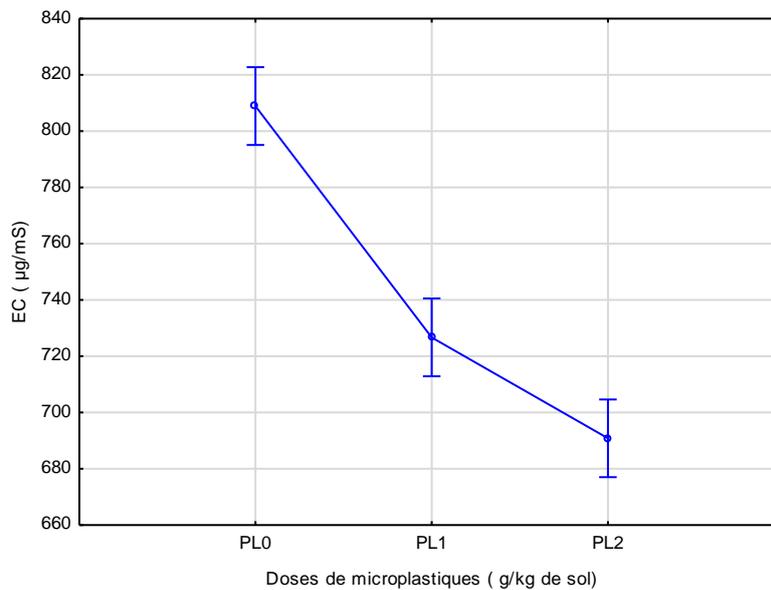


Figure .6 . Effet des micro-plastiques sur la conductivité électrique du sol

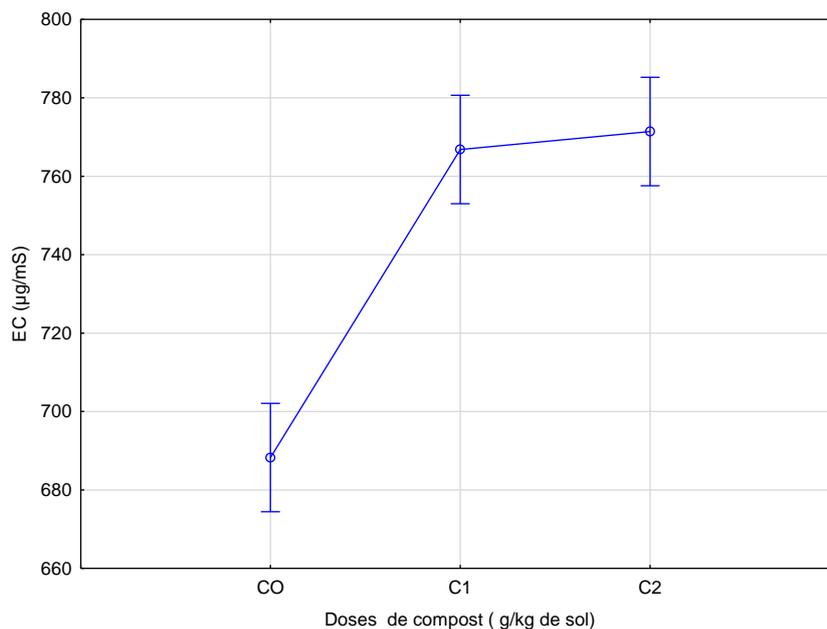


Figure .7 Effet du compost sur la conductivité électrique du sol

L'analyse de variance des nitrates révèle une diminution hautement significative ($p < 0.001$; Tableau 2) sous l'effet du stress hydrique. Les concentrations de nitrates variaient de manière notable, passant de 1,65mg/g pour H0 à 1,43mg/g pour H2 (Figure. 8). De plus, les micro-

Résultats

plastiques ont eu un impact significatif ($p=0.03$; Tableau 2), entraînant une augmentation des taux de nitrates dans le sol, on obtient 1,72mg/g pour PL0 et 2,02mg/g pour PL2 (Figure .9). Par ailleurs, on observe une influence significative et robuste du compost ($p<0.001$; Tableau 2), avec des niveaux élevés de nitrates s'étalant de 1,38mg/g pour C0 à 2,32mg/g pour C2 (Figure. 10).

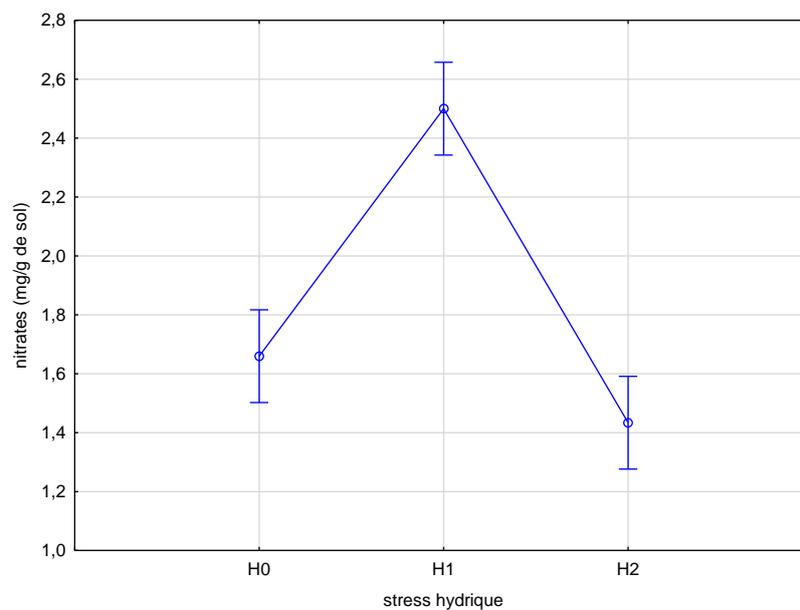


Figure .8. Effet du stress hydrique sur la teneur des nitrates dans le sol (mg/g de sol)

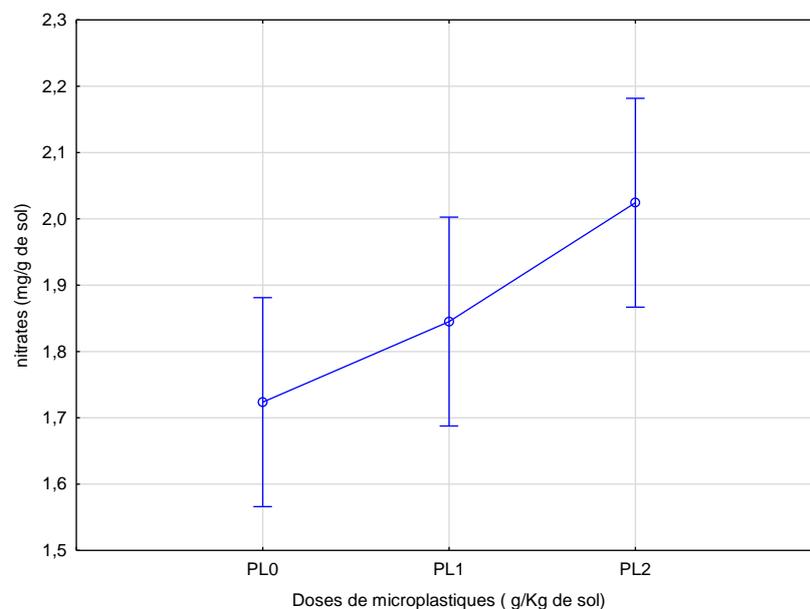


Figure .9 Effet des microplastiques sur la teneur des nitrates dans le sol (mg/g de sol)

