

# L'EAU AUTOUR DU SITE DE BEAUVOIR

Cette première fiche, à usage pédagogique s'attache à détailler la méthodologie et les différents objectifs d'une étude d'impact sur l'eau appliqués au site de Beauvoir, présente le modèle hydrogéologique conceptuel du massif de la Bosse actuellement mis en œuvre et fait un focus sur la séquence «éviter, réduire, compenser» et ses exemples d'applications.

Elle sera complétée par une seconde fiche pratique, qui s'intéressera plus précisément aux prélèvements dans la Sioule pour le site de Beauvoir et à l'utilisation de l'eau sur le site de l'usine de conversion de La Loue aux abords du Cher.

Ces différents éléments seront également présentés au public lors de la réunion publique dédiée à la thématique «eau» qui se tiendra le 30 mai à Vichy.

## EN QUOI CONSISTE UNE ÉTUDE D'IMPACT SUR L'EAU ?

Avant tout projet ayant une potentielle incidence sur l'environnement, il est important de connaître l'état des milieux aquatiques (cours d'eau, étangs, nappes) de la zone concernée. C'est dans cet objectif qu'est réalisée une étude d'impact sur l'eau.

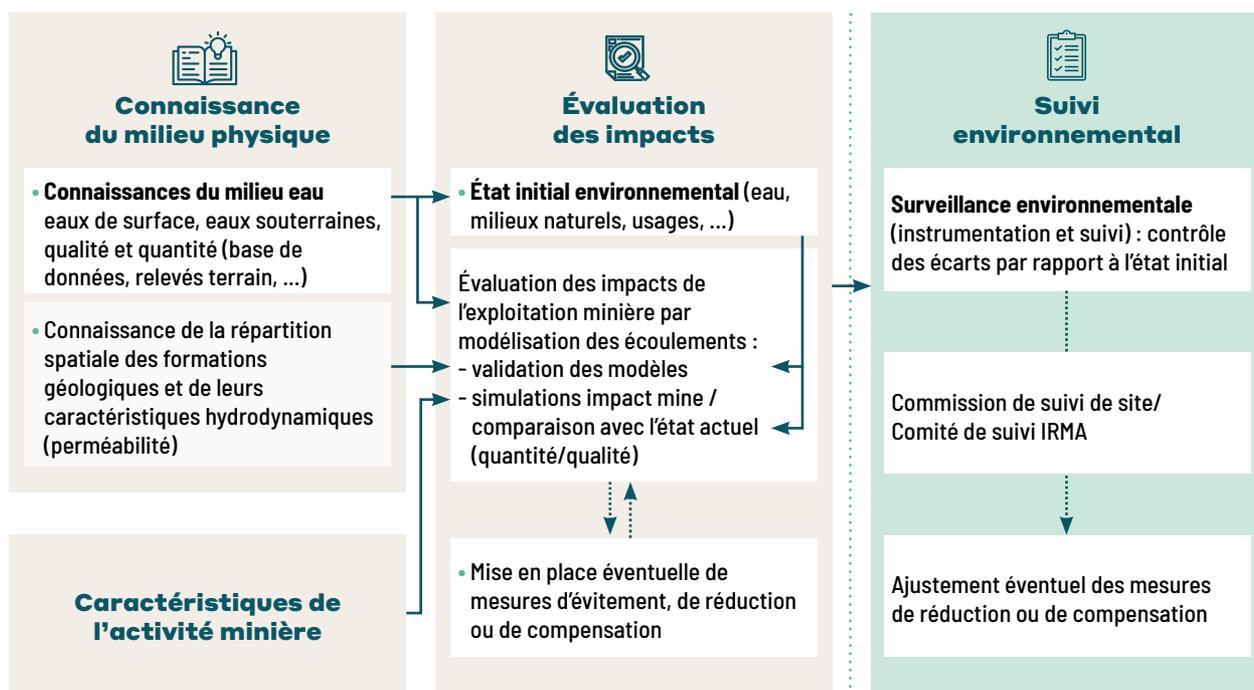
Cette démarche permet à la fois d'établir un état initial (c'est-à-dire quel est l'état des milieux avant toute exploitation), et de disposer de connaissances poussées qui vont permettre d'établir les incidences potentielles de l'exploitation d'une mine et la construction d'une usine sur les écosystèmes, et notamment la ressource en eau.

