

Discussion

En raison de l'importance des oligoéléments dans la nutrition animale, cette étude a pour objectif principal d'étudier la variation saisonnière des éléments trace chez *Atriplex. canescens*.

Concernant le végétal, l'analyse de la variance à un seul facteur de variation a mis en évidence un effet hautement significatif de l'effet de la saison sur les taux en Mn ($P < 0,001$). Par ailleurs, chez cette espèce les différentes saisons affectent significativement les teneurs en Fe, Cu, Zn, Se et Mo ($P < 0,05$).

D'autre part, les résultats d'analyse de variances portée sur les données d'analyse d'échantillons de sols prélevés sur le même site de la plantation d' *Atriplex. canescens*, ont révélé des différences significatives pour le Cu, le Zn et le Se ($P < 0,05$) et des différences hautement significatives pour le Fe et le Mo ($P < 0,001$). Cependant, aucune signification n'a été constatée pour la saison concernant les teneurs du sol en Mn ($P > 0,05$).

Quant au coefficient de bioaccumulation chez *A. canescens*, l'analyse de la variance montre une différence significative pour le Mn, le Cu et le Zn ($P < 0,05$) et une différence hautement significative ($P < 0,001$) concernant le Fe. Cependant les coefficients de bioaccumulation du Se et du Mo sont complètement indifférents ($P > 0,05$).

Pour le manganèse, les résultats ont montré que la teneur la plus importante chez *A. canescens* a été enregistrée pendant l'été avec une valeur moyenne de 697,83 mg/kg, alors qu'elle diminue pendant toutes les autres saisons. La haute teneur en Mn à cette période démontre l'importance à accorder à ce fourrage pour l'alimentation des ovins en saison sèche. Cette valeur moyenne en Mn est suffisamment supérieure aux besoins des ovins (20-40 mg/kg) donné par le National Research Council NRC (2007). Nos résultats rejoignent ceux de Khan et al. (2005b) au Pakistan qui ont travaillé sur une espèce native (*Chenopodium ssp.*). Tandis que elle est relativement élevée par rapport aux résultats rapportés par (Abu-zanat et al., 2003) en Jordanie travaillant sur *Atriplex. halimus* et *Atriplex. nummularia*.

Par ailleurs, la teneur en Mn dans le sol est plus élevée en automne avec un maximum de 585,32 mg/kg. Cela va de pair avec le résultat précédent, il est en concordance avec ceux trouvés par (Tiffany et al., 1999) au nord du Florida. Des résultats similaires mettent toutefois en évidence qu'en régions semi-arides du Nigéria, les teneurs des sols en manganèse varient de 5 à 520 mg/kg (Njidda et Olatunji, 2012). Contrairement en zones semi-aride du Pakistan, la concentration du manganèse dans le sol est maximale pendant l'été (Khan et al., 2004; Khan et al., 2006a).

Pour le fer, les résultats ont montré que la teneur maximale a été enregistrée pendant l'automne avec une valeur moyenne de 696,08 mg/kg. Cette teneur automnale est supérieure à l'apport maximal tolérable pour les ovins (500 mg/kg) donné par le National Research Council NRC (2007). Chez *A. canescens* la teneur en Fe est relativement supérieure à celle rapportée par Abu-zanat et al. (2003) en Jordanie travaillant sur *A. halimus* (498 mg/kg) et *A. nummularia* (418 mg/kg) pendant le printemps. Nos résultats corroborent ceux obtenus par Khan et al. (2006a) et Khan et al. (2009a) au Pakistan où la teneur en Fe chez *A. canescens* était la plus importante pendant l'automne. Par contre, Ramirez et al. (2005) ont montré que la valeur moyenne des teneurs en fer déterminée chez *Dichanthium annulatum*, était maximale au printemps. En plus, les teneurs en fer chez *Larrea tridentata* obtenues par Guererro-cervantes et al.(2012) sont plus faibles que celles obtenues dans notre étude où ils ont trouvé que les valeurs sont comprise entre 112 mg/kg et 374 mg/kg.

D'autre part, le fer du sol présent une évolution décroissante continue. La concentration la plus basse a été enregistrée pendant la saison automnale avec une moyenne de 737,86 mg/kg. Cette valeur ne diffère guère de la teneur trouvée par Tiffany et al. (1999) dans le nord de Florida.

La teneur en Cu chez *A. canescens* augmente progressivement de l'hiver jusqu'à l'automne où elle atteint son maximum (4,4 mg/kg). Cette teneur est inférieure au seuil critique établis par le NRC (2007) concernant les besoins pour la brebis fixés entre 7 et 11 mg/kg de matière sèche. A la lumière des connaissances acquises, les différentes recommandations internationales (NRC, 2001 et 2007) exigent une teneur en cuivre de 10 ppm (mg/kg) pour les ovins. Comparativement aux feuilles de ray-grass, nos résultats sont proches de la valeur moyenne rapportée par (Chelliah et al., 2008). Donc des apports supplémentaires en cet élément doivent être envisagés dans la ration quotidienne des ovins.

