

## L'EAU APRÈS LA MINE

### Construire et Appliquer les Normes de Qualité des Eaux en Contexte d'Après-Mine

**Coordinateurs :** Irina Sin, Sophie Guillon

**Encadrants :** Irina Sin, Sophie Guillon, Vincent Lagneau, Nicolas Seigneur, Laurent De Windt (Centre de Géosciences)

**Lieux :** Fontainebleau, Paris, Bessines-sur-Gartempe, Limoges

**Intervenants extérieurs :** ORANO Mining, BRGM, IRSN, Régie de l'Eau de Limoges Métropole, Université de Limoges

#### CONTEXTE

En France, la production de ressources minérales indispensables a conduit à la présence sur le territoire d'anciens sites miniers qui doivent être surveillés et gérés afin de limiter les impacts environnementaux.

La définition de bonnes pratiques garantissant de faibles impacts environnementaux est complexe. Elle se situe à l'interface de différentes sphères d'expertise (ingénierie, génie chimique, hydrogéologie, géochimie) et doit prendre en compte les relations entre écosystème, santé, usage de l'eau, territoire et acceptabilité sociale.

La gestion d'un ancien site minier, notamment en ce qui concerne le traitement des eaux, nécessite d'un projet coordonnant les aspects techniques, réglementaires, économiques et sociétaux.

#### RESUME

La définition des normes environnementales pour la qualité des eaux, en particulier pour certains métaux tels que l'uranium, rejetés par d'anciens sites miniers, est un processus complexe qui doit prendre en compte, outre le contexte géologique, les enjeux sanitaires et sociétaux, ainsi que les enjeux économiques.

Du côté des industriels ou des aménageurs, le choix des filières de traitement des eaux de rejet est réalisé en fonction du contexte local de chaque site, du fond géochimique et du terme source pour les éléments chimiques d'intérêt, et de la faisabilité technique et économique sur le long terme.

#### PROBLÉMATIQUE

- Comment définir les normes de la qualité des eaux en conciliant les enjeux de santé, d'acceptabilité sociale, la faisabilité technique et les enjeux économiques pour les industriels ?
  - Faut-il toujours traiter les rejets des anciennes mines ?
- Comment un industriel peut-il gérer de manière optimale la qualité des eaux rejetées sur les anciens sites miniers, en particulier pour l'uranium ?

## OBJECTIFS

- Évaluer l'adéquation entre le fond géochimique de certains éléments et les normes de qualité des eaux en contexte d'après-mine
- Identifier les différents scénarios possibles pour la gestion de la qualité des eaux en contexte d'après-mine (traitements par précipitation, par résines échangeuse d'ions, par atténuation naturelle, ...) dans leurs aspects techniques, mais aussi économiques, environnementaux et sociétaux.

## MINI-PROJETS

### ▪ MP1 MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Le site de la Ribière, ancienne mine d'uranium appartenant à ORANO, est proposé comme cas d'étude. Lors de son réaménagement, les résidus miniers provenant de l'usine de traitement ont été stockés sous une couverture de stériles miniers et de terre végétale. Le but de ce MP est de comprendre le fonctionnement hydrogéologique du site. Quels sont les facteurs hydrogéologiques clefs contrôlant le flux d'infiltration d'eau qui rentre à la surface du sol et se rejette dans la rivière qui draine le site ? Comment prédire le ruissellement ? Quels sont les impacts des flux d'eau sur le transport d'uranium à l'exutoire du site ? L'ensemble de ces paramètres seront à intégrer dans un modèle numérique représentatif du site de la Ribière afin de modéliser différents scénarios d'infiltration à long terme.

### ▪ MP2 MODÈLE GÉOCHIMIQUE

La gestion des eaux est une mission importante de l'après-mine. La composition des eaux rejetées par les anciennes mines est régie par des normes réglementaires pour les radioéléments tels que l'uranium et le radium. Il existe différents procédés de traitement des eaux (résines échangeuses d'ions, précipitation, *etc*) qui permettent de diminuer le marquage chimique et radiologique. Dans ce MP, il est proposé de construire des modèles géochimiques afin d'évaluer l'efficacité de différentes méthodes de traitements des eaux, notamment l'évolution des métaux traités mais aussi de ceux utilisés pour le traitement. Pourrait-il être envisagé de ne pas traiter les eaux de rejet d'une ancienne mine ?

### ▪ MP3 MODÈLE RADON

Le radon est un gaz inerte, radioactif produit naturellement dans tout contexte géologique contenant de l'uranium, et notamment dans les sites miniers d'uranium. Le  $^{222}\text{Rn}$  est un produit de désintégration du  $^{226}\text{Ra}$  qui est lui-même produit de  $^{238}\text{U}$ . Dans ce MP, il s'agit de construire des modèles de migration du radon provenant des résidus de traitement à travers les couvertures et le sol, afin de quantifier l'atténuation de ce gaz et de dimensionner l'épaisseur de sol nécessaire à une atténuation suffisante, en utilisant des outils analytiques et numérique.

#### ▪ **MP4 NORMES ET FOND GÉOCHIMIQUE**

Comment sont établies les normes de qualité des eaux? Dans ce MP, il est proposé d'identifier les acteurs et les contraintes de construction des normes de qualité des eaux. Différents aspects doivent être pris en compte : les impacts environnementaux, sanitaires, sociétaux, la faisabilité technique pour appliquer la norme. Le contexte géologique est également un facteur clé à étudier, notamment le fond géochimique naturel et sa variabilité spatiale.

