



Site minier du Bernardan (87 Jouac)

**Etude hydrogéologique et hydrogéochimique
BURGEAP 2012/2013**

**Tierce-expertise
BRGM 2015**



Contexte général

► Arrêté préfectoral n°2012-20 du 2012

◆ Réalisation d'une étude hydrogéologique / géochimique du site et projet de confinement du stockage de résidus

- Etude du fonctionnement hydrogéologique et géochimique (Burgeap / Amphos 21 du 19/07/2012)
- APS de solutions de réaménagement du stockage de résidus de traitement de minerai du site du Bernardan (Burgeap / Sade du 09/04/2013)

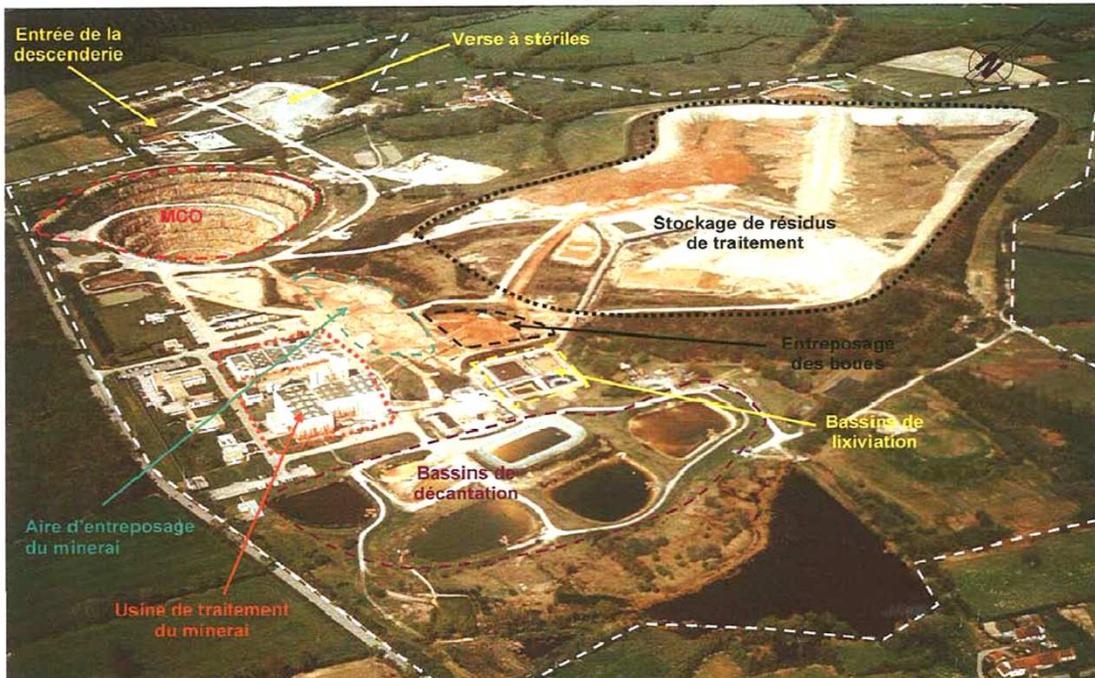
◆ Efficacité du fonctionnement de la station de traitement des eaux du site

- Audit technique de la station et essais laboratoire d'optimisation du procédé de traitement des eaux (SEPA août 2012)

◆ Tierce expertise des mémoires techniques produits dans le cadre de ce projet

- Tierce expertise du projet de confinement du stockage de résidus de traitement (BRGM version provisoire d'avril 2015
 - Pertinence de l'étude hydrogéologique et de la modélisation hydrogéologique : validité et représentativité des hypothèses, pertinence des modèles
 - Pertinence de l'étude et de la modélisation géochimique : choix de la source, des cibles et des hypothèses, choix et mise en œuvre du modèle, influence du confinement sur la migration des radioéléments dans les eaux souterraines
 - Pertinence et adéquation des solutions de confinement proposées
 - Pertinence et adéquation du dispositif de traitement des eaux

1. Contexte du site - exploitation

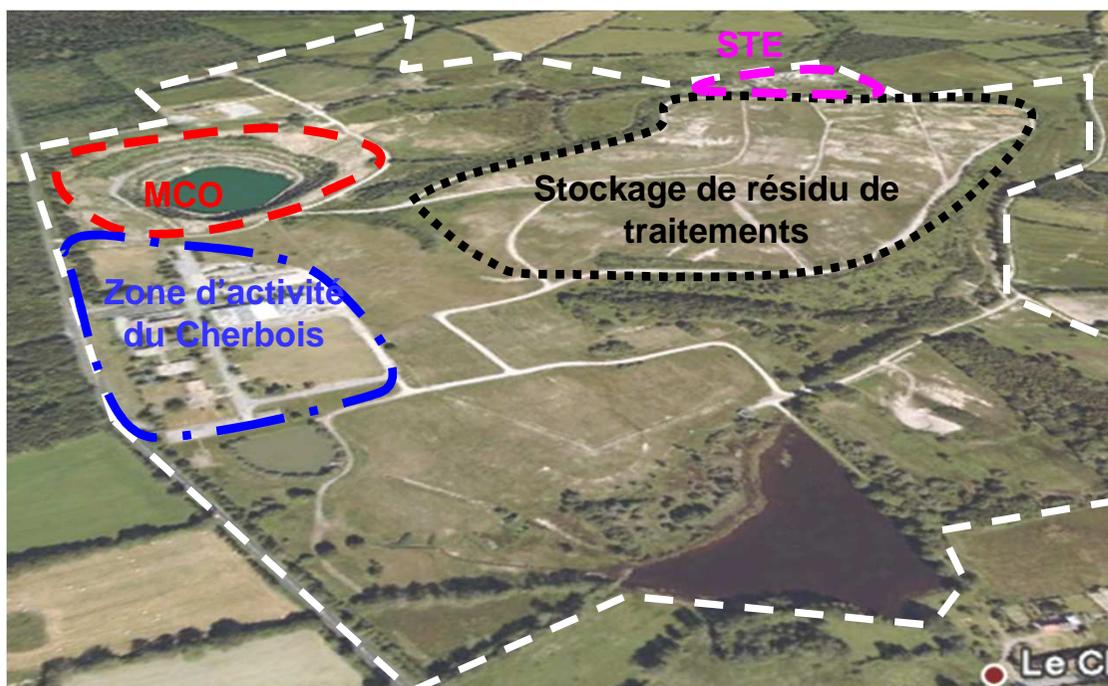


Vue du site pendant l'exploitation
(vue aérienne 1993)

- ▶ MCO de 1978 à 1987
- ▶ TMS de 1983 à 2001
- ▶ Usine de 1979 à 2002
 - ◆ 1 772 029 tonnes de minerai
 - ◆ 8 732,28 tonnes d'Uranium
 - ◆ Teneur de 4,9 ‰

- ▶ Stockage de résidus de traitement de minerai d'Uranium
 - ◆ 1 942 000 tonnes de résidus
 - ◆ 85 TBq (fiche ANDRA LIM-07)