Résultats

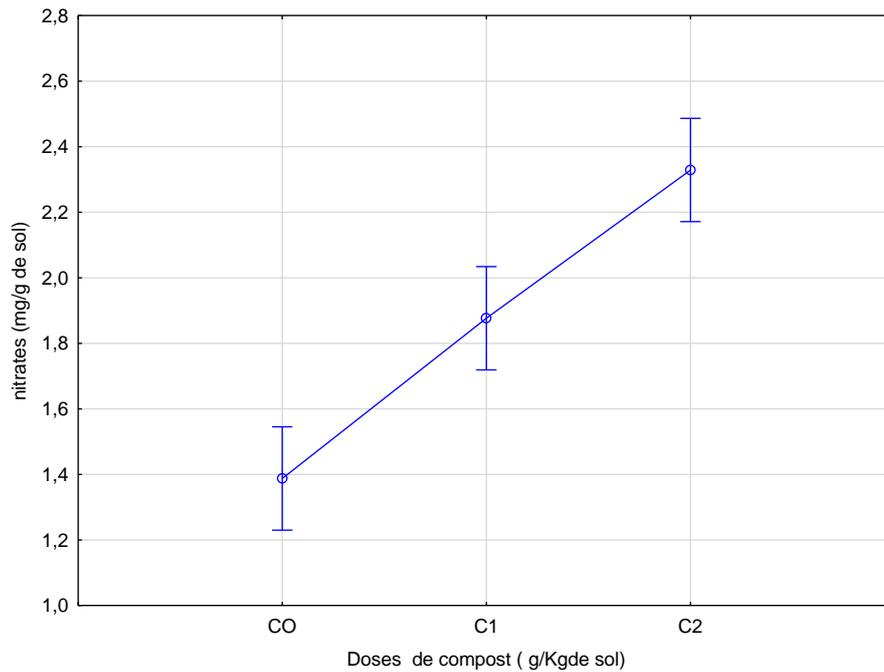


Figure .10 Effet du compost sur la teneur des nitrates dans le sol (mg/g de sol)

4.2. Les paramètres de la plante

D'après l'analyse de la variance obtenue pour la teneur en chlorophylle (a) des feuilles, n'a pas indiqué un effet significatif pour le stress hydrique ($p=0.684$; Tableau.3),

Résultats

Tableau 3 : Résultats de l'ANOVA pour les paramètres de la plante

| Factors | df | SS | p-value | Sig | SS | p-value | Sig | SS | p-value | Sig |
|---------|----|------------|---------|-----|---------|---------|-----|-----------|---------|-----|
| | | Chloro(a) | | | Chlo(b) | | | Chloro(T) | | |
| S-H | 1 | 0.00416 | 0.68 | Ns | 0.1335 | 0.01 | * | 0.1642 | 0.04 | * |
| M | 1 | 0.15972 | <0.001 | *** | 1.0080 | <0.001 | *** | 1.9760 | <0.001 | *** |
| C | 1 | 0.14916 | <0.001 | *** | 1.1668 | <0.001 | *** | 1.9467 | <0.001 | *** |
| S-H×M | 3 | 0.20415 | <0.001 | *** | 0.4849 | <0.001 | *** | 1.3290 | <0.001 | *** |
| S-H×C | 3 | 0.12086 | <0.001 | *** | 1.7312 | <0.001 | *** | 2.6216 | <0.001 | *** |
| M×C | 3 | 0.07972 | 0.01 | * | 0.6928 | <0.001 | *** | 1.1657 | <0.001 | *** |
| S-H×M×C | 7 | 0.53968 | <0.001 | *** | 3.5048 | <0.001 | *** | 6.5669 | <0.001 | *** |
| | | TRE% | | | | | | | | |
| D-S | 2 | 1060.4 | <0.001 | *** | | | | | | |
| M | 2 | 117.3 | 0.24 | Ns | | | | | | |
| C | 2 | 995.7 | <0.001 | *** | | | | | | |
| D-S×M | 4 | 379.0 | 0.06 | Ns | | | | | | |
| D-S×C | 4 | 370.3 | 0.07 | Ns | | | | | | |
| M×C | 4 | 178.4 | 0.36 | Ns | | | | | | |
| D-S×M×C | 8 | 1527.4 | <0.001 | *** | | | | | | |

Les valeurs générales estimées obtenues sont entre 0.480 µg/g pour H0 et 0.496µg/g pour H2 (Figure .11).En revanche, les micro-plastiques ont montré un effet significatif (p<0.001 ; Tableau.3), avec une augmentation notable de la valeur de 0.444 µg/g pour PL0 à 0.547 µg/g pour PL1, suivie d'une diminution à 0.465µ/g pour PL2 (Figure.12).

Il semble que la contribution du compost ait un effet dépressif, significatif (p<0.001 ; Tableau.3), sur la teneur de la chlorophylle (a), en diminuant la teneur de la valeur de 1.544µg/g pour C0 à 0.472µg/g pour C2 (Figure .13).

Résultats

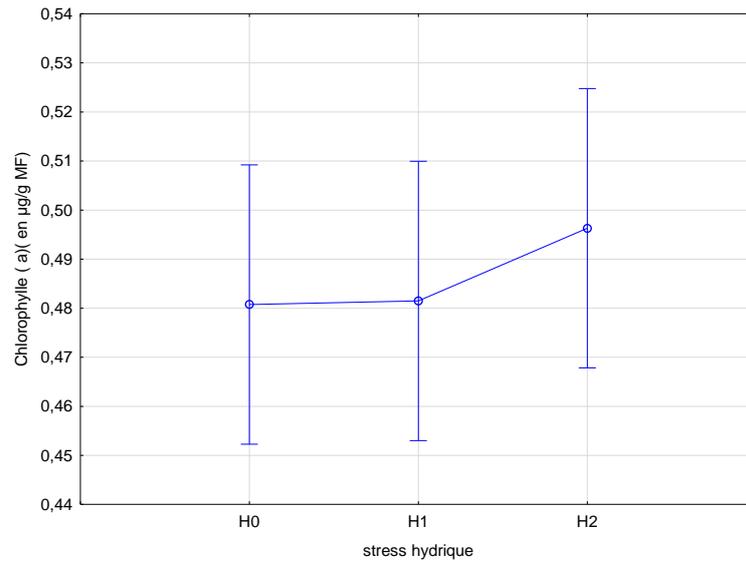


Figure 11. Effet du stress hydrique sur la teneur de la chlorophylle (a) (µg/g de MF)

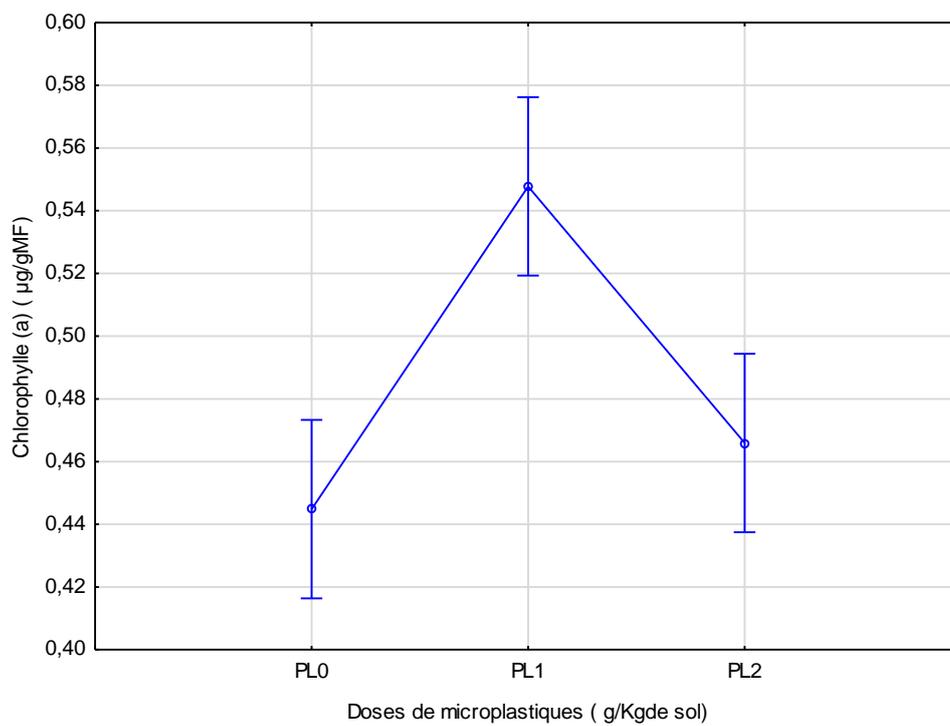


Figure .12 Effet des microplastiques sur la teneur de la chlorophylle (a) (µg/g MF)