## DÉROULEMENT D'UNE ÉTUDE D'IMPACT SUR L'EAU

### AVANT EXPLOITATION MINIÈRE



### EXPLOITATION MINIÈRE ET APRÈS-MINE



## MÉTHODOLOGIE

Afin d'évaluer les impacts sur l'eau, il importe également de connaître les paramètres qui ont une influence sur les écoulements : il s'agit de la répartition spatiale (en 3 dimensions) des formations géologiques et de leurs usages. Les formations géologiques ont été cartographiées et l'installation de piézomètres<sup>1</sup> a permis à la fois, de compléter la connaissance de la géologie (profondeur des différentes formations géologiques rencontrées lors de la foration), et de réaliser des essais de pompage pour déterminer la perméabilité des terrains ou les perméabilités des différentes formations rocheuses.

La démarche d'évaluation des impacts de l'exploitation minière consiste ensuite à modéliser les écoulements souterrains.

Dans un premier temps, un modèle hydrogéologique numérique<sup>2</sup> est développé. Ce modèle intègre les données décrivant le milieu dans lequel circulent les eaux souterraines et simule les lois physiques décrivant les relations entre les écoulements souterrains et de surface.

Pour s'assurer que le modèle est bien représentatif du contexte hydrogéologique d'Échassières, le niveau de la nappe simulée par le modèle est comparé aux niveaux mesurés sur le terrain.

Dans un second temps, les travaux miniers (excavations) sont introduits dans le modèle hydrogéologique numérique. Le modèle simule alors les écoulements souterrains qui résultent de ce contexte modifié par rapport à l'état initial.

La comparaison des niveaux de nappes simulés par le modèle et les niveaux de nappe à l'état naturel permet d'évaluer la modification de la nappe due aux travaux miniers.

Si ces écarts impliquant de potentielles incidences sur la ressource en eau ou les milieux aquatiques étaient à constater, Imerys considérerait alors la mise en œuvre de mesures d'évitement, de réduction, voire de compensation.

## CONNAISSANCES ACTUELLES DU MILIEU EAU

### Analyse bibliographique

Outre les données des campagnes d'exploration géologique, une revue bibliographique a été complétée en décembre 2022. Une synthèse produite par un bureau d'études spécialisé a permis de récolter l'information existante, d'identifier les potentielles données manquantes et de proposer un programme d'investigation plus complet.

### Programme d'investigation mis en œuvre depuis 2021

Près d'une centaine de points (puits de particuliers, sources, cours d'eau...) ont été cartographiés à différentes distances du projet et dans différents milieux. Parmi ceux-ci, 70 points représentatifs ont été retenus pour des suivis de niveau d'eau et une trentaine pour réaliser des analyses de la qualité afin d'obtenir des données robustes et représentatives.

<sup>1</sup> Vous trouverez une définition complète de ce qu'est un piézomètre en page 3

<sup>2</sup> Qu'est-ce qu'un modèle numérique : <https://sigescen.brgm.fr/Modeles-hydrogeologiques-principes-et-methodes.html>

## QU'EST-CE QU'UN PIÉZOMÈTRE ?

Des nouveaux piézomètres (15), dispositifs de mesure du niveau d'eau et de sa qualité, ont été installés en 2022 et 2023 en complément de ceux déjà existants (8) pour la carrière de kaolin.

Ce dispositif sera achevé mi-2024 avec la pose de piézomètres profonds.

