

Extraction de l'Uranium marin à l'aide de carapace de crabe

Imman Ouahi

Master 1 Risques Environnementaux et Sûreté Nucléaire

I – Introduction

L'Uranium est le moteur principal pour la production d'énergie par l'industrie nucléaire. La question sur sa disponibilité afin de satisfaire les besoins du nucléaire sur le long terme vient à se poser. En effet, les réserves actuelles d'Uranium terrestre deviennent peu à peu limitées et ne permettront pas de répondre à une demande croissante sur la durée.

Les mers et océans représentent un immense réservoir de ressources dont l'Uranium. On y retrouve pas moins de **4,5 milliards de tonnes** ce qui représente 1000 fois plus que la quantité terrestre. Plusieurs pays étudient donc la faisabilité de dispositif permettant de récupérer l'Uranium de ce réservoir afin d'en faire du combustible pour les centrales.

Est-ce que de tels dispositifs pourraient permettre une extraction efficace de l'Uranium dans l'eau sur le long terme ?

Des chercheurs chinois ont choisi d'étudier l'efficacité de l'extraction de l'Uranium marin à l'aide de la carapace naturelle de crabe marin.



Figure 1: Crabe *Portunus Tritubercula*

II - Etat de l'art

- Première recherche de dispositif d'extraction d'uranium dans les années 90.
- Etude de polymères organiques ou de matériaux biologiques (sélectivité élevé pour l'Uranium, bonne vitesse d'adsorption...).
- Trois composants de la carapace des crabes préalablement identifié pour l'adsorption de l'Uranium (Carbonate de calcium, certaines protéines et chitine).
- L'Uranium est sous forme d'Uranyle (UO_2) dans l'eau de mer.

III – Matériels et Méthodes

Collecte de carapaces de crabe *Portunus Tritubercula* adulte qui seront par la suite lavées puis séchées dans un four à 40°C. Celles-ci sont ensuite broyées afin de pouvoir faire la séparation des différents éléments de la carapace.

Les broyats de carapaces seront par la suite traités afin d'obtenir quatre états:

- Carapace normale
- Carapace dépourvue de chitine
- Carapace dépourvue de protéines
- Carapace dépourvue de $CaCO_3$

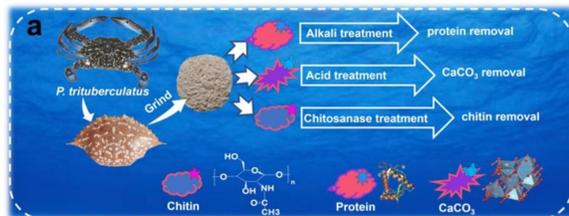


Figure 2: Composant actif étudié pour l'adsorption de l'Uranium par la carapace

Les broyats obtenus ont été ajouté séparément à **2 types de solutions**:

Solutions 1: simulation d'eau de mer avec une concentration en Uranyle allant de **2 à 128 mg.L⁻¹** (ajout de 5 mg de broyat dans 100 mL de solution).

Solution 2: Eau de mer prélevée et filtrée (afin d'éliminer les micro-organismes et sédiments) et dont la concentration en Uranyle a été mesuré à environ **3,5 mg/m³** (ajout de 20 mg de broyat dans 100 L de solution).

Les concentrations d'Uranyle adsorbé par le broyat de carapace et mesuré par spectrométrie.

Les carapaces ont aussi été observées au **microscope électronique à balayage (MEB)** afin de mieux comprendre leur structure.

V – Conclusion

Les résultats montrent une extraction assez satisfaisante de l'Uranium par la carapace du crabe. Le carbonate de calcium a été identifié comme principal composant permettant celle-ci. L'étude ne donne cependant pas d'informations concernant le coût d'une telle extraction ce qui devrait faire l'objet de recherches supplémentaires.

La poursuite des recherches sur de tels dispositifs et leur développement donneraient lieu à un avenir prometteur pour l'extraction de l'Uranium marin.

