

I – Introduction

Le césium présent dans l'environnement est issu du relargage suite à l'ensemble des essais, accidents nucléaires. Cela entraîne une accumulation de celui-ci dans l'atmosphère. La présence de ¹³⁷Cs en aérosol retombe lors des précipitations, cela a pour conséquence une contamination des produits alimentaires issus de l'agriculture. Cela crée des impacts sur les Hommes. Les premiers horizons du sol sont également contaminés par la percolation des eaux de précipitations.

Durant l'accident de Fukushima en mars 2011, une radioactivité de 58 PBq de césium dont 21 PBq en césium 137 a été rejetée. Ce rejet a provoqué une contamination surfacique de quelques dizaines de kBq jusqu'à des dizaines de MBq. Résultant de cet accident, le projet DEMETERRES est mis en place par le CEA qui a pour objectif la phytoremédiation du césium avec des plantes spécifiques (*Conférence Cyclope - Projet Demeterres, 2019*).

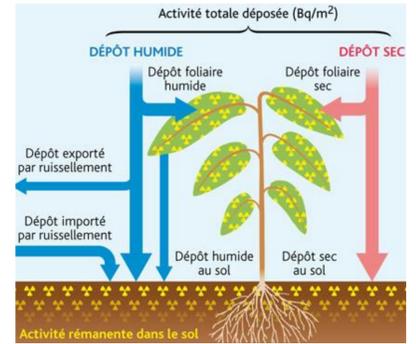


Figure 1: Contamination par voie humide et sèche du Cs

II – Impact sanitaire du ¹³⁷Cs sur l'organisme humain

La dangerosité du ¹³⁷Cs provient principalement de ses propriétés radiologiques, ainsi que de sa proximité chimique au potassium qui sont tous deux des métaux alcalins sous forme monovalente. Cela entraîne une pénétration du césium par les mêmes canaux de transport racinaire que le K. Celui-ci provoque des atteintes du système immunitaire, des malformations congénitales et fœtales, il augmente également les cancers de la thyroïde ainsi que des troubles neurologiques. Cela est dû à sa fixation dans les zones riches en potassium. Le césium est susceptible d'interagir avec de nombreuses fonctions physiologiques et métaboliques du fait de sa ressemblance avec le potassium. De plus, les effets toxiques du césium sont plus présents chez les enfants à cause de leur sensibilité plus importante. Pour décorporer le ¹³⁷Cs, l'administration de bleu de Prusse est utilisée chez les personnes contaminées par celui-ci (Lestaevel et al., 2010).

Période radioactive	30 ans
Activité massique	3,22x10 ¹² Bq/g
Émission	β ⁻

Figure 2: Propriété radiologique du césium ("Cesium_Cs137_V4" IRSN, n.d.)

III – Localisation du ¹³⁷Cs dans les horizons

La présence du césium dans le sol dépend de plusieurs facteurs. Le césium est retenu par des argiles particulières comme l'illite et les fractions organiques. De ce fait, celui-ci reste localisé dans les horizons superficiels du sol (Figure 3). Cependant, la présence de plusieurs facteurs comme sa mobilité, son lessivage provenant de l'érosion, la variation du pH, la teneur en cation du sol tel que la présence de potassium, d'ammonium dans les horizons produit un impact sur la disponibilité du césium. Cela est dû au fait de la compétition avec ces cations. C'est pourquoi la concentration de césium disponible varie en fonction d'un sol à l'autre (Siroux, 2017).

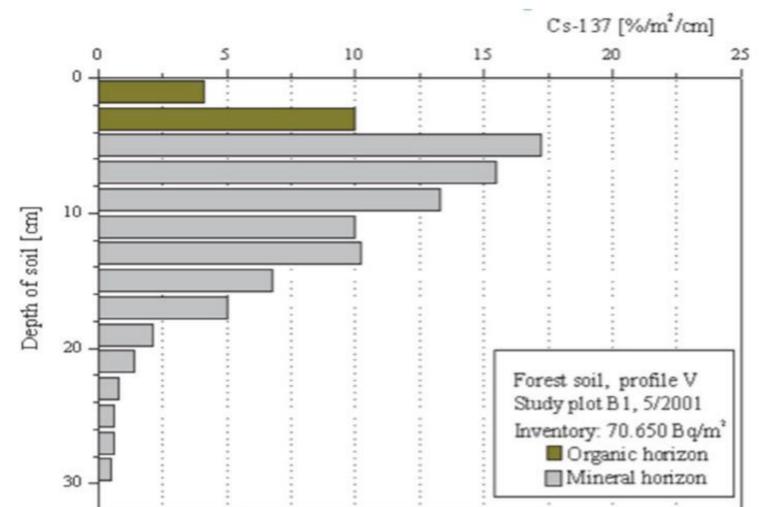


Figure 3: localisation du Cs dans les horizons du sol (*Conférence Cyclope - Projet Demeterres, 2019*)

IV - Expérience de phytoextraction

Durant les expériences, une modification de l'ADN est constatée ce qui a pour conséquence l'apparition prématurée d'un codon stop et entraîne de ce fait une augmentation de l'angle racinaire et favorise l'absorption du Cs dans les premiers horizons (Mohamed, 2017).

