

EFFET DE LA TOXICITE MANGANIFERE SUR LES PARAMETRES MORPHOMETRIQUES DE LA ROSELLE (*HIBISCUS SABDARIFFA L.VAR.SABDARIFFA*) AU GABON

Ontod Tshi-Tshi D.S.

Lepengue A.N.

M'batchi B.

Laboratoire de Physiologie Végétale et Protection des plantes, Unité de recherche
Agrobiologie, Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Gabon

Abstract

Manganese is one of Gabon main sources of foreign currency. However, its opencast mining poses the problem of environmental pollution in the extraction area. The present work was undertaken to study the effect of manganese on roselle's (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) growth in greenhouse conditions. Roselle seeds were sowed and grown on three enriched manganese soils (25% Mn, 50% Mn and 75% Mn). The effect of manganese on cultivated roselle was measured by looking at plant morphometric indices and comparing them with reference samples. Result showed that manganese induces leave chlorosis and reduces roselle growth parameters: longitudinal and diametric growth, leave area, fresh and dry matters. These decreases are proportional to manganese concentration. The lowest concentration (25% Mn) produces slight decrease or stimulate roselle morphometric growth parameters

Keywords: Manganese, Roselle, Toxicity, Disease, Growth, Decrease

Résumé

Le manganèse est l'une des principales sources de devise du Gabon. Son exploitation à ciel ouvert pose cependant le problème de pollution environnementale sur la zone d'extraction. Le présent travail a été réalisé pour étudier l'influence de ce minerai sur la croissance de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) en condition de serre. Les graines de cette plante ont été pour cela cultivées sur 3 milieux enrichis en manganèse (25% Mn ; 50% Mn ; 75% Mn). L'effet manganifère a été mesuré par la variation des indices

morphométriques des plantes, en comparaison avec des échantillons témoins. Les résultats ont révélé que le manganèse induisait des chloroses foliaires des plantes. Il a également réduit les croissances longitudinales et tangentielles des plantes, les surfaces foliaires ainsi que l'accumulation de leurs matières fraîche et sèche. Ces réductions ont été proportionnelles aux concentrations de manganèse dans le milieu. Les faibles teneurs de ce composé ont produit de légères réductions, et parfois stimulé la croissance des plantes.

Mots clés : Manganèse, Roselle, Pollution, Chlorose, Croissance, Réduction

Introduction

Le manganèse est un minerai de grande importance économique au Gabon. Il contribue depuis près de 50 ans à 4% du PIB national (Feumetio, 2002). Ainsi, grâce aux gisements de mines de Moanda, le Gabon constitue le troisième producteur mondial de manganèse, avec des exportations de l'ordre de 2 millions de tonnes par an (Anonyme, 2010). L'exploitation à ciel ouvert de ce minerai pose depuis quelques années le problème environnemental de son impact sur la faune et la flore périphérique (Lebas, 2010). Quelques travaux, notamment ceux de Eba et al. (2007) ont permis d'étudier la toxicité de ce minerai sur certaines plantes vivrières cultivées dans la région manganifère de Moanda. Ils ont déterminé le taux de manganèse accumulé dans différents organes de plantes cultivées et consommées dans cette région. D'autres études ont évalué la dynamique de régénération naturelle des anciens sites exploités (Lissambou, 2012). Mais tous ces travaux quoiqu'intéressants, sont restés parcellaires, limités à des fonctions physiologiques prédéfinies et ne permettent pas de comprendre l'impact étendu du manganèse sur les cycles biologiques des plantes affectées. C'est pour approfondir ces études préliminaires que le présent travail a été initié. Il vise à étudier l'impact de différentes concentrations de manganèse sur la croissance de la roselle en condition de serre. L'étude admet 2 objectifs spécifiques :

- L'analyse symptomatologique de la toxicité manganifère au cours de la croissance des plantes ;
- La mesure des indices morphométriques de croissance des plantes cultivées sur le milieu manganifère.

Materiel Et Methodes

Matériel

Le matériel végétal utilisé était la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.var. *sabdariffa*). Les graines de cette culture ont été achetées à la société gabonaise de chimie, à Libreville (Gabon).

