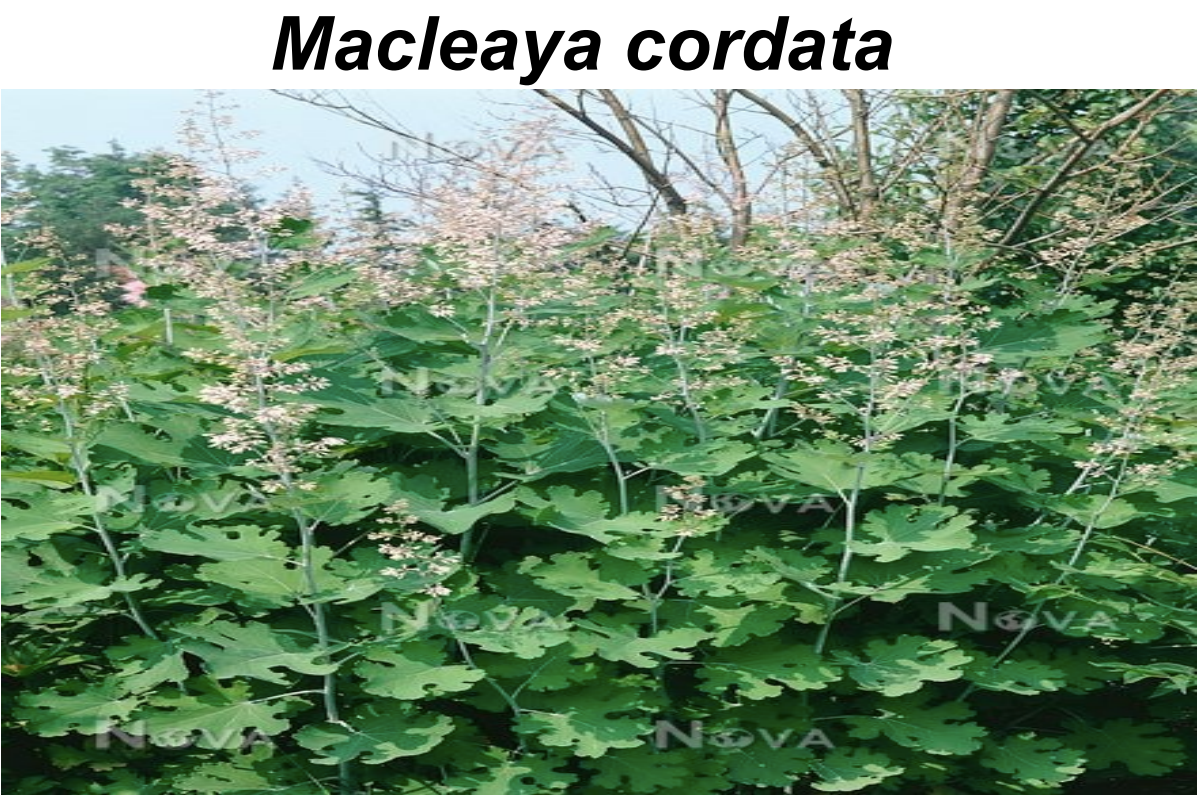


Introduction

L'uranium (U) est un élément radioactif hautement toxique de numéro atomique 92, de symbole U. L'uranium est un métal assez répandu dans le sous-sol et il se retrouve dans des minerais appelés uraninites ou pechblendes. L'extraction et l'exploitation de l'uranium menacent l'environnement et la santé des sols. En effet, ce radionucléide peut être rejeté entraînant la contamination des sols et donc peut facilement rentrer dans la chaîne alimentaire et constituer une menace pour les personnes. Certaines plantes (ex: *Macleaya cordata*) ont la capacité d'extraire l'U, de le stocker et ainsi réduire sa concentration dans le sols (phytoextraction). Cependant ces plantes n'ont accès qu'à la fraction biodisponible de l'U. Afin d'augmenter cette fraction des agents chélateurs sont ajoutés dans le sols.

Problématique: comment optimiser l'extraction de l'uranium sans inhiber la croissance de la plante?