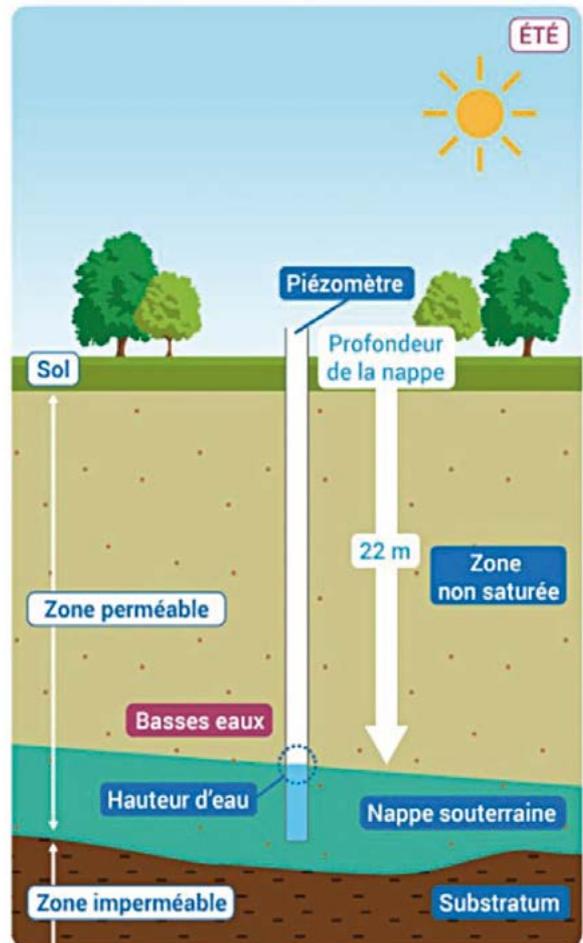
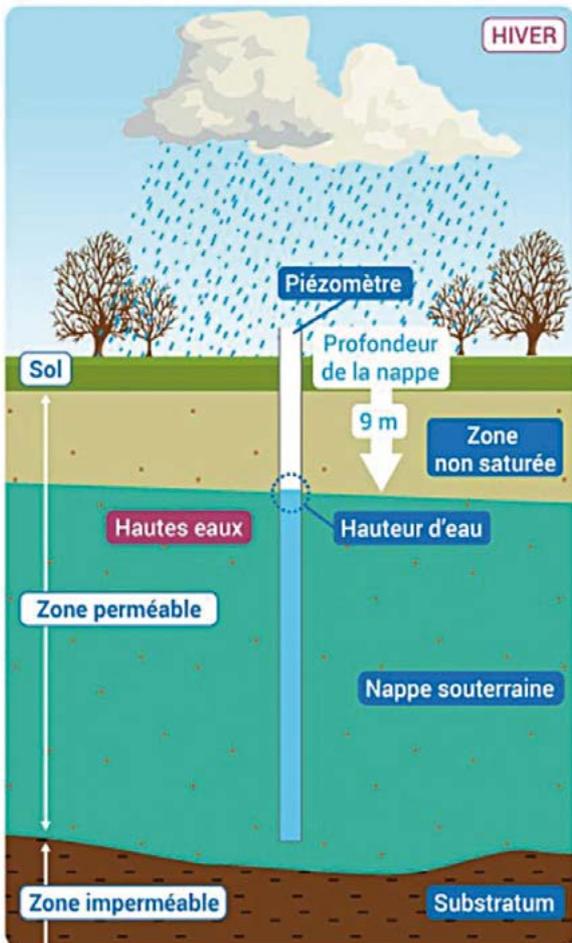
Les piézomètres sont des tubes filtrants de faible diamètre recoupant le(s) niveau(x) d'eau

souterraine et indiquant la profondeur de la nappe phréatique.

Ils permettent également de faire des prélèvements pour analyser la qualité de l'eau et de réaliser différents tests.

Lorsque cela est possible, ces piézomètres sont conservés pendant l'exploitation et servent à contrôler en continu les effets de l'activité.

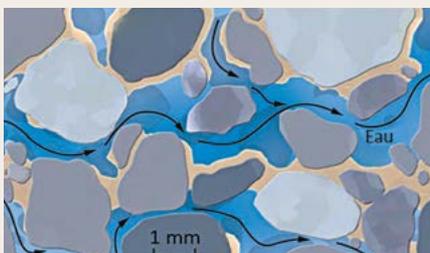
## FONCTIONNEMENT DES PIÉZOMÈTRES - (SCHÉMA DE PRINCIPE )



source : <https://www.eaufrance.fr/le-niveau-des-nappes-souterraines>

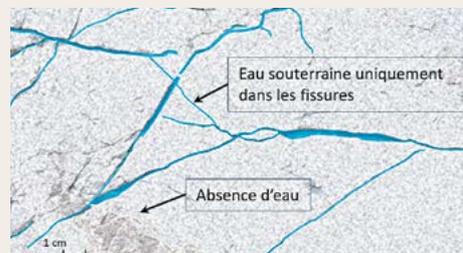
## LES DIFFÉRENTS TYPES D'ÉCOULEMENT D'EAU SOUTERRAINE

Au sein d'un milieu poreux (arènes granitiques par exemple)



(source : N. Gerdes)

Au sein d'un milieu fissuré (granite non altéré par exemple)



