

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEINGEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DES SCIENCE BIOLOGIQUE ET DES SCIENCE
AGRONOMIQUE
DOMAINE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER 2
en sciences biologiques

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème :

**Contribution à l'étude de l'effet du stress salin et
du glyphosate sur la germination et la croissance de
deux légumineuses : la Vesce (*Vicia sativa* L.) et le
Trèfle (*Trifolium resupinatum* L.)**

Soutenu :

M^{elle} AMOUCHAS Katia Et M^{elle} ZENNADI Zohira

Devant le jury :

Présidente :	M ^{me} Daoudi H.	MCB à U.M.M.T.O.
Examinatrice :	M ^{me} Hacid F.	MCB à U.M.M.T.O.
Promotrice :	M ^{me} Hannachi L.	M.C.A à U.M.M.T.O.
Co-promoteur:	Mr Medjbeur D.	M.A.A à U.M.M.T.O.

Promotion : 2017 /2018

Remerciements

Ce travail a été réalisé au labo de physiologie végétale

Notre gratitude s'adresse à :

***M^{me} Hannachi L** pour son encadrement, son orientation,*

Ses conseils et la disponibilité qu'elle nous a témoignée pour nous permettre de mener à bien ce travail.

Nous tenons aussi à adresser nos remerciements à :

*Notre Co-promoteur **Mr Medjebeur D**, qui nous a assisté au long de ce parcours ça sera pas suffisant pour lui exprimer toute notre grande reconnaissance pour le grand soutien et disponibilité qu'il nous a accordés pour faire avancer ce travail, soit au niveau scientifique ou matériel.*

Nous adressons également nos sincères remerciements à :

***M^{me} Daoudi**, de nous avoir assisté le long de la réalisation de ce travail, qu'elle trouve ici nos sincères gratitudes et nos profondes reconnaissances pour tous les efforts qu'elle a déployés dans ce sujet.*

*Nous la remercions aussi pour avoir accepté de faire l'honneur de présider le jury de notre soutenance. Nous remercions **M^{me} Hacid**, d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

Nous tenons à remercier chaleureusement :

***M^{me} Smail**, **M^{me} Ali Ahmed** et **M^{me} Amar Khoudja** de nous avoir aidé dans la réalisation de notre expérimentation elles ont fait preuve à la fois d'une grande patience, gentillesse, et d'un esprit responsable et rigoureux.*

Enfin un grand merci à l'ensemble de nos enseignants, tout le personnel de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de nous avoir permis d'acquérir notre savoir et nos expériences.

Je dédie ce travail à ...

A ma très chère mère Ouiza .Affable, honorable, aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfants. Puisse dieu, le tout puissant, te préserve et t'accorde santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher père Abdenour. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma très chère sœur **Karima** témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour toi, à son mari **Yacine** et leurs adorables fils **Sofiane** et **Amine**, à mes frères **Hamid, Yacine, Karim, Lyes** MES ONCLES **Merzek Farid, Rachid** mes tantes **Fazia, Aldjia** et leurs enfants.

Mes grands mère **Aldjia** et **Fetta**.

A la mémoire de mon grand-père **Saïd**.

A LAKER Hakim, MERADJI Amel, ET KHELIFIE Katia. En témoignage de l'amitié et de l'amour qui nous uni et des souvenir de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie plaine de santé et de bonheur.

A tous les membres de ma famille, petits et grands

Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

En fin, à toute la promotion D'écologie et environnement 2017 /2018.

Katia.

Au nom de dieu je dédie ce modeste travail à ...

Ma mère, ma source d'amour et d'encouragement

A mon père, pour ces sacrifices et ces prières

A mes frères et sœurs, ma source de soutien

A mes neveux et nièces, je vous adore

A tous mes amis qui ont été à mes côtés.

*Que dieu vous protège, je vous souhaite une longue vie pleine
d'amour, de bonheur et surtout de santé.*

Zohira.Z

Liste des figures :

Figure 1 : Le devenir des herbicides dans le sol (Barriuso <i>et al.</i> , 1996).....	9
Figure 2 : Schéma du dispositif expérimentale des graines de vesce et de trèfle avec NaCl ou NaCl associé au glyphosate en boîte de pétri et sur substrat (V : vese, T : trèfle, N : NaCl, de 0, 8, à 24 g/l :concentrations, Gly :glyphosate). ...	16
Figure 3 : Cinétiques de germination des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées en boîtes de Pétri, traitées avec 10 concentrations de NaCl (N : courbes en pointillées) et au Glyphosate associé au NaCl (Gly +N : courbes en trait plein)	21
Figure 4 : Taux de germination après 28 jours des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées en boîtes de Pétri, traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.....	22
Figure 5: Temps moyen de germination des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées en boîtes de Pétri, traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.....	23
Figure 6 : Cinétiques de germination des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées sur substrat, traitées avec différentes concentrations de NaCl (N : courbes en pointillées) et au Glyphosate associé au NaCl (Gly +N : courbes en trait plein).....	25
Figure 7 : TG après 28 jours des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées sur substrat, traitée au NaCl et au NaCl associé au glyphosate.	26
Figure 8 : TMG des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées sur substrat, traitées au NaCl et au NaCl associé au glyphosate.....	27
Figure 9 : Conductivité électrique du substrat de culture de la vesce et du trèfle traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.	30
Figure 10(a) : Teneur H ₂ O des feuilles de la vesce cultivée sur substrat et traitée avec du NaCl (en bleu) ou NaCl associé au glyphosate (en rouge).....	31
Figure 10(b) : Teneur H ₂ O des feuilles du trèfle cultivée sur substrat et traitée avec du NaCl (en bleu) ou NaCl associé au glyphosate (en rouge).....	32

Figure 11(a) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de la vesce traitée avec du NaCl.....	33
Figure 11(b) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de la vesce traitée avec du NaCl associé au glyphosate.....	33
Figure 12(a) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de trèfle traité avec le NaCl.....	34
Figure 12(b) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de trèfle traité avec le NaCl associé au glyphosate.....	34

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les propriétés physico-chimique du glyphosate (couture *et al.*, 1995).9

Tableau 2 : pH du substrat de culture après 28 jours de la vesce et du trèfle à différentes concentrations de NaCl avec ou sans glyphosate. 28

Tableau 3 : Conductivité électrique (CE en mmhos/cm), du substrat de culture après 28 jours des graines de la vesce et du trèfle traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.....29

Tableau 4 : résumé des principaux résultats.....35

Sommaire :

Introduction générale.....	1
Partie bibliographique	3
1. Généralités.....	3
2. Définition du stress salin	3
3. Effets de la salinitésur la plante.....	3
3.1. Effets sur la germination	3
3.2. Effets sur la croissance et le développement.....	4
3.3. Effets sur les paramètres hydriques de la plante	5
3.4. Effets sur la photosynthèse.....	5
3.5. Effets sur la nutrition minérale.....	5
4. Stratégies adaptatives de la plante face au stress salin.....	6
4.1. Séquestration de sodium et prélèvement de K+	6
4.2. Biosynthèse d'osmoprotecteurs et ajustement osmotique.....	6
4.3. Induction d'enzymes anti-oxydantes.....	7
4.4. Induction de phytohormones	7
5. Le glyphosate	8
5.1. Impacts sur les végétaux.....	10
5.2. Impacts sur les animaux	10
5.3. Impact sur l'environnement.....	11
6. Présentation des espèces étudiées : la vesce et le trèfle	11
6.1. Systématiques.....	11
6.1.1. Présentation de la Vesce commune (<i>Vicia sativa</i> L.).....	12
6.1.2. Présentation du Trèfle (<i>trifolium resupinatum</i> L.)	12
Partie expérimentale.....	14
1. Matériel végétal.....	14
2. Méthodes	14
2.1. Etude de l'influence du NaCl et du NaCl associé au glyphosate sur la germination des graines de vesce et de trèfle cultivées en boîtes de Pétri	14
2.2. Étude de l'influence du NaCl et du NaCl associé au glyphosate sur la germination des graines de la vesce et du trèfle cultivées sur substrat	15
2.2.1. Préparation du substrat de culture	15

2.2.2. Préparation de la solution de glyphosate	15
2.3. Détermination du Taux de Germination (TG) ou taux de levée	17
2.4. Détermination du Temps Moyen de Germination (TMG)	17
2.5. Mesure du pH du sol	17
2.6. Mesure de la Conductivité électrique (CE) du sol	17
2.7. Mesure de la teneur en eau (TE)	18
2.8. Dosages des pigments chlorophylliens et caroténoïdes	18
2.9. Traitement statistique	19
I. Résultats	20
1. Influence du NaCl et du NaCl associé au glyphosate sur le comportement de la vesce et du trèfle cultivés en boîtes de Pétrie	20
1.1. Paramètres de germination	20
1.1.1. Taux de germination de la vesce et du trèfle (TG).....	20
1.1.2. Taux de germination de la vesce et du trèfle après 28 jours (TG)	21
1.1.3. Temps moyen de germination de la vesce et du trèfle (TMG).....	22
2. Influence du NaCl et du glyphosate sur le trèfle et de la vesce cultivés sur substrat	23
2.1. Paramètres de germination	23
2.1.1. Taux de levée de la vesce et du trèfle (TG).....	23
2.1.2. Taux de levé de la vesce et du trèfle après 28 jours (TG)	25
2.1.3. Temps moyen de germination de la vesce et du trèfle (TMG).....	26
3. Comparaison de l'effet du glyphosate et du NaCl sur la germination de la vesce et du trèfle en boîtes de pétrie et sur substrat	27
4. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur le pH du substrat de culture de la vesce et du trèfle	28
5. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur la conductivité électrique (CE) du substrat de culture de la vesce et du trèfle	29
6. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur la teneur en eau des parties aériennes de la vesce et du trèfle	30
7. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur la teneur en pigments des feuilles des plantes de la vesce et du trèfle.....	32
II. Discussion.....	35
Conclusion.....	38
Références bibliographiques	39
Annexe.....	34

Introduction générale :

Les légumineuses représentent une ressource importante pour les fourrages. Elles constituent souvent la seule ressource fourragère verte pour le cheptel. Elles sont remplacées en été par la luzerne (rôle important surtout dans les oasis), ou le sorgho qui est la culture estivale la plus pratiquée compte tenu de sa résistance à la sécheresse (Abdelguerfi et Laouar, 1999). Par ailleurs, le développement de l'agriculture intensive entraîne, l'exportation de quantités importantes des différents éléments nutritifs du sol et leur restitution devient impérative surtout dans les sols des régions arides et semi arides d'Afrique du Nord (Rahmoune *et al.*, 2001). De même l'effet négatif de la forte salinité peut engendrer la mort de la plante et /ou la diminution de la productivité.

Dans le bassin méditerranéen la culture des légumineuses occupe une place essentielle au niveau des agrosystèmes en raison de leurs intérêts agronomiques, nutritionnels et économiques qu'elles apportent *via* leur symbiose avec les rhizobia. Cependant, la salinisation des sols et des eaux d'irrigation enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride constitue un facteur limitant de la productivité végétale. Près de 10% des terres sont affectées par la salinisation et 10 millions d'hectares de terres agricoles sont perdus chaque année. Un grand nombre de ces terres est cultivées par des légumineuses pour lesquelles la salinité constitue une contrainte importante car elle limite la fixation symbiotique de l'azote (Farissi *et al.*, 2014).

En Algérie, les possibilités d'amélioration des productions fourragères sont peu exploitées (Abdelguerfi *et al.*, 2008). L'association vesce-avoine-blé, améliorent la culture des légumineuses. Elles sont considérées comme des bons précédents cultureux pour les céréales (Hamadache, 2000). En revanche, le trèfle est une espèce qui a une valeur alimentaire exceptionnelle. Sa productivité est bonne lorsque l'eau ne lui fait pas défaut (Lenoble et Papineau, 1970).

A partir des années 60, le désherbage chimique a fait son apparition et s'est très vite imposé avec le développement de l'agriculture moderne (Amalric et Ghestem, 2009 ; Bertonier *et al.*, 2012). L'utilisation d'herbicides tels que le glyphosate en agriculture dans la lutte contre les mauvaises herbes, réduit le temps de désherbage pour les agriculteurs. Le Glyphosate arrive en 1974 sur un marché des herbicides avec des avantages qui en font rapidement un produit de premier choix puisqu'il permet une destruction efficace des adventices (Bertonier *et al.*, 2012).

Notre travail fait suite au travail réalisé dans le laboratoire par Guecem et Bellila (2017). Il s'inscrit dans une thématique de recherche du laboratoire d'écophysiologie végétale, sur les effets de la salinité et de pesticides sur la germination de légumineuses la Vesce : *Vicia sativa* L. et le Trèfle : *Trifolium resupinatum* L.

Nous nous sommes intéressées aux effets de différentes concentrations de NaCl et aux effets du NaCl associé au glyphosate sur les facultés germinatives des graines de deux légumineuses cultivées en boîte de Petrie et sur substrat préalablement traité avec du glyphosate afin de voir l'influences engendrées par ces deux traitements sur ces deux espèces.

Notre travail est reparti en trois chapitres : le premier chapitre sera consacré à une synthèse bibliographique portant sur la germination, la salinité, le glyphosate et les caractéristiques des deux espèces. Le deuxième chapitre concerne la partie expérimentale et le chapitre trois traitera des résultats obtenus et discussion. Nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives.

Partie bibliographique

1. Généralités

Farissi *et al.* (2014) ont défini la salinité comme étant la surcharge en sels minéraux solubles de l'eau d'irrigation ou de la solution du sol. Ces sels sont représentés par la combinaison de trois cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} et Na^+) et trois anions (Cl^- , SO_4^{2-} et HCO_3^-). Généralement le chlorure de sodium (NaCl) est le plus abondant (plus de 90% des sels). De même ils ont défini deux types de salinité : la salinité primaire qui résulte de la présence de sels dans le sol ou dans la nappe phréatique et la salinité secondaire qui est le résultat des apports de l'eau d'irrigation.

Les sols salins contiennent de fortes quantités de sels solubles. La richesse des sols salin et leur complexe absorbant en ions résultant de ces sels est susceptible de modifier leurs caractéristiques et propriétés physiques particulièrement leur structure et réduit le développement de la végétation (Aubert, 1983).

2. Définition du stress salin

Selon Hopkins (2003), le stress est toute pression dominante exercée par un paramètre qui perturbe le fonctionnement habituel de la plante. En retour, la réponse de la plante dépend de ces paramètres environnementaux, tels que : le type de contrainte, son intensité, sa durée et ses caractéristiques génétiques : espèce et génotype. Le stress salin est lié à la concentration en sels dans l'environnement d'une plante, cette concentration varie, elle peut être insuffisante ou excessive. Le terme de stress salin signifie un excès d'ions mais pas uniquement les ions Na^+ et Cl^- .

3. Effets de la salinité sur la plante

3.1. Effets sur la germination

Le chlorure de sodium présent dans le sol et dans l'eau d'irrigation affecte la germination de deux manières : il diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif. Cet effet dépend de la nature de l'espèce et de l'intensité du stress salin (Ben Nasseur *et al.*, 2001). Des études réalisées par Belkhodja et Bidal (2004), sur des graines d'*Atriplex halimus* ont montré une meilleure germination (91%) en absence de NaCl ou en

présence de faibles concentrations de ce sel. Alors que l'augmentation de la concentration de NaCl à 350meq diminue le taux de graines germées. Ces auteurs ont constaté une inhibition totale de la germination pour les graines dès 600meq de NaCl. Ces différences dans la réponse des graines suggèrent que le ralentissement de la germination proviendrait d'un effet osmotique du NaCl à cette concentration ne permettant pas l'entrée de l'eau dans la graine (Belkhdja et Bidal, 2004). Cette réduction de la germination est aussi constatée chez le coton et chez plusieurs espèces d'Artiplex dès 20g/l de NaCl (Bouda et Hadime 2010). L'étude de Taffouo *et al.* (2008) sur la tolérance au sel de 21 cultivars de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) a montré une baisse significative des teneurs en lipides et des taux et de la vitesse de germination chez toutes les espèces étudiées dès 200mM de NaCl.