2. Contexte du site - réaménagement

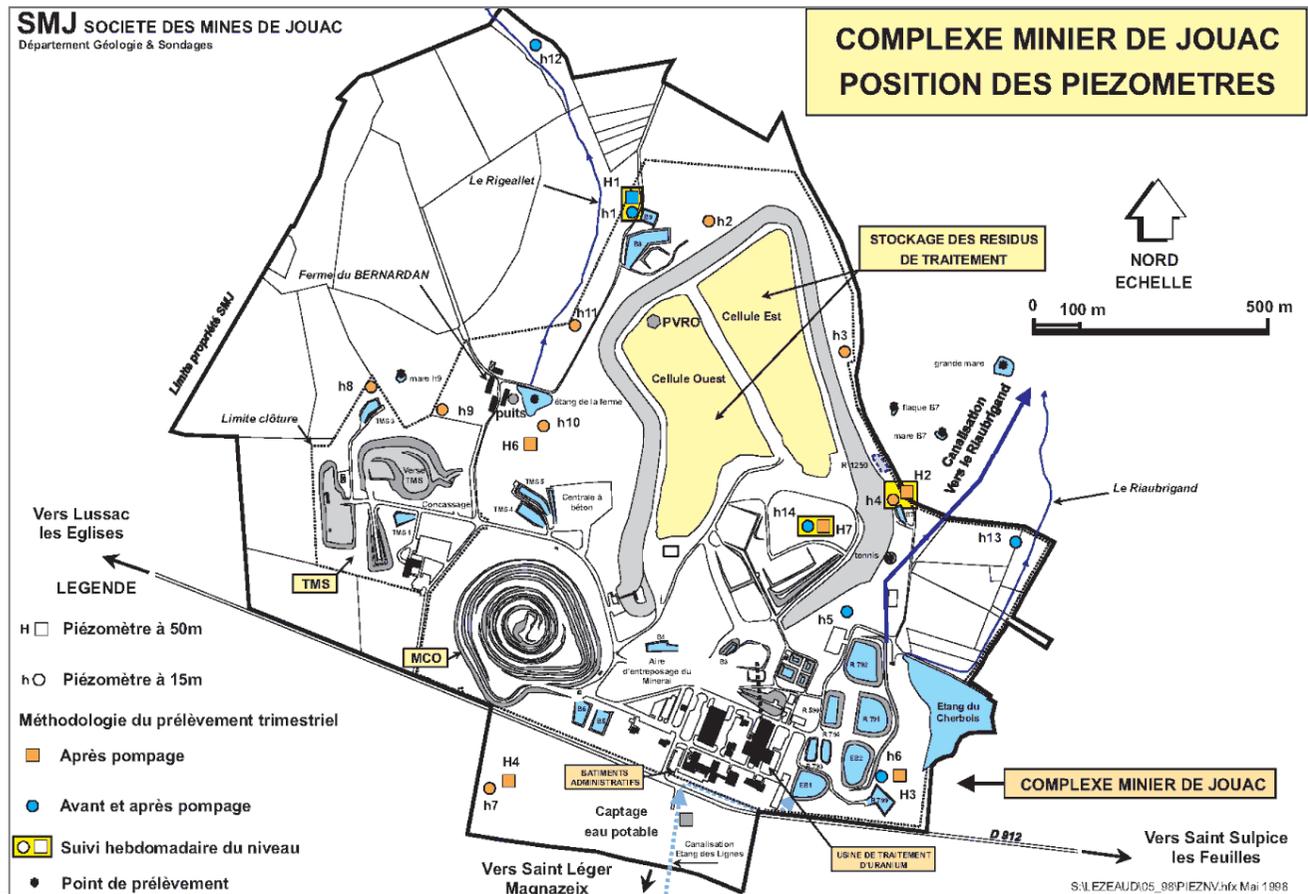


Vue du site après son réaménagement
(vue aérienne 2006, Google)

- ▶ **Entre 2001 et 2003 :**
 - ◆ Mise en sécurité TMS
 - ◆ Mise en sécurité et envojage en cours MCO
 - ◆ Usine démolie (stockage avec les résidus) et assainissement radiologique de sols
 - ◆ Couverture du stockage par 2m de stériles miniers et de terre
 - ◆ Nouvelle station de traitement des eaux
 - ◆ Mise en place de clôtures autour du site
- ▶ **Conformément au dossier de cessation définitive d'activité de 2002 (acté par l'AP 2002-247)**

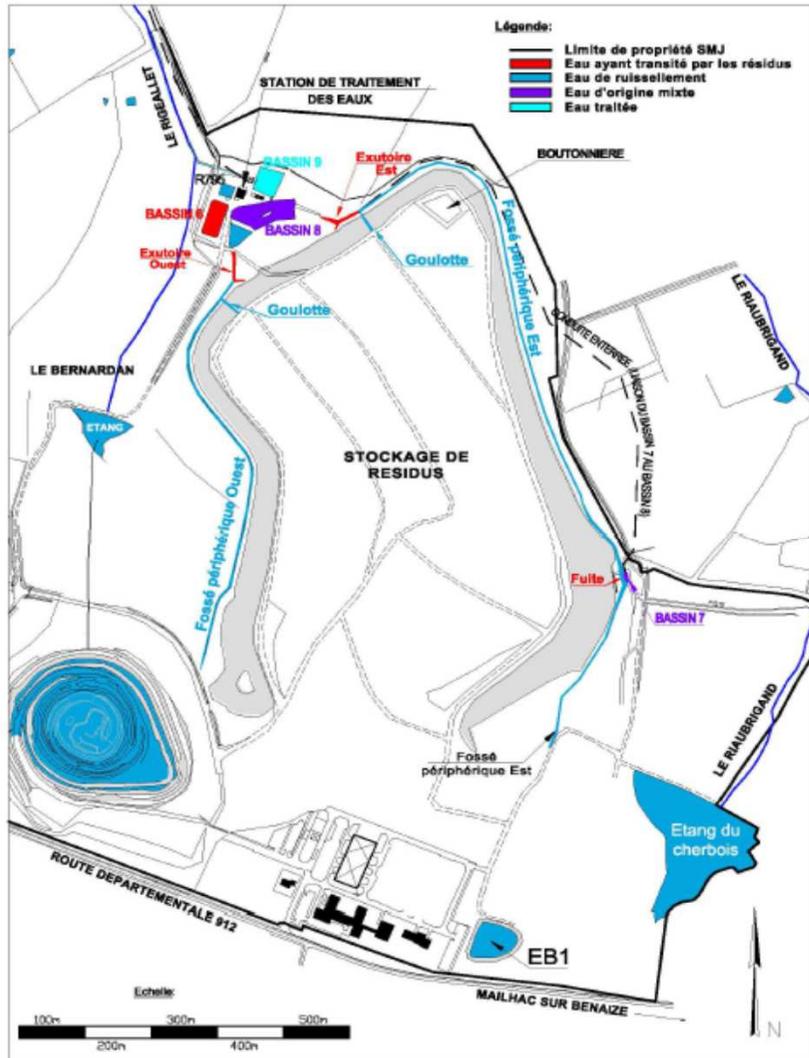
Etude hydrogéochimique: Contexte

- Stockage de résidus miniers en quatre alvéoles aménagées et digue de ceinture
 - résidus de traitement de minerai (sable avec environ 90 - 100 ppm d'U)
 - boues de traitement des eaux (gypse et oxy-hydroxydes de Fe et Al)
- Travaux miniers en cours de noyage

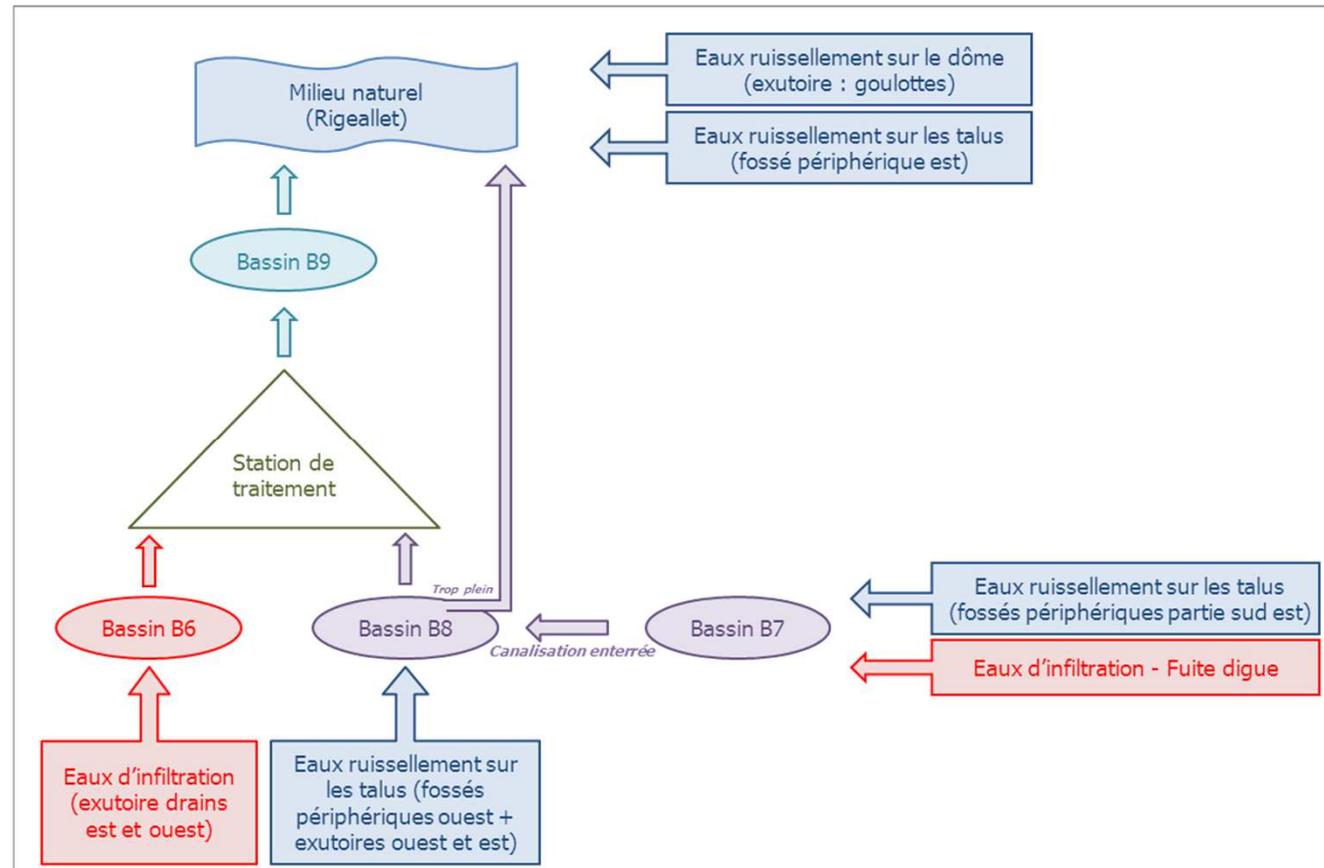


Gestion des eaux de surface

- Les TMS sont noyés, la MCO se remplit progressivement d'eau
- Deux exutoires en pied de la digue, en aval. Un exutoire à l'Est