Résultats

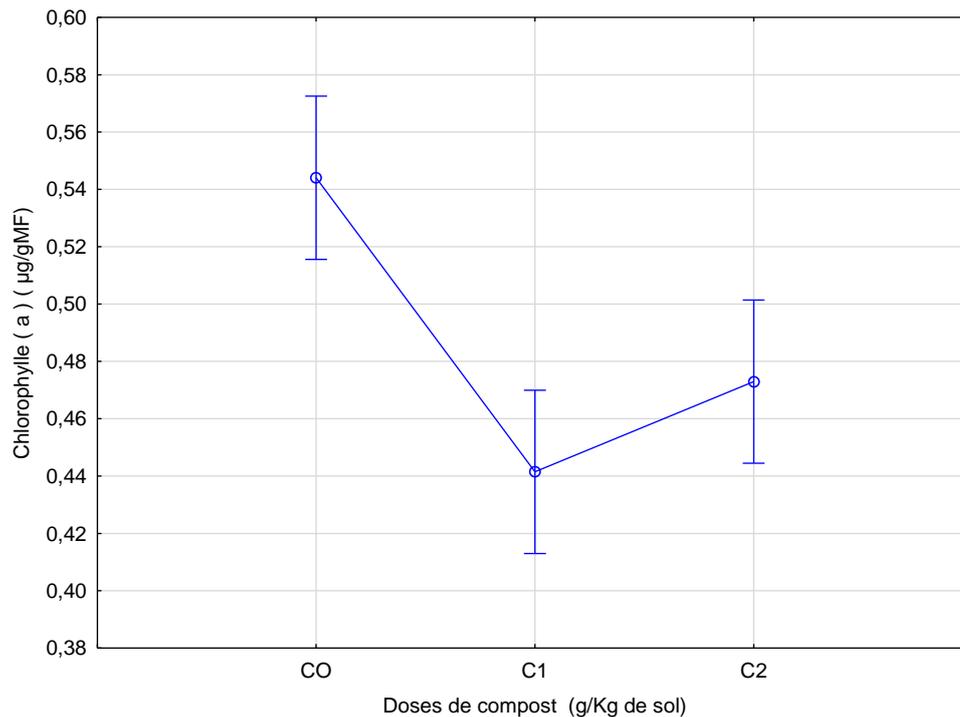


Figure .13 Effet du compost sur la teneur de la chlorophylle (a)(µg/g MF)

La teneur en chlorophylle (b) suit la même tendance que la chlorophylle (a), à l'exception du stress hydrique qui a montré un effet significatif ($p=0.03$; Tableau.3). L'analyse de la variance pour le stress hydrique indique des valeurs de $1.13\mu\text{g/g}$ pour H0 et $1.22\mu\text{g/g}$ pour H2 (Figure.14). Les micro-plastiques enregistrent un effet significatif ($p<0.001$;Tableau.3), avec une augmentation observée avec la dose PL1 ($1.35\mu\text{g/g}$) par rapport à PL0 ($1.13\mu\text{g/g}$) (Figure.15). Le compost révèle une diminution significative de la chlorophylle (b) ($p<0.001$; Tableau.3) de la valeur $1.35\mu\text{g/g}$ pour C0 et $1.05\mu\text{g/g}$ pour C2 (Figure .16).

Résultats

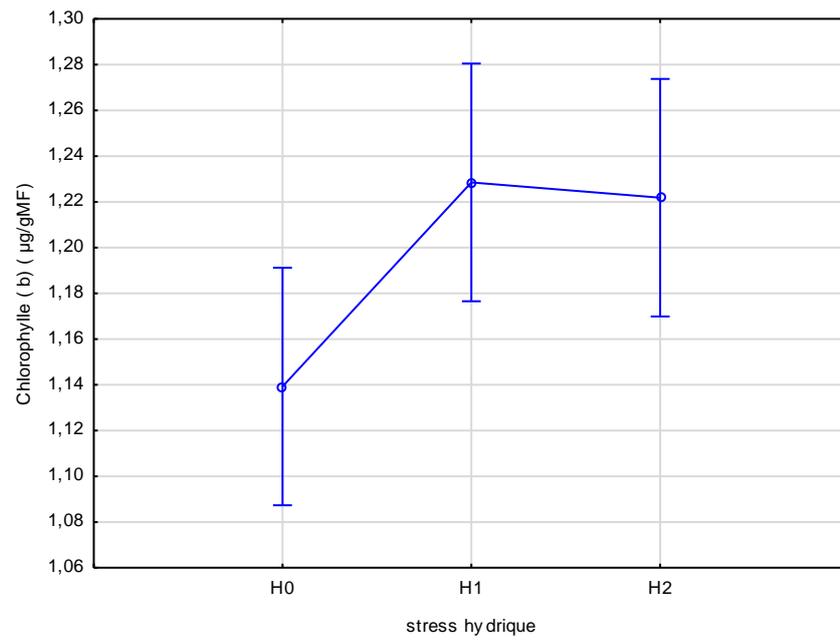


Figure .14 Effet du stress hydrique sur la teneur de la chlorophylle (b)(µg/ g MF)

Résultats

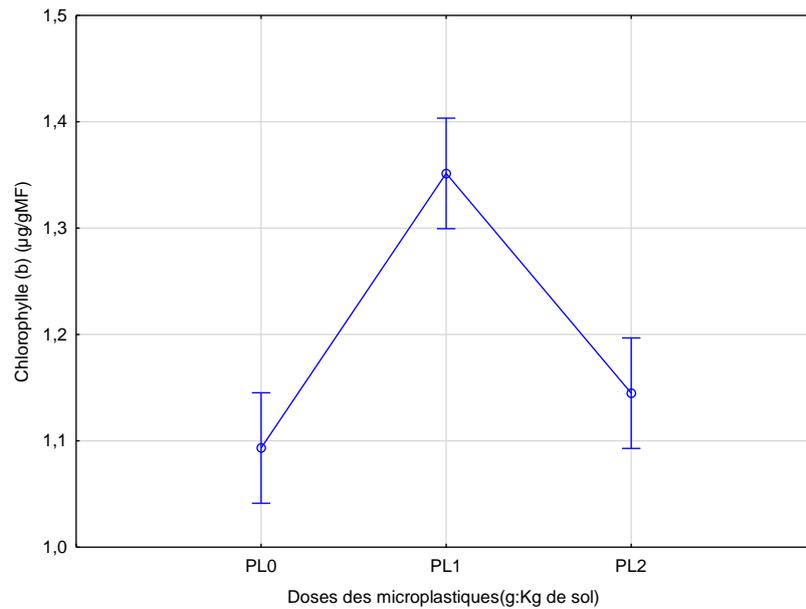


Figure 15. Effet des microplastiques sur la teneur de la chlorophylle (b) (µg/g MF)

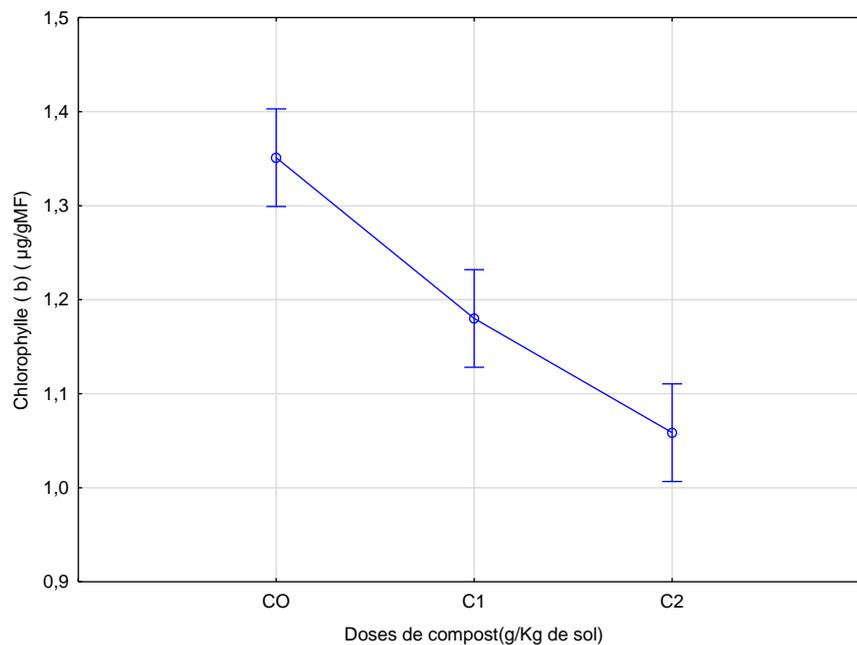


Figure . 16 Effet du compost sur la teneur de la chlorophylle (b)(µg/ g MF)