Pour le Cu du sol, la valeur la plus forte a été enregistrée en été avec une moyenne de 35,79 mg/kg. Des résultats similaires ont été signalés par Khan et al. (2009b) en zone arides du Pakistan.

La variation saisonnière en zinc soulève une évolution décroissante, elle aboutit à une concentration atteignant son minimum (1,9 mg/kg) pendant l'hiver. Alors que durant la saison estivale, on observe une importante concentration de cet élément (29, 78 mg/kg). On constate que ces teneurs moyennes chez *A. canescens* sont conformes aux apports recommandés par NRC (2007) de 20 à 33mg/kg pour les ovins. Les concentrations de Zn ont également été trouvées au-dessus des besoins de ruminants pendant l'hiver par Mirzaei (2012) au Punjab (Pakistan). Des résultats similaires ont été signalés en soone valley au Pakistan par

Ahmed et al. (2008) chez différentes espèces fourragères (*Acacia farnesiana*, *Acacia modesta*, *Acacia nilotica*, *Medicago denticulata*, *Melilotus indica*, *Sophora mollis*, *Lathyrus aphaca* et *Vicia sativa*).

Pour la teneur en Zn du sol, elle est relativement stable d'une saison à l'autre, avec une augmentation notable en été avec 53,84 mg/kg. Ces valeurs sont élevées par rapport à celles trouvées par Khan et al. (2006a). D'ailleurs, les résultats de Aubert et Pinta (1971) nous ont démontré que le zinc se trouve dans les sols à des teneurs relativement fortes avec une moyenne de 50 mg/kg. Cela explique que la teneur en Zn de la plupart des sols est suffisante pour les besoins des plantes (Loué, 1993).

Nos résultats montrent que chez *A. canescens*, la teneur la plus importante en sélénium a été enregistrée pendant l'hiver atteignant une moyenne de 0,16 mg/kg, elle est non variable durant le reste de l'année. Concernant les besoins, les teneurs moyennes de Se chez *A. canescens* sont légèrement inférieures aux besoins des ovins (0,2 ppm; Meschy 2010; NRC 2001). D'après Khan et al. (2014), les fourrages ne peuvent pas fournir tous les besoins en minéraux pour les animaux surtout le sélénium. Mais, certains agronomes recommandent l'addition de fourrages comme les *Atriplex* dans la ration du bétail pour combler les carences en Se. Si cet élément n'est pas requis pour les plantes, il est par contre nécessaire particulièrement chez les brebis en phase de lactation (Mulas et Mulas 2004). Cependant, la teneur en sélénium des plantes diminue avec l'âge et atteint son minimum au stade de floraison (Ramirez et al., 2005; Khan et al., 2005a). Nos résultats concordent avec celle de Khan et al. (2008) déterminées chez d'autres espèces natives en Punjab, Pakistan.

On considère qu'un sol est pauvre lorsque sa teneur en sélénium est inférieure à 5 mg/kg (Áuwardiã, 2003; Sharma et al., 2010). Khan et al. (2004) au Pakistan, ont cité que la valeur moyenne du sol en Se est comprise entre 0,055 et 0,077 mg/kg. Ces valeurs sont supérieures à ceux que nous avons trouvés (0,002 et 0,03 mg/kg). Alors que Ahmad et al. (2009) au Sargodha (Pakistan) ont trouvé que la valeur moyenne de Se dans le sol est comprise entre 0,05 et 0,10 mg/kg.

En ce qui concerne le molybdène, les résultats ont montré que la valeur la plus faible est notée au printemps avec une valeur de 0,33 mg/kg, alors que cette concentration atteint son maximum pendant l'automne (1,65 mg/kg). Cette valeur automnale dépasse le seuil critique établi par le NRC (2007) concernant les besoins des ovins fixés de 0,50 mg/kg. Selon Chelliah et al. (2008), la concentration moyenne chez le ray-grass en molybdène est faible en hiver avec 0,42 mg/kg, elle est importante au printemps avec 1,08 mg/kg.

La valeur la plus forte de Mo du sol a été enregistrée en été avec une teneur de 1,06 mg/kg et diminue considérablement en hiver jusqu'à une moyenne de 0,05 mg/kg. Dans la littérature nous n'avons pratiquement pas de données sur la variation saisonnière de molybdène du sol.

La bioaccumulation des éléments traces change considérablement pour chaque élément selon l'espèce et la saison (Rieuwerts *et al.*, 1998).

Bien que les éléments traces dans *A. canescens* soient soumis à une variation importante, la bioaccumulation est variable selon les saisons. En hiver l'affinité de la bioaccumulation des éléments traces semble suivre l'ordre suivant (Se> Mo> Fe>Zn> Cu>Mn).

Au printemps, le classement par ordre décroissant de la bioaccumulation est comme suit : (Se> Cu> Fe>Zn> Mo>Mn).