## Écoulements de surface dans le secteur

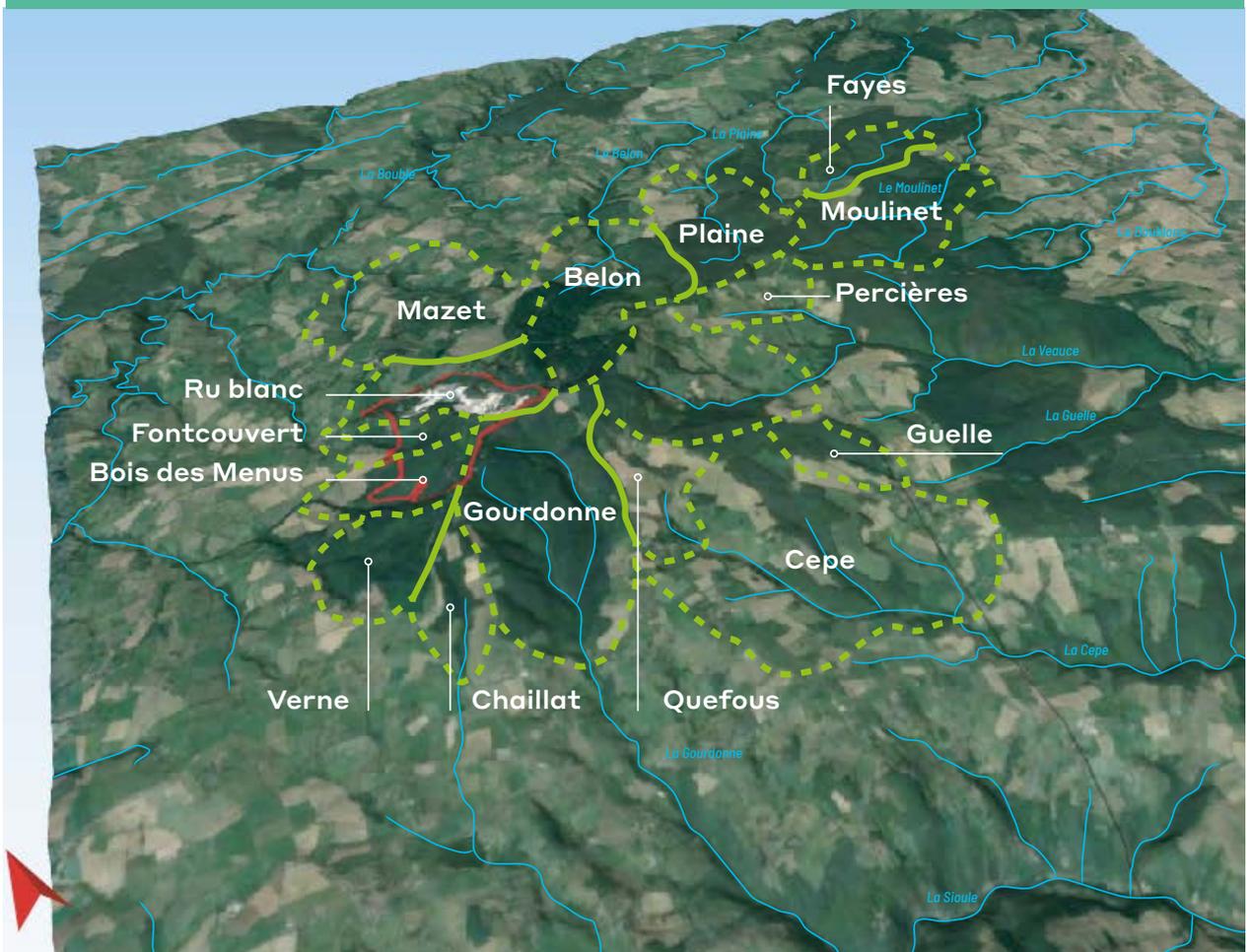
Le site minier et la carrière actuelle sont situés entre le bois des Menus et la forêt domaniale des Colettes, sur un promontoire topographique dénommé la Pyramide.

Les petits ruisseaux du secteur prennent leur source depuis ce point haut et coulent dans toutes les directions autour de celui-ci.

La partie nord de ce promontoire fait partie du bassin versant du ruisseau d'Échassières, affluent de la Bouble.

Au nord du site de Beauvoir, le ru Blanc prend sa source au hameau de la Croix Lambin et serpente avant de rejoindre le ruisseau d'Échassières. Son débit est habituellement de quelques L/s, mais il peut se tarir en étiage\*. La partie sud du site est drainée par un réseau de petits talwegs\* encaissés dans lesquels, des ruisseaux peu abondants ou intermittents prennent naissance (les principaux étant la Cèpe et la Gourdonne) avant de rejoindre la Sioule au niveau des gorges de Chouigny.