3.2. Effets sur la croissance et le développement

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont nombreux : arrêt de la croissance, dépérissement des tissus, perte de turgescence, et chute des feuilles pouvant aboutir à la mort de la plante. Ben Khaled *et al.* (2003) ont constaté que la salinité affecte la nodulation du trèfle inoculé avec rhizobium, de même, ils ont noté une réduction de la biomasse des parties aériennes. Les résultats de l'étude de Mani et Hannachi (2015) ont montré une réduction de la masse sèche et fraîche du système racinaire du piment suite au stress salin. La croissance de la majorité des plantes est réduite ou inhibée quand la concentration en NaCl dans l'environnement racinaire s'élève au-dessus de 100mM. Chez les légumineuses, l'effet dépressif du sel se manifeste à partir de ce seuil critique de concentration, selon les caractéristiques de l'espèce ou des variétés (Farissi *et al.*, 2011). La croissance végétative de *Phaseolus vulgaris* L. est fortement réduite par une concentration de NaCl de l'ordre de 25mM. Chez la luzerne, le sel entraîne une réduction des productions de matière sèche aérienne et racinaire (Farissi *et al.*, 2014). Ben Khaled *et al.* (2007) ont montré que chez le blé dur, la salinité affecte la croissance et le statut nutritionnel des plantes cultivées en milieu hydroponique. Cet effet a diminué la biomasse sèche (de 50%), la surface foliaire et la longueur des racines. La croissance et le développement des graines sont également affectées dès 34mM chez le pois chiche (Hajlaoui *et al.*, 2008), 100mM de NaCl chez la coriandre (Amara et Benrima, 2017), 150mM chez de *Medicago truncatula* et des 4g/l chez le trèfle (Ben khaled *et al.*, 2003 ; Mahrouz, 2013). En revanche, Mahrouz, (2013) a montré aussi que le taux de la matière sèche foliaire des feuilles stressées par le NaCl seul, était augmenté de quelques pourcent comparativement aux témoins. Le NaCl est à l'origine d'une accumulation de protéines et de proline au niveau des

feuilles *Vigna unguiculata* L. Walp (Taffouo *et al.*, 2008). D'après ces mêmes auteurs, le taux de germination, l'accumulation des protéines et de la proline foliaire pourraient être utilisées comme critères précoces de sélection des légumineuses tolérantes à la salinité.

3.3. Effets sur les paramètres hydriques de la plante

Le paramètre hydrique de la plante est un facteur qui détermine l'activité métabolique et la survie des feuilles. La réduction de la teneur relative en eau entraîne une faible disponibilité de l'eau pour l'extension cellulaire (Farissi *et al.*, 2014). Les potentiels hydriques et osmotiques des plantes deviennent plus négatifs avec l'augmentation de la salinité. Le stress salin réduit la teneur en eau, le contenu relatif en eau et le potentiel hydrique chez les légumineuses telles que *Phaseolus vulgaris* L. (Snoussi *et al.*, 2004).

3.4. Effets sur la photosynthèse

L'effet de salinité sur la photosynthèse se manifeste par la réduction de l'assimilation du CO₂ et la conductance stomatique. La réduction de la photosynthèse par la salinité est considérée comme une cause majeure de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (Deng *et al.*, 2010). Une réduction de l'assimilation photosynthétique nette, de la concentration interne en CO₂, de la conductance stomatique et de la transpiration est observée chez les plantes de pois chiche stressées avec 100mM de NaCl. Ces résultats ont été également observés par Gama *et al.* (2007) chez le haricot. La fermeture des stomates pourrait être la cause de la diminution de la concentration intracellulaire en CO₂ par la limitation de son entrée dans les feuilles (Garg et Singla, 2004). Des études, sur les pigments chlorophylliens des feuilles de blé, ont révélées des résultats contradictoires suite au stress salin. En effet, les chlorophylles a et b et les caroténoïdes sont diminués suite à ce stress d'après les résultats de El Housseine *et al.* (1998), alors que Ben Kaddour (2014), a montré que la chlorophylle était stimulée par un stress modéré du blé. L'étude d'Amara et Benrima (2017) sur la coriandre a montré que la salinité diminue les chlorophylles des plantes stressées.

3.5. Effets sur la nutrition minérale

Le stress salin provoque un déséquilibre de la nutrition minérale de la plante qui résulte d'une perturbation de l'absorption et du transport des éléments essentiels. La présence du NaCl dans le milieu de culture inhibe l'absorption des ions K⁺, Ca²⁺, Pi, NO₃⁻, NH₄⁺ et

renforce celle des ions salins, Na^+ et Cl^- qui s'accumulent jusqu'à devenir toxiques pour la plante. Ainsi, Farissi *et al.* (2014) ont montré que chez *Medicago sativa* L. la contrainte saline engendrait des réductions significatives de K^+ et des accumulations significatives de Na^+ .

4. Stratégies adaptatives de la plante face au stress salin

4.1. Séquestration de sodium et prélèvement de K^+

Les plantes détectent le stress salin à travers le signal ionique Na^+ et osmotique. L'excès de Na^+ peut être détecté par les protéines transmembranaires ou les enzymes récepteurs de Na^+ . L'excès de Na^+ et Cl^- provoque des changements de structures de protéines et une dépolarisation membranaire qui peuvent conduire à la perception de la toxicité ionique. Les antiports Na^+/H^+ des membranes plasmiques absorbent le Na^+ à partir des cellules racinaires pour le transporter vers les feuilles. Ce transport est la première ligne de défense empêchant l'accumulation de Na^+ dans le cytosol (Zhu, 2003). Cette séquestration vacuolaire de Na^+ est une stratégie pour l'ajustement osmotique réduisant en même temps la concentration de Na^+ cytosolique. Les antiports vacuolaires Na^+/H^+ utilisent le gradient de protons généré par la H^+ /adénosine triphosphatase (H^+/ATPase) vacuolaire et la H^+ /pyrophosphatase (H^+/PPase) pour la séquestration de Na^+ dans la vacuole. Le stress salin active les H^+/ATPase et H^+/PPase des tonoplastes, (Fukuda *et al.*, 2004).

Les plantes maintiennent un haut ratio cytosolique K^+/Na^+ . Le stress salin entraîne la diminution de ce ratio, en raison de la concurrence des ions Na^+ avec les ions K^+ , ce qui est défavorable pour les processus biochimiques cellulaires des plantes. De même, une forte concentration de potassium augmente le potentiel osmotique qui entraîne une entrée d'eau à partir du milieu extérieur. Le prélèvement de K^+ est essentiel pour la turgescence cellulaire et le déroulement des processus biochimiques sous stress salin (Pilot *et al.*, 2003).

4.2. Biosynthèse d'osmoprotecteurs et ajustement osmotique

Les légumineuses tolérantes la salinité réalisent l'ajustement osmotique en concentrant les ions salins dans leurs tissus. Mais, les quantités accumulées deviennent rapidement toxiques. Dès lors, une des stratégies d'adaptation consiste à synthétiser des osmoprotecteurs, principalement des sucres et des composés aminés tels que la glycine-Bétaïne et la proline. La proline agit comme un osmoticum dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole (Verdoy *et al.*,

2006), Cette dernière joue un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole et dans la régulation du pH et la stabilité des membranes. Des études ont montré une accumulation importante de la proline à partir d'une concentration de 100mM de NaCl chez *Medicago truncatula* L au niveau foliaire (Verdoy *et al.*, 2006), et racinaire (Ashraf *et al.*, 2004). L'accumulation des sucres chez les légumineuses en réponse à la salinité a été observée chez l'espèce *Phaseolus* (Bayuelo-jimenez *et al.*, 2012).

4.3. Induction d'enzymes anti-oxydantes

Le stress salin provoque la formation de dérivés réactifs de l'oxygène tels que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et les radicaux libres. Ces dérivés sont à l'origine de dommages oxydatifs des lipides membranaires, des protéines et des acides nucléiques (Halliwell et Gutteridge, 1989). Pour y faire face, les plantes ont développé des mécanismes anti-oxydants enzymatiques et non-enzymatiques. L'induction du superoxyde dismutase est considérée comme le premier mécanisme de défense contre ces dérivés (Gratao *et al.*, 2005). Chez *Medicago sativa* L., Wang *et al.* (2007) ont constaté une augmentation de l'activité des enzymes antioxydants comme mécanisme d'adaptation au stress salin. Mhadhbi *et al.* (2004) ont rapporté que les activités peroxydases les plus élevées ont été détectées chez la variété de pois chiche les plus tolérantes au stress salin.

4.4. Induction de phytohormones

Les phytohormones telles que l'acide abscissique (ABA), l'acide indolacétique (AIA), l'acide gibbérellique (AG) et les cytokines, sont impliquées dans la régulation de la réponse des plantes à la salinité et permettent d'atténuer les effets dépressifs de cette contrainte. Javid *et al.* (2011) ont noté que l'ABA joue un rôle majeur dans la signalisation des réponses d'adaptation des plantes aux stress. L'ABA est produite dans les racines en réponse à une diminution du potentiel hydrique du sol et est transportée vers les feuilles ou elle se fixe à des récepteurs de la membrane plasmique des cellules de garde des stomates. Les effets inhibiteurs du NaCl sur la photosynthèse, la croissance et la mobilisation des assimilats sont atténués par l'ABA. Chez *Phaseolus vulgaris* L., Saeidi-Sar *et al.* (2012) ont rapporté que l'interaction de l'acide ascorbique avec l'AG diminuait les quantités de H₂O₂. L'effet interactif de ces substances a amélioré la teneur en protéines et l'activité des enzymes antioxydantes dans les plantes de haricot sous stress salin (Farissi *et al.*, 2014).

5. Le glyphosate

Un pesticide est toute substance ou association de substances destinée à repousser ou à détruire les ravageurs et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux nuisibles (FAO, 1986). Parmi ces pesticides nous avons dans l'ordre de leur utilisation : les insecticides, les fongicides et les herbicides qui viennent en troisième position (Gauvrit, 1996). Ces derniers sont employés pour maintenir les champs nus ou sur les mauvaises herbes afin de limiter leurs concurrences avec les cultures. Une grande partie de ces produits se retrouvent cependant sur et dans le sol (Tissut *et al.*, 2006). Selon Gauvrit (1996), plusieurs classifications d'herbicides sont possibles : On peut se baser sur leur formule chimique, sur leur cible (mode d'action), sur les symptômes qu'ils occasionnent aux mauvaises herbes etc...

Le glyphosate (Tableau 1), ou N-phosphonométhyl glycine, de formule moléculaire ($C_3H_8NO_5P$), est l'un des herbicides les plus utilisés dans le monde, principalement en agriculture. Il a été mis sur le marché en 1974 pour la première fois sous le nom commercial Roundup®, et depuis a été autorisé dans plusieurs pays (Bouchet et Cocard, 2012). Le glyphosate n'est pas bio accumulé : il est absorbé et transloqué dans les tissus méristématiques des mauvaises herbes, qui constituent le principal site d'action de l'herbicide. Cet herbicide libère dans le sol de (l'AMPA), ou acide amino-méthylphosphonique, qui est un produit de dégradation. Il fait aujourd'hui l'objet d'évaluations et de surveillances pour avoir été ponctuellement détecté dans les eaux (Nomura *et al.*, 1977). La dégradation de l'AMPA est microbienne et plus lente que celle du glyphosate (Prata *et al.*, 2005). Le stade ultime de dégradation de glyphosate est la minéralisation en CO_2 . Le temps de minéralisation varie entre 8 à 92 jours selon les caractéristiques chimiques et biologiques du sol (Al-Rajab et Schiavon, 2010). La présence de l'eau dans le sol est indispensable à l'absorption du glyphosate (figure 1). En laboratoire, sa demi-vie est de 30 à 40 jours (Nomura *et al.*, 1977). Le glyphosate peut être inactif dans le sol en raison de sa forte adsorption aux particules du sol (figure 1), car plus un produit s'adsorbe aux particules du sol, plus sa rémanence sera faible (Prata *et al.*, 2003).

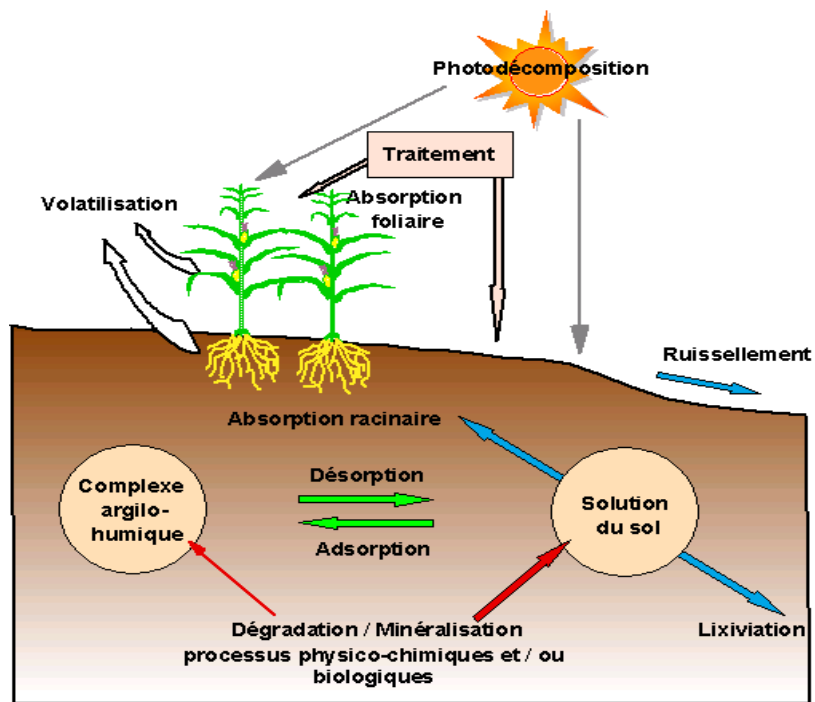


Figure 1 : Le devenir des herbicides dans le sol (Barriuso *et al.*, 1996)

Les propriétés physico-chimiques du glyphosate sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Les propriétés physico-chimiques du glyphosate (Couture *et al.*, 1995)

Propriétés physico-chimiques
Poids moléculaire [g/mol]= 169.1.
Pression de vapeur [Pa] $1.31.10^{-5}$ (T = 25°C)
Coefficient d'adsorption : (Koc) [L/kg] = (884-60000)
Constante de dissociation (pKa)
pKa1 = 2.34 à 20°C (acide phosphate)
pKa2 = 5.73 à 20°C (amine secondaire)
pKa3 = 10.2 à 20°C (acide carboxylique)
Solubilité (eau) = 12 g/L à 25°C
Stabilité : Eau : DT50 = 2 à 91 jours, (photodégradation) ;
Sols : DT50 =3 à 174 jours,
Kd = 61 g/m ³ (coefficient d'adsorption très élevé)
Point de fusion =200°C

5.1. Impacts sur les végétaux

Le glyphosate bloque la biosynthèse des acides aminés aromatiques. Plus précisément, il inhibe une des enzymes impliquée dans la biosynthèse de ces acides aminés : l'énolpyruvylshikimate phosphate synthétase (EPSPS). Cette enzyme est uniquement présente dans les plantes et les microorganismes, elle n'est pas présente chez les animaux ou l'homme (Le Mer, 2009). Velini *et al.* (2008) ont montré une stimulation de la croissance du soja et du maïs traités avec de faibles quantités de glyphosate : le système racinaire n'a pas été affecté par le glyphosate à faibles doses, contrairement à la biomasse aérienne. Le glyphosate a d'autres effets secondaires sur la physiologie des plantes ciblées : il provoque une altération de la synthèse des protéines et de la photosynthèse et abaisse le taux de biosynthèse des acides aminés Velini *et al.* (2008). Le glyphosate induit des changements dans la biologie et la chimie du sol favorisant le développement de diverses maladies comme le piétin-échaudage des céréales, la fonte des semis, la pourriture des racines et le syndrome de la mort subite chez le soja. Ces impacts préoccupent les agriculteurs et les écologistes (Huber et Haneklaus, 2007). Des chercheurs ont montré que le glyphosate s'attaquait à des fonctions essentielles de la rhizosphère et ont constatés ainsi, une moindre assimilation par les cultures des micronutriments essentiels, une réduction de la fixation d'azote et aussi une vulnérabilité accrue aux phytopathologies d'après Huber *et al.* (2005). Parmi ces effets négatifs, on note une réduction de l'absorption des éléments nutritifs du sol, comme le manganèse, le zinc, le fer et le bore et donc affecte indirectement la résistance des plantes aux maladies, ce qui induit en retour une utilisation plus intense des pesticides. Une étude a montré que le glyphosate était rapidement absorbé par du blé en solution nutritive. Par conséquent, les plantes seraient donc capables de prélever le glyphosate par les racines (Al rajab, 2007). D'après le même auteur la faible activité du glyphosate dans les sols n'est pas due à l'incapacité des plantes à le prélever par les racines mais plutôt à une faible disponibilité de ce dernier en raison de sa forte adsorption dans le sol (Al rajab, 2007).

5.2. Impacts sur les animaux

Le glyphosate est relativement peu soluble dans les graisses, ce qui minimise les risques de bioaccumulation dans la chaîne alimentaire. De plus, son mode d'action touche une voie métabolique propre aux végétaux. Globalement, sa toxicité pour les animaux et les humains est donc relativement modérée (Pelfrène, 2003). Pourtant, plusieurs enquêtes menées auprès d'utilisateurs et des services médicaux, ont montrées que les herbicides à base de

glyphosate sont à l'origine d'un grand nombre (de plaintes) pour atteinte à la santé (Goldstein *et al.*, 2002).