1-Principe de la phytoextraction et utilisation des agents chélateurs

La phytoextraction est une technique de dépollution qui consiste à utiliser des plantes pour extraire des métaux présents dans le sol. Cette technique de Bio remédiation peut être amélioré par l'ajout des chélateurs dans le sol qui vont fixer l'uranium pour augmenter sa biodisponibilité et ainsi faciliter son absorption par la plante afin de réduire sa concentration dans le sol. *Macleaya cordata* est une plante vivace de la famille des Papavéracées originaire de Chine et du Japon. Elle a une bonne capacité de bioaccumulation pour l'uranium en raison de son système racinaire bien développé, de sa biomasse importante et de sa forte adaptabilité à l'environnement. {7}

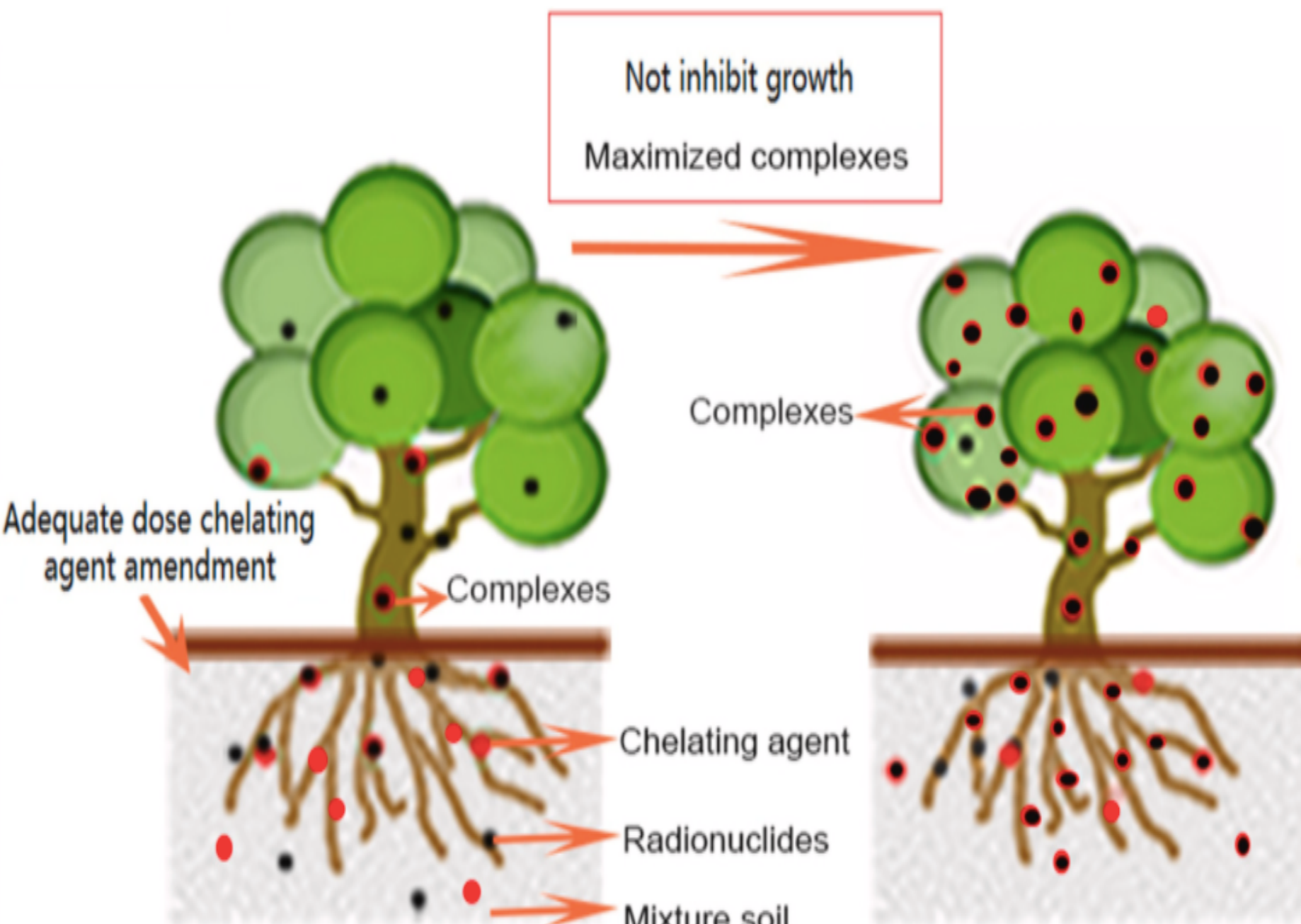


Figure 1: Principe de la phytoextraction et utilisation des chélateurs {3}

2-L'absorption et le transport de l'uranium

La biodisponibilité, le transfert, la distribution et l'accumulation de l'uranium sont modulés par la spéciation I). Le transport de l'U se déroule en 3 étapes : la séquestration de l'U à l'intérieur des cellules racinaires II), le transport symplastique dans la stèle III), et la libération dans le xylème {4}. Dans ce dernier, des chélates d'U spéciaux sont formés (tels que UO_2 -citrate et UO_2 -lactate). {2}