Traitement : Chaux + chlorure de Ba + flocculant

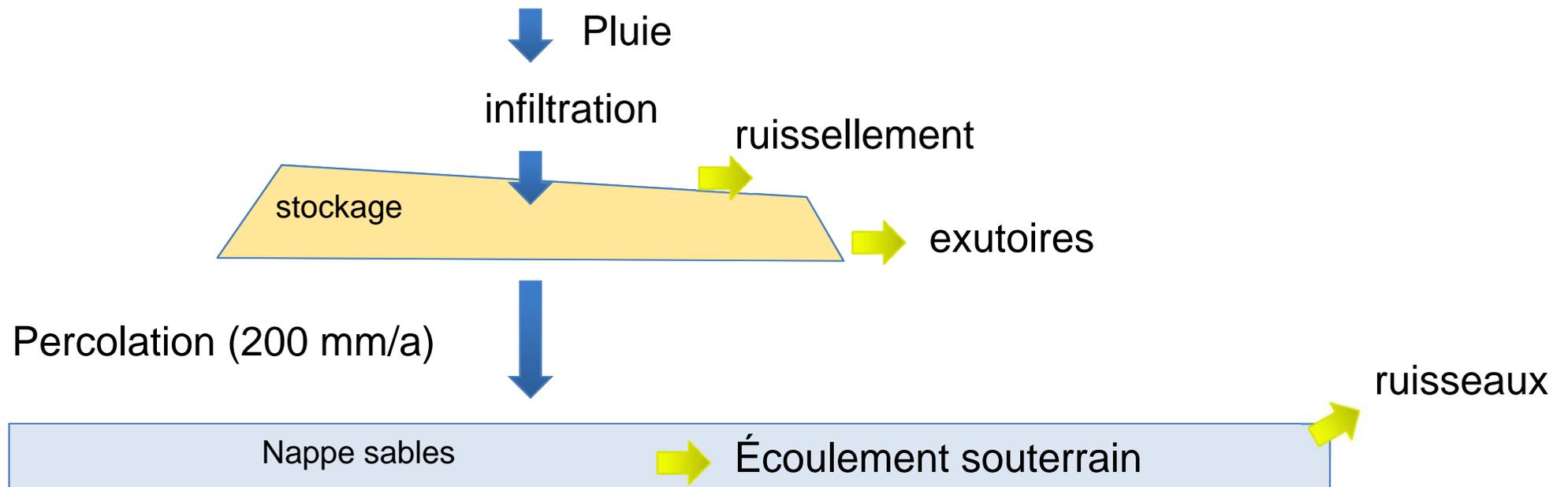


Débit des exutoires

Tableau 1 : Débit des exutoires du site mesurés le 04 avril 2012

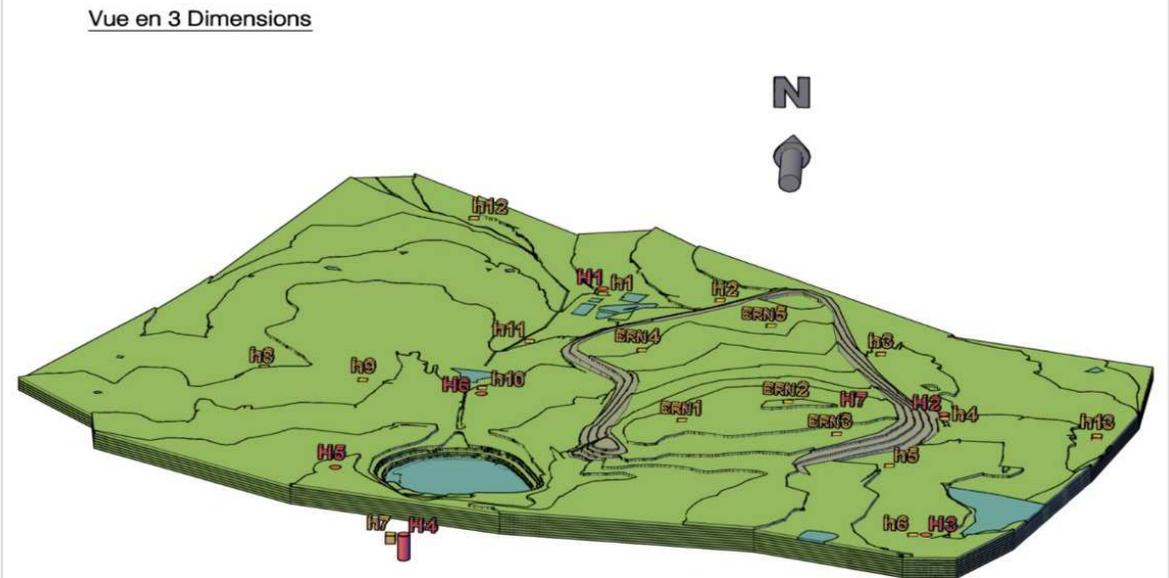
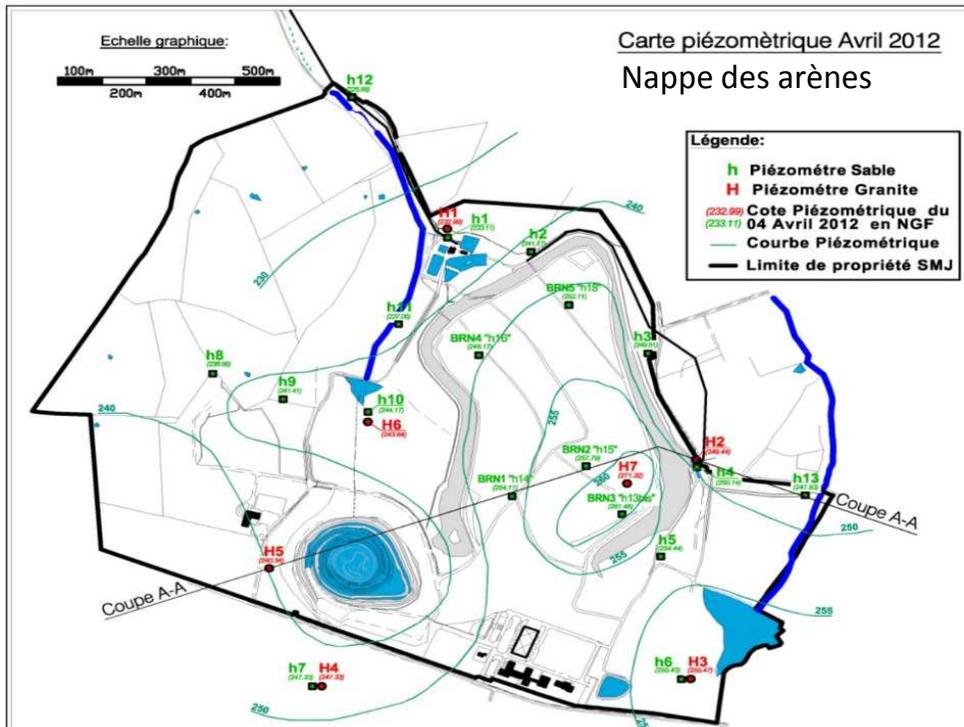
| Point | Débit (m ³ /h) | Débit (l/s) |
|---|---------------------------|-------------|
| Total des sorties nord du stockage | 3.66 | 1.09 |
| <i>Exutoire ouest</i> | <i>2.82</i> | <i>0.84</i> |
| <i>Exutoire est</i> | <i>0.84</i> | <i>0.25</i> |
| Fuite B7 | 1.5 | 0.45 |
| Autres exutoires | 0 | 0 |
| TOTAL SITE | 5.16 | 1.54 |

Fonctionnement hydraulique du stockage



Piézométrie

- Moyenne pluviométrique annuelle : 857 mm/an
- Evapotranspiration : 62%
- 13 piézomètres captant les arènes (environ 18m prof.), 6 piézomètres captant le granite (environ 50m prof.) et 5 piézomètres captant les résidus / arènes
- Deux campagnes (février et avril 2012) de mesures de niveaux manuelles + 20 piézomètres avec mesures en continu de décembre 2011 à avril 2012