Les expériences réalisées ont permis de mettre en évidence un facteur d'accumulation de 6x10⁻³ à 1,4 Bq/kg en fonction de la disponibilité des nutriments présents dans le sol ("Cesium_Cs137_V4" IRSN, n.d.) et d'une vitesse d'absorption de celui-ci de 5,33x10⁻² μmol/g.s par le système racinaire (Flouret, n.d.). Lorsque les plantes ont fini leur croissance et quand les grains de riz sont formés, celles-ci sont incinérées pour la production d'énergie électrique. Les fumées passent dans des filtres pour capter le Cs et les mâchefers seront utilisés comme engrais.

Conditions d'expérimentations de la culture du riz Indica IR64 :

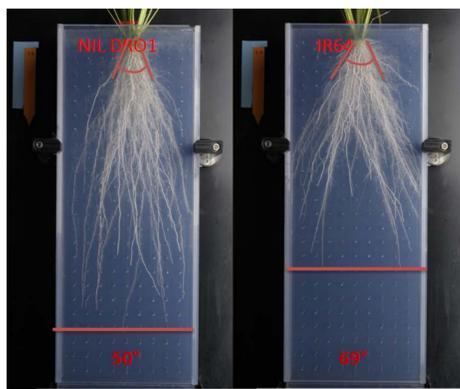


Figure 4: Photo de culture en hydroponie (Mohamed, 2017).

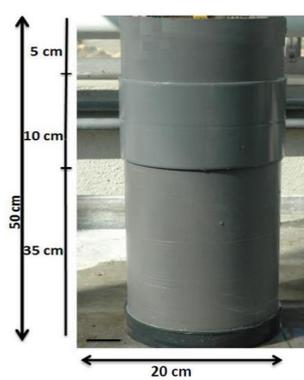


Figure 5: Photo de culture dans un tube en PVC comportant un sol proche de celui de Fukushima (Mohamed, 2017).

Formule facteur de translocation:

$$TF = \frac{[Concentration\ dans\ les\ racines]}{[Concentration\ dans\ les\ feuilles]}$$

Sol 10 000 Bq/kg

30 ans sans plante
26 ans avec plantes de culture
20 ans avec plantes DEMETERRES 1
16 ans avec plantes DEMETERRES 2?

Sol 5 000 Bq/kg

Figure 6: Schéma de phytoextraction du projet DEMETERRES d'un sol contaminé par le Cs (*Conférence Cyclope - Projet Demeterres, 2019*)

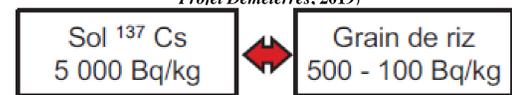


Figure 7: Norme acceptable de contamination par le gouvernement japonais pour la culture de plante destinée à la consommation et de la consommation de grain de riz (*Conférence Cyclope - Projet Demeterres, 2019*)

V – Conclusion

Les plantes phytoextraitrices qui rentrent dans le projet DEMETERRES tels que les plants de riz, d'Arabidopsis Thaliana permettent actuellement de décontaminer des sites en gagnant 10 ans en comparaison d'un site ne présentant pas de plante. Actuellement d'autres recherches sont attendues pour améliorer la phytoremédiation avec pour objectif la décontamination en 16 ans avec le projet DEMETERRES 2 (Figure 6) (*Conférence Cyclope - Projet Demeterres, 2019*).

Bibliographie

- Cesium_Cs137_V4 IRSN, n.d.
- Conférence Cyclope - Projet Demeterres : Soigner la Terre par les plantes, 2019.
- Flouret, A., n.d. Soutenue à Aix-Marseille Université le 11 10 2021 par Alexandre FLOURET 252.
- Lestaevel, P., Racine, R., Bensoussan, H., Rouas, C., Gueguen, Y., Dublineau, I., Bertho, J.-M., Gourmelon, P., Jourdain, J.-R., Souidi, M., 2010. Césium 137 : propriétés et effets biologiques après contamination interne. *Médecine Nucl.* 34, 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.mednuc.2009.12.003>

- Mohamed, S., 2017. Contrôle de l'accumulation de cations toxiques chez le riz par modification des transporteurs, de l'architecture et de l'anatomie racinaire : application à une culture sur des sols contaminés par le Césium 137 (Theses). Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier.
- Siroux, B., 2017. Interactions dans un système césium, strontium/matière organique naturelle/argiles des sols. De la décontamination à la remédiation (Theses). Université Sorbonne Paris Cité - Université Paris Diderot (Paris 7).
- Yan, L., Le, Q.V., Sonne, C., Yang, Y., Yang, H., Gu, H., Ma, N.L., Lam, S.S., Peng, W., 2021. Phytoremediation of radionuclides in soil, sediments and water. *J. Hazard. Mater.* 407, 124771. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124771>