Les résultats de la chlorophylle total (T) montrent un effet significative ($p=0.042$; Tableau.3), avec le stress hydrique et hautement significatif pour les micro-plastiques ($p<0.001$;

Résultats

Tableau.3),). La valeur allouée au stress hydrique est $1.16\mu\text{g/g}$ pour H0 et $1.71\mu\text{g/g}$ pour H2 (Figure .17). Les teneurs du pigment augmentent avec les micro-plastiques pour le niveau PL0 1.06mg/g à $1.61\mu\text{g/g}$ pour PL2 (Figure .18). Le Compost note une diminution hautement significative ($p < 0.001$; Tableau.3) avec la dose C2 on note, $1.53\mu\text{g/g}$ en comparaison de $1.89\mu\text{g/g}$ pour C0 (Figure. 19).

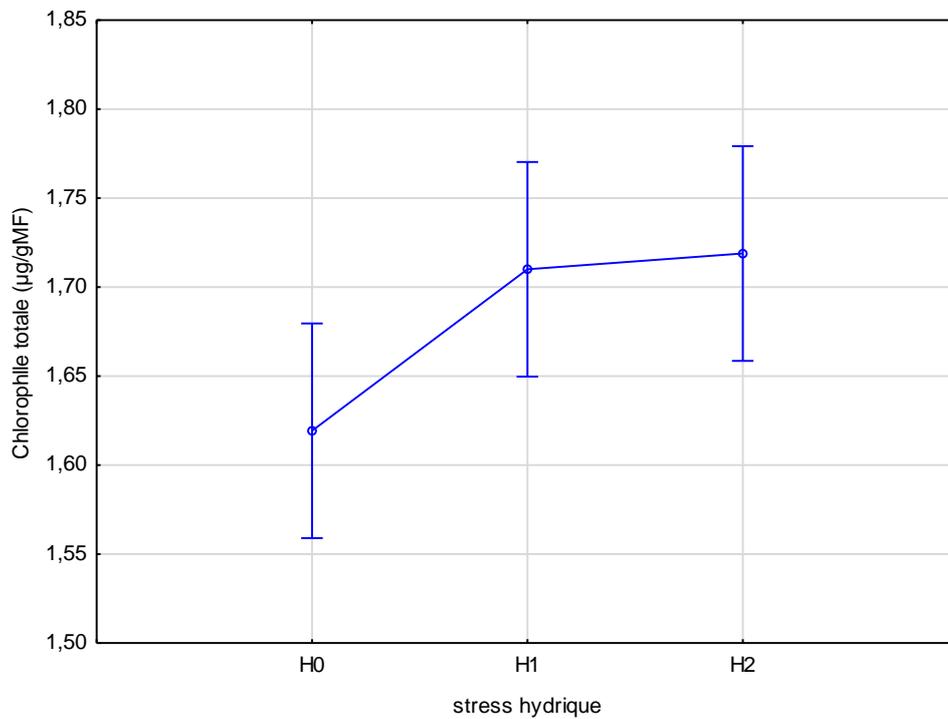


Figure .17 Effet du stress hydrique sur la teneur de la chlorophylle T($\mu\text{g/g MF}$)

Résultats

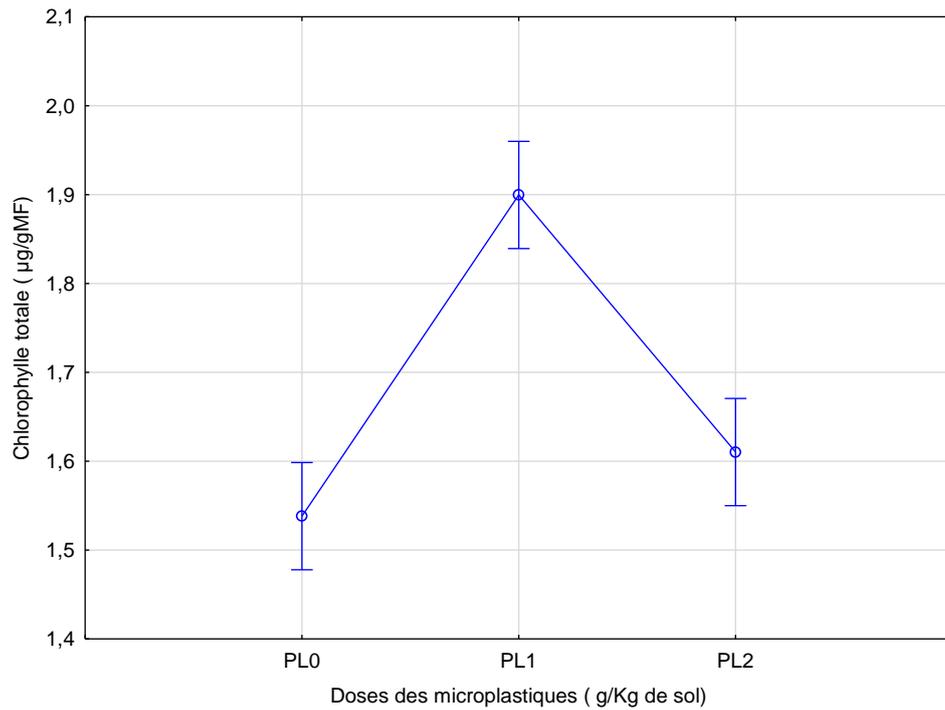


Figure 18. Effet des microplastiques sur la teneur de la chlorophylle T ($\mu\text{g/g MF}$)

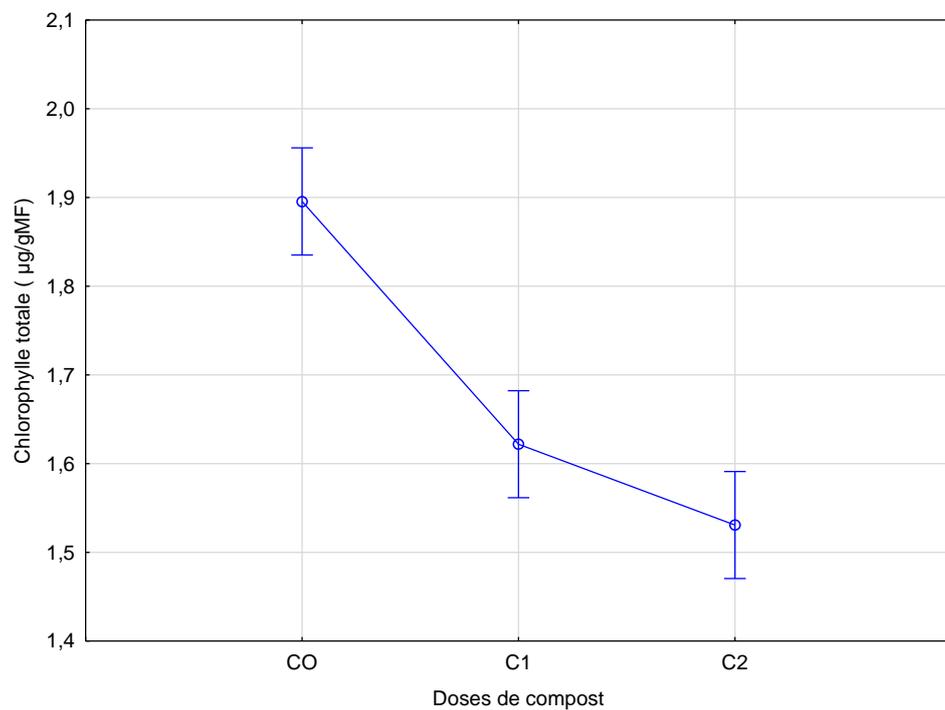


Figure 19 . Effet du compost sur la teneur de la chlorophylle T ($\mu\text{g/g MF}$)

Résultats

L'analyse de variance de la teneur en eau des feuilles montre un effet significatif pour le stress hydrique ($p < 0.001$; Tableau.3). Les micro-plastiques n'ont aucun effet sur la réserve d'eau des feuilles ($p = 0,241$; Tableau.3). La réserve en eau des feuilles diminue avec le stress hydrique de 74,77 % pour H0 à 66,01% pour H2 (Figure. 20). Les valeurs détectées avec le traitement des doses de micro-plastiques montrent des teneurs qui varient entre 68,35 % pour PL0 et 71,16 % pour PL2 (Figure .21). Concernant le compost, on remarque un effet améliorant et hautement significatif ($p < 0.001$; Tableau.3), la réserve en eau des feuilles augmente de 67,79% pour C0 à 74,96% pour le niveau de traitement compost C2 (Figure. 22).