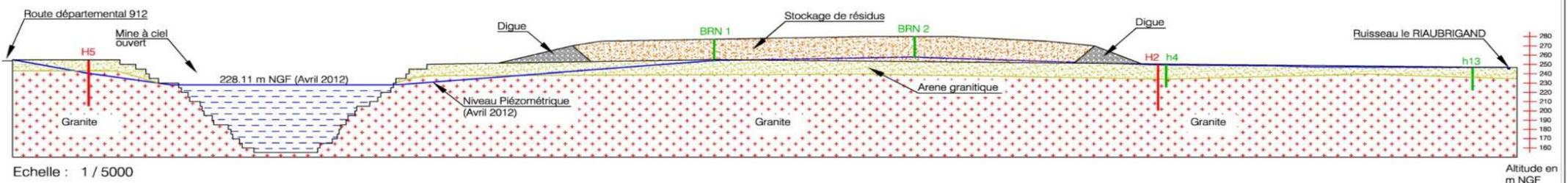


Direction générale d'écoulement vers le nord-nord-ouest

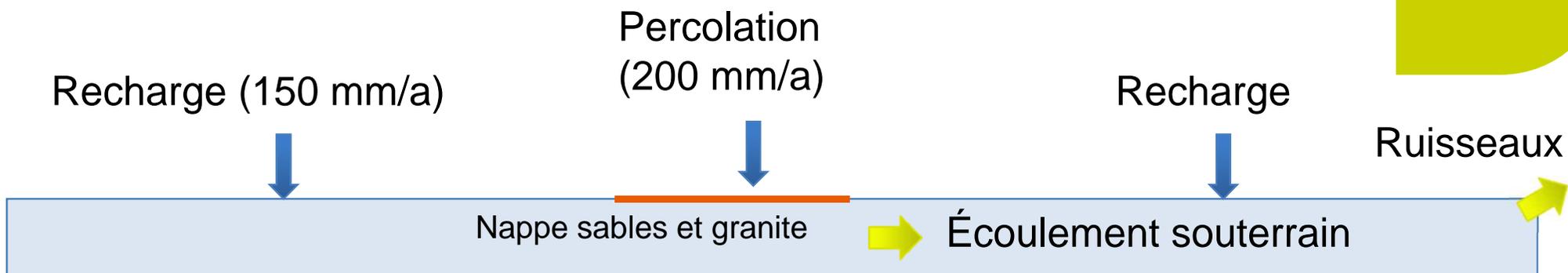
Coupe A-A du site du BERNARDAN

Ouest Sud-Ouest

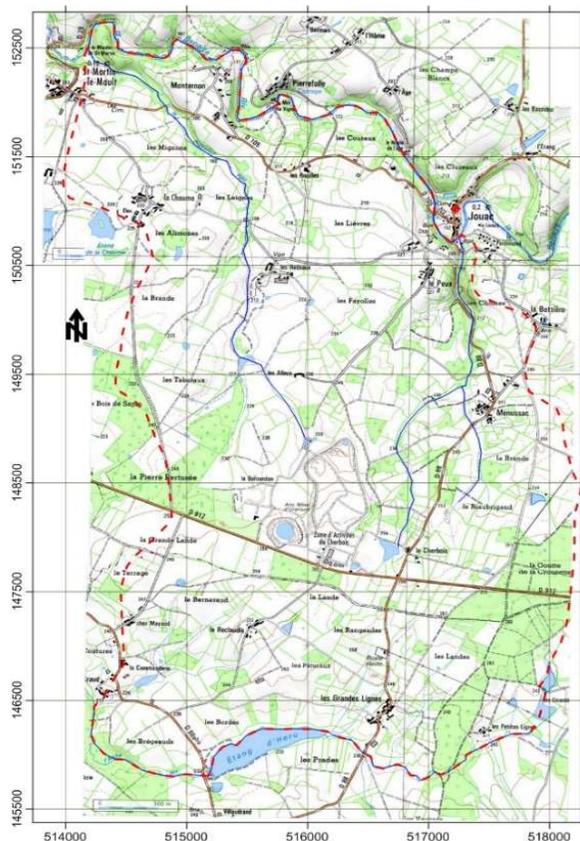
Est Nord-Est



Modèle et hypothèses hydrogéologiques



Limites du système modélisé en 3D



Épaisseurs de couches et paramètres

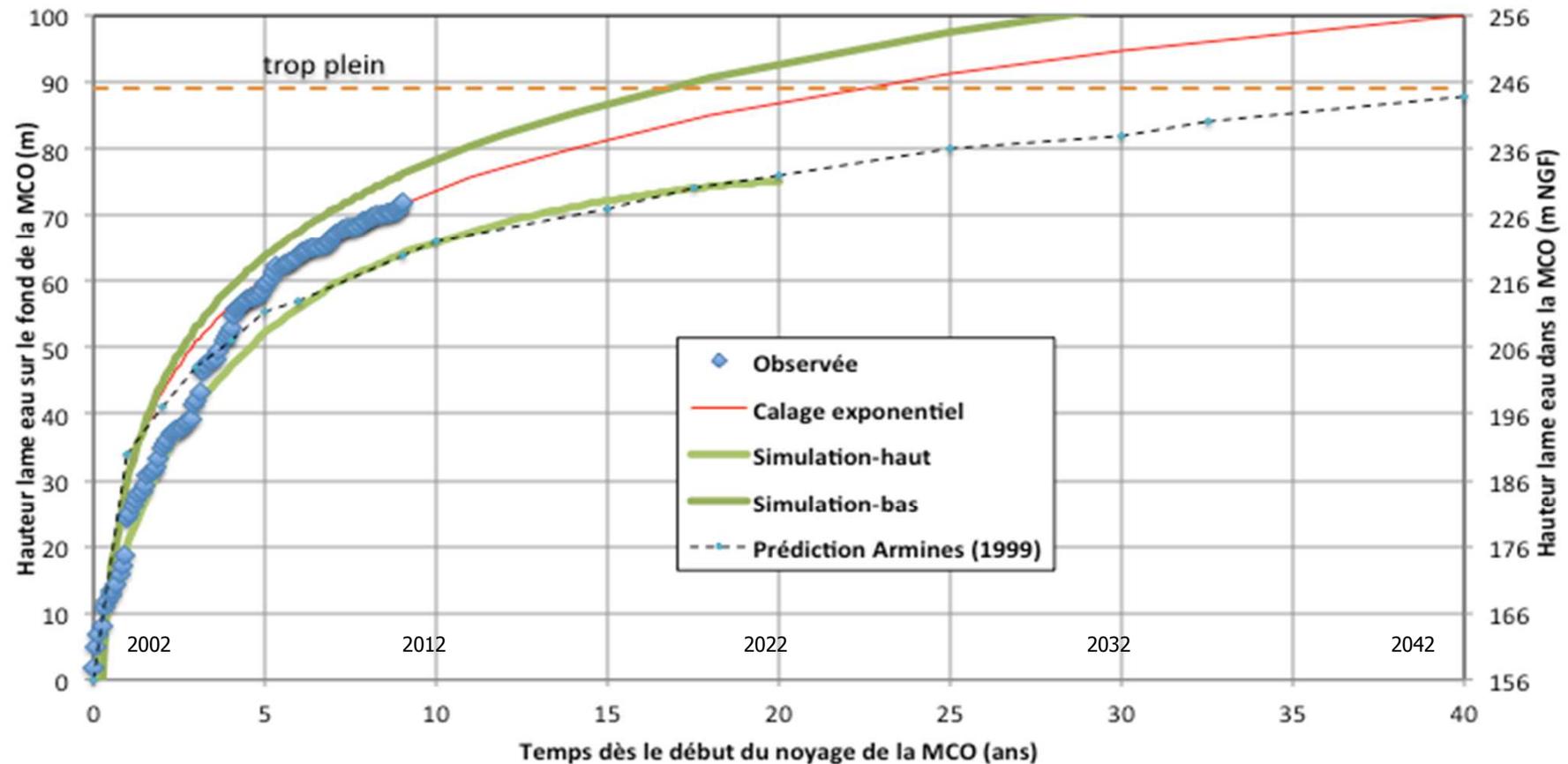
| Unité | Épaisseur (m) | Conductivité hydraulique | | Porosité |
|----------------------------------|----------------|--------------------------|---------------------|----------|
| | m | m/j | m/s | |
| Arène granitique | 5 | 1,33 | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | 0,15 |
| Granite fracturé | 15 | 1,03 | $1,2 \cdot 10^{-5}$ | 0,15 |
| Granite sain | Base à 0 m NGF | 0,033 | $3,8 \cdot 10^{-7}$ | 0,01 |
| Granite sain affecté par les TMS | Base à 0 m NGF | 0,1 | $1,2 \cdot 10^{-6}$ | 0,01 |

