

# Optimisation multi-critères de l'exploitation d'Uranium par ISR

Razane DOUCMAK

Mines ParisTech – Centre de Géosciences – Équipe HR

En 2020, le Kazakhstan a produit la plus grande partie d'uranium issu des mines (41 % de l'approvisionnement mondial), suivi de l'Australie (13 %) et du Canada (8 %) (World Nuclear Association, Septembre 2021).

L'In Situ Recovery (ISR) est une technique d'extraction minière qui assure l'exploitation de la majorité de la production mondiale d'uranium. Elle consiste à injecter, à l'aide des puits d'injection, une solution acide au sein des couches géologiques perméables afin de solubiliser les phases porteuses d'uranium. La solution enrichie en U est ensuite pompée à la surface afin de séparer l'uranium solubilisé de la solution acide dans des résines échangeuses d'ions (Figure 1). La solution de lixiviation est ensuite recyclée avant d'être réinjectée dans le gisement.

Par rapport à d'autres techniques minières, l'ISR présente des avantages économiques et environnementaux : l'ISR ne génère pas de déchets miniers et ne nécessite pas d'excaver et de broyer la roche. Cependant, une exploitation ISR peut engendrer un impact environnemental en dégradant la qualité des eaux de l'aquifère.

Le risque environnemental le plus pertinent associé à l'ISR est la contamination des eaux souterraines par l'augmentation de la concentration des contaminants et la diminution du pH. La distance et la durée d'impact sont donc les deux principales composantes mises en évidence dans notre modèle, l'impact de la distance est généralement contrôlé par la migration des ions  $SO_4$  résultant de l'injection d'acide sulfurique et l'acidité est le paramètre qui influence la durée de l'impact.

Nous nous intéressons à la prédiction de l'impact environnemental à travers le logiciel de transport réactif HYTEC qui a déjà

été utilisé pour tenter d'estimer l'atténuation naturelle de la perturbation chimique.

Le modèle d'impact environnemental sera calibré sur une base de données pluri-décennales afin de quantifier l'atténuation naturelle. Le but de l'étude est ensuite d'identifier l'impact du mode d'exploitation sur la production d'uranium et l'impact environnemental. De cette manière, nous pourrions donner des recommandations à Orano afin d'optimiser leur exploitation.

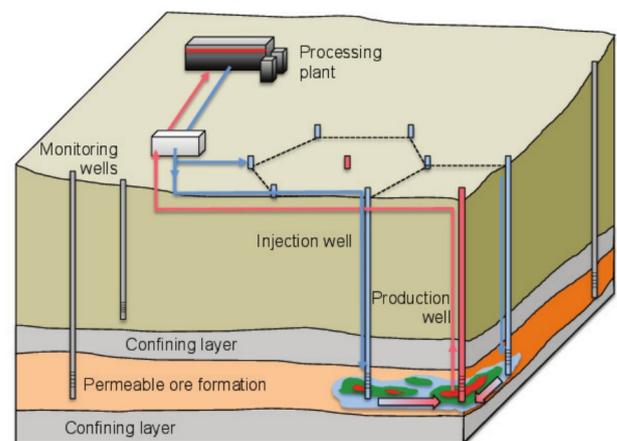


Figure 1. Vue schématique d'une opération ISR (Source. Lagneau et al, 2019) [1]

Jusqu'à présent, les simulations effectuées nous ont permis de vérifier le modèle d'atténuation naturelle en calibrant les modèles sur une mine ISR fermée depuis 30 ans. Ensuite, nous avons entamé l'étude d'optimisation multi-critère qui a pour objectif de trouver des conditions opératoires optimales pour avoir un impact environnemental réduit pour une quantité d'uranium produite élevée ou similaire.

[1] Lagneau, V., Regnault, O., Descostes, M. 2019. Industrial Deployment of Reactive Transport Simulation: An Application to Uranium In situ Recovery. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 85, 499-528