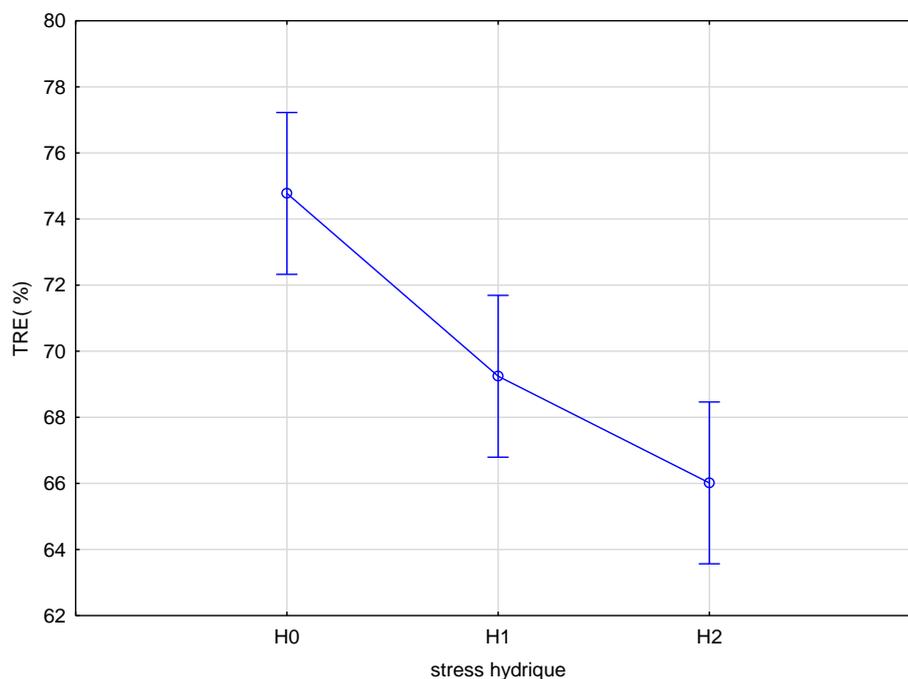


Figure. 20 Effet du stress hydrique sur la teneur en eau des feuilles (%)

Résultats

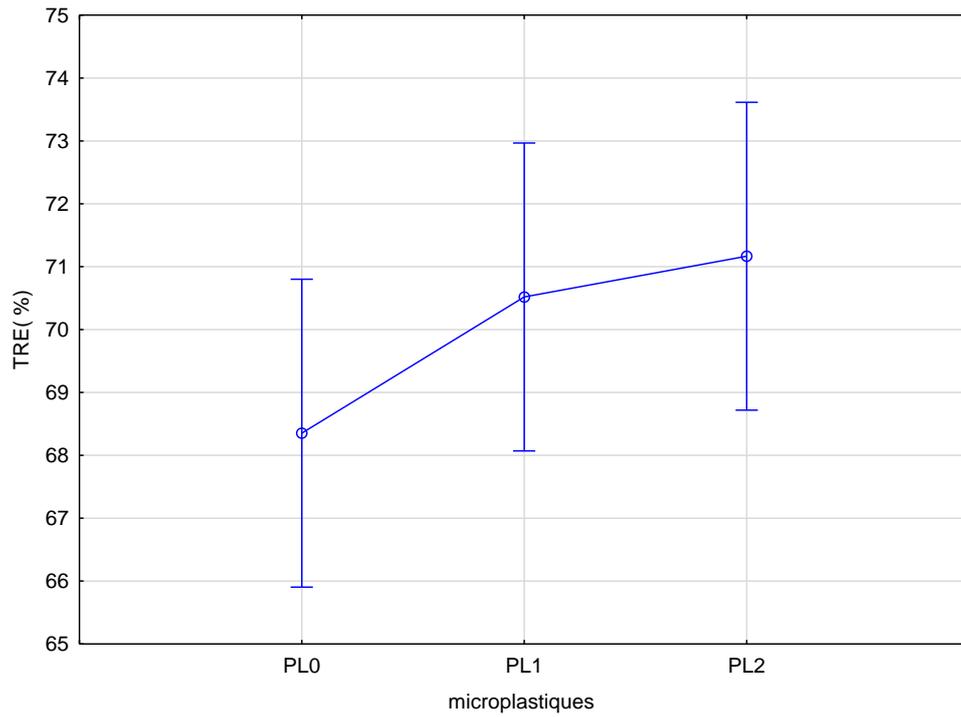


Figure 21 .Effet des microplastiques sur la teneur en eau des feuilles (%)

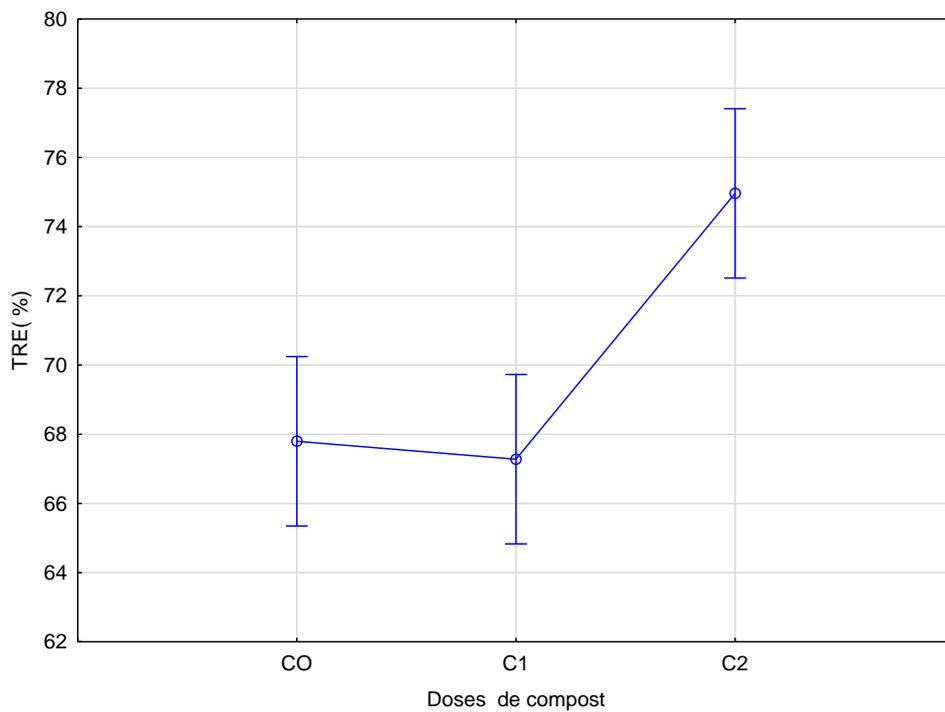


Figure 22 . Effet du compost sur la teneur en eau des feuilles (%)

Discussion

Discussion

4. Discussion

Les résultats relatifs au carbone dans le sol indiquent que, seules les micros plastiques apportent un changement dans les teneurs de cet élément. Il se dégage des valeurs un effet dépressif des micro plastiques qui s'explique par le fait que ces matières formées essentiellement de polyéthylène(PE), une matière toxique qui a un effet négatif sur la biomasse tellurique (Yali et al., 2021). A ce sujet plusieurs auteurs rapportent que les micro plastiques causent une dégradation et une perte dans la stabilité et biodiversité microbienne du sol (Alexander Walton et al., 2017). La plupart des matières plastiques fines sont composées de plus de 90% de carbone. En raison de leur résistance à la décomposition, le carbone inclut dans la matière plastique a tendance à s'accumuler dans le sol et par la suite stabilisé par les micro-organismes,

Cet effet réduit la contribution de la masse microbienne à l'accumulation de carbone stable dans le sol(Chen et al.,2024).