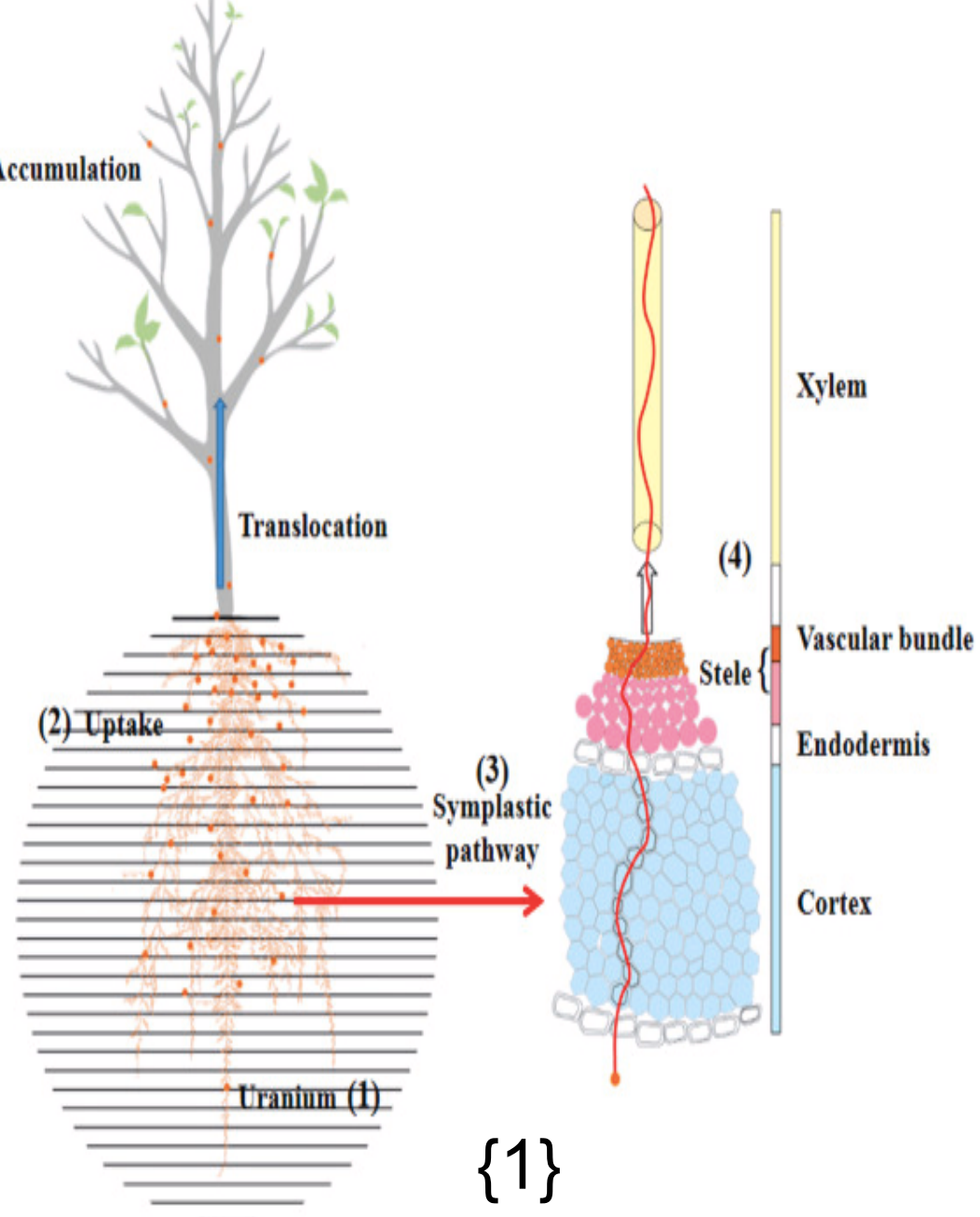
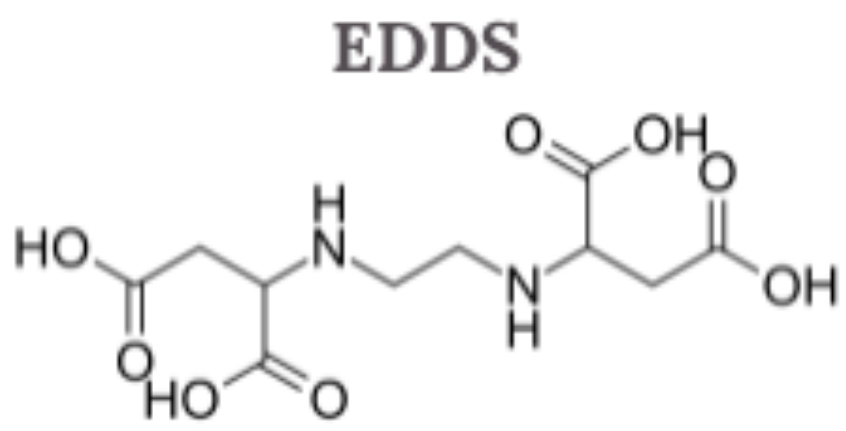