IV - Résultats et interprétations

Les résultats dans l'eau de mer simulé montrent plusieurs choses:

- Diminution de l'adsorption de **24,75%** en absence de protéines.
- Diminution de l'adsorption de **95,63%** en absence de $CaCO_3$.
- Augmentation de l'adsorption de **30,59%** en absence de chitine.

Les graphiques suivant appuie cela puisque l'on voit que la

concentration de l'Uranium adsorbé a un maximum à **200,03 mg.g⁻¹** pour la carapace dépourvue de chitine contre **263,64 mg.g⁻¹** avec celle-ci en condition simulé.

En condition réelle la concentration d'Uranium adsorbé est bien plus basse et n'atteint que **1,38 mg.g⁻¹**.

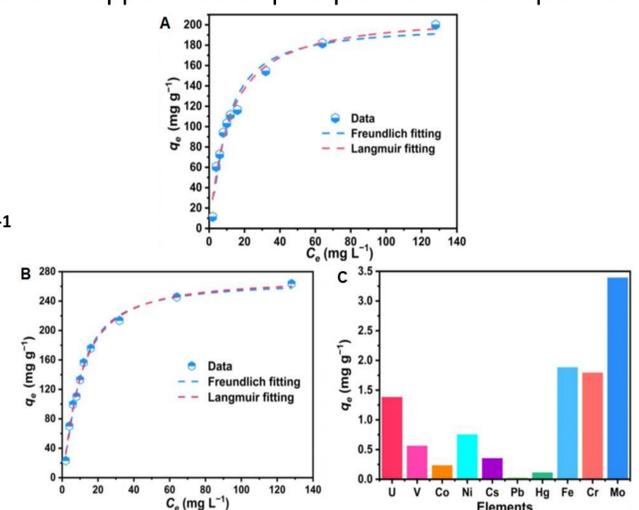


Figure 3: A. Courbe d'adsorption de l'Uranium dans l'eau de mer simulé; B. Courbe d'adsorption de l'Uranium en absence de chitine dans l'eau de mer simulé; C. Capacité d'extraction de l'Uranium et d'autres éléments dans la mer naturelle.

La carapace de *Portunus Tritubercula* a été comparée à celle d'autres crustacés dont les carapaces permettent aussi l'adsorption de l'Uranium. Il a été observé au MEB que la carapace de *Portunus Tritubercula* permet une meilleure adsorption de l'Uranium, car celle-ci possède plus

de pores et **augmente la surface spécifique** entre le $CaCO_3$ et l'Uranyle.

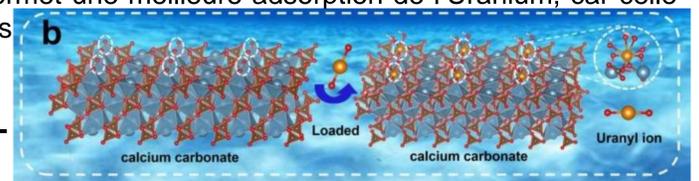


Figure 4: Mécanisme de liaison de l'Uranyle par les carbonates de calcium

Avantages ✓

- ✓ Méthode respectueuse de l'environnement
- ✓ Bonnes valeurs d'extraction

Inconvénients ✗

- ✗ Disponibilité du matériel pour être fait à grande échelle
- ✗ Elimination de la chitine coûteuse et polluée

Bibliographie

1. Capus, G., Barré, B., 2003. L'uranium de l'eau de mer : véritable ressource énergétique ou mythe ? Revue des Ingénieurs 4.
2. Feng, S., Feng, L., Wang, M., Yuan, Y., 2022. Highly efficient extraction of uranium from seawater by natural marine crab carapace - ScienceDirect. Chemical Engineering Journal 430. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.133038>
3. Guo, H., Mei, P., Xiao, J., Huang, X., Ishag, A., Sun, Y., 2021. Carbon materials for extraction of uranium from seawater. Chemosphere 278, 130411. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130411>
4. Xie, Y., Liu, Z., Geng, Y., Li, H., Wang, N., Song, Y., Wang, X., Chen, J., Wang, J., Ma, S., Ye, G., 2022. Uranium extraction from seawater: material design, emerging technologies and marine engineering. Chem. Soc. Rev.