Concernant les résultats du stress hydrique, contrairement à nos retrouvailles Metrouh, (2023) a obtenu un effet stress hydrique hautement significatif qui reflète une diminution dans le stock du carbone de la valeur 1.83% pour le sol témoin à 1.04% pour le sol traité par le stress, cependant, ce même auteur obtient une tendance similaire à nos résultats quant à l'utilisation des micro plastiques, effet significatif décelé par une diminution dans le carbone de 1.55% , valeur obtenue avec le sol témoin à 1.17% pour le sol contenant le PE. Boukherie et Gouassmia(2022) a constaté un effet très significatif du stress hydrique, qui a conduit à une augmentation du stock de carbone de 2,24 % pour le sol témoin à 2,44 % pour le sol traité sous stress.

Le rôle du compost sur l'évolution de la teneur du carbone dans le sol n'apparaîtra améliorant contrairement à ce qu'annonce la bibliographie, en effet plusieurs auteurs montrent que le compost augmente le stock de la matière organique du sol(Jemai et al.,2011 ; Kouakou et al. ,2012), dans notre cas d'étude on ne décèle aucune variation ceci est certainement reliée à la lenteur de décomposition du compost (Vincent,2020), effectivement à ce sujet plusieurs auteurs rapportent que la transformation du compost dans le sol est une opération très lente, La décomposition du compost dans le sol est un processus qui peut être très lent, surtout si le compost est riche en matières lignocellulosiques plus résistantes à la décomposition. Cette lenteur peut être due au manque de micro-organismes décomposeurs ou à des conditions environnementales défavorables, comme un manque d'humidité ou de température suffisante (Nandillon, 2019).

Le pH diminue avec le stress hydrique, en réalité cette diminution est le résultat de l'effet interaction entre le stress hydrique appliqué et le compost, le manque d'eau dans le sol entraîne une accumulation dans le contenu organique du compost impliquant une légère diminution sans toutefois que , le p H devient acide (Baize, 2000) ; Contrairement à nos retrouvailles Metrouh(2023) annonce que sous l' effet du stress hydrique ,une alcalinité de son sol d' expérimentation à une valeur 11.50. El Ouahabi(2024) rapporte que le stress hydrique peut entraîner une diminution du pH du sol, ce qui signifie que le sol devient plus acide. Cette acidification peut

Discussion

être due à l'accumulation de composés organiques dans l'engrais, qui, en l'absence d'une quantité suffisante d'eau, ne se décomposent pas complètement et libèrent des acides dans le sol. Alors que les micro plastiques ne montrent aucun effet, Les recherches actuelles indiquent qu'elles n'ont pas un impact majeur sur le pH du sol. Cependant, leur présence peut affecter d'autres aspects de la santé du sol et des écosystèmes terrestres (Attab et Brinis, 2012).

Le compost au contraire note un effet alcalinisant sur le pH. Cette observation ne contredit pas la bibliographie. En effet plusieurs auteurs rapportent une élévation du pH traité par le compost (Toure et al., 2022), Les compost sont souvent utilisés pour améliorer la qualité du sol. Ils sont généralement neutres à légèrement basiques (pH de 7 à 8,5) lorsqu'ils sont complètement mûrs. Par conséquent, l'utilisation d'engrais matures peut avoir un effet alcalin, ce qui augmente le pH du sol. Cela peut contribuer à neutraliser le sol acide et fournir un environnement plus favorable à la croissance des plantes (Sibielec et al., 2020)

La conductivité (CE) du sol diminue avec les micro plastiques et aussi avec l'augmentation du stress hydrique. Le stress limite la dissolution des sels induisant ainsi une diminution dans la CE. De même les micro plastiques qui se trouvent dans le sol, comme source, polluante, elles agissent négativement sur les réactions édaphiques du sol, cet effet limite la dégradation des composants organiques entraînant ainsi une diminution dans la quantité des sels minéraux (Babar et al., 2021). Le compost agit autrement, au contraire il augmente la CE, ceci revient à son rôle adsorbant pour les molécules d'eau, ce qui favorise la transformation et la dégradation des matières organiques à partir de la matrice sol et leurs libérations dans le sol, impliquant ainsi une accumulation de sels, mais sans que le sol devient salé (Baize, 2000).

La teneur des nitrates augmente avec le traitement composte et aussi avec les micro plastiques, cependant elle diminue avec le stress hydrique, une diminution logique qui trouve son explication dans le fléchissement de l'activité microbienne des bactéries nitrifiantes à cause du manque d'eau (Azim et al., 2018). L'amélioration de ce minéral sous l'effet compost indique que ce fertilisant a libéré dans le sol des matières organiques sources d'azote ce qui a amélioré le pool de cet élément dans le sol. Metrouh(2023) obtient des effets non significatifs pour le stress hydrique et aussi pour les micro plastiques (PE) sur les nitrates, les valeurs enregistrées par cet auteur faibles et proches à la teneur 1.53mg/g. Il se dégage de notre étude statistique que l'effet interaction entre le compost et micro plastiques est hautement significatif, cet observation explique le rôle améliorant des micro plastiques pour les nitrates, Corroborant à nos résultats Liu et al. (2020) ont trouvé que des concentrations élevées des micro plastiques ont apporté après 30 jours d'incubation des effets significatif sur certains élément (le carbone organique soluble du sol (DOC), l'azote organique (DON). D'une façon générale, l'augmentation conjuguée du stress hydrique diminue la minéralisation des matières organiques à base d'azote, limitant ainsi la possibilité d'enrichir le sol en nitrates. Plusieurs auteurs rapportent que l'activité des nitrogénases diminue sous l'effet du stress hydrique (Boudjabi. 2016).

Discussion

Le stress hydrique induit une augmentation uniquement de la chlorophylle b et T, cette augmentation trouve son explication dans le fait que les plantes, pour contre carrer l'effet du stress hydrique, elles augmentent leurs teneurs dans leurs pigments chlorophylliens (Boujnah et al., 2004 ; Abassi et al., 2019)

Les micro plastiques améliorent la chlorophylle a, cette amélioration dérive de l'augmentation du carbone dans les pots traités par ce composant (PE), une amélioration qui est notée avec le niveau PL1. Aussi il se déduit des résultats que la chlorophylle b et Total augmentent sous l'effet des micro plastiques, cette observation s'explique par l'amélioration des nitrates dans le sol en présence de ces composants, sachant que l'azote est un élément essentiel qui rentre dans la composition de la molécule de chlorophylle. Effectivement, les résultats obtenus dans cet essai indiquent une élévation dans la teneur des nitrates du sol qui a reçu les micro-plastiques, ceci se répercute positivement sur la synthèse des pigments chlorophylliens.

Cette observation n'est pas obtenue avec le compost, sans doute c'est dû à l'immobilisation de l'élément azote par les bactéries du sol, à ce sujet plusieurs auteurs (Baronti et al., 2022) rapportent que la transformation de la matière organique issue du biochar ou compost dans le sol est une opération très lente qui peut prendre plus d'une année.

La diminution de la teneur des feuilles en eau sous l'effet du stress hydrique est une observation logique. Cette observation ne contredit pas la bibliographie ; plus l'eau diminue dans le sol moins les plantes peuvent s'approvisionner et plus les feuilles perdent leur contenu hydrique (Boudjabi, 2016). Contrairement à nos résultats, Metrouh (2023) obtient une augmentation de la TRE des plantes de blé de la valeur 69.42% pour les plantes témoins à 75.72% pour les plantes ayant subi le stress hydrique. Le compost améliore la réserve des feuilles en eau, Il est connu que le compost maintient l'humidité du sol, cet effet permet aux plantes de se restaurer et d'utiliser l'eau dont elles ont besoin, ce qui permet de garder leur turgescence (Burnison, 1980)

Conclusion

Et Perspectives

Conclusion Et perspectives

Conclusion et perspectives

L'utilisation des bio-solides semble répondre à certains critères de fertilité du sol amendé dans cette présente étude.