5.3. Impact sur l'environnement

Des lombrics exposés au glyphosate ont eu une réduction du rythme de leur croissance. Ces animaux ont plus tendance à éviter les endroits traités avec cet herbicide, alors que toutes atteinte à ces invertébrés risque de compromettre la santé des sols (Brack *et al.*, 2010). Le glyphosate n'est pas susceptible de se volatiliser directement à partir des surfaces traitées et donc ne pourrait théoriquement pas polluer l'air (Zablotowicz *et al.*, 2009). Ces auteurs ont montrés cependant qu'une partie du glyphosate appliquée pour les cultures peut être transférée dans l'atmosphère lors des traitements par vaporisation des gouttelettes entre la rampe d'application et le sol. Par ailleurs, de nombreux résultats indiquant la présence de glyphosate et son métabolite AMPA dans les eaux de surface et souterraines prouvant sa mobilité ainsi que celle de l'AMPA (Kolpin *et al.*, 2005).

6. Présentation des espèces étudiées : la vesce et le trèfle

6.1. Systématiques

	Vicia sativa L.	Trifolium resupinatum L.
Embranchement :	Phanérogames	Phanérogames
Sous-embranchement :	Angiospermes	Angiospermes
Classe :	Magnolipsida (Dicotylédones)	Magnolipsida
(Dicotylédones)		
Sous-classe :	Rosidae	Rosidae
Ordre :	Fabales	Fabales
Famille :	Fabaceae	Fabaceae
Sous-Famille :	Papilionidaea	Papilionidaea
Tribu :	Vicieae	Trifolieae
Genre :	Vicia L.	<i>Trifolium</i>
Espèce :	Vicia sativa L.	<i>Trifolium resupinatum</i> L.

6.1.1. Présentation de la Vesce commune (*Vicia sativa* L.)

La vesce est une plante spontanée dans toute l'Eurasie tempérée, mais s'est naturalisée en maintes régions du globe. Très variable, elle compte plusieurs sous-espèces, dont certaines sont cultivées comme fourrage, alors que d'autres sont de simples adventices (Burrnie *et al.*, 2005). La vesce commune (*vicia sativa* L.) est une légumineuse annuelle cultivée dans les régions semi-arides méditerranéennes. Le genre *vicia* L. comprend environ 190 espèces. De nos jours, la vesce commune est essentiellement cultivée comme plante fourragère, principalement comme fourrage vert. L'utilisation des graines est plus rare, en dépit de leur valeur nutritive liée en particulier à un taux élevé de protéines en raison de cette molécule. Il s'avère qu'elles sont toxiques, chez les animaux monogastriques lorsqu'elles sont consommées régulièrement en quantité notable (Bouby et Léa, 2006). Dans les systèmes de production extensifs méditerranéens, les aliments fibreux, en particulier les pailles de céréales et les chaumes, sont les principaux ingrédients de l'alimentation des ruminants. Bien que quantitativement moins importantes, les pailles de légumineuses peuvent représenter une ressource alimentaire précieuse en été pour les animaux (Bruno-Soares *et al.*, 2000).

La fleur de la vesce présente une corolle irrégulière (zygomorphe), mauve rouge, de 10-30 mm de long à 5 pétales. La fleur a dix étamines dont les filaments à la base sont soudés. L'inflorescence est un racème sans pédoncule de 1-2 fleurs. Les feuilles sont alternes, le pétiole est court. Limbe est penné et formé de 1-7 paires de foliole terminales vrillées. Les fruits sont des gousses charnues qui peuvent avoir de 5 à 10 cm de long selon les variétés et contenir un nombre variable de graines (4 à 9). A l'état jeune, les gousses sont de couleur verte puis noircissent à maturité (Chaux et Foury, 1994). Elles sont pourvues d'un bec et sont renflées au niveau des graines (Brink et Belay, 2006). La racine de la vesce est pivotante (Duc, 1997 ; Brink et Belay, 2006).

6.1.2. Présentation du Trèfle (*trifolium resupinatum* L.)

Trifolium resupinatum L. ou Trèfle de Perse est une espèce spontanée méditerranéenne. On la retrouve aussi en Asie occidentale (Turquie à l'Afghanistan), en Inde et en Afrique du sud (Bryssine, 1968). Le genre *Trifolium* est présent dans les régions tempérées et les régions subtropicales des hémisphères nord et sud. Les espèces de *trifolium* se rencontrent dans un large éventail d'habitats. Une caractéristique commune de ces habitats

divers est la haute radiation solaire ; peu d'espèces de trèfle tolèrent l'ombre. Le nom du genre : «*trifolium*» vient du latin Tri : Trois et «*folium*» : feuille. Il fait référence aux feuilles distinctives habituellement composées de trois folioles (trifoliées). Ces folioles souvent dentées ou maculées en leur centre. L'inflorescence comporte de nombreuses fleurs de taille moyenne (0.3 à 2.5cm) sous forme d'une grappe. Les pédoncules s'alignant en étages serrés le long de l'extrémité de la tige. Le calice de la fleur compte cinq dents, avec une corolle typique des Fabacées (étendard, ailes et carène), avec des ailes plus longues que la carène et un étendard érigé et recourbé vers le haut. L'androcée est diadelphie (étamines assemblées en deux groupes). Les fruits sont des petites gousses à l'intérieur du calice, contenant de 1 à 4 graines (Ellison *et al.*, 2006).

Le nom de trèfle *resupinatum* lui vient de ce que sa corolle est renversée, l'étendard est au-dessous. Ses fleurs sont roses comme celles du « trèfle violet », mais ses capitules n'ont qu'un diamètre de 10 mm environ. Les semences, légèrement plus petites que celles du trèfle violet doivent être semées à la volée sur terre bien préparée. Les feuilles du trèfle sont d'un vert sombre dans les climats méditerranéens (Rivalis, 1991).

Partie expérimentale

La partie expérimentale de notre travail a été réalisée au laboratoire d'écophysiologie végétale faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, département de Biologie à l'UMMTO.

1. Matériel végétal

Nous avons utilisé des graines de deux espèces fourragères la vesce (*Vicia sativa* L.) et le trèfle (*Trifolium resupinatum* L.), les graines de la vesce et du trèfle ont été achetées dans le commerce (Tizi-Ouzou), et n'ont subi aucun traitement au préalable.

2. Méthodes

Dans le but de tester les effets du NaCl seul (10 concentrations) et du NaCl associé au glyphosate, nous avons conduit 2 expériences : l'une en boîtes de Pétri et l'autre sur substrat prélevé sur campus de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

2.1. Etude de l'influence du NaCl et du NaCl associé au glyphosate sur la germination des graines de vesce et de trèfle cultivées en boîtes de Pétri

Les graines de chaque espèce ont été partagées en deux lots :

Les graines du 1^{er} lot ont été traitées au NaCl : dix concentrations ont été testées : 0, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 et 24g/l de NaCl. Nous avons placé 20 graines de chaque espèce par boîte de pétri et par traitement. Chaque traitement a été répété 4 fois. Les graines de vesce (V) ou de trèfle (T) ont été étalées sur 2 épaisseurs de papier filtre dans les boîtes de Pétri de 20cm de diamètre. Ces boîtes ont été arrosées à l'eau distillée pour les témoins N0 (N pour NaCl et 0 pour absence de NaCl) ou avec une solution de NaCl à différentes concentrations (N8, N10, N12, N14, N16, N18, N20, N22, N24).

Le 2^{ème} lot de graines a reçu le même traitement NaCl que le premier lot, nous avons de plus, ajouté du glyphosate. Les boîtes témoins n'ont reçu que du glyphosate et ont été arrosées à l'eau distillée N0+Gly (Gly pour présence de glyphosate). Les autres boîtes ont reçu une solution saline associée au glyphosate. Nous avons ainsi obtenu les échantillons suivants : N8+Gly, N10+Gly,....N24+Gly.

2.2. Étude de l'influence du NaCl et du NaCl associé au glyphosate sur la germination des graines de la vesce et du trèfle cultivées sur substrat

La même expérience que celle menée dans les boîtes de Pétri a été conduite dans des pots. Le substrat utilisé est un mélange de terre et de sable. La seule différence réside dans le nombre de graines qui est de 7 au lieu de 20 graines (dans les boîtes de Pétri) en raison de la surface réduite des pots.

2.2.1. Préparation du substrat de culture

Le sol utilisé est celui de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques (UMMTO), le choix de ce sol est justifié par la présence de légumineuses qui y poussent naturellement. De plus, ce n'est pas un sol contaminé avec des pesticides au préalable. Ce sol a été séché puis tamisé pour le débarrasser de tous les débris végétaux et animaux. Nous avons mélangé deux mesures (2/3) de sol tamisé et une mesure (1/3) de sable afin d'assurer un bon drainage et une bonne homogénéité du substrat. Des pots en plastique de 7.5cm de diamètre et de 11,8cm de hauteur sont remplis avec ce mélange. Nous avons ensuite traité le sol des pots destinés aux cultures de glyphosate, avec une solution de glyphosate, puis nous les avons laissés pendant 4 jours afin que le glyphosate agisse sur le sol. Après 4 jours, nous avons disposé les graines des deux espèces dans les substrats de culture et on a arrosées avec 30ml de solutions salines ou H₂O distillée (pour les témoins). Les pots sont laissés au laboratoire dans les conditions de lumière et de température ambiante durant 2 mois, durant cette période nous avons compté le nombre de graines germées et suivi leurs croissances. Après deux mois nous avons procédé à la récolte des plantules.

2.2.2. Préparation de la solution de glyphosate

Le Glyphosate, a été acheté dans le commerce (Tizi-Ouzou), sous forme d'une solution concentrée de 360g/l de matière active. Il est de la marque GLYFOZELL (distribué par CASEP, Espagne). La dose de glyphosate recommandée par le fabricant est de 4 litres/ha correspondant à 2.5 µl de la solution de glyphosate par boîte de pétri et 1.3µl de la solution de glyphosate par pot. Nous avons arrosé une seule fois les boîtes de pétri et le substrat avec la solution de glyphosate en respectant ces concentrations. Les graines de vesce et de trèfle ont été arrosées avec ces différentes concentrations de NaCl pendant une durée de 28 jours.

La figure 2 résume le schéma du protocole expérimental.

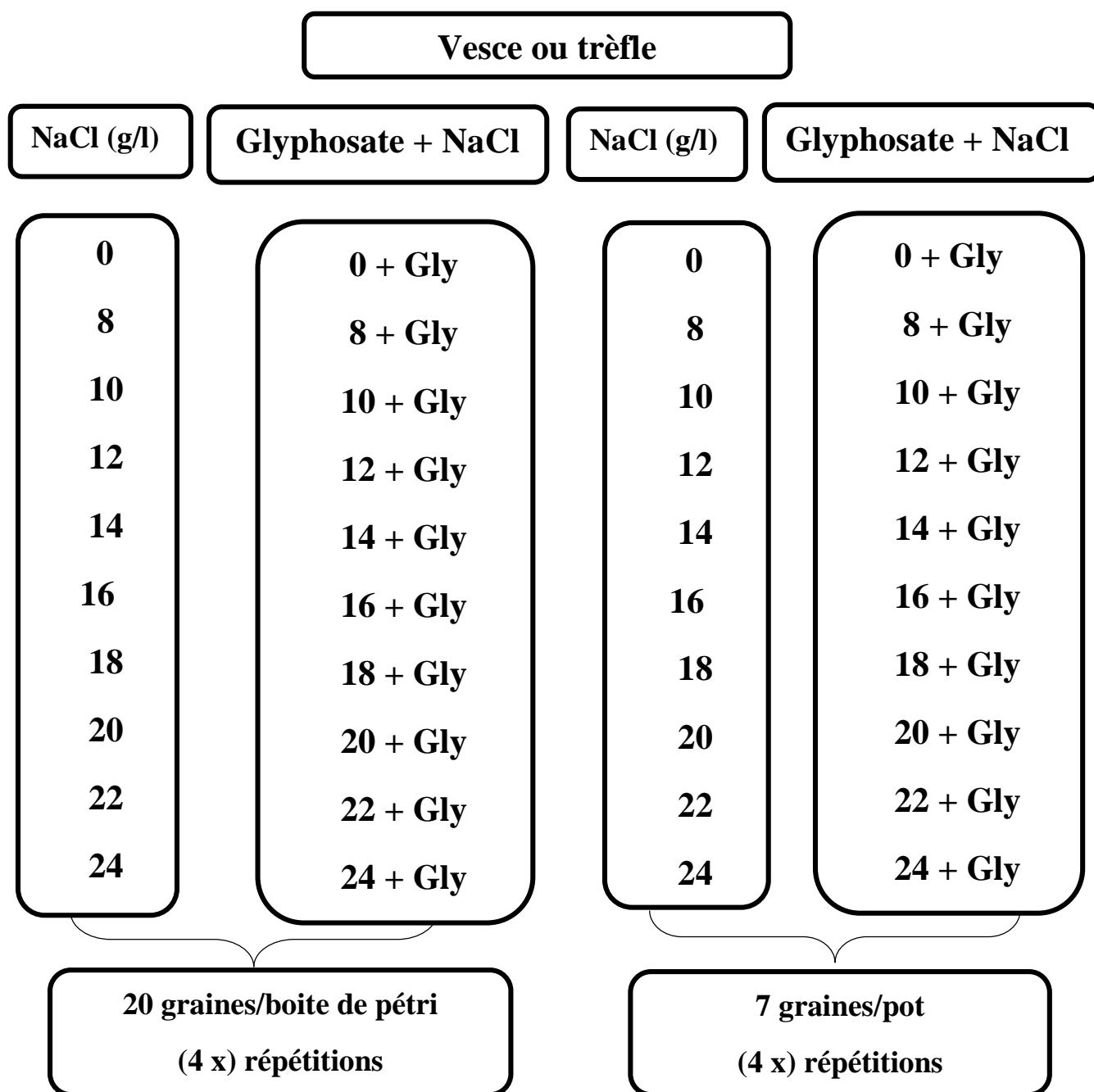


Figure 2 : Schéma du dispositif expérimentale des graines de vesce et de trèfle avec NaCl ou NaCl associé au glyphosate en boite de pétri et sur substrat (V : vesce, T : trèfle, N : NaCl, de 0, 8, à 24 g/l :concentrations, Gly :glyphosate).

2.3. Détermination du Taux de Germination (TG) ou taux de levée

Le TG est exprimé par le rapport du nombre de graines germées (N_i) sur le nombre total de graines mises en culture (N_t) rapporté à 100%.

$$TG = (N_i/N_t) \times 100$$

2.4. Détermination du Temps Moyen de Germination (TMG)

Le TMG nous permet d'estimer le temps mis par les graines testées à germer.

$$TMG = \frac{N_1T_1 + N_2T_2 + \dots + N_N T_N}{N_1 + N_2 + \dots + N_N}$$

Avec : T_1, T_2 etc..., il s'agit du temps mis entre T_1 et T_2

N_1 : nombre de grains germés au temps T_1 .

N_2 : nombre de grains germés au temps T_2 .

T : nombre de jours d'observation.

2.5. Mesure du pH du sol

Cette mesure n'a concerné que l'expérience des plantes en pots. Nous avons pris 20g de sol tamisé et séché pendant 24H. Ces échantillons de sol ont été mélangés à 50ml d'eau distillée puis agités pendant 1min. La préparation est laissée décanter pendant 2h selon le protocole de Mathieu et Pieltain (2003). Deux répétitions ont été réalisées par mesure de pH pour avoir une fiabilité des valeurs obtenues. La mesure a été réalisée sur le surnageant à l'aide pH-mètre de marque HANNA instruments HI 2210. La température a été notée au cours des mesures.

2.6. Mesure de la Conductivité électrique (CE) du sol

La mesure de la CE a été réalisée sur 50g de sol sec tamisé (maille 2mm). La CE a été mesurée sur le substrat avant la culture et après 2 mois de culture des deux espèces. Chaque échantillon de sol est mélangé à 250ml d'eau distillée puis agité pendant 2h et est laissé décanter 24h selon le protocole de Mathieu et Pieltain (2003). Le surnageant de chaque échantillon est récupéré pour mesurer la conductivité grâce à un conductimètre MESSGERAT WTW. La température au moment de la mesure a été notée. La conductivité électrique (CE) a été calculée selon la formule de Mathieu et Pieltain (2003) :

CE = valeur de l'échantillon lue x constante de cellule x chiffre de correction

$$\text{Constante de cellule} = \text{CE KCl } 0,01\text{N} / \text{CE}_m \text{ KCl } 0,01\text{N}$$

CE_s : CE standard d'une solution de KCl 0,01N (1411.8 µmohs/cm)

CE_m : CE d'une solution de KCl 0,01N mesuré au même moment que les échantillons.

Le chiffre de correction est une valeur donnée qui est fonction de la température au moment de la mesure selon Mathieu et Pieltain, (2003).

Remarque : la valeur de la constante de cellule doit être proche de l'unité, dans le cas contraire un étalonnage de l'appareil doit être pratiqué.