## CARTOGRAPHIE DES BASSINS VERSANTS<sup>5</sup>



### Légende :

- — — Limite de bassin versant
- — — Limite de propriété Imerys

## Écoulement souterrain dans le secteur

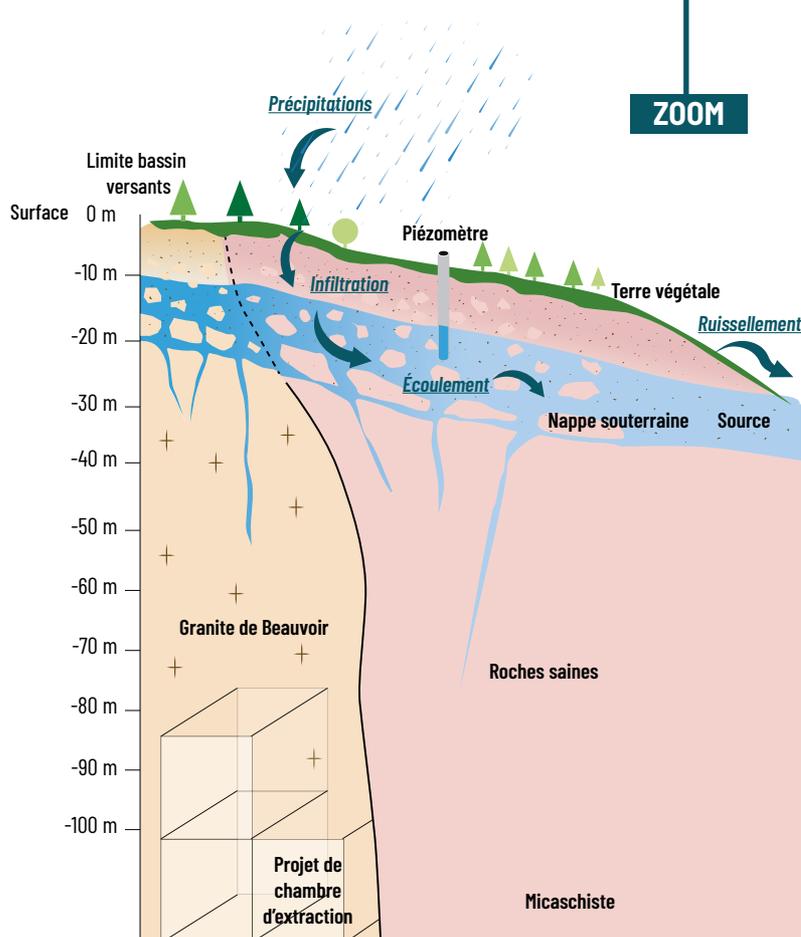
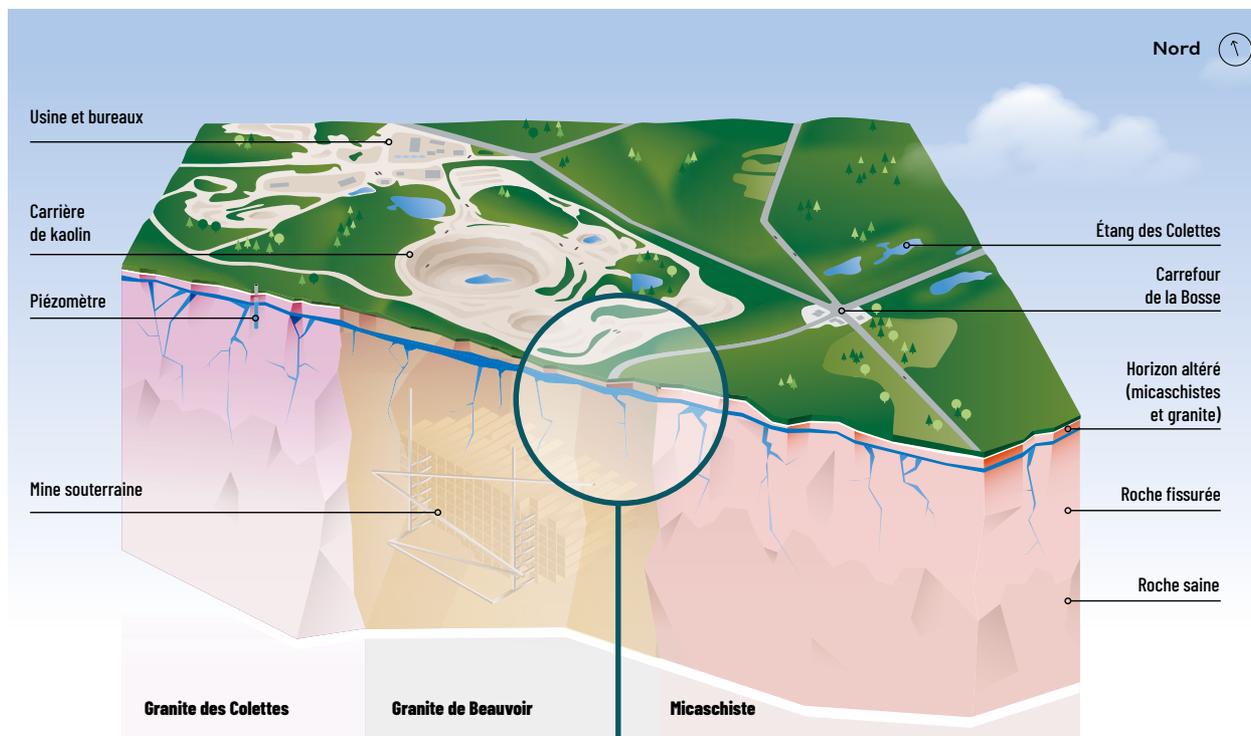
De façon générale, l'information recueillie et disponible (travaux terrain, bibliographie) montre que les eaux souterraines circulent dans deux grands types de formations géologiques :