L'incorporation de micro plastique a eu un effet accru sur le carbone total par rapport au compost, qui n'a montré aucune différence. Le stress hydrique aussi n'a pas affecté la teneur du carbone dans le sol.

L'application du stress hydrique a entraîné une réduction du pH contrairement au compost qui a induit une élévation ; alors que l'application de micro plastique n'a montré aucun effet.

Cependant, la conductivité électrique montre une diminution sous l'influence du stress hydrique et du micro plastique, et une augmentation sous l'effet du compost.

Concernant la teneur en nitrates, ce minéral augmente sous l'influence du compost et du micro plastique et diminue en revanche sous l'influence du stress hydrique.

Les micro plastiques et le stress hydrique ont amélioré la teneur des pigments chlorophylliens de la plante contrairement au compost qui a induit une diminution. Concernant la teneur relative en eau les micro-plastiques n'ont aucun effet sur la réserve d'eau des feuilles, cependant avec le compost on note une amélioration hautement significative, au contraire le stress hydrique diminue la turgescence des feuilles.

Il serait intéressant de reproduire ces essais en prenant en compte un large spectre de plusieurs autres fertilisants afin de déterminer le bio-solide le plus efficace, aussi analyser la teneur des métaux lourds pour cerner à bien l'amendement de ces bio-solides sans aucun dégât.

Références Bibliographiques

Abassi, M., Zouaoui,R., Mguis,K., Youssef,A., Bejaoui,Z.,(2019). Morpho-physiological and anatomical responses of Cork Oak (*Quercus suber* L.) seedlings under shade and drought stress Réponses morpho physiologique et anatomique de jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber*. L) face aux effets de l'ombre et du stress hydrique. *Journal of New Sciences.*, 61,3899-3913

Antonio,M.(2022).Biochar Enhances Plant Growth, Fruit Yield, and Antioxidant Content of Cherry Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a Soilless Substrate.<https://doi.org/10.3390/agriculture12081135>

Attab,A et BrinisL.,(2012).Etude comparative de la réponse physiologique de deux variétés de blé dur(*Triticum durum* Dest.) à l'infection par *Blumeria graminis* f.sp.tritici agent causal de l'oidium .*Rev. Sci.Technol.,Synthèse* 25:82-87

Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S. et al. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Org. Agr.* 8, 141–158 (2018) .(<https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>

Babar M, Rasul S, Aslam K, Abbas R, Manzoor I,Hanif MK, Naqgash T., (2021) Mining of halo-tolerant plant growth promoting rhizobacteria and their impact on wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline conditions. *J King Saud Univ Sci* 33:101372.<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101372>

Baize D,(2000). Guide des analyses en pédologie 2:e Edition, revue et augmentée. Editions Quae,Paris.

Baize , D.(2000). Guide des analyses en pédologie. Choix. Expression. Présentation.Interprétation. 2e Ed. INRA. Paris. 257p.

Bajt,O, (2021). From plastics to microplastics and organisms. *FEBS Open bio*, 11(4), 954-966.

Baronti,S., Gabriella ,SS.,Donato, C., Mattia,T., and Montagnoli,A.,(2022).Biochar Enhances Plant Growth, Fruit

Bouchelaghem,(2012).(Micromechanical study of corrosion products layers.*Corrosion Science* 54 52-59 Load, PE-mail address : dehoux@lmt.ens-cachan.fr

Boudjabi , S.,(2016). Réponses physiologiques et biochimiques de quelques variétés de blé dur sous contraintes hydriques à l'apport de boues résiduaires. Thèse de Doctorat Université de Batna 224p

Boujnah, D., Gouiaa, M., Braham, M., Guerfel, M& ,Elloumi, O. (2004). Essai d'irrigation de sauvegarde d'oliviers dans des conditions de sécheresse accentuée dans le semi aride: aspects ecophysiologiques de récupération.*Ezzaitouna*, 10(1), 9-23.

Burnison BK,(1980), Modified dimethyl sulfoxide (DMSO) extraction for chlorophyll analysis of phytoplankton. *Can J Fish Aquat Sci* 37:729-733.<https://doi.org/10.1139/f80095->

Chen,Y., Yang,L., Xinru, L., Siyuan,L., Jiaqi,R., Yuqin, Z., Zichen,H.,(2024).Effects of microplastics on soil carbon pool Check for updates and terrestrial plant performance.

Foulon,M,(2022).Effets comparatifs du compost, des activateurs de sols et des engrais minéraux sur la croissance et le rendement du Maïs.

HAL Id: hal-01739307 <https://hal.science/hal01739307->
<https://doi.org/10.1007/sA42461-00124-024->

Jemai,I.,Guirat, Aissag,N., Jedidig, N.,et Galalig,T.,(2011).Effet de l'amendement par fumier de ferme et par compost d'ordures ménagères sur la restauration d'un sol argileux de plaines sous climat semi-aride tunisien.

Références Bibliographiques

- Jiaxu,Z ., Chengiong,Z.,Yixiang,D.,Ruixue,W.,Jingwei,W.,(2019). Microplastics in the surface water of small-scale estuaries in shanghai <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110569>
- Kouakok,M.,Barima,YS.,Theodat ,JM.,Bogaert,J.,2021.International Journal of Biological and Chemical SciencesJournal / International Journal of Biological and Chemical Sciences
- Mostafa,,M.,Rokayya,S., Al-Mushhin,A., Maha,M., S El-Desouky,H., Khadiga.,(2021).(microorganisms, compost tea, fulvic acid, yeast extract, and foliar spray with seaweed extract on sweet pepper plants under greenhouse conditions<https://doi.org/10.3390/plants10091927>
- Nandillon,R.(2019).(Phytostabilisation des éléments métalliques d'un technosol minier végétalisé par le genre Salix assistée par du Biochar.<https://theses.hal.science/tel-02970876>
- Oukara,F.,Chaouia.,Benrebiha,F.(2017).Contribution à l'étude de l'effet du stress hydrique sur le comportement morphologique et physiologique des plantes du plstachier de l'atlas pistacia atlantica DESF.Revue Agrobiologia7(1):225-232
www.agrobiologia.net
- Oustani ,M.,(2011). Essai de valorisation des eaux souterraines salines pour l'amélioration de la nutrition des plantes dans les régions ARIDES.E-mail : belsam.oustani@yahoo.fr
- Rad, M,R,N., Kadir M,A, Yusop M,R, Jaafar H,Z,Danaee M (2013) Gene action for physiological parameters and use of relative water content (RWC) for selection of tolerant and high yield genotypes in F2 population of wheat. Aust J CropSci 7:407
413.<http://www.cropj.com>
- Rodier,J., Legube,B., Marlet ,N.,(2009) L'analyse del'eau. 9th Edition. Dunod, Paris.
- Schäfer,A.,(2015).Les microplastiques dans l'environnement.Anke.Schäferoekotoxzentrum.ch
- Siebielec, S.,Siebielec, G.,Klimkowicz-Pawlas, A.,Gałazka, A.,Grządziel, J&.,Stuczyński,T. (2020).Impact of Water Stress onMicrobial Community and Activity inSandy and Loamy Soils. Agronomy.
- Baronti,S., Gabriella, S.,Donato ,Ch ., Mattia ,T., andSivan,(2011).Microplastics as contaminants in the marine environment <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Souza,M.,Chung W, L.,Werner, K., Bergmann,J., Bachelier,J.,Erik, F., Becker,R., Görlich,A.,(2019).effet de microplastiques sur l'humidité du sol <http://orcid.org/0000-0001-7430-6969>
- Stephane,A., Ottone,C., Mars,S.,Ballino,N.,(2018).Comparaison de différentes méthodes de dosage des nitrates dans les extraits de sol. Influence du milieu d'extraction.
- Walton,A., Spurgeon,S .,Lahive,E ., Svendsen,C.,(2017).(Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities.<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Yali,L.,CHEN,X.,WANG,Y.,2021. Change of wetland landscape patterns and its driving factors in Pearl River Delta urban agglomeration[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2021, 11(3): 418-427. doi: 10.12153/j.issn.1674-991X20200142.Yield, and Antioxidant Content of Cherry Tomato (Solanum lycopersicum L.) in a Soilless Substrate.<https://doi.org/10.3390/agriculture12081135>