2.7. Mesure de la teneur en eau (TE)

La teneur en eau des plantules cultivées sur substrat a été estimée sur un échantillon moyen de plantes issues de 2 pots par manque de biomasse. Les échantillons sont pesés avant et après séchage à l'étuve à 65°C pendant 72h. On obtient alors un poids frais (PF) et un poids sec (PS). La teneur en eau (TE) est calculée par la formule de Moneveu, (1991), comme suit :

$$\text{TE} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PF}} \times 100$$

2.8. Dosages des pigments chlorophylliens et caroténoïdes

L'extraction des pigments, a été réalisée selon le protocole de Lichtenthaler et Buschmann (2001), sur des feuilles fraîches de la vesce et du trèfle âgées de 2mois. Les feuilles ont été broyées dans de l'acétone à 80%, à l'obscurité et à froid. Après centrifugation, le surnageant est complété avec de l'acétone. Ces extraits sont passés au spectrophotomètre marque UV mini-1240 UV-VIS SPECTROPHOTOMETER SHIMAZU. La lecture se fait à trois longueurs d'ondes : 647nm, 663nm, 447nm. Les résultats obtenus sont rapportés à la matière fraîche utilisée au départ. Les concentrations en pigments sont déterminées comme suit :

$$\text{Chl (a)} = 12,25 \text{ DO } (\lambda_b) - 2,79 \text{ DO } (\lambda_a)$$

$$\text{Chl (b)} = 21,5 \text{ DO } (\lambda_a) - 5,1 \text{ DO } (\lambda_b)$$

$$\text{Chl (a+b)} = 7,15 \text{ DO } (\lambda_b) + 18,71 \text{ DO } (\lambda_a)$$

$$\text{Car T} = 1000(\lambda_c) - 1,82\text{chl a} - 85,02 \text{ chl b} / 198$$

2.9. Traitement statistique

Les résultats ont fait l'objet d'une étude statistique à l'aide du logiciel R pour évaluer l'effet de la salinité et du NaCl et du glyphosate sur la vesce et le trèfle. Lorsque il y a conformité des résultats à la loi normale, une analyse de la variance ANOVA à un ou à deux facteurs a été effectuée suivie d'un test post-hoc de Newmann-Keuls si les différences sont significatives. Sinon une analyse par les tests de Kruskal-Walis ou Mann-Whitney est réalisée suivie par un test post-hoc de Newmann-Keuls pour le classement des groupes.

I. Résultats :

1. Influence du NaCl et du NaCl associé au glyphosate sur le comportement de la vesce et du trèfle cultivés en boîtes de Pétrie

1.1. Paramètres de germination

1.1.1. Taux de germination de la vesce et du trèfle (TG)

La figure 3 montre la cinétique de germination des graines de vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) traitées au NaCl et au NaCl associé au glyphosate comparativement aux témoins non traitées durant 28 jours. D'après cette figure, nous remarquons pour les deux espèces, deux phases de germination pour l'ensemble des traitements : une 1^{ère} phase phase exponentielle qui dure 2 à 6 jours pour les témoins et les concentrations sont faibles, et jusqu'à 8 jours pour les graines traitées au glyphosate et NaCl à 24g/l concernant la vesce. Pour le trèfle 1^{ère} phase s'allonge jusqu'à 12 jours pour 18 et 20g/l de sel. Pour les deux espèces, durant cette phase les TG atteignent le taux maximal (100%) chez les témoins avec ou sans glyphosate. On remarque que la 1^{ère} phase est plus rapide chez la vesce comparativement au trèfle. La 2^{ème} phase représentée par un plateau sur la courbe avec des TG qui sont stables et sans variations. On remarque aussi que la germination des graines diminue progressivement à mesure que l'on augmente les concentrations de sel dans le milieu. A partir de 14g/l de NaCl nous constatons que les résultats des graines de vesce traitées au glyphosate et NaCl sont plus élevés par rapport à ceux obtenus sans glyphosate. A partir de 20g/l de NaCl, les cinétiques de germination sont quasi nulles. Pour les deux espèces nous constatons des effets du glyphosate similaire pour les graines traitées avec 10 et 18g/l de NaCl : les graines traitées au glyphosate et NaCl présentent des résultats de germination plus élevés par rapport à celles sans glyphosate.

Le test de kruskal-wallis indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre NaCl+Gly pour la vesce et classe les résultats en 7 groupes :

- Le groupe **a** est constitué de N8+Gly, le groupe **ab** est constitué de N12+Gly, le groupe **abc** est constitué de N10+Gly, N14+Gly et N18+Gly, le groupe **bc** est composé par le témoin N0+Gly le groupe **c** est composé par le N16+Gly, le groupe **d** est constitué de N20+Gly et N24+Gly et le groupe **e** est constitué de N22+Gly

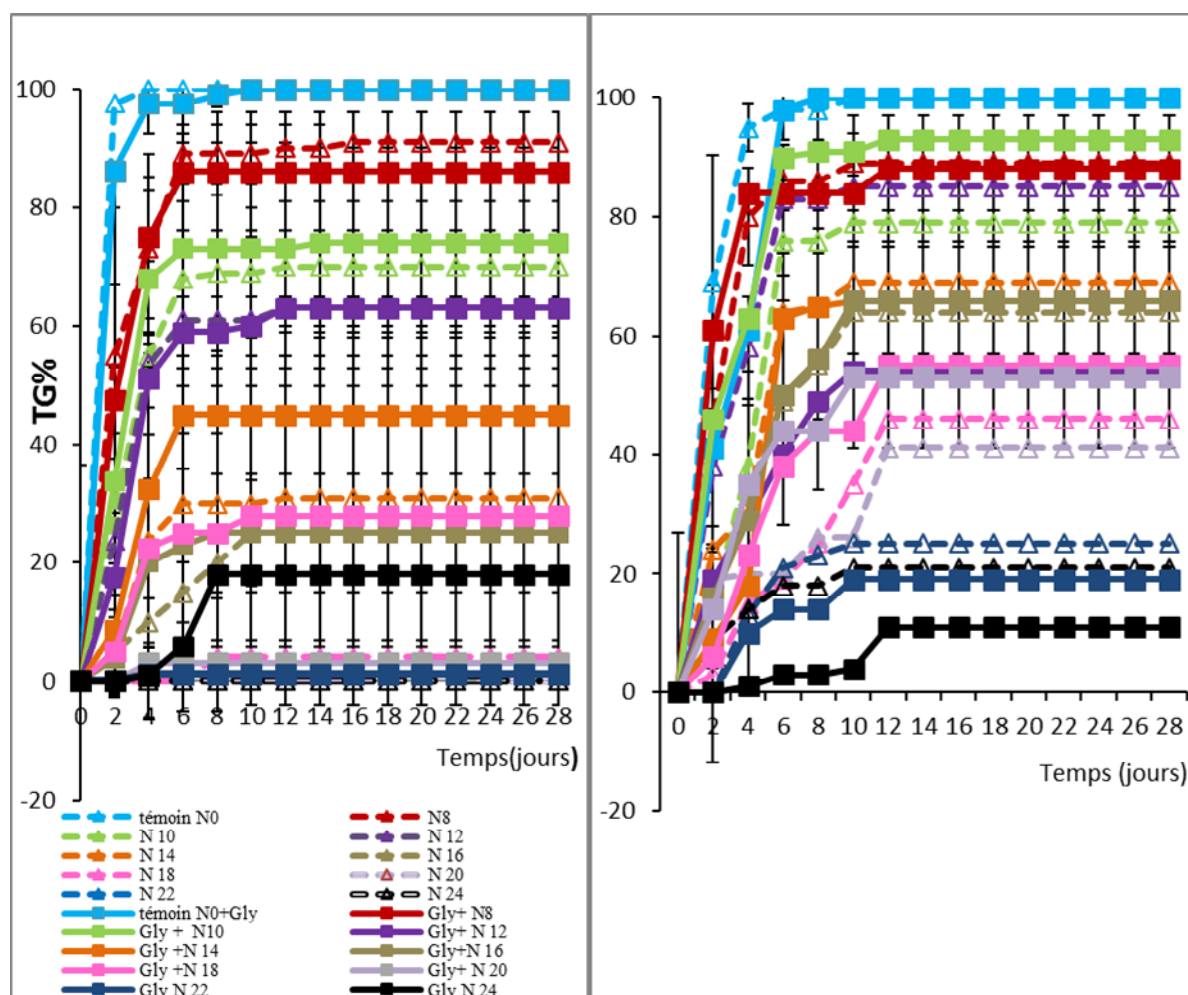


Figure 3 : Cinétiques de germination des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées en boîtes de Pétri, traitées avec 10 concentrations de NaCl (N : courbes en pointillées) et au Glyphosate associé au NaCl (Gly +N : courbes en trait plein)

1.1.2. Taux de germination de la vesce et du trèfle après 28 jours (TG)

Les figures 4 montrent le taux de germination des graines de vesce après 28 jours traitées au NaCl et au NaCl et glyphosate figure 2 et des graines du trèfle traité au NaCl et au NaCl+Gly 2(b) comparativement aux témoins non traités. Nous constatons d'après ces figures que pour les deux espèces étudiées vesce et trèfle, leurs TG après 28 jours sont plus réduites comparativement aux témoins pour toutes les concentrations testées. Il est inférieur à 50% à partir de 14g/l de NaCl et NaCl+Gly puis diminue à raison que les concentrations de NaCl augmentent et est nul dès 20 g/l de NaCl et NaCl+Gly chez les graines de vesce uniquement. A partir de 14 g/l de NaCl et NaCl+Gly on observe une différence de réponse au NaCl chez les deux espèces. En effet, la vesce présente des TG de plus en plus bas puis proches de zéro. Alors que le trèfle montre de meilleurs résultats puisque ces TG sont supérieures à 50 %

jusqu'à 20 g/l de NaCl. Ceci nous permet de déduire que la vesce est plus sensible à l'interaction NaCl et au glyphosate comparativement au trèfle qui lui montre une meilleure résistance au stress. Il semblerait aussi que la concentration de 14 g/l de NaCl est la concentration qui différencie les deux espèces.

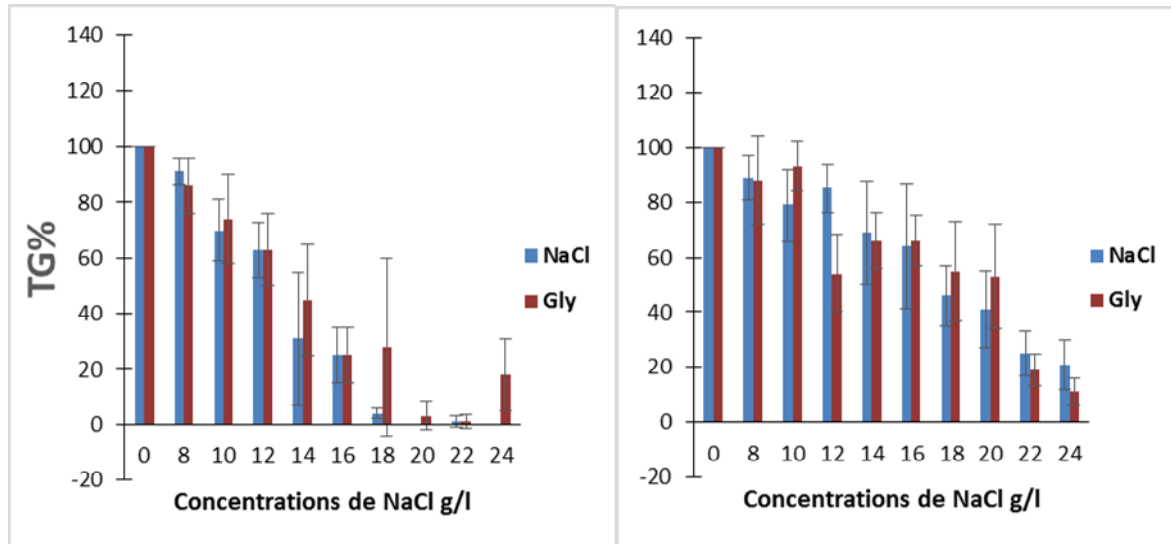


Figure 4 : Taux de germination après 28 jours des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées en boîtes de Pétri, traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.

1.1.3. Temps moyen de germination de la vesce et du trèfle (TMG)

La figure 5 représente respectivement les TMG des graines de vesce traitées au NaCl et au NaCl+Gly et ceux des graines de trèfle traitées au NaCl et au NaCl+Gly comparativement aux témoins non traitées durant 28 jours. D'après les résultats illustrés on remarque une augmentation de TMG à la dose la plus élevée de NaCl 24g/l avec ou sans Gly chez les deux espèces par rapport aux témoins à l'exception du NaCl 24g/l vesce qui n'a pas germé. On observe aussi que l'augmentation de la concentration en NaCl provoque une augmentation du TMG chez les deux espèces étudiés vesce et trèfle. Les témoins et les graines de vesce soumises aux concentrations de 20 et 22g/l de NaCl et NaCl+Gly ont un TMG peu modifié et proche de 1. En revanche, pour les concentrations de NaCl les plus élevées (22 et 24g/l), le TMG augmente de façon considérable pour atteindre 5 jours chez le trèfle. Ces résultats suggèrent que la présence de NaCl ralentit la vitesse de germination des graines de vesce et du trèfle mais de façon différentes, la vesce avec un TMG court par rapport au trèfle.

Le test de kruskal-wallis pour TMG indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre espèce/NaCl+Gly et classe les résultats en 5 groupes :

-Le groupe a est constitué de T N24, le groupe bc est composé par le T N22,T N16,T N14,T N12,T N20,V N16,V N14,V N12,T N0,T N10 ,V N10 ,V N8,V N18,T N8, le groupe c est constitué de V N0, le groupe deb est constitué V N24, T N18 et le groupe ded est constitué V N20, V N22.

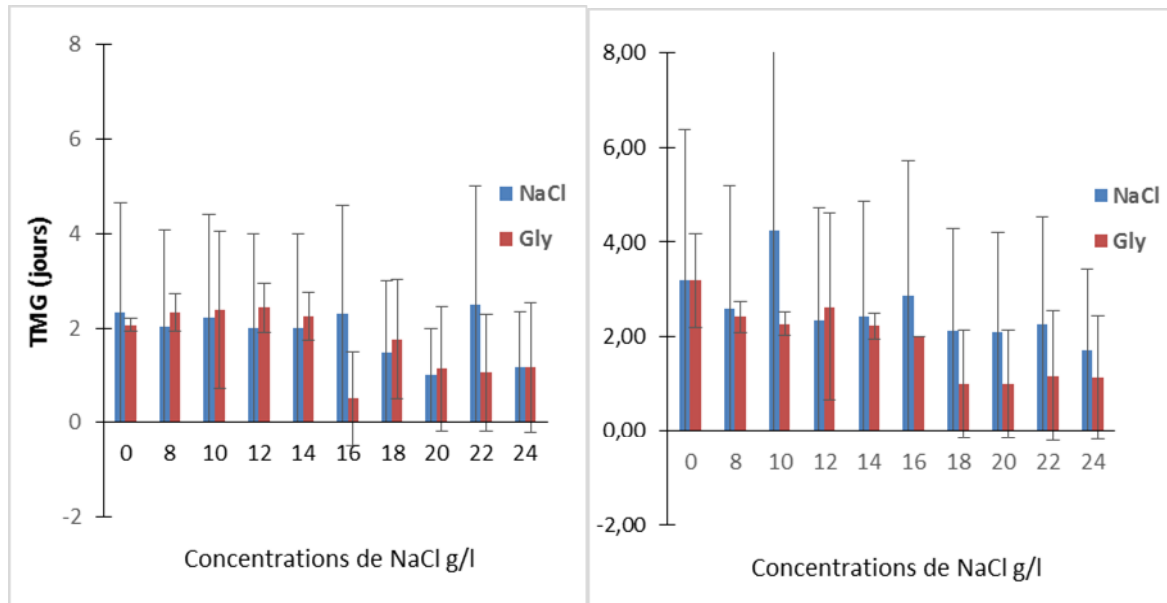


Figure 5: Temps moyen de germination des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées en boîtes de Pétri, traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.

2. Influence du NaCl et du glyphosate sur le trèfle et de la vesce cultivés sur substrat

2.1. Paramètres de germination

2.1.1. Taux de levée de la vesce et du trèfle (TG)

La figure 6 montrent les cinétiques de germination des graines de vesce et de trèfle traitées au NaCl et au NaCl et Glyphosate comparativement aux témoins non traitées durant 28 jours. D'après la figure 4 on observe deux phases distinctes de germination pour l'ensemble des traitements : une 1^{ère} phase rapide de germination ou phase exponentielle qui dure 1 à 2 jours pour les témoins et les autres concentrations. Cette phase est beaucoup plus longue (jusqu'à 10 jours) chez le trèfle par rapport à la vesce.