Variations temporelles de la simulation 3D

| Temps relatif | Temps absolu approx | Niveau imposé à la MCO | Recharge dans tout le système | Recharge sous les résidus | Taux d'évaporation lame libre |
|---------------|---------------------|---|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| ans | | | mm/an | mm/an | mm/j |
| 1 - 10 | 1992-2001 | 156 m NGF | 150 | 200 | - |
| 11-20 | 2002-2011 | Calculé par le bilan dans le plan d'eau | 150 | 200 | 2 |
| 21-40 | 2012-2034 | Calculé par le bilan dans le plan d'eau | 150 | 0 | 2 |

Remplissage MCO

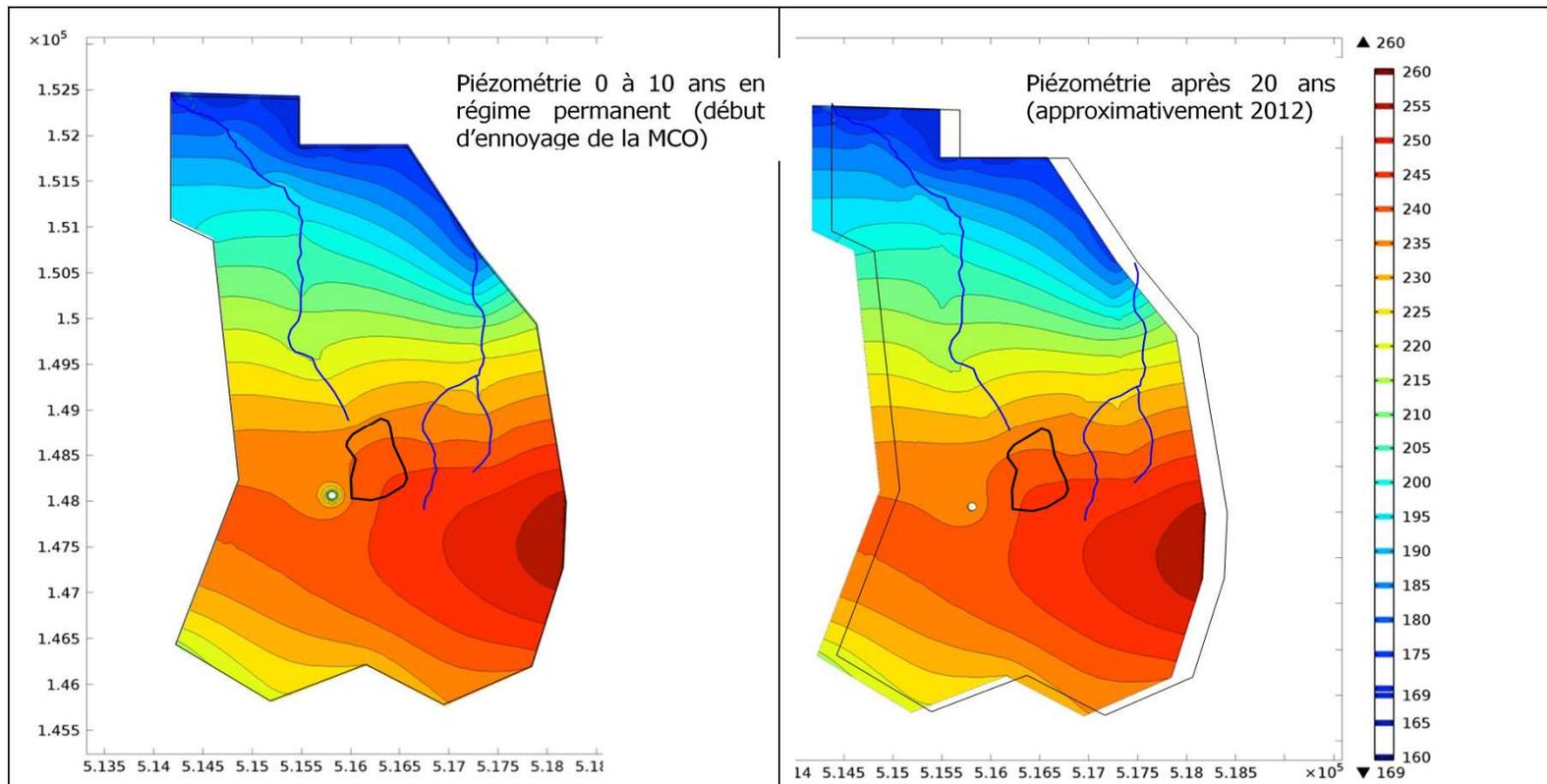
Estimation de la remontée de la surface de l'eau à la MCO