Méthodes

Mise en place de l'essai

Pour réaliser cette expérience, deux types de sol ont été utilisés: un sol manganifère et un sol témoin. L'ensemble de l'essai a comporté 40 sacs repartis en quatre blocs. Chaque bloc était constitué de 10 sacs dûment identifiés et portant la référence du traitement. Les sols utilisés ont été séchés pendant 3 jours à l'étuve à la température fixe de 120 °C, et les impuretés nettoyées à l'aide d'un sas (Lépengué et al., 2011). Les échantillons secs ont ensuite été pesés et repartis dans des sacs d'emballage, pour constituer 3 traitements :

- Témoin (0% Mn) : 2500 kg de substrat organique ;
- Traitement 1 (25% Mn) : 625 kg de manganèse + 1875 kg de substrat organique ;
- Traitement 2 (50% Mn) : 1250 kg de Manganèse + 1250 kg de substrat organique ;
- Traitement 3 (100% Mn) : 2500 kg de Manganèse.

Quatre graines de roselle ont été semées par sac de culture ; ce qui correspond à 40 graines par bloc, et à 160 unités pour tout l'échantillonnage. Les préparations ont ensuite été transférées dans une serre en polyéthylène étanche et transparent, d'épaisseur 180 µm, à armatures métalliques, de dimensions 15 x 10 x 2,5 m³ (Lépengué et al., 2012). Chaque boîte a quotidiennement été arrosée par 500 ml d'eau distillée, jusqu'à la fin de l'expérimentation au 35^e jour.

Mesure des paramètres morphologiques

Pour évaluer l'effet de différents traitements sur la croissance des plantes de roselle, 5 indices de croissance ont été mesurés chaque semaine. Ce sont : le diamètre au collet, la longueur des tiges, la surface foliaire, la matière fraîche et la matière sèche des plantes.

- La longueur des tiges a été évaluée à l'aide d'une règle graduée en mesurant la hauteur séparant le sol de la dernière fourche foliaire.
- La mesure du diamètre s'est effectuée, à l'aide d'un pied à coulisse au niveau du collet des plantes.
- La surface foliaire a été déterminée en multipliant les mesures des longueurs et largeurs des feuilles obtenues à l'aide d'une règle graduée.

- Pour évaluer la matière fraîche, 4 plants de roselle ont été déracinés manuellement au 35^e jour. Les échantillons ont ensuite été rincés à l'eau de robinet, desséchés au papier buvard, découpés et pesés à la balance (Ohaus Analytic 60).
- Pour la mesure de matière sèche, les échantillons frais précédemment pesés ont été séchés à l'étuve à 60°C pendant 7 jours, et à nouveau pesés, après leur refroidissement.

La variation (v) de chaque paramètre a été calculée à partir de la formule générale ci-dessous (Lépengué et al., 2010) :

$$v = \frac{Me - Mt}{Mt} \times 100$$

Répétitions et analyses statistiques

La présente expérience a été 3 fois et les données obtenues soumises à une analyse de la variance (ANOVA), à un critère d'évaluation, au logiciel Statistica 6.0. Les moyennes des mesures ont ensuite été discriminées par les tests de comparaison multiples de Newman-Keuls, au seuil de 5%.

Resultats

Symptômes visibles de toxicité

Dix jours après le semis, les plantes de roselle cultivées sur le sol manganifère (100% Mn) ont présenté des feuilles panachées de plages gaufrées blanchâtres, marginales ou centrales. Ces symptômes sont parfois aussi observés sur les pétioles foliaires. Elles s'étendent progressivement, se rejoignent et finissent par couvrir la majeure partie du limbe, à partir du 28^e jour. Pour le traitement 2, correspondant au sol enrichi de 50% en Mn, les symptômes de nécrose manganifère apparaissent plus tardivement vers le 16^e jour, et sont limités à quelques feuilles. A plus faible concentration manganifère (25% Mn), on ne note aucun signe de toxicité sur toutes les plantes étudiées. Celles-ci demeurent saines jusqu'à la fin de l'expérience au 35^e jour.