Les TG atteignent le taux maximal (100%) chez les témoins avec ou sans glyphosate au bout du 2^{ème} jour. La 2^{ème} phase représentée par un plateau sur la courbe avec des TG qui sont stables et sans variations pour les deux espèces. On remarque aussi que les pourcentages de germination des graines diminuent progressivement à mesure que l'on augmente les concentrations de sel dans le milieu. Nous constatons par ailleurs que la cinétique de germination des graines traités au NaCl 0, 10 et 18 et 20g/l ne présentent aucune différence et sont confondues avec leurs équivalentes ayant reçu en plus du glyphosate chez la vesce. Alors que chez le trèfle plusieurs résultats sans glyphosate sont supérieurs à ceux avec glyphosate (exemple : 14 et 18g/l de NaCl).

Le test de kruskal-Wallis pour la cinétique de germination de la vesce indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre NaCl et classe les résultats en 6 groupes : le groupe **a** est composé par le témoin N0, le groupe **b** est constitué de N8 et N12, le groupe **c** est constitué de N10, N14 et N16, le groupe **cd** est constitué de N18, le groupe **de** est constitué de N20 et le groupe **e** est constitué de N22 et N24.

Le test de Kruskal-Wallis pour la cinétique de germination de la vesce indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre NaCl+Gly et classe les résultats en 6 groupes : le groupe **a** est composé par le témoin N0+Gly, le groupe **b** est constitué de N8+Gly, N10+Gly, N12+Gly et N14+Gly, le groupe **c** est constitué de N22+Gly, le groupe **cd** est constitué de N16+Gly, le groupe **de** est constitué de N18+Gly et N20+Gly et le groupe **e** est constitué de N24+Gly.

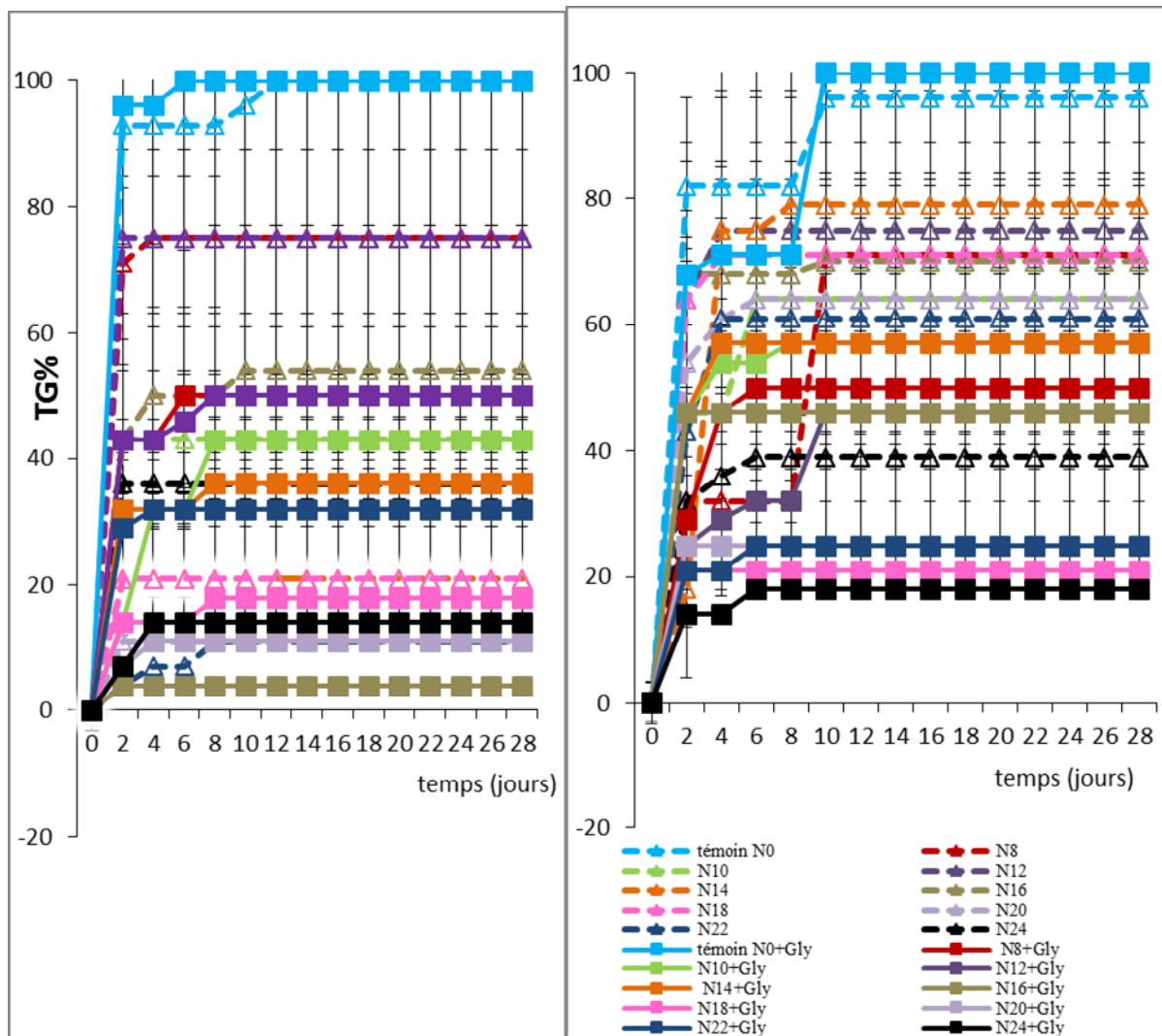


Figure 6 : Cinétiques de germination des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées sur substrat, traitées avec différentes concentrations de NaCl (N : courbes en pointillées) et au Glyphosate associé au NaCl (Gly +N : courbes en trait plein)

2.1.2. Taux de levé de la vesce et du trèfle après 28 jours (TG)

La figure 7 montre le taux de germination respectivement des graines de vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) après 28 jours traitées au NaCl et au NaCl et Glyphosate comparativement aux témoins non traitées. Nous constatons d'après ces figures que les TG des graines témoin sont supérieures à celles des graines stressées pour toutes les concentrations utilisées à l'exception du 8g/l de NaCl+Gly qui est supérieure au témoin chez le trèfle. Nos résultats montrent que le TG maximal est atteint chez les graines témoins de vesce et de trèfle. En revanche à partir de 8 jusqu'à 24g/l de NaCl nous constatons un autre comportement puisque les résultats des graines traitées avec différentes concentrations de NaCl ont des TG plus élevés par rapport à ceux obtenus avec glyphosate pour le trèfle alors

que les résultats sont plus variables chez la vesce, c'est le cas de 14 et 22g/l où les TG des graines traitées au glyphosate sont supérieures à ceux traité avec le NaCl.

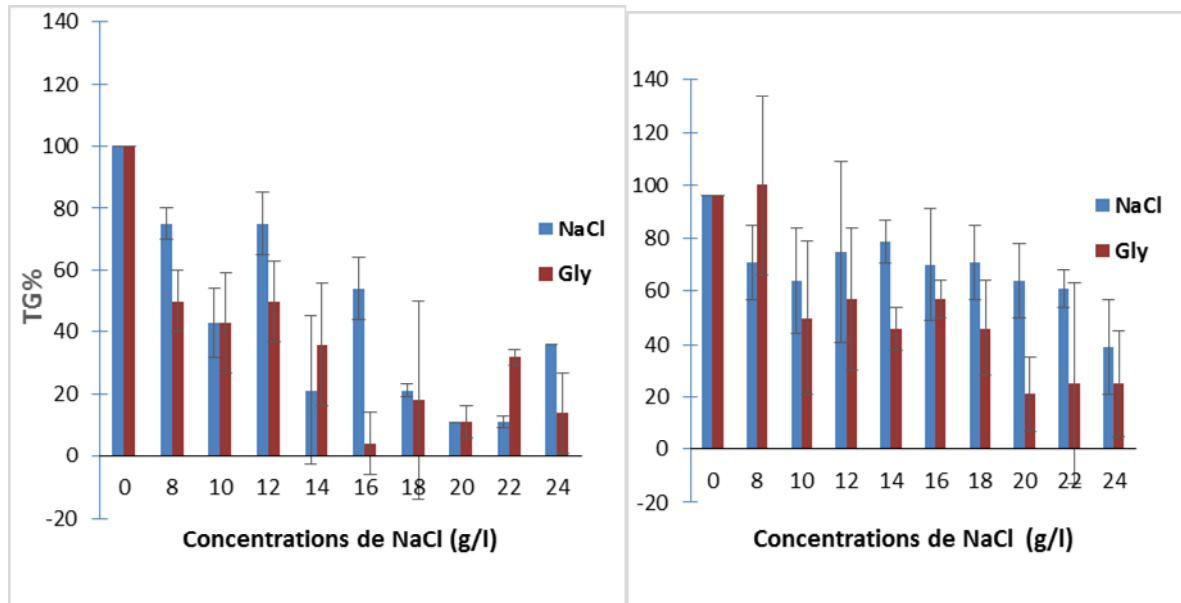


Figure 7 : TG après 28 jours des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées sur substrat, traitée au NaCl et au NaCl associé au glyphosate.

2.1.3. Temps moyen de germination de la vesce et du trèfle (TMG)

La figure 8 montre les TMG des graines de vesce et de trèfle traitées au NaCl et au NaCl+Gly respectivement sur une période de 28 jours. D'après les résultats illustrés sur ces figures on observe que les TMG de la vesce sont plus faibles comparativement à ceux du trèfle pour les premières concentrations. A partir de 18g/l de NaCl on observe une diminution des TMG chez les deux espèces et cela pour les deux traitements avec ou sans glyphosate. Les résultats montrent aussi que le TMG des graines traitées avec NaCl du trèfle sont supérieurs à ceux des graines traitées au NaCl et glyphosate. Ces TMG diminuent à mesure que le NaCl augmente.

Le test de kruskal-wallis pour TMG vesce indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre NaCl et classe les résultats en 7 groupes : le groupe **a** es00t composé par le témoin N0, le groupe **ab** est constitué de N22, le groupe **abc** est constitué e N14, le groupe **bcd** est constitué de N16, le groupe **cde** est constitué de N10, N12 et N20, le groupe **de** est constitué de N24 et le groupe **e** est constitué de N18.

Le test de kruskal-wallis pour TMG vesce indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre NaCl+Gly et classe les résultats en 5 groupes : le groupe **a** est constitué de N8+Gly, N10+Gly et N12+Gly, le groupe **b** est composé par le témoin N0+Gly, le groupe **c** est constitué de N14+Gly, le groupe **d** est constitué de N18+Gly, N22+Gly et N24+Gly et groupe **e** est constitué de N16+Gly et N20+Gly.

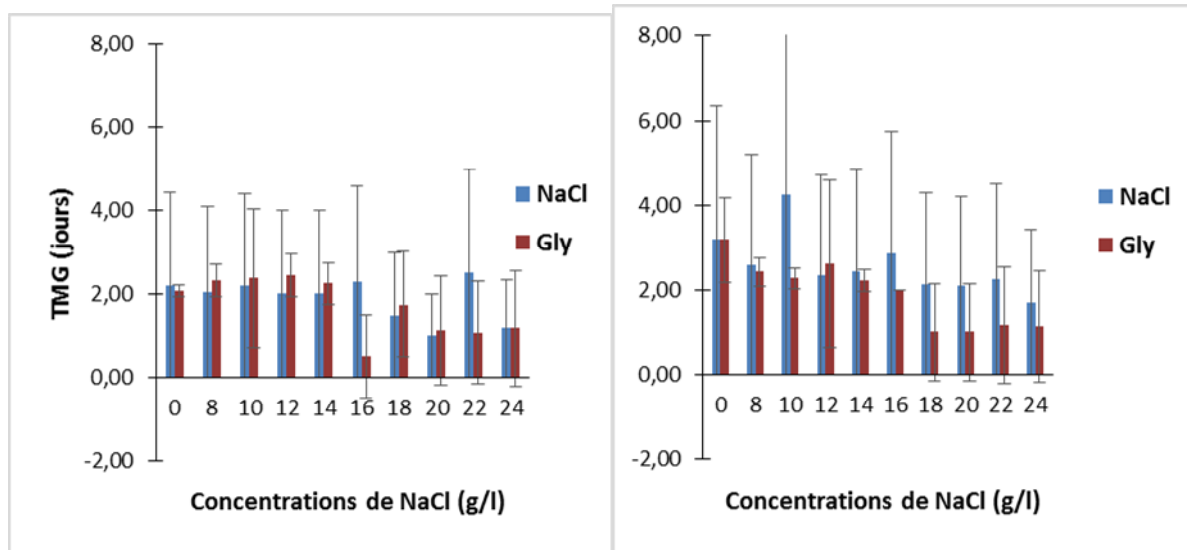


Figure 8 : TMG des graines de la vesce (à gauche) et du trèfle (à droite) cultivées sur substrat, traitées au NaCl et au NaCl associé au glyphosate.

3. Comparaison de l'effet du glyphosate et du NaCl sur la germination de la vesce et du trèfle en boîtes de pétrie et sur substrat

Sur substrat, les témoins atteignent les 100% plus rapidement comparant aux boîtes de pétries, au bout du 2^{ème} jours pour la vesce et du 6^{ème} jour pour le trèfle. Le TG des graines traitées diminue au fur et à mesure que la concentration de NaCl augmente cette diminution est observée davantage chez la vesce en boîtes de pétrie. On remarque aussi que les TG NaCl+Gly sont plus élevés que ceux du NaCl seul chez le trèfle en boîtes de pétries contrairement sur substrat où les TG NaCl sont plus élevées que ceux du NaCl+Gly seul chez le trèfle. Sur substrat les TG diminuent de 10 à 30% pour les graines traitées avec le NaCl+Gly, de 8 à 16g/l de NaCl+Gly par contre, dans les boîtes de petri on constate une augmentation de 10 à 30% pour les graines traitées avec le NaCl uniquement (10 et 16g/l NaCl). Sur substrat et en boîtes de pétries les témoins atteignent les 100%, et le TG de graines traitées diminue au fur et à mesure que la concentration de NaCl augmente. Le pouvoir germinatif de la vesce est plus élevé sur substrat que dans les boîtes de pétri à partir du

traitement 14g/l de NaCl+Gly. En effet, en boîtes de pétries à 22g/l NaCl+Gly le TG est de 1%, par contre pour la même concentration sur substrat, les TG est de 11% pour NaCl et 32% pour NaCl+Gly, comparativement au trèfle qui a une faible germination sur substrat avec des diminutions des TG. Le TG 10 g/l NaCl+Gly, en boîtes de pétries est de 79% pour NaCl et 93% pour NaCl+Gly, par contre sur substrat est de 64% pour NaCl et 50% pour NaCl+Gly.

On peut conclure que les graines cultivées en présence de fortes concentrations de NaCl associées ou pas au glyphosate germent mieux sur substrat par rapport aux boîtes de pétries.

On remarque que les TMG des graines cultivées dans des boîtes de pétries augmentent avec l'augmentation du NaCl, ou NaCl+Gly, contrairement aux TMG du substrat qui diminuent avec l'augmentation de la concentration NaCl, ou NaCl+Gly. On conclue que le pouvoir germinatif des graines traitées aux différentes concentrations de NaCl, ou NaCl+Gly germent plus rapidement sur substrat que celles des boîtes de pétries.

4. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur le pH du substrat de culture de la vesce et du trèfle

Le pH du sol est mesuré par un pH-mètre, après décantation (2h), les résultats sont représentés dans le tableau suivant (Tab. 2). Le sol utilisé provient du campus de l'UMMTO. Les mesures du pH et de la conductivité électrique ont été réalisées avant et après culture et traitement. Avant la culture ce substrat présentait un pH de 8.12 ± 0.02 selon l'échelle de Mathieu et Pieltain (2003) c'est est un sol alcalin non salé, et présente une conductivité électrique de $284,5715 \pm 48,4701202 \mu\text{mhos/cm}$ (Mathieu et Pieltain, 2003).

Tableau 2 : pH du substrat de culture après 28 jours de la vesce et du trèfle à différentes concentrations de NaCl avec ou sans glyphosate.

Sp/ Ech	N0	GNO	N8	GN8	N10	GN10	N12	GN12	N14	GN14
vesce	7,90 ± 0.01	7,87 ± 0.17	7,83 ±0.03	7,70 ±0.05	7,78 ±0.12	7,80 ±0.8	7,80 ±0.01	7,46 ±0.09	7,78 ±0.02	7,64 ± 0.07
trèfle	7,70 ±0.01	7,73 ±0.16	7,93 ±0.08	7,54 ±0.04	7,94 ±0.03	7,70 ± 0.06	7,80 ±0.12	7,60 ±0.03	7,85 ±0.06	7,63 ±0.07

D'après les résultats on constate que le substrat avait initialement un pH de 8.12 ± 0.02 et donc alcalin selon Mathieu et Pieltain (2003). Les mesures du pH du sol après 2 mois de culture de la vesce et du trèfle traitées au NaCl ou NaCl et glyphosate ont enregistré une légère baisse du pH puisque les valeurs obtenues varient entre 7,70 et 7,90. L'échelle de désignation du type de sol, en fonction du pH indiquée par Mathieu et Pieltain (2003) nous permet de conclure que le sol est alcalin, et donc qu'il n'y a pas eu d'effets importants du NaCl ou du glyphosate sur ce sol.

5. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur la conductivité électrique (CE) du substrat de culture de la vesce et du trèfle

La mesure de la conductivité électrique est faite pour les deux espèces pour les traitements à partir du témoin NaCl à 14g/l avec leurs équivalents associés au glyphosate. Les résultats de la mesure de conductivité électrique sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Conductivité électrique (CE en mmhos/cm), du substrat de culture après 28 jours des graines de la vesce et du trèfle traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.

CE (mmhos.cm⁻¹)	N0	N8	N10	N12	N14
Vesce NaCl	0,504 ± 0,015	3,235 ± 0,301	3,649 ± 0,263	3,386 ± 0,022	3,913 ± 0,526
Vesce NaCl+Gly	0,515 ± 0,003	1,063 ± 0,301	4,477 ± 0,037	3,536 ± 0,075	2,818 ± 0,568
Trèfle NaCl	0,402 ± 0,161	3,574 ± 0,112	2,464 ± 0,018	3,461 ± 0,301	3,875 ± 0,188
Trèfle NaCl+Gly	0,422 ± 0,101	4,138 ± 0,376	3,687 ± 0,020	3,235 ± 0,150	3,555 ± 0,077

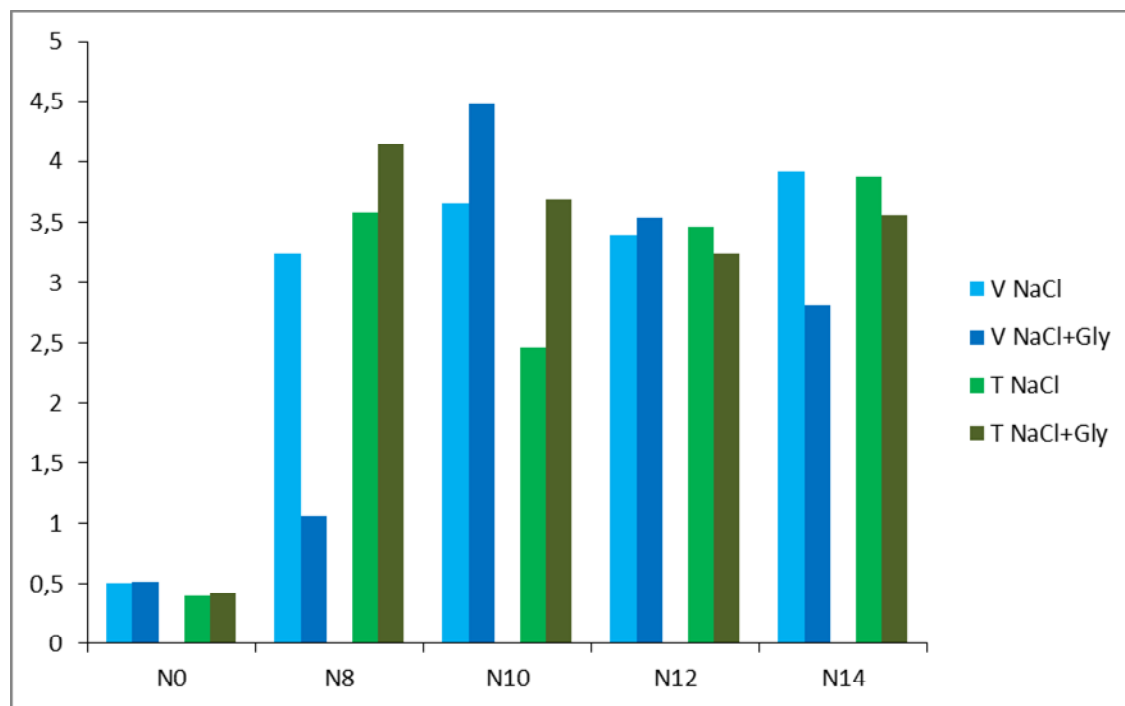


Figure 9 : Conductivité électrique du substrat de culture de la vesce et du trèfle traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate.

Les résultats obtenus, de la CE après 2 mois de culture de la vesce et du trèfle traitées au NaCl ou NaCl et glyphosate montrent une valeur inférieure à 0.6 pour les témoins ce qui signifie que le sol est non salin d'après Mathieu et Pieltain (2003). Par contre à partir du traitement 8g/l de NaCl, les valeurs de la CE sont élevées, indiquant que le sol est très salé pour les deux espèces vesce et trèfle. Ces fortes salinités des sols des différentes cultures sont inattendues et sont probablement surestimées en raison d'un mauvais étalonnage de l'appareil (Mathieu et Pieltain, 2003). En effet, d'après ces auteurs, la constante de cellule doit être proche de l'unité ce qui n'est pas notre cas (0.7236). D'une manière générale, nous pouvons conclure que le traitement NaCl a influencé la composition du sol qui est passé d'un sol non salé à un sol salé. Le glyphosate n'aurait quant à lui pas eu d'influence.

6. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur la teneur en eau des parties aériennes de la vesce et du trèfle

Par manque de matière fraîche, nous avons réalisé une teneur en eau sur un échantillon moyen de matière et nous n'avons pas eu de répétitions. De plus, les mesures n'ont porté que sur les échantillons ayant reçu jusqu'à 14 g/l de NaCl les autres concentrations n'ayant pas permis l'obtention de matière fraîche. Le trèfle pour tous les traitements avec ou sans

glyphosate présente les teneurs en eau proches des plantes témoins. Alors que chez la vesce le maximum de teneur en H₂O atteint pour les traitements n'est que de 80 %. Ce qui laisse supposer que la teneur en eau du trèfle n'est pas affectée par ces traitements contrairement à la vesce, montrant que le trèfle présente une meilleure réponse au stress que la vesce.

Le test de kruskal-wallis pour la teneur en eau indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre NaCl et classe les résultats en 6 groupes : le groupe **a** est composé par le témoin N0, le groupe **b** est constitué de N10 le groupe **c** est constitué de N8 et N14, le groupe **d** est constitué de N12, le groupe **e** est constitué de N16 et le groupe **f** est constitué de N18, N20, N22 et N24.

Le test de kruskal-wallis pour la teneur en eau indique qu'il y a une différence significative au seuil de 5% pour le paramètre NaCl+Gly et classe les résultats en 4 groupes : le groupe **a** est composé par le témoin N0+Gly, le groupe **b** est constitué de N10+Gly, le groupe **c** est constitué de N8+Gly, N12+Gly et N14+Gly et le groupe **d** est constitué de N16+Gly, N18+Gly, N20+Gly, N22+Gly et N24+Gly.

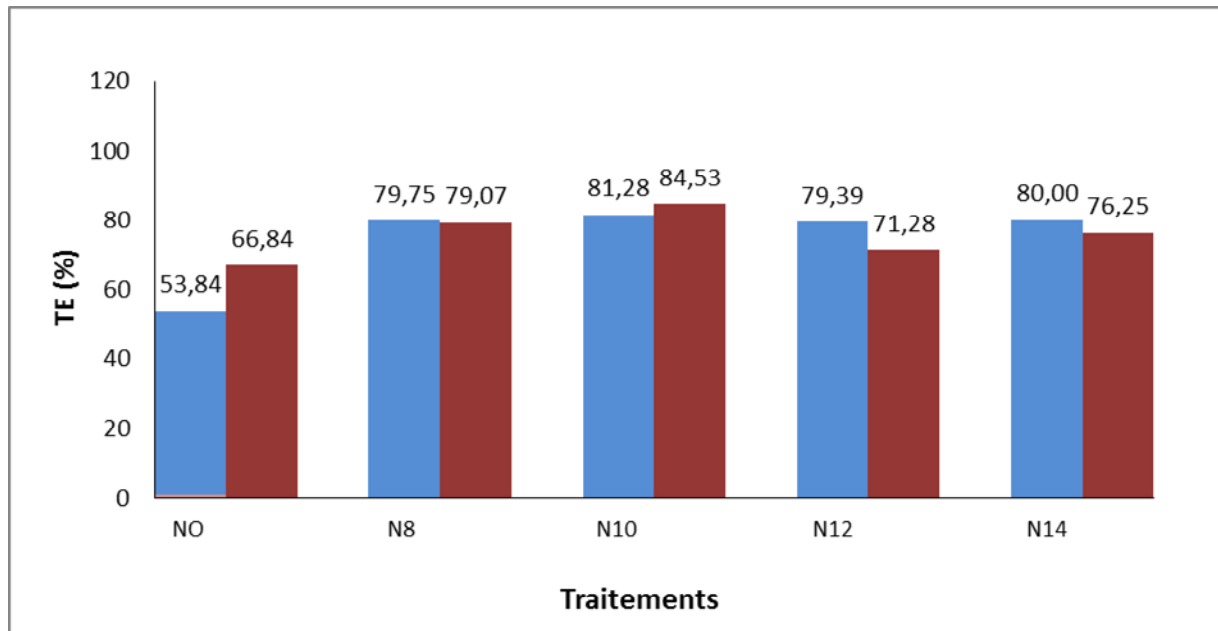


Figure 10 (a) : Teneur H₂O des feuilles de la vesce cultivée sur substrat et traitée avec du NaCl (en bleu) ou NaCl associé au glyphosate (en rouge).

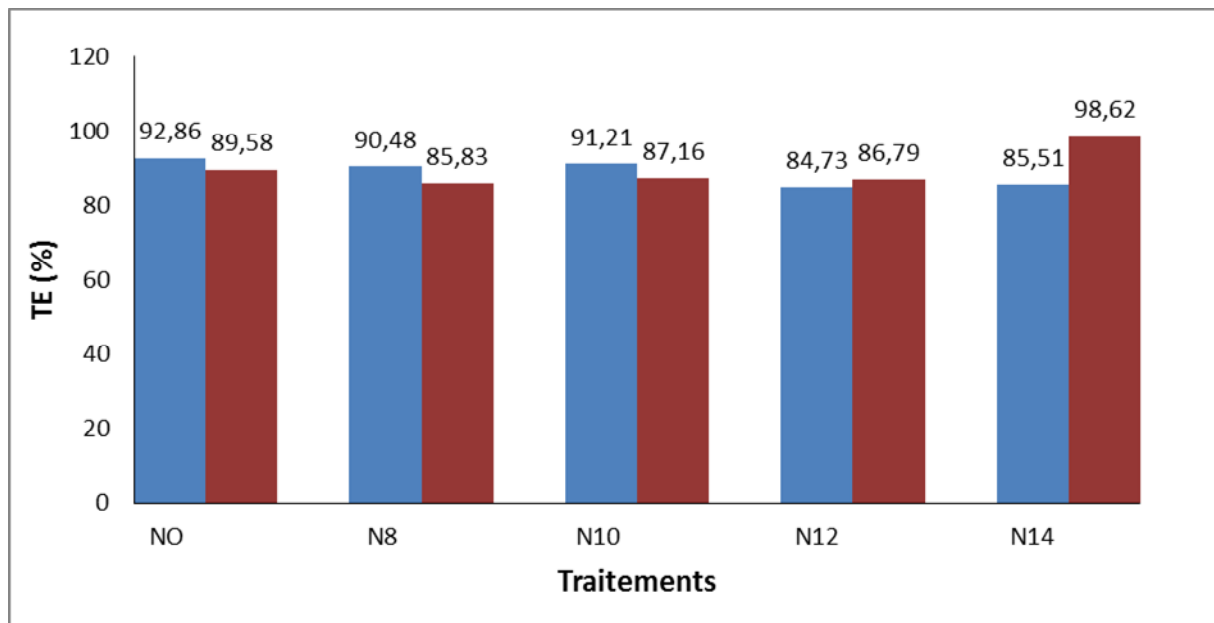


Figure 10 (b) : Teneur H₂O des feuilles du trèfle cultivé sur substrat et traitée avec du NaCl (en bleu) ou NaCl associé au glyphosate (en rouge).

7. Influence du NaCl et du NaCl associée au glyphosate sur la teneur en pigments des feuilles des plantes de la vesce et du trèfle

Les figures 11(a) et 11(b) montrent respectivement les teneurs en pigments (chlorophylles **a** et **b** et caroténoïdes) des parties aériennes des plantes de **vesce** cultivées sur substrat et traitées au NaCl (Fig. 11a) et au NaCl et glyphosate (Fig. 11 b). On constate d'après la (Fig. 11a) que le NaCl a diminué les teneurs en chlorophylle à des plantes stressées comparativement aux plantes témoin. A partir de 8g/l de NaCl, la teneur en chlorophylle a est quasi identique pour toutes les plantes stressées. La chlorophylle b est faible chez les plantes témoins et est plus élevée chez les plantes stressées. Les caroténoïdes augmentent à partir de 12g/l de NaCl montrant probablement une réponse au stress de ces plantes. Sur la (Fig. 11b) on constate que le glyphosate a diminué les taux de chlorophylle a pour les plantes traitées à partir de 10g/l de NaCl, et les taux ne présentent pas de variations importantes avec les autres concentrations. D'une manière générale on constate pour les caroténoïdes une diminution des taux chez les plantes avec glyphosate comparativement à celles sans glyphosate.

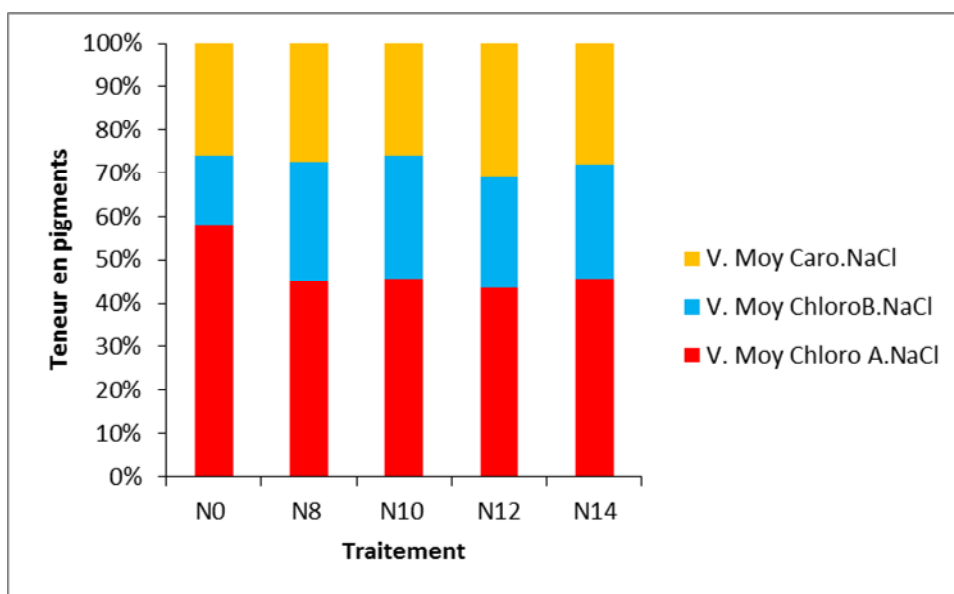


Figure 11 (a) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de la vesce traitée avec du NaCl.

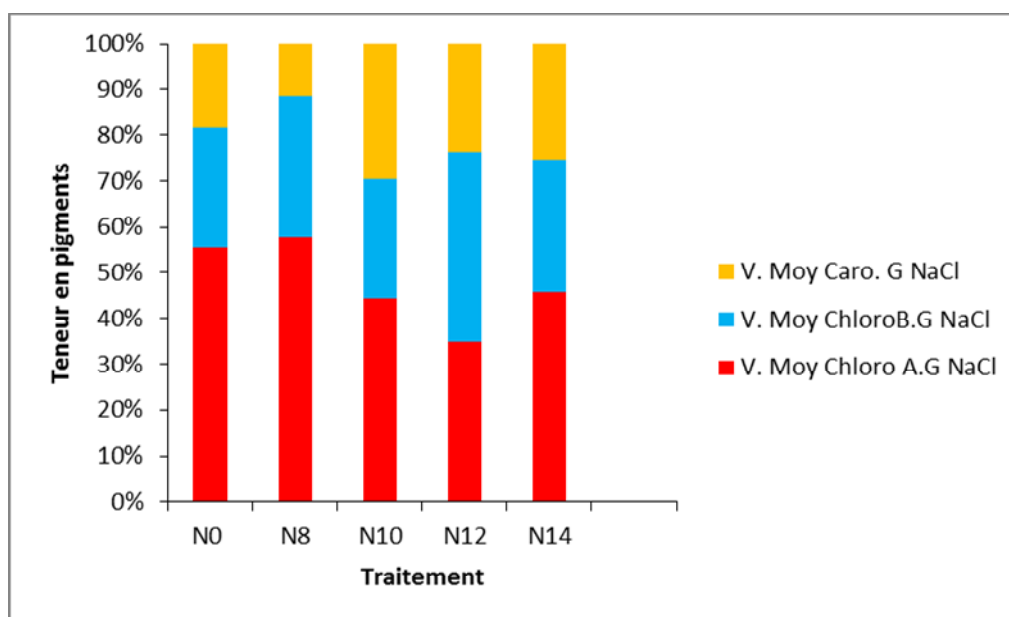


Figure 11 (b) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de la vesce traitée avec du NaCl associé au glyphosate.