Figure 2: Mécanisme sur le transport des ions U des racines aux parties aériennes

Pourquoi le choix de la phytoremédiation?

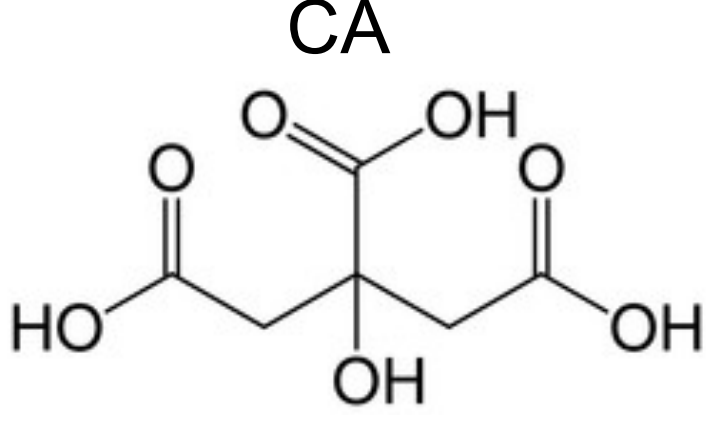
- ✓ Une technique respectueuse de l'environnement
- ✓ Adaptée à une application dans des vastes zones des sols contaminés à faibles teneurs en uranium
- ✓ Economique

Pourquoi le choix des chélateurs EDDS et CA?



Acide S,S-éthylènediamine disuccinique

- ✓ Synthétique
- ✓ Faible Biodégradabilité
- ✓ Toxique
- ✓ Capacité de chélation très avantageuse {5}



Acide citrique

- ✓ Origine naturelle
- ✓ Biodégradable
- ✓ Non toxique {6}

Pourquoi déterminé la dose adéquate des agents chélateurs?

- ✓ Augmenter la phytodisponibilité de l'uranium
- ✓ Augmenter son absorption
- ✓ Maximiser la bioaccumulation totale sans inhiber la croissance de la plante

3- Matériels et Méthodes

L'approche pour déterminer la dose adéquate d'un agent chélateur pour la phytoremédiation de l'U {3} :

- X est la dose de l'agent chélateur
- Maximiser $TBA(x)$: bioaccumulation totale de l'uranium dans la plante ($Bq.plante^{-1}$).
- Sans perte de $g(x)$: biomasse de la plante $\geq c$: biomasse de la plante sans ajout d'agent chélateur

Propriétés physicochimiques du sol

Paramètres	Valeurs
Limon (%)	13,6
Sable (%)	72,9
Argile (%)	13,5
pH (H ₂ O)	6,49
²³⁸ U (Bq/g)	10,24

{3}

Expérimentations:

Préparation de x pot (3,14 kg de sol dans chaque pot avec x graine et x dose de chélateur)



Figure 3: Semis de *Macleaya cordata* au 45ème jour après repiquage

$$C = A(E - B) / [W(N - B)]$$

$$TBA = \frac{W_{racine} \times C_{racine} + W_{pousse} \times C_{pousse}}{C_{pousse}}$$

□ c ($Bq.g^{-1}$) est l'activité spécifique de l'uranium dans la plante ; A (Bq) est l'activité du radionucléide de la source étalon ; N est le nombre de pics caractéristique du radionucléide net de la source étalon ; E est le nombre net de l'uranium de l'échantillon de la plante ; B est le nombre d'arrière-plans ; et $W(g)$ est la masse de l'échantillon.