Effet du manganèse sur la croissance radiale des plantes

Les résultats de l'effet des différents traitements manganifères sur la croissance diamétrale de la roselle sont présentés à la figure 1. Leur analyse a révélé que tous les essais exerçaient une influence négative sur l'épaississement des tiges des végétaux. Les plantes traitées ont alors présenté des tiges plus fines que les témoins. Ces réductions de croissance tangentielle ont été proportionnelles aux doses de manganèse utilisées. Ainsi, au 21^e jour par exemple, les valeurs obtenues étaient respectivement de 0,17 cm (témoin), 0,13 cm (traitement 1), 0,12 cm (traitement 2) et 0,1 cm (traitement 3). Ce qui correspond à des réductions de croissance diamétrales respectives de 23,53% (traitement 1), 29,41% (traitement 2) et 41,18% (traitement 3). L'analyse statistique a montré que même si les 3

essais ont induit des réductions de croissance, seul le traitement 3 a provoqué des décroissances statistiquement significatives, au seuil de 5%.

Effet du manganèse sur la croissance longitudinale des plantes

La figure 2 présente les résultats de l'effet de différentes concentrations de manganèse sur la croissance longitudinale des plantes de roselle en serre. Son analyse a révélé que seuls les traitements 2 (50% Mn) et 3 (100% Mn) ont provoqué des réductions significatives de la hauteur des plantes (tableau I). Au 35^e jour, ces diminutions ont respectivement été de 19,36% et 57,42%. Les plantes traitées ont alors présenté des tailles réduites par rapport aux plantes témoins. Le traitement 1 (25% Mn) quant à lui, a stimulé (légèrement) la croissance longitudinale des plantes, même si l'effet s'est révélé non significatif au seuil de 5%.

Effet du manganèse sur la croissance de la surface foliaire des plantes

Les résultats présentant l'évolution de la surface foliaire des plantes cultivées sur différents sols manganifères sont présentés à la figure 3. Leur examen a révélé que le manganèse induit aussi bien la stimulation que la diminution de la croissance foliaire. A de petites teneurs (25% Mn) ce minerai a provoqué une augmentation significative des surfaces foliaires, avec des valeurs atteignant 21,98% au 35^e jour. Les plantes soumises au traitement 2 (50% de Mn) ont produit des feuilles présentant des dimensions sensiblement équivalentes à celles des témoins. Les réductions de croissance foliaire n'ont été notées que chez les sols contenant des teneurs élevées de manganèse (traitement 3). Les décroissances engendrées ont atteint de valeurs extrêmes de 66,52% au 35^e jour.

Analyse de la matière fraîche des plantes

Les résultats de l'effet des différents traitements manganifères sur la production de la matière fraîche des plantes ont été résumés à la figure 4. Leur analyse a montré que tous les traitements exerçaient une influence négative sur la production de la matière fraîche des plantes de roselle. Les réductions de ce paramètre ont été proportionnelles aux doses de manganèse utilisées. Les effets les plus néfastes ont été enregistrés chez les plantes cultivées dans des sacs contenant 100% de Mn, avec des valeurs moyennes de 3,87 g correspondant à des réductions de 88,95% au 35^e jour.

Analyse de la matière sèche des plantes

L'effet des différents traitements manganifères sur la production de la matière sèche a donné les résultats présentés à la figure 5. De leur analyse, il est ressorti que les différentes teneurs de ce minerai ont provoqué des réductions significatives de matière sèche. Ces résultats ont été proportionnels aux doses de manganèse utilisées ; les effets les plus sévères étant enregistrés chez les plantes soumises au traitement 100% de Mn, avec des taux de réduction moyenne de 89,58% au 35^e jour.

Discussion

Les résultats de cette étude ont montré que le manganèse réduisait globalement la mesure des paramètres morphométriques de la roselle : croissances diamétrale et longitudinale des tiges, surface foliaire (excepté à 25% Mn), matières fraîche et sèche des plantes. Ces réductions morphologiques sont proportionnelles aux concentrations de manganèse utilisées.

Les travaux relatifs à la sensibilité de la roselle vis-à-vis du manganèse, sont rares, voire inexistant. Ce qui rend complexe l'interprétation aussi bien qualitative que quantitative des présents résultats. Mais en se référant à l'effet de ce minerai, sur d'autres plantes (Hopkins, 2003), on peut suggérer que le manganèse agit par l'intermédiaire de 2 voies :

- La voie directe sur la nutrition carbonée des plantes ;
- La voie indirecte sur l'absorption minérale des plantes.