Les résultats obtenus démontrent que la bioaccumulation des éléments traces dans les feuilles d'*A. canescens* pendant la saison estivale se caractérise par une hiérarchie des valeurs ; la plus élevée étant celle du Mn suivi par celle du Mo, du Se, du Fe, du Zn, et enfin celle du Cu.

Toutefois, en automne, la capacité d'*A. canescens* à accumuler le Mn est forte plus que les autres éléments traces. Cette espèce a une préférence d'accumulation suivant l'ordre d'abondance : Mn>Mo>Se>Zn>Fe>Cu. En effet, la comparaison de nos données avec celles obtenues par Kachout *et al.* (2009) en Tunisie pour *A. hortensis*, le coefficient de bioaccumulation semble suivre l'ordre croissant suivant : Nickel< Plomb < Cadmium< Cuivre< Zinc avec 4,6, 2,9, 8,4, 5,8 et 1,6 respectivement. A l'Est de l'Inde, une étude faite sur une espèce utilisée pour la lutte contre la désertification (*Avicennia marina*), le coefficient de bioaccumulation semble suivre l'ordre décroissant suivant : Zn>Mn>Cu> Fer (Kathiresan *et al.*, 2014). Les travaux d'Alushllari *et al.* (2014) sur *Zea mays* ont noté que la variation saisonnière est plus prononcée en zinc (Zn> Cu>Mn).

Il convient de noter que l'accumulation d'un élément trace par une plante est exprimée par le coefficient de bioaccumulation, s'il est inférieur à 0,01, la plante est classée non accumulatrice ; s'il est compris entre 0,01 et 0,1, la plante est peu accumulatrice ; si le coefficient de bioaccumulation s'échelonne de 0,1 à 1, cette plante possède donc une capacité d'accumulation moyenne ; s'il est supérieur à 10, la plante est hyper-accumulatrice (Sekabira *et al.*, 2011).

En se basant sur cette définition, dans notre étude, on constate qu'*A. canescens* est une espèce hyper-accumulatrice du manganèse en période estivale et automnale. Alors qu'en saison printanière et hivernale elle est non accumulatrice en Mn. Comparé à *Salsola tragus* (Chenopodiaceae) qui est une espèce moyennement accumulatrice du manganèse (Dragović et al., 2014).

Atriplex canescens accumule le fer pendant toutes les saisons (0,17 - 0,94). Ces résultats corroborent ceux notés par Lorestani et al. (2011) en Iran où ils ont suggéré que *Salsola soda* et *Cirsium arvense* sont des espèces accumulatrices en fer.

L'observation montre que la bioaccumulation du cuivre est moyenne au printemps, en été et en automne correspondant à un coefficient de bioaccumulation de 0,28 à 0,34. Pendant la saison hivernale la bioaccumulation est faible (0,02). Nos résultats sont nettement inférieurs à ceux trouvés par Farraj et al. (2010) chez *Rhazya stricta* où le coefficient de bioaccumulation du cuivre est 0,05.

Pour le zinc, la bioaccumulation atteint son maximum en automne avec un coefficient de bioaccumulation de 0,7. Ces résultats en concordance avec ceux notés par Lorestani et al. (2011) en Iran qui montrent que *Suaeda altissima*, *Chenopodium album* et *Camphorosma monspeliacum* sont des espèces accumulatrices du zinc. Dans le même ordre d'idées, Mganga (2014), dans une autre série d'expérience en Tanzanie, a montré qu'*Eragrostis aethiopica*, *Acacia albida* et *Euphorbia hirta* sont des espèces accumulatrices du zinc. Grâce à l'étude faite par Kachout et al. (2009), il semble bien que la valeur du coefficient de bioaccumulation du zinc chez *A. hortensis* est clairement supérieure à nos valeurs.

Les valeurs du coefficient de la bioaccumulation du sélénium renseignent qu'il est moyennement accumulé chez *A. canescens* pendant toutes les saisons (1,1 – 4,4). Or, nous ne trouvons parmi les plantes fourragères qu'un nombre infime d'espèces qui peuvent avoir une accumulation en sélénium tel que Fabacées et Chénopodiacées et peut-être les Astragales et les Atriplex. Cette observation est confirmée par l'étude faite par Zhu et Zheng (1999) qui ont montré que peu d'étude sont disponibles sur la bioaccumulation des plantes en sélénium et celle de Terry et al. (2000) qui ont noté qu'*Astragalus* et *Atriplex* sont des espèces accumulatrices intermédiaires de sélénium.

En été, en automne et en hiver le molybdène est moyennement accumulé chez *A. canescens* (on observe que le coefficient de bioaccumulation est beaucoup plus fort, il atteint une valeur de 7,7), alors qu'au printemps *A. canescens* est non accumulatrice. Un point mis en évidence par le travail récent de Longchamp (2012) mérite d'être souligné, c'est que la vitesse d'accumulation du molybdène diminue très fortement pendant le stade de floraison.