#### ▪ **MP5 ÉVALUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE**

Les projets précédents ont permis d'identifier différentes méthodes de traitement des eaux, adaptées aux spécificités des sites miniers et répondant aux objectifs des normes réglementaires. Ce MP a pour objectif d'étudier la faisabilité socio-économique de la mise en place de ces méthodes. Quels sont leurs coûts ? Quel est l'impact financier pour l'industriel ? Ces méthodes ont-elles différents niveaux d'acceptation vis-à-vis de la société, des instances et associations locales ?

#### ▪ **MP6 REVUE INTERNATIONALE & CONSEILS**

De nombreux pays sont ou ont été exploitants d'uranium et doivent faire face à la gestion de leur site après-mine. L'objectif de ce MP est de réaliser un benchmark sur les normes en vigueur à l'internationale et sur les techniques de traitement des eaux des sites miniers d'uranium. Les aspects réglementaires, économiques et sociétaux devront être pris en compte. Quelles recommandations pour le site d'étude de la Ribière ?

### **LES VISITES ET CONFÉRENCES**

- ORANO Mining à Bessines-sur-Gartempe (Limousin)
  - Visite Musée Uréka
  - Conférence ORANO sur l'Après-Mines en France, toutes les étapes de réaménagement et la surveillance des anciens sites miniers uranifères
  - Visite de l'ancienne mine à ciel ouvert de Bellezane, réaménagée depuis 1997
  - Visite de l'ancienne mine de la Ribière, réaménagée depuis 1992
- Station de traitement de l'eau potable, Limoges Métropole
- Conférence à l'Université de Limoges sur les métaux dans les sédiments
- Conférence de l'IRSN sur les normes de qualité des eaux
- Conférence du BRGM Après-Mine sur le traitement des eaux de rejet de mines

### **ORGANISATION**

Cette formation sera réalisée en 3 semaines du lundi 16 novembre au vendredi 4 décembre 2020. La semaine 1 sera consacrée à l'acquisition des connaissances en s'appuyant essentiellement sur des conférences et des visites d'installations et des échanges avec les partenaires industriels et institutionnels. En deuxième semaine, les quatre premières journées seront consacrées aux mini-projets 1 à 3, la dernière, à une synthèse des résultats des travaux réalisés ainsi qu'à la coordination des résultats en vue de la préparation des mini-projets suivants. En troisième semaine, les trois premières journées seront consacrées aux mini-projets

4 à 6, et les deux dernières à la synthèse des travaux et à la préparation de la restitution écrite des résultats du MIG.

### PROGRAMME PREVISIONNEL

#### Semaine 1 du 16 Novembre 2020

Jour/ Emplacement	Programme : Matin / Après-midi	
Lundi 16/11 Paris → Fontainebleau → Bessines	- Introduction Générale aux Problématiques de l'Après-Mine, Orano R&D, Environnement (M. Descostes, C. Chautard) - Présentation des visites/conférences	Départ vers Bessines
Mardi 17/11 Bessines, Bellezane	- Musée Uréka - Problématiques Après-Mines (G. Kern) - Procédés de traitement utilisés à l'après-mines (J. Schick)	- Bellezane (G. Kern) - Station de traitement des eaux d'Augères (J.Schick)
Mercredi 18/11 La Ribière	- Visite du site de la Ribière (C.Benesteau) (site réaménagé, résidus, stériles, traitement des eaux)	
Jeudi 19/11 → Limoges → Fontainebleau, Paris	- Station de traitement de l'eau potable de Limoges Métropole	- Université de Limoges, V. Robin
Vendredi 20/11 Paris	- IRSN (I. Dublineau, P. Blanchart)	- BRGM Après-Mine (J-D Barnichon)

#### Semaine 2 du 23 Novembre 2020, Bat A Salles 201, 202 et R02, Fontainebleau

Jour	Programme : Matin / Après-midi	
Lundi 23/11	- Introduction des MP 1, 2 et 3 - Cours Non-saturé, Transport Réactif	Réalisation des MP 1-3 menés par groupes en parallèle. Compléments d'information technique et scientifique par groupes de projet.
Mardi 24/11	- Cours de géochimie	Séance sur la recherche documentaire à la bibliothèque de Fontainebleau
Mercredi 25/11	MP 1-3	
Jeudi 26/11		
Vendredi 27/11	Synthèse des MP 1-3, coordination des résultats Introduction des MP 4, 5 et 6 qui sont en lien avec les MP 1, 2 et 3	

#### Semaine 3 du 30 Novembre 2020, Bat A Salles 201, 202 et R02, Fontainebleau

<i>Jour</i>	<i>Programme : Matin / Après-midi</i>
<i>Lundi 30/11</i>	<i>Réalisation des MP 4-6 menés par groupes en parallèle. Compléments d'information technique et scientifique par groupes de projet.</i>
<i>Mardi 1/12</i>	
<i>Mercredi 2/12</i>	
<i>Jeudi 3/12</i>	<i>Synthèse des MP Préparation de la restitution des MP, ébauche de rédaction et préparation de la restitution.</i>
<i>Vendredi 4/12</i>	<i>Restitution des MP Préparation du plan du rapport final</i>

### CONTACTS

- [irina.sin@mines-paristech.fr](mailto:irina.sin@mines-paristech.fr) Tél. 01 64 69 48 12
- [sophie.guillon@mines-paristech.fr](mailto:sophie.guillon@mines-paristech.fr) Tél. 01 64 69 47 48
- [brigitte.breda@mines-paristech.fr](mailto:brigitte.breda@mines-paristech.fr) Tél. 01 64 69 47 10 (assistante)