- La couche de surface, de l'ordre de 10 à 30 mètres d'épaisseur (frange altérée des micascistes\* et des granites) où se situe la nappe phréatique ;
- Le granite où la perméabilité est liée aux fissures.

<sup>5</sup> Plus de précisions sur : <https://www.eaufrance.fr/les-eaux-souterraines>

## MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE CONCEPTUEL DU MASSIF DE LA BOSSE

Fonctionnement en nappe de socle (illustration schématique)



En profondeur, c'est à dire en dessous de 100 mètres environ où se trouveront les niveaux de l'exploitation minière, le granite de Beauvoir est très peu fracturé. Cela signifie qu'il peut être considéré comme pratiquement imperméable et peu propice à la circulation des eaux souterraines.

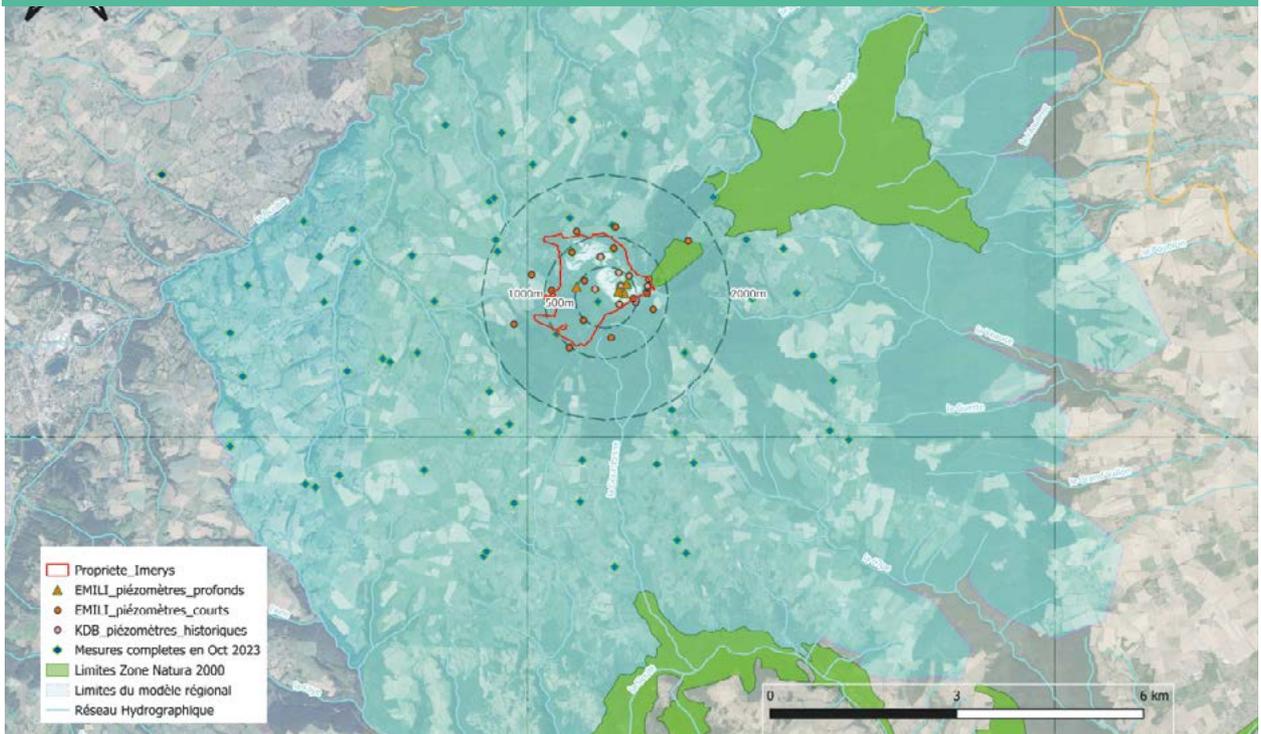
À ce stade des investigations, seules les fractures et fissures du sous-sol pourraient lui conférer une perméabilité plus importante.