La figure 12(a) représentant les teneurs en pigments du trèfle traité avec différentes concentrations de NaCl, et montre que toutes les concentrations de NaCl ont augmenté les teneurs des chlorophylles **a** du trèfle laissant. Les chlorophylles **b** ne présentent pas de changements marquants alors que les caroténoïdes marquent une diminution des taux sous stress salin. La (Fig 12b) montre que le prétraitement au glyphosate du sol a augmenté les

teneurs en chlorophylles **a** du trèfle comparativement au traitement NaCl (Fig 10a). Si on compare les témoins des plantes sans et avec glyphosate seulement, on constate que le glyphosate a diminué les teneurs en caroténoïdes de ces plantes.

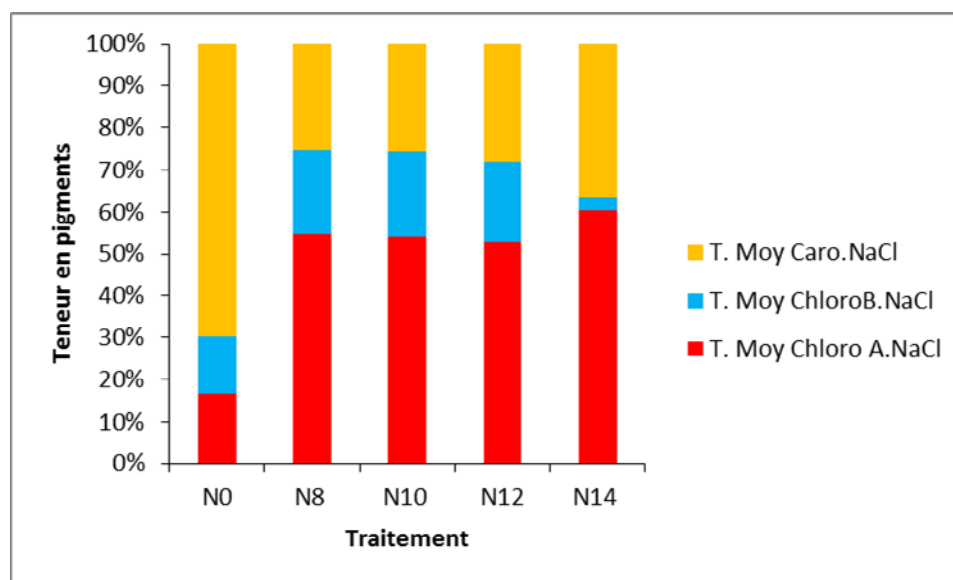


Figure 12(a) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de trèfle traité avec le NaCl.

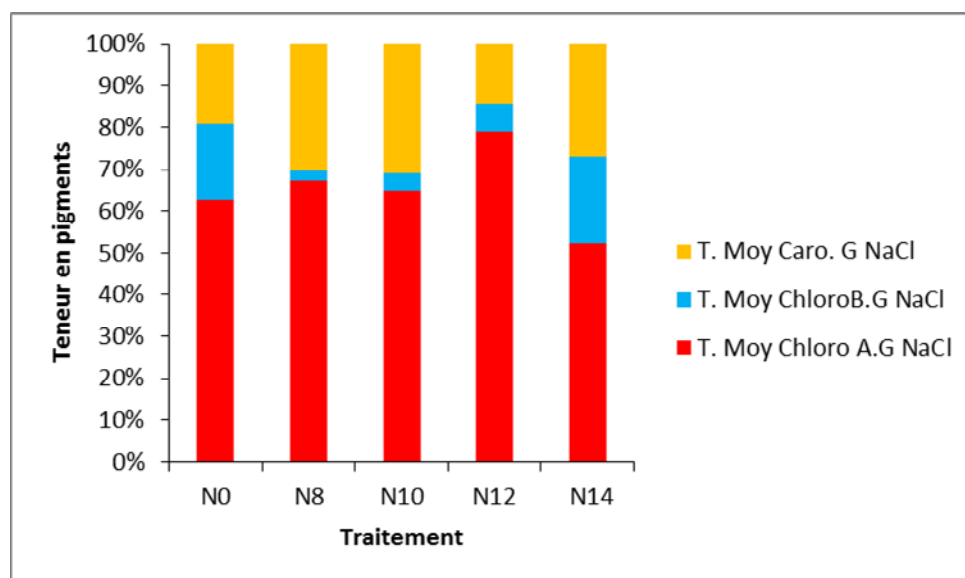


Figure 12(b) : Teneurs en pigments des feuilles des plantes de trèfle traité avec le NaCl associé au glyphosate.

Discussion :

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats obtenus pour les deux espèces cultivées en boîtes de Pétri et sur substrat pour les paramètres TG et TMG et sur substrat seul pour les paramètres restant.

Tableau 4 : résumé des principaux résultats.

Esp Paramètre	Vesce		Trèfle	
	NaCl	NaCl+Gly	NaCl	NaCl+Gly
Paramètres de la vesce et du trèfle cultivés en boîtes de Petrie et sur substrat				
TG boîtes de Petrie et pots	↘ (14g/l)	↘	↘ (22g/l)	↘
TMG boîtes de Petrie+pots	Pas d'influence		↘	
Paramètres de la vesce et du trèfle cultivés sur substrat				
pH sol	Alcalin (inchangé)			
CE sol	Très salé (non salé avant culture)			
Teneur H2O feuilles	↗		Inchangée	
Teneur Chl a	↘		↗	
Teneur Chl b	Inchangée		Inchangée	↘
Teneur Car T	↗	↘	↘	Inchangée

Des résultats que nous venons de décrire, il convient de retenir les points essentiels suivants : Les graines de vesce et de trèfle testées à l'égard de la germination et des autres paramètres physiologiques répondent avec des comportements différents au stress salin et au stress salin associé à un prétraitement du sol avec du glyphosate.

Nos résultats ont montré sur les deux expérimentations (boîtes de Pétri et substrat), que le NaCl et le NaCl associé au prétraitement du sol avec du glyphosate a diminué les TG des deux espèces, et que cette diminution est proportionnelle à l'augmentation de ce stress. La

vesce enregistre une diminution visible des TG marquée dès 14g/l de NaCl, et 14g/l de NaCl +Gly. Ce qui n'est pas le cas du trèfle, puisqu'il maintient au-delà de 14g/l des TG élevés. Ces résultats ont été notés aussi par Guecem et Belilla (2017). L'effet de la salinité n'est pas homogène pour tous les organes. Les réponses morphologiques, physiologiques et métaboliques de ces derniers sont différentes (Hilal *et al.*, 1998) et parfois même opposées entre les stades juvéniles et adultes (Munns et Termaat, 1986).

La résistance du trèfle au stress salin peut être due à une diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire. La réduction de la croissance peut être aussi liée à des perturbations des taux des régulateurs de croissance (acide abscissique et cytokinines) induites par le sel (Kuiper *et al.*, 1990), parfois à une réduction de la capacité photosynthétique suite à une diminution de la conductance stomatique de CO₂ sous la contrainte saline (Santiago *et al.*, 2000).

Concernant les teneurs en eau des parties aériennes des deux espèces, on remarque que la différence principale porte sur les teneurs en eau du trèfle qui présente les teneurs les plus élevées comparativement à la vesce. De plus, le NaCl ou NaCl et glyphosate n'ont pas varié ces teneurs quand on les compare au témoin montrant que ce stress n'a pas eu probablement d'effet sur l'hydratation du trèfle contrairement à la vesce.

Les pigments ont des teneurs différentes entre la vesce et le trèfle, le NaCl et (ou) le glyphosate ont diminué les taux de chlorophylle a chez la vesce comparativement aux témoins. Nous n'observons pas de changements pour les chlorophylles b. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Ben kaddour, (2014). Les caroténoïdes augmentent chez la vesce traitée au NaCl mais diminuent quand le traitement est associé au glyphosate. Chez le trèfle le résultat marquant des pigments porte sur une augmentation des chlorophylles a chez les plantes traitées au NaCl et NaCl associé au glyphosate. La réduction des pigments photorécepteurs, notamment chlorophylle (a), (b) et caroténoïdes est expliquée par Tewari et Singh, (1991), comme étant une sensibilité des végétaux au sel NaCl pendant une étape de la biosynthèse de la chlorophylle. Signalons par ailleurs, que la chlorophylle (b) a été moins affectée que la chlorophylle (a).

La photosynthèse est nettement réduite par la fermeture des stomates et éventuellement la diminution de la conductance du mésophile foliaire, causée par la perte de turgescence et la dégradation des membranes cellulaires. Ce qui entraîne un frein à la diffusion du CO₂ dans les feuilles, ou encore la toxicité de certains ions du sel (Na⁺, Cl⁻) qui

engendrait une sénescence avancée des tissus, et aussi la baisse de l'activité enzymatique causée par le changement de la conformation de la structure des enzymes (Iyengar et Reddy, 1996). Keiper et al. (1998) ont montré que la structure des chloroplastes est affectée par les conditions environnementales sévères et en particulier par le stress salin qui entraîne une désorganisation des systèmes granaires et lamellaires. Selon Ball et al. (1994) la perméabilité des membranes thylakoïdiennes aux ions Na^+ et Cl^- est considérée comme basse ce qui expliquerait le maintien d'une certaine capacité photosynthétique sous la contrainte saline (Flowers et Yeo, 1995). Ce stress induit par le NaCl et le glyphosate sur les deux espèces étudiées n'a probablement pas eu d'impact sur le sol puisque ce dernier n'a pas enregistré de variations de pH qui est resté alcalin comme avant la mise en culture. En revanche, la CE a montré que les sols après culture des deux espèces sont devenus salins

L'ensemble de ces résultats nous montrent que c'est davantage le NaCl qui présente plus d'effets négatifs de stress comparativement au glyphosate qui n'a pas eu d'effet marquant sur ces plantes. Nous avons observé aussi un effet différent de comportement des deux espèces vesce et trèfle : une tolérance au stress salin et ou au glyphosate du trèfle a été observée (résultat conformes à Guecem et Bellila 2017), comparativement à la vesce en phase de germination avec probablement une concentration seuil de NaCl pour la vesce (14g/l).

Conclusion :

Notre travail a porté sur l'effet des concentrations croissantes de NaCl (de 0 à 24g/l) sur la germination et la croissance de deux espèces fourragères : la vesce (*Vicia sativa* L.) et le trèfle (*Trifolium resupinatum* L.) d'une part, et l'effet du NaCl associé à un prétraitement du substrat avec le glyphosate d'autre part. L'intérêt de cette étude a pour but de comprendre le comportement d'espèces pouvant jouer un rôle important sur le plan économique face au stress salin qui touche de plus en plus nos terres. Par ailleurs, les conséquences de l'application anarchique de pesticides sont actuellement étudiées sérieusement afin d'évaluer leur dangerosité. Chez les plantes il est signalé un effet de résistance chez certaines espèces mais également des effets négatifs sur leur germination, croissance et développement.

Nos résultats ont montré un effet négatif du NaCl sur le taux et le temps de germination de la vesce et du trèfle qui est proportionnel à l'augmentation de la salinité dans le milieu. Mais nous avons aussi obtenu un comportement particulier du trèfle qui montre une meilleure tolérance ou une meilleure résistance au sel et au glyphosate comparativement à la vesce qui elle semble ne pas tolérer des concentrations de NaCl supérieures à 14g/l. Cette tolérance du trèfle se traduit par des taux de germination plus élevés, une meilleure hydratation et des taux de chlorophylle a, maintenus élevés, indice d'une bonne activité photosynthétique.

Il serait intéressant d'approfondir l'étude de ce comportement particulier du trèfle face au stress salin. En effet, la culture de cette espèce tolérante pourrait être intéressante dans de nombreuses régions touchées par l'aridité et la sécheresse en Algérie. Ces résultats devraient donc être confirmés dans un essai en plein champs où la dynamique des sels est plus complexe avec son association au glyphosate. Il serait aussi intéressant d'étudier le comportement de ces espèces grâce à d'autres paramètres physiologiques, tels que le dosage de métabolites révélateurs de stress (proline, les sucres etc...). Cette étude pourrait aussi être élargie à d'autres espèces fourragères afin de cerner leur comportement face au stress salin et au glyphosate et d'en choisir les plus tolérantes au stress et donc les plus adaptées aux régions souffrant d'aridité.

Références bibliographiques :

1. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides, FAO.1986. Rome.
2. Abdelguerfi A., Laouar M. 1999. Les espèces fourragères et pastorales. Leur utilisation au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). FAO, Régionale Office NEAR EAST, Le Caire, Egypte.p 110.
3. Al Rajab A. 2007. Impact sur l'environnement d'un herbicide non sélectif, le glyphosate .Approche modélisée en conditions contrôlées et naturelles. Thèse de doctorat, Spécialité : Sciences Agronomiques, Institut National Polytechnique de Lorraine, Université Nancy. P 168.
4. Al Rajab A., Schiavon M. 2010. Degradation of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in three agricultural soils, Journal of Environmental Sciences, Vol 22. P 1374-1380.
5. Amalric L. et Ghestem J. 2009.Substances candidates de la directive 2008/105/CE : méthodes d'analyse disponibles et capacités analytiques des laboratoires. Rapport BRGM/RP-57956-FR, P 99.
6. Amara N., Benrima A. 2017. Effet de la contrainte saline sur la croissance et le développement de la coriandre *Coriandrum sativum* L. Revue Agrobiologia 7(1).P 203-209.
7. Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. Flora, 199: 361-376.
8. Aubert G. 1983. Observation sur les caractéristiques, la dénaturation et la classification des sols salés ou sals sodiques. Cahier O.R.S.T.O.M. Service Pédologie, N°1.P 73- 78.
9. Ball M.C., Butterworth J.A., Roden J.S., Christian R., Egerton J.J.G.1994. Applications of chlorophyll fluorescence to forest ecology, Aust. J. Plant Physiol. 22. P 311–319.
10. Barriuso E., Calvet R., Schiavon M., Soulas G. 1996.Les pesticides et les polluants organiques des sols : Transformations et dissipation. Etudes et Gestion des Sols, numéro spécial : Le sol, un patrimoine menacé, In <http://www.inra.fr>. P 279-295.
11. Belkhoudja M., Bidal Y. 2004. La réponse des graines d'*Artiplex halimus* L. à la salinité au stade de germination. Science et changement planétaire/sécheresse : 15, N°4 P 331-335.
12. Guecem A., Bellila F. 2017. L'effet du stress salin sur la germination de deux fabacées : *Trifolium resupinatum* et *Vicia sativa*. Mémoire de master 2 spécialité biotechnologie des plantes. UMMTO
13. Ben kaddour M. 2014.Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. Thèse d'un diplôme de doctorat 3eme cycle spécialité : biologie végétale et environnement option écophysiologie végétale Université Badji Mokhtar - Annaba.
14. Ben Khaled L., Gomez A., Honrubia M., Oihabi A. 2003. Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. Agronomie Vol.23, N°7, 553-560.

15. Ben khaled L., Ouarraq E., Zid F. 2007. Impacte du NaCl sur la coissance et la nutrition de la variété de blé du Massa cultivé en milieu hydroponique. Acta Bio.Gallica.154 (1) P 101-116.
16. Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Maddah M., Selmi M. 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sciences et changement planétaire/Sécheresse.12 (3).P 167-174.
17. Bertonnier L., Bonansea V., Bonnet F., Duran R-C., 2012- Etude du glyphosate (Roundup). INP, Genie industriel, Grenoble, P 3.
18. Bouby L., Léa V. 2006. Exploitation de la vesce commune *Vicia sativa* L. au Néolithique moyen dans le sud de la France. Données cartographiques du site de Claparouse (Lagnes, Vaucluse) C.R Palevol 5. P 973-980.
19. Bouchet L., Cocard H. 2012. Etude socio-économique de l'utilisation du glyphosate à l'échelle des exploitations agricoles en France. Envilys. 170 Boulevard du Chapitre - 34750 villeneuve-les-maguelone – France
20. Bouda S., Haddioui A., 2010. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Artiplex*. Nature et technologie : 72-79.
21. Burnie G., forrester S., Greing D., Guest S., Harmany M., Hobley S., Jackso G., Ledgett P., McDonald R., Macoboy S., Molyneux B., Moodie D., Newman D., North T., Purdy G., Ryan S., Schien G., Silk J. 2005. Botanica. Encyclopédie de botanique et d'horticulture. Editions Place des Victoire.
22. Couture G., Legris J., Langevin R. 1995. Évaluation des impacts du glyphosate utilisé dans le milieu forestier. Direction de l'environnement forestier, Service du suivi environnemental, Ministère des Ressources naturelles, gouvernement du Québec, Québec, P 199.
23. Deng CN., Zhang GX., Pan XL, Zhao KY.2010: Chlorophyll fluorescence and gas exchange responses of maize seedlings to saline alkaline stress. Bulg J Agric Sci; 16. P 49-58.
24. Dubey R.S., Singh A.K. 1999. Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolising enzymes in rice plants. Biol. Plant. 42, 233-239.
25. El housseine T., Aldelmajid B., Sadki K. 1998. Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de la proline, de chlorophylle et de l'ARN_m codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés du blé dur *triticum durum*. Bulletin de l'institut scientifique, Rabat.21.P 81-87.
26. Ellison, N., Liston, A., Steiner, J.J., Williams, W., Taylor N. 2006. Molecular 2 phylogenetics of the clover genus (*Trifolium Leguminosae*), Mol. Phylogenet. Evol. 39: 3. P 688-705.
27. Farissi M., Aziz F., Bouizgaren A., Ghoulam C. 2014. La symbiose légumineuse-rhizobia sous conditions de salinité : Aspect Agri-physiologique et biochimique de la tolérance. International Journal of Innovation and Scientific Research .11. P 96-104.
28. Farissi M., Bouizgaren A., Faghire M., Bargaz A., Ghoulam C. 2011. "Agro-physiological responses of Moroccan alfalfa (*Medicago sativa* L.) Populations to salt stress during germination and early seedling stages", Seed Sci. and Technology, 39, P 389-401.