□ W_{racine} ($g.plante^{-1}$) et W_{pousse} ($g.plante^{-1}$) sont les biomasses sèches de la racine de la plante et de la feuille de la plante, respectivement ; La_{racine} C ($Bq.g^{-1}$) et la $pousse$ C ($Bq.g^{-1}$) sont les concentrations de l'uranium dans la racine et la pousse, respectivement.

4-Résultats et interprétations

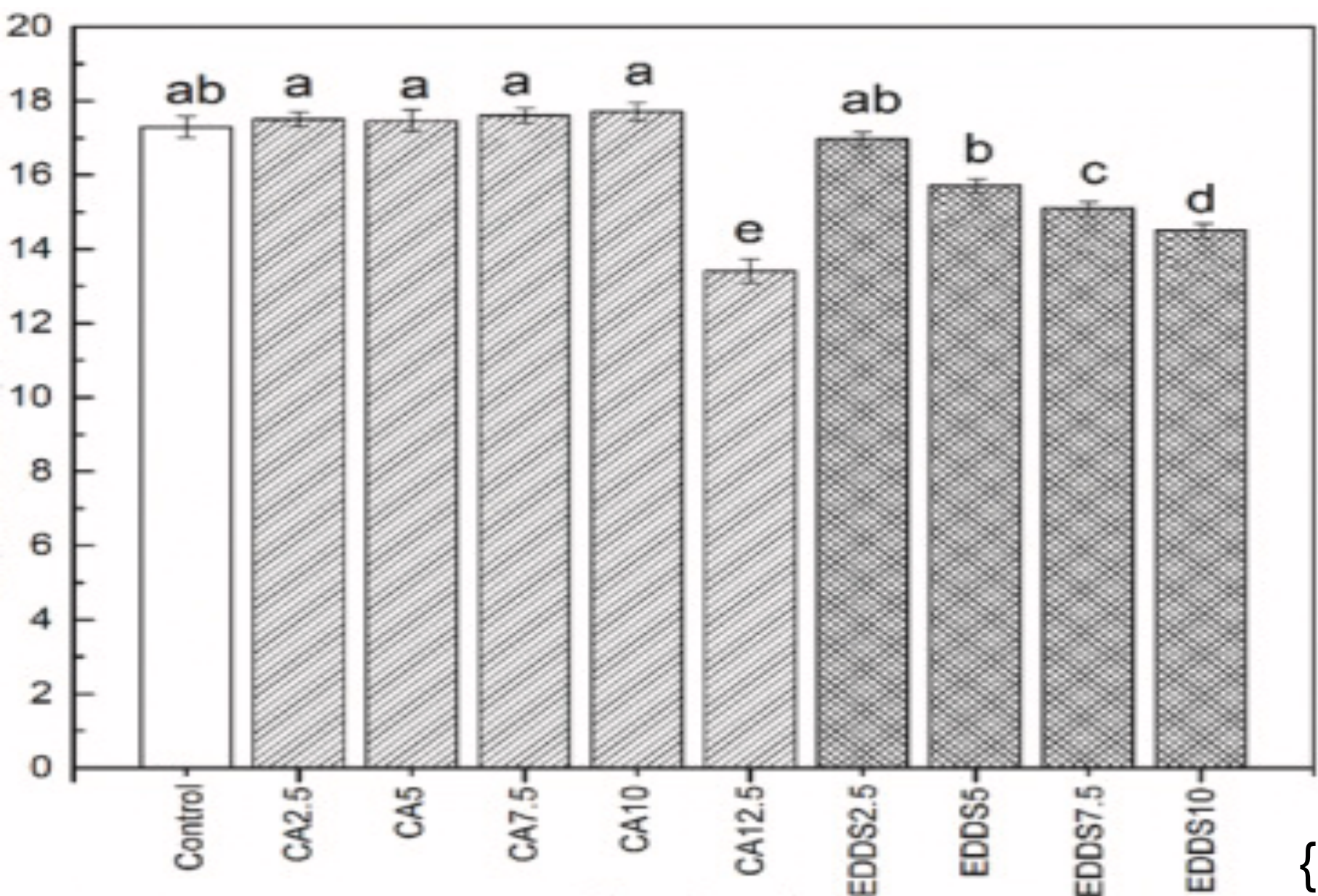


Figure 4): Biomasse sèche (g/plante)