Au contraire, les couches de surface, constituées quant à elles par des micaschistes et des arènes granitiques, apparaissent plus altérées. Cela signifie qu'elles contiennent des « vides », susceptibles de faire circuler de l'eau.

C'est donc naturellement dans cette couche que se trouve la nappe phréatique, qui est alimentée par les précipitations s'écoulant suivant la topographie, où, les sources et les cours d'eau, constituent son exutoire.

Les premiers résultats de l'analyse des niveaux piézométriques montrent que l'eau souterraine se dirige rapidement vers le talweg le plus proche en suivant le chemin de plus faible résistance. Ces directions d'écoulements souterrains sont ainsi tout à fait semblables aux écoulements de surface caractérisés par les ruisseaux et les rivières.

## RÉSEAU DE SURVEILLANCE DES EAUX DE SURFACES ET SOUTERRAINES



Des structures géologiques particulières, telles que les fractures et filons d'autres roches, mais aussi ponctuellement des anciennes galeries minières (situées essentiellement dans le micaschiste), peuvent agir comme des drains préférentiels. Dans ce cadre, une fraction des précipitations pourrait ainsi s'infiltrer en

profondeur et venir alimenter un éventuel réseau de fractures au sein de la mine. C'est ainsi que la réalisation et l'analyse des piézomètres profonds permettront de quantifier le volume d'eau pouvant s'infiltrer dans ces fractures et filons potentiellement en contact avec la couche de surface.

## QUELLES SONT LES PROCHAINES ÉTAPES ?

### UN SCÉNARIO D'EXPLOITATION EN COURS DE FINALISATION

Afin de mieux appréhender et d'analyser les éventuelles incidences sur les eaux souterraines et de surface, deux types de modélisation des écoulements d'eau sont en cours de développement :

- **Un modèle régional**, en cours de finalisation, permettant de simuler le milieu physique actuel, et dont l'objectif est d'évaluer les incidences à la fois de la galerie pilote, mais aussi de la mine commerciale. Ce modèle caractérise les eaux de surface et souterraines sur un rayon de 5 km autour du site (de la Bouble au nord à la Sioule au sud).
- **Un modèle de proximité**, permettant une prise en compte plus fine de la géologie du site de Beauvoir et des ouvrages souterrains, prévu à horizon de la fin d'année 2024, et dont l'objectif sera d'évaluer plus précisément les incidences de la mine dans sa globalité. Ce modèle sera régulièrement enrichi par des mesures complémentaires in-situ.

Cependant, certains éléments de détail ne sont pas encore disponibles pour simuler les incidences de la future mine avec l'un ou l'autre de ces modèles :

En effet, les éléments suivants sont en cours d'acquisition ou de définition :

- Propriétés physiques des granites profonds en place : ces données seront disponibles lorsque les piézomètres profonds, en cours de réalisation, auront été achevés ;
- Géologie structurale en bordure du site et particulièrement sous la forêt des Colettes ;
- Conception des ouvertures d'accès et des chantiers miniers (taille, séquence de mise en œuvre) ;
- Propriété (perméabilité et de lixiviation) des remblais qui seront utilisés pour combler les chantiers exploités ;
- Phasage d'exploitation et de remblaiement.

## LA MISE À DISPOSITION DE CES INFORMATIONS

- Les études réalisées ont porté sur l'analyse bibliographique du massif de Beauvoir (eaux souterraines et de surface), l'étude de cadrage pour l'approvisionnement en eau de l'usine de concentration, ainsi que les données issues des 3 premières campagnes d'investigations de terrain.
- La réunion publique dédiée à la thématique « eau » sera l'opportunité de présenter les premiers résultats disponibles.
- D'autres études viendront compléter ce premier bloc et seront portées à la connaissance du public lors de la concertation continue.