Simulation de la piézométrie après remplissage de la MCO

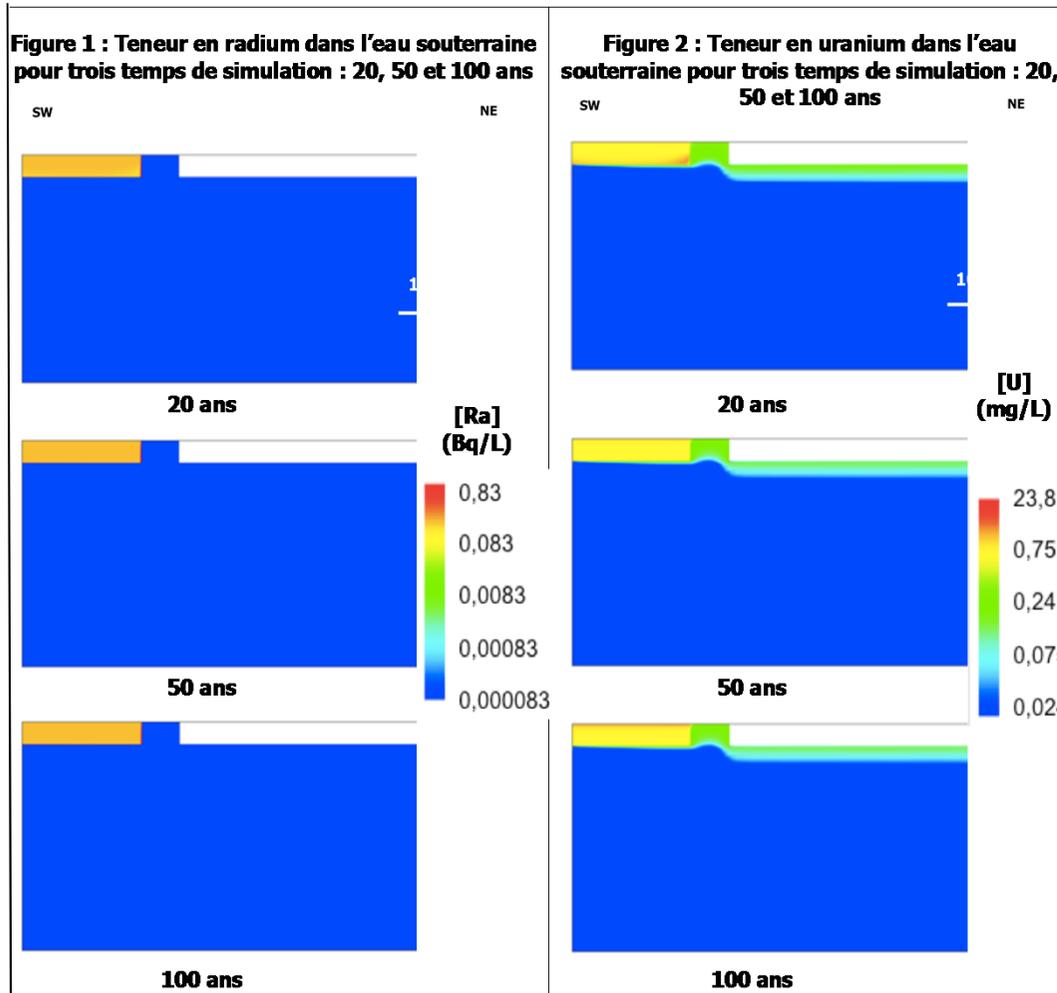


Niveaux piézométriques simulés à 10 ans et à 20 ans



Modélisation géochimique

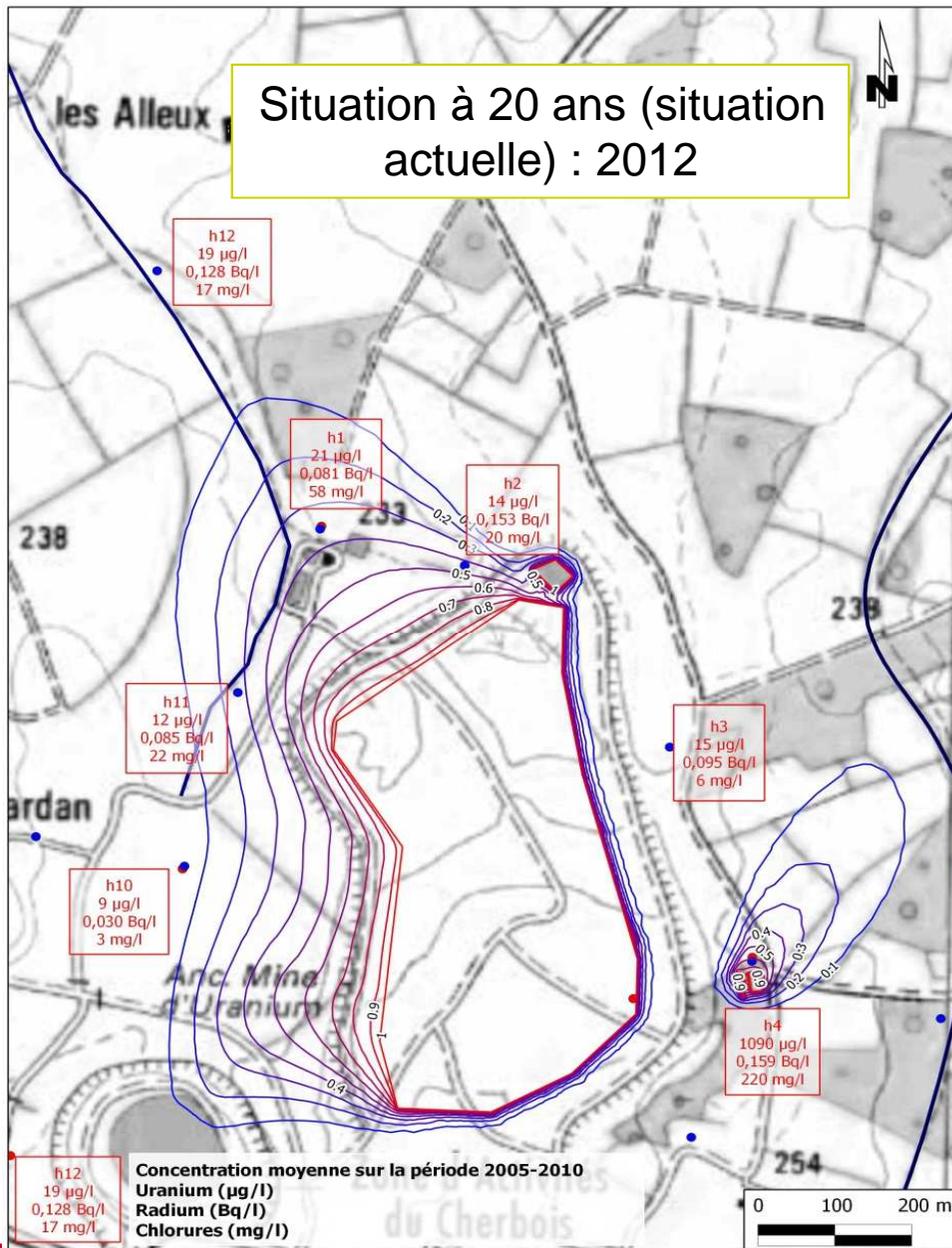
- Interaction des eaux (pluviales, porales, ..) avec les éléments « source » (résidus, boues de traitement, travaux miniers) en prenant en compte leur évolution géochimique



- La qualité des eaux souterraines n'est pas très affectée par la présence du Ra dans les eaux sous le stockage

- L'impact est un peu plus marqué pour l'U mais il reste très limité et du même ordre de grandeur que les références milieu naturel (< 20 µg/l confirmé par les mesures actuelles)

Situation de référence : état actuel d'aménagement

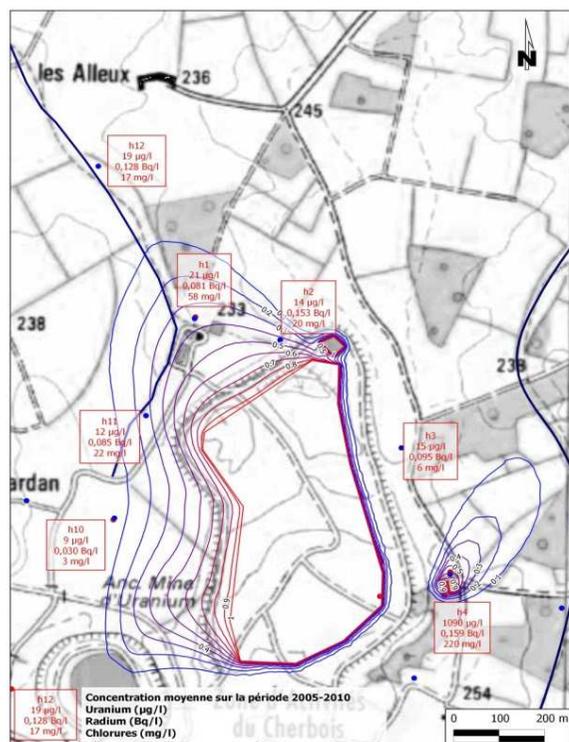


La situation à 0 an est celle de la constitution du stockage (1992)

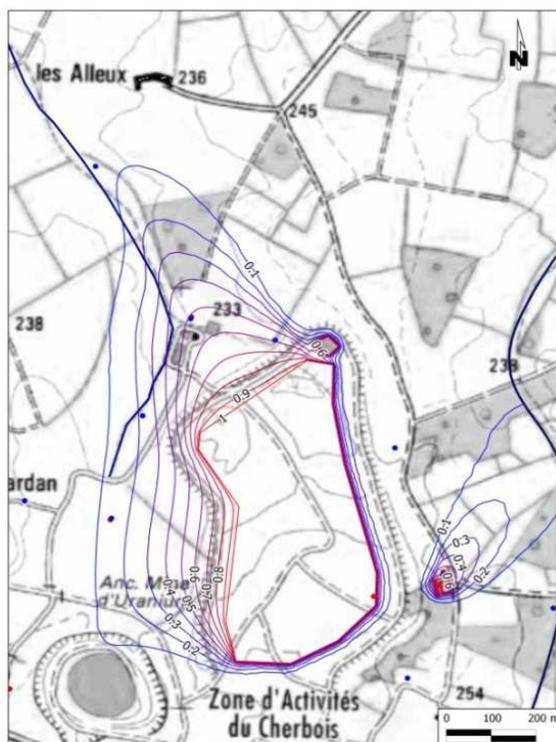
► Hypothèses et paramètres de calcul du transport de solutés

- ◆ Soluté conservatif : traceur parfait (non réactif : pas de dégradation, ni fixation ni adsorption) → hypothèse sécuritaire
- ◆ Dilution par dispersion et diffusion
- ◆ Valeurs de concentration exprimées de manière relative comprises en 0 et 1

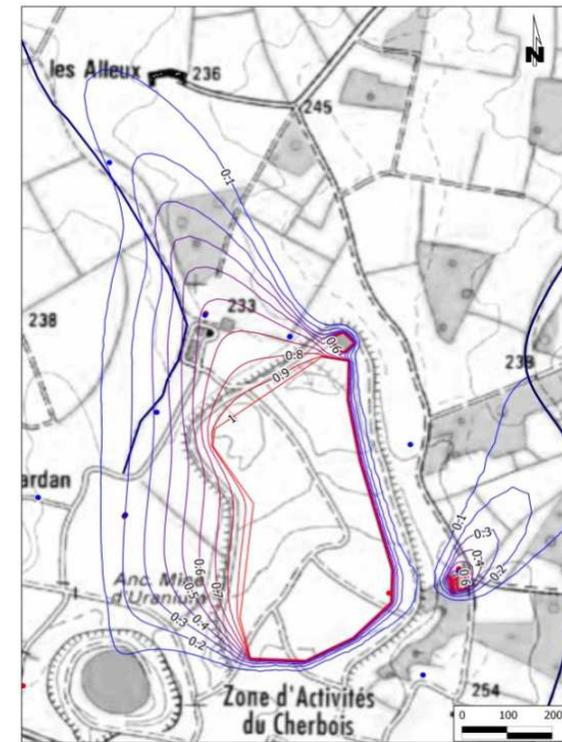
Situation de référence : état actuel d'aménagement