Par la voie directe, le manganèse absorbé au niveau racinaire est entraîné vers les organes aériens foliaires des plantes suivant le flux de la sève brute (Heller et al., 2006). Dans ces organes, le minerai s'accumule spécifiquement dans les membranes thylacoïdales des chloroplastes où il sert d'accepteur des produits de la photolyse de l'eau au cours de la phase claire de la photosynthèse. Son accumulation provoque la perturbation du transit des protons et des électrons, et aboutit à la réduction de la synthèse d'énergie (ATP), et donc à l'élaboration, plus tard de la matière organique dans la phase sombre de la photosynthèse (Hopkins, 2003). Ce dérèglement physiologique aboutit à la réduction de la croissance générale de la plante. Cette thèse est soutenue par divers auteurs (Bisson et al., 2011).

La voie indirecte est liée à la compétition d'absorption minérale enregistrée entre divers cations et anions, lorsque l'un d'eux est en excès ou en déficit (Levigneron et al., 1995). Les travaux de Heller et al. (1994) ont montré par exemple que chez la carotte, l'absorption des ions Mg^{+} et Fe^{2+} pouvaient être perturbée par la présence d'une concentration excédentaire des ions Ca^{2+} . Des antagonismes d'absorption minérale sont également rapportés chez de nombreux végétaux entre les ions Cl^{-} , I^{-} et Br^{-} (Heller et al., 2002). Dans le cas du NaCl, Lépengué et al. (2009) ont suggéré que l'excès de ce minerai (ions Na^{+} et Cl^{-}) réduisait l'absorption du calcium (Ca^{2+}) par la roselle, et retardait la rigidification des parois végétales de cette plante. La réduction de la croissance de l'orge et du maïs sur les milieux salés s'expliquerait par le même phénomène (Soltani, 1988 ; Lépengué et al., 2010).

Dans notre étude, la réduction de croissance des plantes de roselle, pourrait également provenir d'un déficit d'absorption minérale d'un ou plusieurs éléments (oligo élément ou macroélément), aboutissant à une réduction de croissance pariétale des cellules, donc à la réduction de la croissance végétative des plantes.

Les symptômes de chlorose observés sur les feuilles peuvent provenir directement de l'excès de manganèse, ou indirectement du déficit minéral (probablement calcique) des plantes étudiées. La légère stimulation de croissance des surfaces foliaires enregistrée à la concentration manganifère de 25% est conforme aux 2 schémas proposés. Dans la première hypothèse, les teneurs de ce minéral seraient suffisamment appropriées pour stimuler le transit des protons et des électrons, et activer tout le mécanisme de photosynthèse. Dans la seconde voie, les teneurs de manganèse joueraient un rôle synergique pour faciliter l'absorption minérale d'autres éléments ioniques, à l'image des interactions K^+/Cl^- , Ca^{2+}/NO_3^- ou Mg^{2+}/PO_4^{2-} rapportées par Heller et al. (2002), chez de nombreuses plantes.

Conclusion

Le manganèse induit des symptômes de chlorose foliaire et pétiolaire des plantes de roselle cultivées en serre, et retarde leur croissance végétative. Les signes de toxicité apparaissent généralement à partir des concentrations manganifères de 50%, et aboutissent à des plantes chétives, naines et/ou rabougris. A moins d'apporter des amendements organiques appropriés, les cultures de roselle sur les sols manganifères enrichis doivent être déconseillées.

References:

- Anonyme. Mission économique française au Gabon. Ministère des Affaires Etrangères et Européennes, République Française, 2010.
- Bisson M., Bureau J., Houeix N., Jolibois B., Gay G., Lefevre JP., and Tack K. Manganèse et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, 78 p, 2011.
- Eba F., Ondo J.A., Emane M. S., Ollui-M'boulou M., Omva-Zue J. Taux de manganèse accumulé dans quelques plantes vivrières cultivées dans la région manganésifère de Moanda (Gabon). Journal de la Société ouest-africaine de chimie, n°23, pp. 69-74, 2007.
- Feumetio B. Les marchés émergents d'Afrique. Afrique Edit. Paris, 106 p, 2002.
- Heller R., Esnault R. et Lance C. Physiologie végétale. Nutrition. 5e édition de l'Abrégé, Éditions Masson, Paris, 294 p, 1994.

Heller R., Esnault R. et Lance C. Physiologie végétale. Développement. 6e édition de l'Abrégé, Éditions Dunod, Paris, 326 p, 2002.