29. Flowers T.J., Yeo A.R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next , Aust. J. Plant Physiol. 22: 875–884.
30. Fukuda A., Chiba K., Maeda M., Nakamura A., Maeshima M., Tanaka Y. 2004. Effect of salt and osmotic stresses on the expression of genes for the vacuolar H⁺-pyrophosphatase, H⁺-ATPase subunit A, and Na⁺/H⁺ antiporter from barley. J Exp Bot; 55. P 585–94.
31. Gama A., Yann D. et Henri F. 2006. Utilisation des herbicides en forêt et gestion durable, Ministre de l'Agriculture et de la pêche, Département de la santé des forêts et de l'Office national des forêts (ONF), Edition Quae, P 240.
32. Gauvrit C. 1996. Efficacité et sélectivité des herbicides. Institut National de la Recherche Agronomique, Editions Quae, 3ème édition, Paris Cedex, P 1-10.
33. Gratao P., Polle A., Lea P., Azevedo R. 2005. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. Funct Plant Biol; 32.P 481- 494.
34. Hajlaoui H., Denden M., Bouzlama M. 2008. Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination.
35. Hopkins W. 2003- Physiologie végétale- Ed Evradr Boeck univ. Bruxelles .pp 514
36. Huber D., Cheng M., Winsor B. 2005. Association of severe *Corynespora* root rot of soybean with glyphosate-killed giant ragweed. Journal of Phytopathology Vol. 95, P 45.
37. Huber D., Haneklaus S. 2007. Managing nutrition to control plant disease. Journal of Landbauforschung Volkenrode, Vol. 57, P 313–322.
38. Javid M., Sorooshzadeh A., Moradi F., Sanavy Seyed A., Allahdadi I. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants AJCS, 5 (6) (2011), P. 726-734.
39. Keiper F.J., Chen D.M., De Filippis F.L. 1998. Respiratory, photosynthetic and ultrastructural changes accompanying salt adaptation in culture of *Eucalyptus microcorys*. J. Plant Physiol. 152. P 564-573.
40. Kernick, M. D. 1978. Ecological Management of Arid and Semi-arid Rangelands in Africa and the Near and Middle East. 4. P 599-619. FAO, Rome.
41. Kolpin D., Thurman M., Lee E., Meyer M., Furlong E., Glassmeyer S. 2005. Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States. Journal of Science of the Total Environment, Vol. 354, P 191– 193.
42. Le Mer C. 2009. Effets des expositions aux herbicides : Atrazine, Glyphosate sur des larves d'épinoches à trois épines, *Gastrosteus aculeatus* L, Programme de la maîtrise en Océanographie, Université du Québec à Rimouski, P 120.
43. Lenoble M., Papineau J. 1970. Le trèfle de perse. Son intérêt comme fourrage annuel d'été. pp 99.
44. Mahrouz F. 2013. Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de *l'Artiplex canescens*. Université Kasdi Merbah, Ouargla.
45. Mani F., Hannachi C. 2015. Effet du stress salin sur le comportement physiologique du piment de cayenne (*Capsicum frutescens*). Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology. 18 (1) P 639-647.
46. Matthieu C., Pietin F. 2003. Analyse chimique des sols, Méthodes choisies. Ed : Tec et Doc/Lavoisier. Paris. 208 p.

47. Nomura H., Hilton H. 1977. The adsorption and degradation of glyphosate in 5 Hawaii sugarcane soils. *Journal of Weed Research*, vol. 17, P 113-121.
48. Pelfrène A. 2003. Glyphosate, toxicologie et évaluation du risque pour l'homme. *Environnement, Risques sur la Santé*, P 323-334.
49. Prata F., Camponez V., Lavorenti A., Tornisielo V. 2003. Glyphosate sorption and desorption in soils with distinct phosphorus levels. *Journal of Scientia Agricola*, Vol. 60, P 175-180.
50. Prata F., Lavorenti A., Regitano J., Vereecken H., Tornisielo V., Pelissari A. 2005. Glyphosate behavior in a rhodicoxisol under no-till and conventional agricultural systems, *Revue of Brasileira. De Ciencia do Solo*, Vol. 21, P 69.
51. Rahmoune C., Maâlem S., Redjel F., Hioun S. Bennaceur M. 2001: Physiological and biochemical responses of two precocious varieties of wheat to phosphate rocks and TSP fertilisation in semi-arid land. *Proc XIVth. International Plant Nutrition Colloquium*, July 27- August 03-2001, Hannover, German.
52. Snoussi SA., Halitim A., Valles V. 2004. Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. *Cah Agric*; 13.P 283-7.
53. Taffouo V., Meguekam L., Kenne M., Yayi E., Magnitsop L., Akoa A., Ourry A. 2008. Germination et accumulation des métabolites chez les plantules de légumineuses cultivées sous stress salin. *Département de Biologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala. Agronomie Africaine* 20 (2).P 129 - 139
54. Tissot M., Delval P., Mamarot J., Ravanel P. 2006. *Plantes, herbicides et désherbage*. Edition : Association de coordination technique agricole, Paris Cedex, P 635.
55. Valini E., Alves E., Goday M., Meschede D., Souza R., Duke S. 2008. Glyphosate applied at low dose can stimulate plant growth. *Pest Management Science* 64.P 489-496.
56. Verdoy D., Redondo F., Lucas M., Pueyo J. 2006. Transgenic *Medicago truncatula* plants that accumulate proline display nitrogen-fixing activity with enhanced tolerance to osmotic stress. *Plant, Cell and Environment*.29: 1913-23.
57. Wang Y., Houlton B., Field, C. 2007. A model of biogeo-chemical cycles of carbon, nitrogen and phosphorus including symbiotic nitrogen fixation and phosphatase production, *Global Biogeochem*. DOI: 10.1029/2006GB002797.
58. Zablotowicz R., Accinelli C., Jason Krutz L., Reddy K. 2009. Soil depth and tillage effects on glyphosate degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 57: 885-892.
59. Zhu JK.2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Cur Opin in plant Biol*; 6: 441-445.

Annexes:

1^{ère} expérience :

NaCl

Var TG

Effet espèce 1^{ère} EXP boîte sur TG

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: TMG
D = 0.17169, p-value = 0.189
alternative hypothesis: two-sided
```

Analysis of Variance Table

Response: TG

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Sp	1	41254	41254	348.659	< 2.2e-16 ***
NaCl	9	79488	8832	74.644	< 2.2e-16 ***
Sp:NaCl	9	97498	10833	91.557	< 2.2e-16 ***
Residuals	280	33130	118		

Groupes pour NaCl

```
$groups
      TG groups
N0  47.764750  a
N8  44.422166  a
N10 36.587098  ab
N12 31.912967  ab
N14 22.181903  b
N16 21.026208  b
N18  5.937807  c
N20  5.684638  c
N24  4.133333  c
N22  3.866667  c
```

Groupes pour Sp et NaCl

```
$groups
      TG groups
N0  47.764750  a
N8  44.422166  a
N10 36.587098  b
N12 31.912967  b
N14 22.181903  c
N16 21.026208  c
N18  5.937807  d
N20  5.684638  d
N24  4.133333  d
N22  3.866667  d
```

Var TMG

```
One-sample Kolmogorov-Smirnov test
```

```
data: TMG
D = 0.16561, p-value = 0.02485
alternative hypothesis: two-sided
```

Effet espèces 1^{ère} EXP boites sur TMG

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: TMG by Sp
Kruskal-Wallis chi-squared = 12.571, df = 1, p-value = 0.0003919
```

Effet NaCl 1^{ère} EXP boite sur TMG

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: TMG by NaCl
Kruskal-Wallis chi-squared = 22.921, df = 9, p-value = 0.006377
```

```
$groups
      TMG groups
N18 64.1250      a
N16 55.6250     ab
N10 46.5625     abc
N14 44.6875     abc
N12 39.6250     bcd
N22 39.3125     bcd
N20 35.3125     bcd
N8  33.1875     cd
N24 26.6250     cd
N0  19.9375     d
```

Effet espèces et NaCl 1^{ère} EXP boite sur TMG

```
Kruskal-Wallis ranksum test
```

```
data: TMG by int
Kruskal-Wallis chi-squared = 22.921, df = 9, p-value = 0.006377
```

```

$groups
      TMG groups
Sp1TN18 64.1250      a
Sp1TN16 55.6250     ab
Sp1TN10 46.5625     abc
Sp1TN14 44.6875     abc
Sp1TN12 39.6250     bcd
Sp1TN22 39.3125     bcd
Sp1TN20 35.3125     bcd
Sp1TN8  33.1875      cd
Sp1TN24 26.6250      cd
Sp1TN0  19.9375      d

```

NaClGly

Effet espèces 1^{ère} EXP boites sur TG

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```

data:  TG
D = 0.24538, p-value = 4.441e-16
alternative hypothesis: two-sided

```

Kruskal-Wallis rank sum test

```

data:  TG by Sp
Kruskal-Wallis chi-squared = 47.329, df = 1, p-value = 6.002e-12

```

Effet NaCl+Gly 1^{ère} EXP boites sur TG

Kruskal-Wallis rank sum test

```

data:  TG by NaClGly
Kruskal-Wallis chi-squared = 77.59, df = 9, p-value = 4.859e-13

```

```

$groups
      TG groups
GN8  203.5500      a
GN12 189.9333     ab
GN18 182.8667     abc
GN10 182.1000     abc
GN14 166.5500     abc
GN0   161.5667     bc
GN16 149.0000      c
GN20 109.0833     d
GN24 102.4000     d
GN22  57.9500     e

```

Var TMG

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data: TMG
D = 0.12392, p-value = 0.1713
alternative hypothesis: two-sided

Analysis of Variance Table

Response: TMG

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Sp	1	26.103	26.1032	34.5246	1.979e-07	***
NaClGly	9	69.164	7.6849	10.1642	2.592e-09	***
Sp:NaClGly	9	20.930	2.3255	3.0758	0.004255	**
Residuals	60	45.364	0.7561			

Groupes NaCl+Gly

\$groups

	TMG groups
N24 5.488095	a
N16 3.487067	b
N18 3.473173	b
N14 3.457576	b
N12 3.326903	b
N10 2.824816	bc
N0 2.550000	bc
N8 2.535408	bc
N22 2.281250	bc
N20 2.037879	c

Groupes Sp et NaCl+Gly

	TMG groups
Sp1T:N24 6.333333	a
Sp2V:N24 4.642857	b
Sp1T:N18 4.357060	b
Sp1T:N22 3.812500	bc
Sp1T:N16 3.724134	bc
Sp1T:N14 3.712121	bc
Sp1T:N12 3.537088	bc
Sp1T:N20 3.325758	bc
Sp2V:N16 3.250000	bc
Sp2V:N14 3.203030	bc
Sp2V:N12 3.116718	bc
Sp1T:N0 3.000000	bc
Sp1T:N10 2.909375	bc
Sp2V:N10 2.740257	bc
Sp2V:N8 2.607843	bc
Sp2V:N18 2.589286	bc
Sp1T:N8 2.462972	bc
Sp2V:N0 2.100000	c
Sp2V:N20 0.750000	d
Sp2V:N22 0.750000	d

2^{ème} Expérience :

Traitements NaCl+ Gly

kruskal-wallis pour effet deNaClGly sur H2Omoy

Kruskal-Wallis rank sum test

data: H2Omoy by NaClGly

Kruskal-Wallis chi-squared = 280.63, df = 9, p-value < 2.2e-16

\$groups

H2Omoy groups

GN0 285.50 a

GN10 233.00 b

(GN14 206.75 / GN8 203.00 / GN12 199.25) c

(GN16 75.50 / GN18 75.50 / GN20 75.50 / GN22 75.50 / GN24 75.50) d

kruskal-wallis pour effet de NaClGly sur TGmoy

Kruskal-Wallis rank sum test

data: TGmoy by NaClGly

Kruskal-Wallis chi-squared = 172.17, df = 9, p-value < 2.2e-16

\$groups

TGmoy groups

GN0 268.06667 a

(GN8 206.71667 / GN10 195.56667 / GN14 194.65000 /GN12 187.16667) b

GN22 127.56667 c

GN16 105.20000 cd

(GN18 81.40000 / GN20 76.25000) de

GN24 62.41667 e

kruskal-wallis pour effet deNaCl+Gly sur TMGmoy

Kruskal-Wallis rank sum test

data: TMGmoy by NaClGly

Kruskal-Wallis chi-squared = 225.88, df = 9, p-value < 2.2e-16

\$groups

TMGmoy groups

(GN10 247.25 / GN12 240.75 / GN8 233.50) a

GN0 203.00 b

GN14 180.50 c

(GN22 105.25 / GN24 105.00 / GN18 94.00) d

(GN16 53.00 /GN20 42.75) e

kruskal-wallis pour effet de l'interaction espèce/ NaClGly sur H2Omoy

Kruskal-Wallis rank sum test

data: H2Omoy by SpNaClGly

Kruskal-Wallis chi-squared = 299, df = 19, p-value < 2.2e-16

\$groups

H2Omoy groups

GN0 285.50 a

GN10 233.00 b

(GN14 206.75 / GN8 203.00 / GN12 199.25) c

(GN16 75.50 / GN18 75.50 / GN20 75.50 / GN22 75.50 / GN24 75.50) d

TRAITEMENT NaCl :

kruskal-wallis pour effet deNaCl sur H2Omoy

Kruskal-Wallis rank sum test

data: H2Omoy by NaCl

Kruskal-Wallis chi-squared = 269.34, df = 9, p-value < 2.2e-16

\$groups

H2Omoy groups

N0 270.50 a

N10 240.25 b

(N8 218.75 / N14 210.00) c

N12 188.00 d

N16 105.50 e

(N18 68.00 / N20 68.00 / N22 68.00 / N24 68.00) f

kruskal-wallis pour effet de NaCl sur TGmoy

Kruskal-Wallis rank sum test

data: TGmoy by NaCl Kruskal-Wallis chi-squared = 132.22, df = 9, p-value < 2.2e-16

\$groups TGmoy groups

N0 268.10000 a

(N12 222.76667 / N8 191.66667) b

(N16 150.81667 / N14 145.90000 / N10 131.36667) c

N18 125.86667 cd

N20 94.38333 de

(N24 89.76667 / N22 84.36667) e

Résumé

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet du stress salin et du stress salin associé à un traitement au glyphosate sur la germination et les premiers stades de croissance de la vesce (*Vicia sativa* L.) et du trèfle (*Trifolium resupinatum* L.). Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri et en pots contenant des concentrations croissantes en sel NaCl (0 à 24g/l) avec et sans glyphosate. L'étude a montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination et les premiers stades de croissance des deux espèces. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de l'espèce en question. Le trèfle s'est montré le plus tolérant au stress salin avec un taux de germination de 18% en condition de stress les plus sévères (24g/l), alors que la vesce est moins tolérante puisque sa germination fortement touchée sous ce même stress. Nous n'avons pas enregistré d'effets marquants du glyphosate.

Mots Clés : vesce, trèfle, glyphosate, germination, NaCl.

Summary

The aim of this work is to investigate the effect of salt stress and salt stress associated with glyphosate treatment on germination and early growth stages of vetch (*Vicia sativa* L.) and clover (*Trifolium resupinatum* L.). The seeds are germinated in petri dishes and pots containing increasing concentrations of NaCl salt (0 to 24 g / l) with and without glyphosate.

The study showed that salt has a depressive effect on the germination rate and the early stages of growth of both species. However, this effect varies depending on the intensity of the stress and the species in question. Clover was the most tolerant of salt stress with a germination rate of 18% in the most severe stress conditions (24g / l), while vetch is less tolerant since its germination is strongly affected under this same stress. We did not record any significant effects of glyphosate.

Key words: vetch, clover, glyphosate, germination, NaCl.