Situation à 20 ans : 2012



Situation à 40 ans : 2032

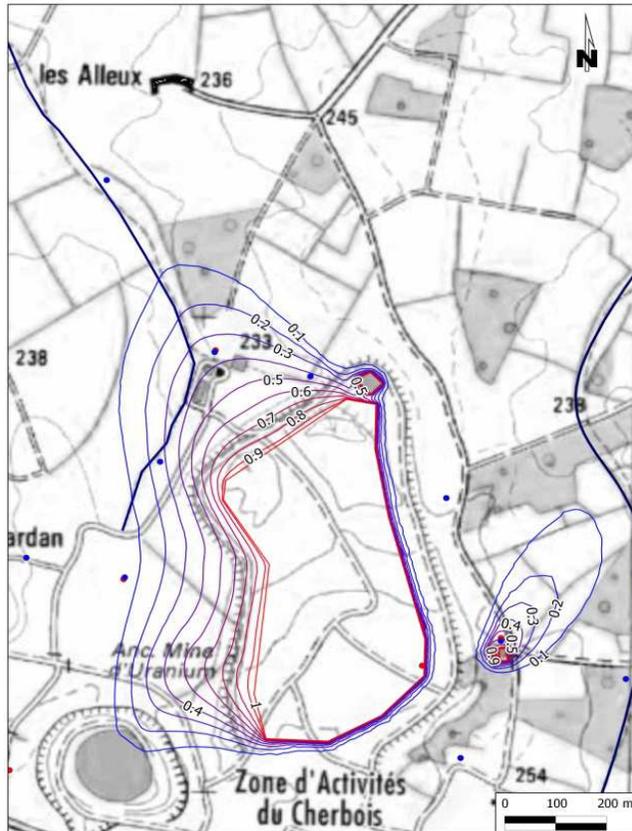


Situation à 100 ans : 2092

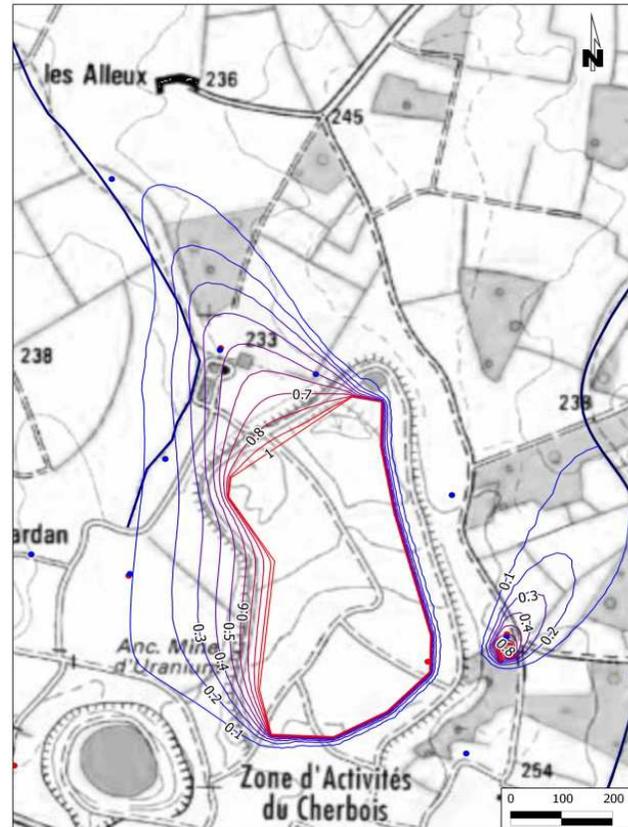
- Flux massiques drainés en aval du stockage à 100 ans (2092), en pourcentage du flux total infiltré au droit du stockage :

Rigeallet : 55 % Riaubrigand : 7 % MCO : 2 %

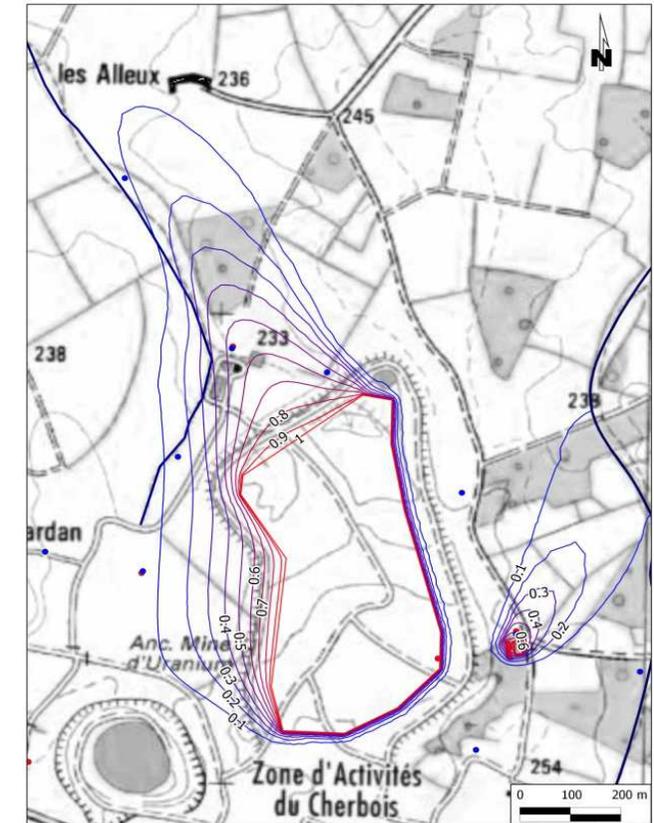
Solution globale n°1 – mise en place d'une couverture totale imperméable