Elles portent notamment sur :

- le modèle hydrogéologique de proximité, tributaire d'essais à mener dans les piézomètres profonds en cours de forage (fin 2024) ;
- le choix d'implantation du site de pompage sur la Sioule (fin 2024) ;
- l'étude sur la prise en compte du réchauffement climatique sur la Sioule (fin 2024) ;
- les études sur la lixiviations des remblais cimentés une fois les essais réalisés et le plan d'après-mine défini.

## LA SÉQUENCE ERC

**ÉVITER :** une mesure d'évitement modifie un projet afin de supprimer un impact négatif identifié, comme par exemple changer l'emprise du projet, sa localisation ou les techniques employées.

**RÉDUIRE :** une mesure de réduction vise à réduire autant que possible la durée, l'intensité et/ou l'étendue des impacts d'un projet qui ne peuvent pas être complètement évités.

**COMPENSER :** une mesure compensatoire a pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits.

### Exemples d'applications :

#### ÉVITER :

Privilégier l'accès minier dans des matériaux non fracturés afin d'éviter les potentielles infiltrations.

#### RÉDUIRE :

- Étanchéification des discontinuités et fractures par les meilleures techniques disponibles :
1. Injections ciblées depuis la surface de coulis (ciment, résines).
  2. Injections ciblées et de proximité en souterrain de coulis (ciment, résines).
  3. Étanchéification par la pose d'une géomembrane PEHD (polyéthylène haute densité) d'étanchéité, renforcée par du béton projeté et/ou du blindage dans les cas rares de rencontre de géologie plus perméable.



4. Adapter la séquence d'exploitation pour limiter le nombre de chantiers ouverts en même temps.

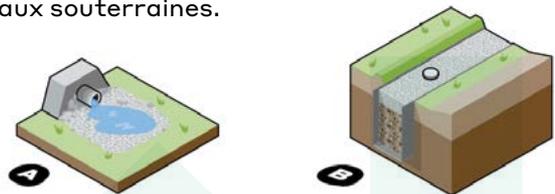
5. Adapter les tirs de mine pour limiter la fracturation à l'ouverture des chantiers.

#### COMPENSER :

- Mise en œuvre de techniques couramment utilisées dans la gestion des eaux de pluie notamment :

A - Soutien de débit de cours d'eau en écoulement direct.

B - Tranchées / Noues d'infiltration pour les eaux souterraines.



## LEXIQUE

### **Modèle hydrogéologique numérique (p.2) :**

En hydrogéologie, la modélisation numérique s'applique à retranscrire, à l'aide d'un programme informatique, l'écoulement des eaux souterraines et, éventuellement, la migration de polluants dans un système aquifère.

Les modèles numériques sont utilisés à la fois comme outil de compréhension, de gestion et de prédiction des ressources et/ou de la qualité des eaux. Pour plus d'informations, se référer à : <https://sigescen.brgm.fr/Modeles-hydrogeologiques-principes-et-methodes.html>

### **Écoulements souterrains (p.2) :**

Mouvement de l'eau qui s'infiltré jusqu'à la nappe, et écoulement de cette nappe jusqu'à ses émergences, par opposition à l'écoulement de surface.

### **Milieu poreux (p.3) :**

Se dit de tout matériau ou roche dont les particules élémentaires laissent entre elles des interstices, des vides de petites dimensions communiquant entre eux. S'oppose à fissuré ou diaclasé dont les interstices ne communiquent pas systématiquement entre eux.

### **Milieu fissuré (p.3) :**

Se dit de tout matériau ou roche présentant des discontinuités (fissures et des diaclases), pouvant permettre une circulation de l'eau.

### **Talweg (p.4) :**

Ligne du fond d'une vallée ou d'un vallon, suivie par le cours d'eau quand il en existe un.

### **Nappe de socle (p.5) :**

Nappe intégrée en profondeur à une formation géologique ancienne (socle), où l'eau est contenue et circule généralement dans des petits systèmes discontinus (fissures et fractures). A différencier des nappes alluviales ou sédimentaires.

### **Coulis (p.8) :**

Le coulis est un mélange très fluide qui peut être composé de ciment, d'eau, de résine et éventuellement d'adjuvants. Il est utilisé pour renforcer des fondations, étanchéifier des milieux fissurés ou renforcer les caractéristiques géotechniques d'une structure. C'est un mélange couramment utilisé dans le secteur du BTP.

### **Géomembrane (p.8) :**

Membrane d'étanchéité artificielle pouvant comprendre des éléments de synthèse (élastomères, polyéthylène) et /ou des éléments naturels (argile, bentonite). Elles permettent par exemple d'assurer l'étanchéité de bassins ou de stockages.



# IMERYS