Heller R., Esnault R. and Lance C. Physiologie végétale. Développement. 6e édition de l'Abrégé, édition Dunod, Paris, 144-145, 2006.

Hopkins WG. Physiologie végétale. Edition de Boeck, Université de Bruxelles, Belgique, 532 p, 2003.

Lebas L. Impacts de l'exploitation minière sur les populations locales et l'environnement dans le Haut-Ogooué. 47 p, 2010.

Lépengué A.N., M'batchi B. et Aké S. Impact de *Phoma sabdariffae* Sacc. sur la croissance et la valeur marchande de la roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) au Gabon. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 10: 207-216, 2007.

Lépengué A. N., Mouaragadja I., Chérif M., M'batchi B. et S. Aké. Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la croissance de la roselle au Gabon. 5 (3) : 97-110, 2009.

Lépengué A.N., Mouaragadja I., M'batchi B. et S. Aké. Effet du Chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et la croissance du maïs (*Zea mays* L. Poaceae) au Gabon. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (5) : 1602 – 1609, 2010.

Lépengué A.N., Ontod T., Mbadoumou N., Mouaragadja I., M'batchi B. et S. Aké. Effet des prétraitements d'acide auxinique sur la croissance des plants de gombo au Gabon. *Agronomie Africaine* 23 (3) : 237 – 245, 2011.

Lépengué A.N., Mouaragadja I., Chérif M., Aké S. et M'batchi B. Amélioration de la croissance du maïs (*Zea mays* L. var. LG 60, Poaceae) par des traitements à la colchicine. *Journal of Applied Biosciences* 52: 3660– 3668, 2012.

Levigneron A, Lopez F, Vansuyt G, Berthomieu P, Fourcroy P. and Casse DF: 1995. Les plantes face au stress salin. *Cahier Agriculture*, 4 : 263-273.

Lissambou B.J. Etude de la révégetalisation des anciennes zones manganifères de Moanda. Mémoire de Master, Département de Biologie, Univ. Sci. Et Tech. Masuku, 68 p, 20012 ;

Soltani A. Analyse des effets de NaCl et de la source d'azote sur la nutrition minérale de l'orge. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté de Sciences de Tunis, 322 p., 1988.

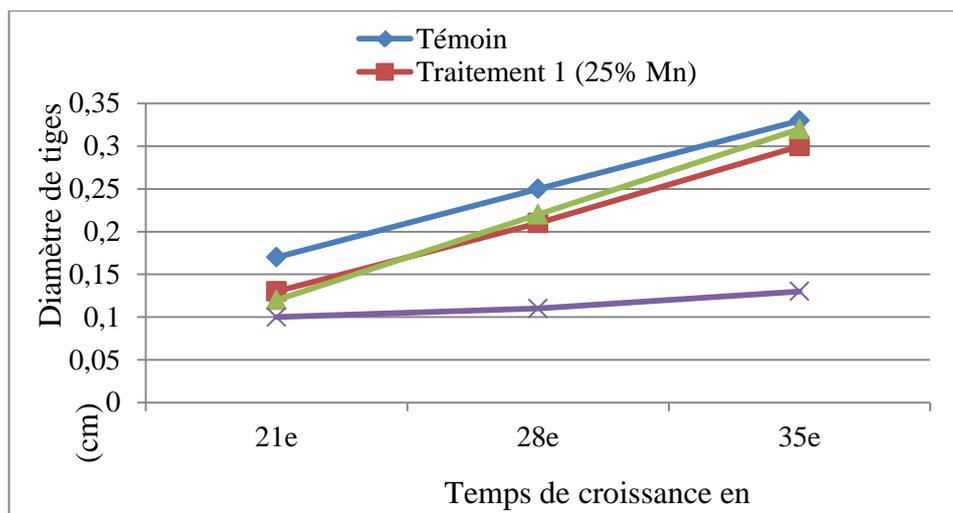


Figure 1 : Croissance diamétrale des tiges de plantes de roselle cultivées en serre sur des sols de différentes teneurs en manganèse.