Situation à 20 ans
(situation actuelle) :
2012



Situation à 40 ans :
2032

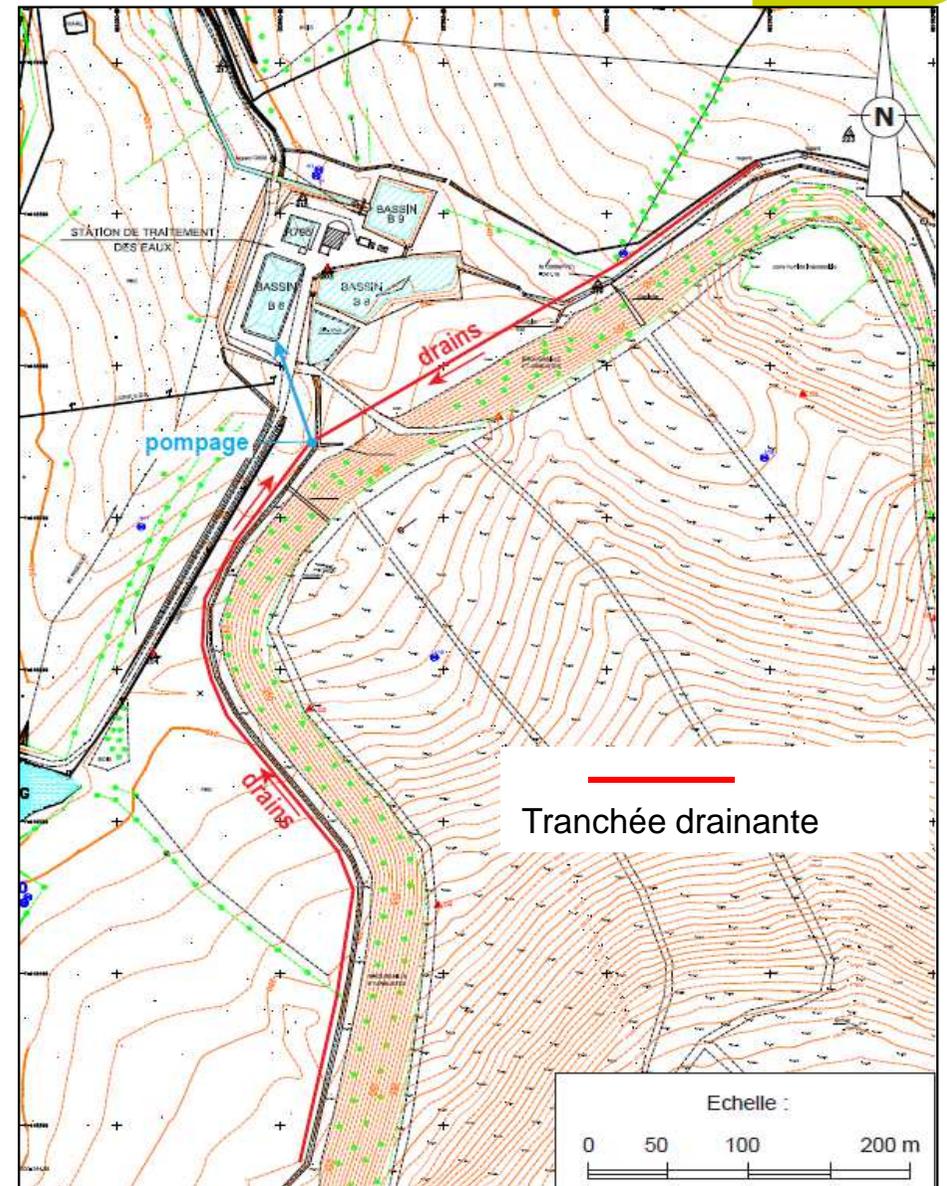


Situation à 100 ans :
2092

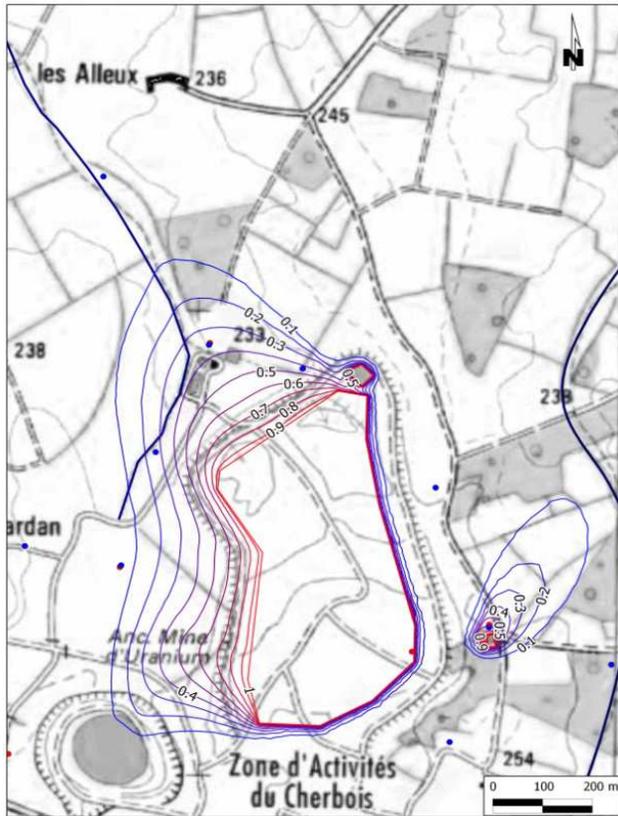
Solution globale n°2: réalisation d'une tranchée drainante et pompage

► Caractéristique des travaux :

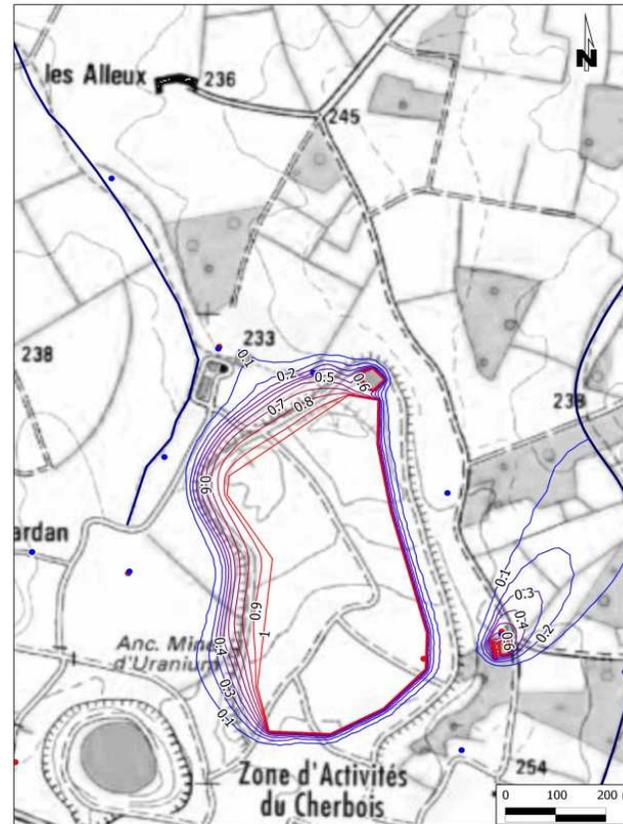
- ◆ tranchée drainante sur 860 ml, un drain DN 200 mm PEHD avec rabattement de la nappe
- ◆ mise en place d'un poste de relevage de 50 m³/h
- ◆ canalisation de refoulement vers station



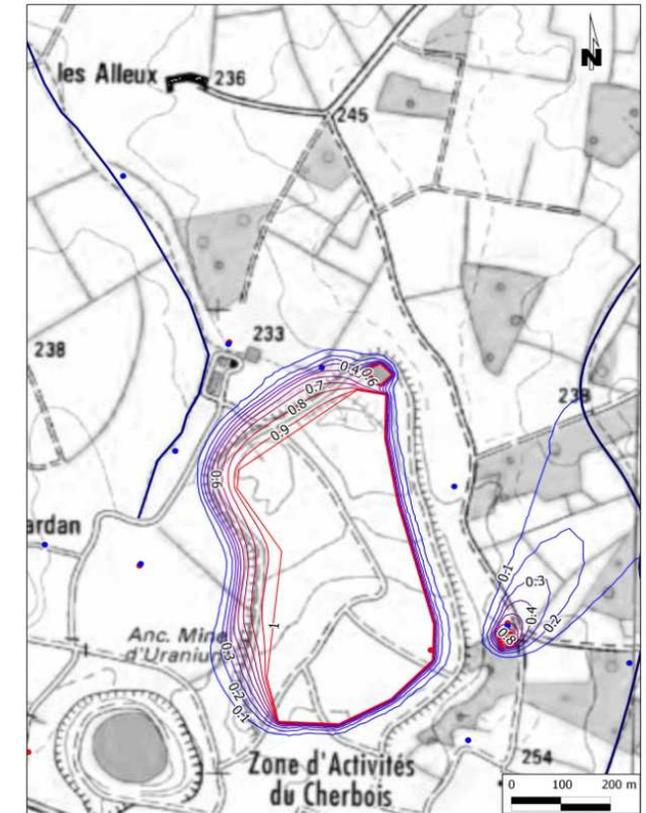
Solution globale n°2 – Tranchée drainante



Situation à 20 ans
(situation actuelle) :
2012



Situation à 40 ans :
2032

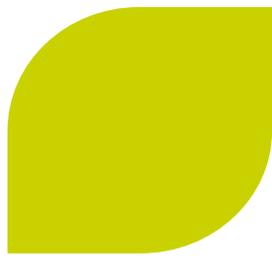


Situation à 100 ans :
2092

Conclusions générales de l'étude (1/2)

- ▶ Le panache reste à proximité du stockage et son extension est limitée en raison d'une dilution dans la nappe
- ▶ Les valeurs mesurées en U et Ra dans les piézomètres en aval du site sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les eaux souterraines du milieu naturel
- ▶ Le comportement géochimique des résidus reste stable (terme source à de faibles quantités)
- ▶ Étant donné la dynamique de la nappe, avec une couverture sur le stockage, le processus d'épuration sera très long.

Conclusions générales de l'étude (2/2)



- ▶ La mise en place d'une couverture imperméable pourra entraîner, à long terme, une diminution des débits mais n'entraîne pas d'amélioration significative par rapport à la situation actuelle
- ▶ La réalisation d'une tranchée drainante est plus efficace pour limiter, si nécessaire, le panache. Elle entraîne une augmentation significative des flux collectés et une importante dilution
- ▶ Le remplissage de la MCO sera atteint dans environ 15 ans.
- ▶ Une partie de l'eau infiltrée sous les résidus s'écoule vers la MCO

Tierce expertise BRGM

- ▶ Tiers expert proposé par l'exploitant et soumis à l'approbation de la DREAL → choix du BRGM validé par DREAL
- ▶ Cahier des charges établi par la DREAL
- ▶ Réunion de cadrage et lancement (14 novembre 2014)
- ▶ Transmission du rapport d'étape du BRGM et remarques (19 décembre 2014)
- ▶ Réponses du pétitionnaire (7 avril 2015)
- ▶ Réception du rapport final (provisoire) (23 avril 2015)
- ▶ Attente du rapport final validé (en cours de processus qualité au BRGM)

Avis du tiers expert (après réponses du pétitionnaire)

► Fonctionnement hydrogéologique du site

◆ Réponses partiellement satisfaisantes:

- Existence de deux nappes distinctes au droit du site (dans les arènes, les granites fissurés et les granites sains)?
- Non pris en compte d'évènement exceptionnels (assèchement des arènes, évolution piézométrique régionale entraînant une remontée possible de la nappe dans les résidus)
 - Pour y répondre: Enregistrement en continu des niveaux piézométriques sur plusieurs années, création de plusieurs piézomètres au droit du stockage pour capter distinctement les eaux des résidus , les arènes, les granites fissurés et les granites sains fracturés et suivi de la qualité de ces eaux

► Modélisation hydrogéo-chimique

◆ Réponses pertinentes et complètes:

- Mais reposent sur les hypothèses du modèle hydrogéologique (cf. remarques ci-dessus)

► Confinement des résidus

◆ Réponses globalement insatisfaisantes (couverture) et satisfaisantes (tranchée drainante):

- Absence de proposition d'une couche de drainage dans la structure du dispositif de confinement
 - Pour y répondre: APD après APS (si confinement nécessaire)
- La tranchée drainante, compte tenu du contexte hydrogéologique du site, semble le dispositif le plus approprié pour confiner le stock de résidus (mais débit important et effet de dilution)