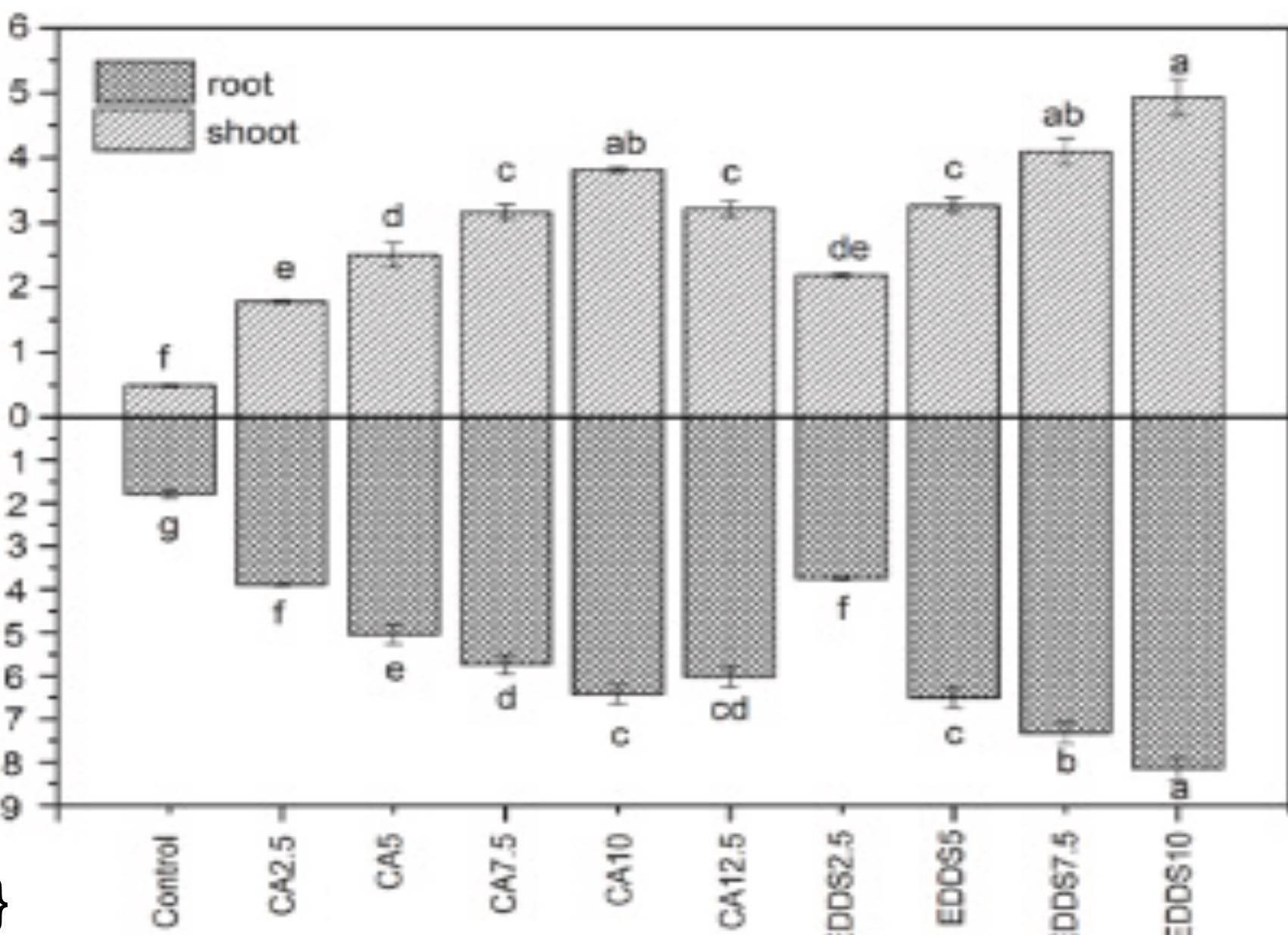


Figure 5): Teneur en U par *M.cordata* dans les racines et les pousses (Bq/g)