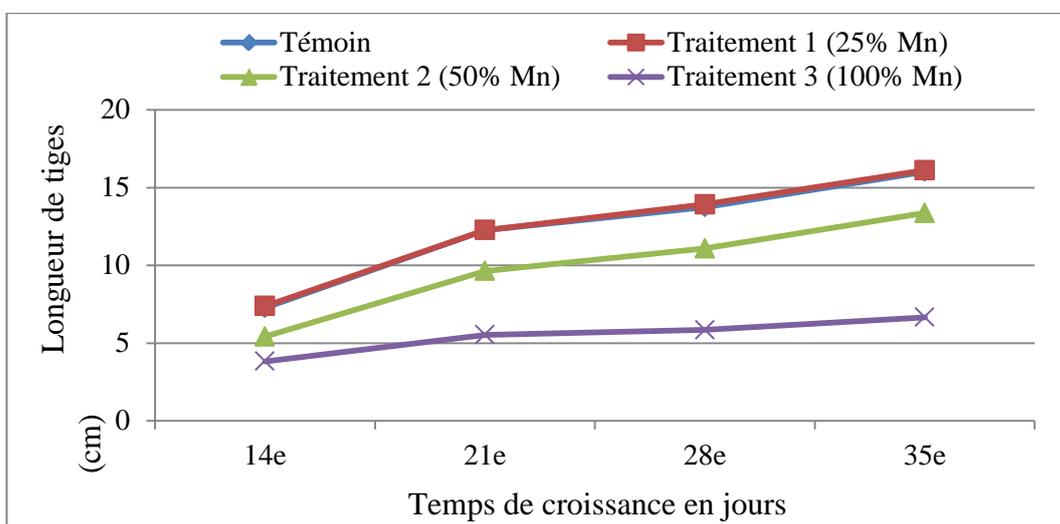


Figure 2 : Croissance longitudinale des tiges de plantes de roselle cultivées en serre sur des sols de différentes teneurs en manganèse.

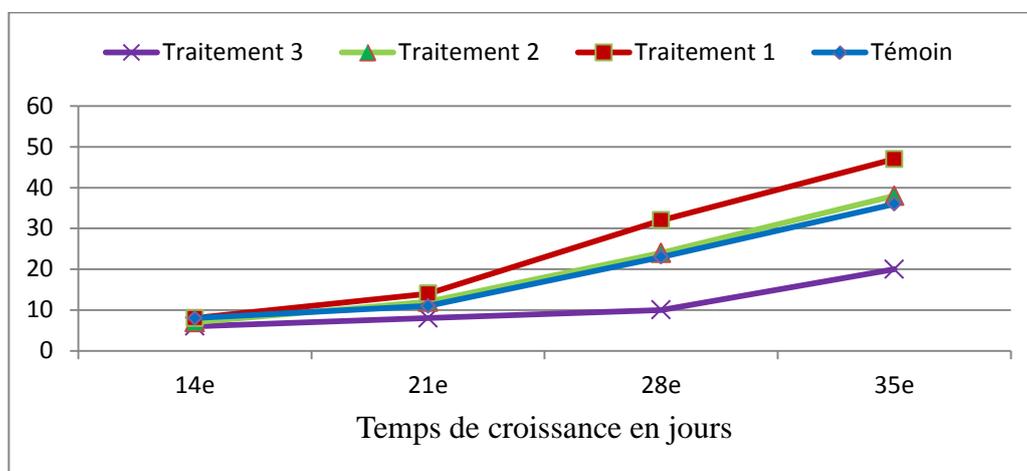


Figure 3 : Croissance de la surface foliaire des plantes de roselle soumises à différents traitements de manganèse en conditions de serre.