Annexes

Annexes

ANNEXES

1/Les paramètres du sol

Tableau1 : Résultats de l'ANOVA pour le C%

| Effect | Univariate Tests of Significance for C % (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | | 0 | | | |
| stress hydrique | 0,128393 | 1 | 0,128393 | 2,192902 | 0,144800 |
| microplas | 0,439779 | 1 | 0,439779 | 7,511264 | 0,008431 |
| compost | 0,144264 | 1 | 0,144264 | 2,463970 | 0,122668 |
| stress hydrique*microplas | 0,211838 | 3 | 0,070613 | 1,206039 | 0,316977 |
| stress hydrique*compost | 0,181056 | 3 | 0,060352 | 1,030790 | 0,386825 |
| microplas*compost | 0,025866 | 3 | 0,008622 | 0,147263 | 0,930976 |
| stress hydrique*microplas*compost | 0,687671 | 7 | 0,098239 | 1,677879 | 0,135510 |
| Error | 2,986014 | 51 | 0,058549 | | |

Tableau2 : Résultats de l'ANOVA pour le PH

| Effect | Univariate Tests of Significance for ph (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 4887,253 | 1 | 4887,253 | 989174,1 | 0,000000 |
| stress hydrique | 0,519 | 2 | 0,259 | 52,5 | 0,000000 |
| microplas | 0,027 | 2 | 0,014 | 2,8 | 0,071088 |
| compost | 0,098 | 2 | 0,049 | 9,9 | 0,000214 |
| stress hydrique*microplas | 0,329 | 4 | 0,082 | 16,7 | 0,000000 |
| stress hydrique*compost | 0,228 | 4 | 0,057 | 11,6 | 0,000001 |
| microplas*compost | 0,161 | 4 | 0,040 | 8,2 | 0,000032 |
| stress hydrique*microplas*compost | 0,158 | 8 | 0,020 | 4,0 | 0,000889 |
| Error | 0,267 | 54 | 0,005 | | |

Tableau 3: Résultats de l'ANOVA pour le CE

Annexes

| Effect | Univariate Tests of Significance for EC µg/mS (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 44614978 | 1 | 44614978 | 34789,35 | 0,000000 |
| stress hydrique | 334600 | 2 | 167300 | 130,46 | 0,000000 |
| microplas | 197886 | 2 | 98943 | 77,15 | 0,000000 |
| compost | 117951 | 2 | 58976 | 45,99 | 0,000000 |
| stress hydrique*microplas | 1015386 | 4 | 253847 | 197,94 | 0,000000 |
| stress hydrique*compost | 859963 | 4 | 214991 | 167,64 | 0,000000 |
| microplas*compost | 1140856 | 4 | 285214 | 222,40 | 0,000000 |
| stress hydrique*microplas*compost | 1188339 | 8 | 148542 | 115,83 | 0,000000 |
| Error | 69251 | 54 | 1282 | | |

Tableau 4: Résultats de l'ANOVA pour le nitrates

| Effect | Univariate Tests of Significance for nitrates (mg/g de sol) (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 281,5684 | 1 | 281,5684 | 1688,635 | 0,000000 |
| stress hydrique | 17,0483 | 2 | 8,5241 | 51,121 | 0,000000 |
| microplas | 1,2360 | 2 | 0,6180 | 3,706 | 0,031020 |
| compost | 11,9629 | 2 | 5,9814 | 35,872 | 0,000000 |
| stress hydrique*microplas | 9,3581 | 4 | 2,3395 | 14,031 | 0,000000 |
| stress hydrique*compost | 10,8411 | 4 | 2,7103 | 16,254 | 0,000000 |
| microplas*compost | 34,9964 | 4 | 8,7491 | 52,471 | 0,000000 |
| stress hydrique*microplas*compost | 16,2173 | 8 | 2,0272 | 12,157 | 0,000000 |
| Error | 9,0041 | 54 | 0,1667 | | |

2/Les paramètres de la plante

Tableau 5: Résultats de l'ANOVA pour la teneur en eau des feuilles%

| Effect | Univariate Tests of Significance for TRE(%) (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 397042,8 | 1 | 397042,8 | 9865,389 | 0,000000 |
| stress hydrique | 1060,4 | 2 | 530,2 | 13,174 | 0,000022 |
| microplas | 117,3 | 2 | 58,7 | 1,457 | 0,241832 |
| compost | 995,7 | 2 | 497,8 | 12,370 | 0,000038 |
| stress hydrique*microplas | 379,0 | 4 | 94,8 | 2,355 | 0,065262 |
| stress hydrique*compost | 370,3 | 4 | 92,6 | 2,300 | 0,070451 |
| microplas*compost | 178,4 | 4 | 44,6 | 1,108 | 0,362308 |
| stress hydrique*microplas*compost | 1527,4 | 8 | 190,9 | 4,744 | 0,000191 |
| Error | 2173,3 | 54 | 40,2 | | |

Annexes

Tableau 6: Résultats de l'ANOVA pour la chlorophylle a

| Effect | Univariate Tests of Significance for Chloro a (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 19,14549 | 1 | 19,14549 | 3518,113 | 0,000000 |
| stress hydrique | 0,00416 | 2 | 0,00208 | 0,382 | 0,684303 |
| microplas | 0,15972 | 2 | 0,07986 | 14,675 | 0,000008 |
| compost | 0,14916 | 2 | 0,07458 | 13,704 | 0,000015 |
| stress hydrique*microplas | 0,20415 | 4 | 0,05104 | 9,378 | 0,000008 |
| stress hydrique*compost | 0,12086 | 4 | 0,03022 | 5,552 | 0,000810 |
| microplas*compost | 0,07972 | 4 | 0,01993 | 3,662 | 0,010362 |
| stress hydrique*microplas*compost | 0,53968 | 8 | 0,06746 | 12,396 | 0,000000 |
| Error | 0,29387 | 54 | 0,00544 | | |

Tableau 7: Résultats de l'ANOVA pour la chlorophylle b

| Effect | Univariate Tests of Significance for Chlo b (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 115,9690 | 1 | 115,9690 | 6399,269 | 0,000000 |
| stress hydrique | 0,1335 | 2 | 0,0667 | 3,683 | 0,031657 |
| microplas | 1,0080 | 2 | 0,5040 | 27,812 | 0,000000 |
| compost | 1,1668 | 2 | 0,5834 | 32,193 | 0,000000 |
| stress hydrique*microplas | 0,4849 | 4 | 0,1212 | 6,689 | 0,000190 |
| stress hydrique*compost | 1,7312 | 4 | 0,4328 | 23,882 | 0,000000 |
| microplas*compost | 0,6928 | 4 | 0,1732 | 9,557 | 0,000006 |
| stress hydrique*microplas*compost | 3,5048 | 8 | 0,4381 | 24,175 | 0,000000 |
| Error | 0,9786 | 54 | 0,0181 | | |

Tableau 8: Résultats de l'ANOVA pour la chlorophylle T

Annexes

| Effect | Univariate Tests of Significance for ChlorT (Spreadsheet1 AZIZA) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|
| | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 229,3542 | 1 | 229,3542 | 9380,777 | 0,000000 |
| stress hydrique | 0,1642 | 2 | 0,0821 | 3,357 | 0,042253 |
| microplas | 1,9760 | 2 | 0,9880 | 40,410 | 0,000000 |
| compost | 1,9467 | 2 | 0,9734 | 39,812 | 0,000000 |
| stress hydrique*microplas | 1,3290 | 4 | 0,3322 | 13,589 | 0,000000 |
| stress hydrique*compost | 2,6216 | 4 | 0,6554 | 26,807 | 0,000000 |
| microplas*compost | 1,1657 | 4 | 0,2914 | 11,920 | 0,000001 |
| stress hydrique*microplas*compost | 6,5669 | 8 | 0,8209 | 33,574 | 0,000000 |
| Error | 1,3203 | 54 | 0,0244 | | |