- Dans la figure 5), la teneur en ^{238}U par *M. cordata* augmente significativement avec la gamme de dose de CA et atteint un maximum à 10 mmol.kg^{-1} puis diminue significativement lorsque la dose de CA atteint $12,5 \text{ mmol kg}^{-1}$. Par conséquent, la dose adéquate de CA est déterminée à 10 mmol kg^{-1} .
- Pour l'EDDS, la teneur en ^{238}U dans les racines et les pousses et la bioaccumulation totale augmentent avec la dose d'EDDS lorsqu'elle passe de $2,5$ à 10 mmol/kg . La production de biomasse diminue à partir de 5 mmol kg^{-1} . Par conséquent la dose adéquate d'EDDS est déterminée à 5 mmol.kg^{-1} .
- Dans la figure 4), l'acide citrique inhibe la croissance de *M. cordata* de $23,2 \%$ qu'à partir de $12,5 \text{ mmol.kg}^{-1}$. Il a été constaté aussi que EDDS diminue la biomasse de *M. cordata* de $12,62 \%$ et $16,14 \%$ respectivement lorsque la dose augmente à $7,5$ et 10 mmol.kg^{-1} .

Conclusion: Dans ce poster, une méthode de détermination de la dose adéquate d'un chélateur pour la phytoremédiation des sols contaminés par l'uranium par *M. Cordata* a été présenté. Après expérimentations, les doses adéquates de CA et d'EDDS pour la phytoremédiation des sols contaminés par ^{238}U par *M. Cordata* ont été déterminées à $10,0$ et $5,0 \text{ mmol.kg}^{-1}$. Par ailleurs, il a été constaté que le chélateur acide citrique produit un bon résultat de chélation pour la phytoremédiation des sols contaminés par l'uranium, car il aiderait *M. cordata* à obtenir la bioaccumulation totale la plus élevée.

Bibliographies:

- {1}-Li Chen, Jinrong Liu, Weixiong Zhang, Jiqiang Zhou, Dangli Luo, Zimin Li, (5 July 2021), Uranium (U) source, speciation, uptake, toxicity and bioremediation strategies in soil-plant system: A review, *Journal of Hazardous Materials*, volume 413
- {2}-Rulei Wu, Yu Fan, Yixuan Wu, Sai Zhou, Siqun Tang, Xiaojie Feng, Xiaoli Tan, Jianmei Wang, Li Liu, Dong Jin, Chuanqin Xia, (July 2020), Insights into mechanism on organic acids assisted translocation of uranium in *Brassica juncea* var. foliosa by EXAFS, *Journal of Environmental Radioactivity*, volume 218
- {3}-Nan Hu, Siyu Chen, Tao Lang, Hui Zhang, Wei Chen, Guangyue Li, Dexing Ding, (February 2021), A novel method for determining the adequate dose of a chelating agent for phytoremediation of radionuclides contaminated soils by *M. cordata*, *Journal of Environmental Radioactivity*, volume 227
- {4}-Ján Mihalík, Pascale Henner, Sandrine Frelon, Virginie Camilleri, Laureline Février (Avril 2012), Citrate assisted phytoextraction of uranium by sunflowers: study of fluxes in soils and plants and resulting intra-plant distribution of Fe and U, *Environmental and Experimental Botany*, Volume 77, p. 249-258
- {5}- Pinto, I.S., Neto, I.F. et Soares, H.M.V.M. (2014), Biodegradable chelating agents for industrial, domestic, and agricultural applications - a review, *Environmental Science and Pollution Research*, 21(20), 11893-11906.
- {6}- OECD (2001), Citric acid CAS N°: 77-92-9. Dans: *OECD Screening Information Data Set (SIDS) for High Production Volume Chemicals*. London: UNEP Publications.
- {7}- D.X. Ding, G.Y. Li, N. Hu, Y.L. Liu, Y.Q. Wu, H.Y. Xie, Y.D. Wang, J. Yin, J.S. Hu, Y. Liu, S. Ma, (2010-02-10), Method for Using Plant to Phytoremediation Uranium Tailings. Chinese Patent: CN101642768 B[P].