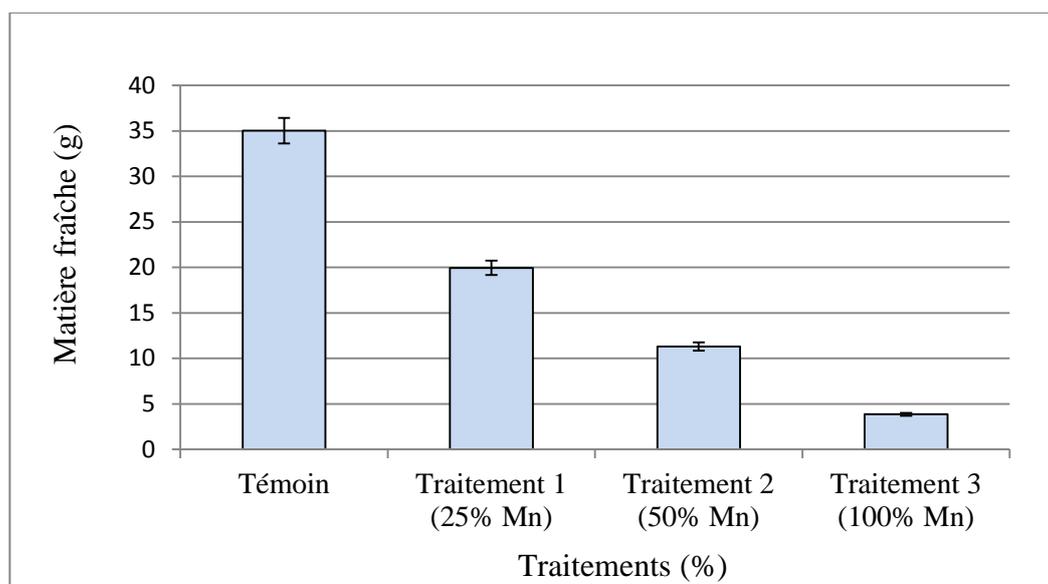


Figure 4 : Matière fraîche produite au 35^e jour par 4 plantes de roselle soumises à différents traitements de manganèse en serre.

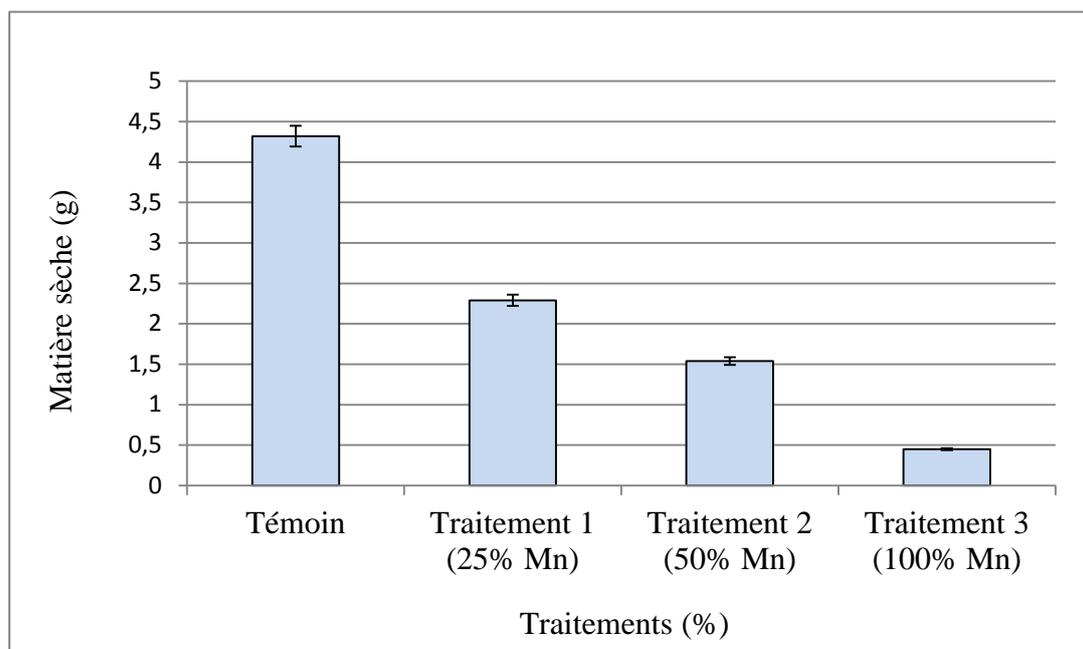


Figure 5 : Matière sèche produite au 35^e jour par 4 plantes de roselle soumises à différents traitements de manganèse en serre.

Tableau I : Effet de différentes concentrations de manganèse sur la croissance longitudinale des tiges de plantes de roselle cultivées en serre.

Test de Newman Keuls				
Stat Elément. Var	Différence significative marquée à p< 0.05000			
	Traitement 3	Traitement 2	Témoin	Traitement 1
Traitement 3	-	0.000244*	0.000228*	0.000252*
Traitement 2	0.000244*	-	0.000246*	0.000231*
Témoin	0.000228*	0.000246*	-	0.470158
Traitement 1	0.000252*	0.000231*	0.470158	-

* : La différence de croissance longitudinale des plantes cultivées sur les 2 milieux manganifère est significative au seuil de 5%.