

Rappel de quelques généralités sur l'hydrogéologie en Limousin

www.brgm.fr



Direction Territoriale Limousin

Vincent MARDHEL

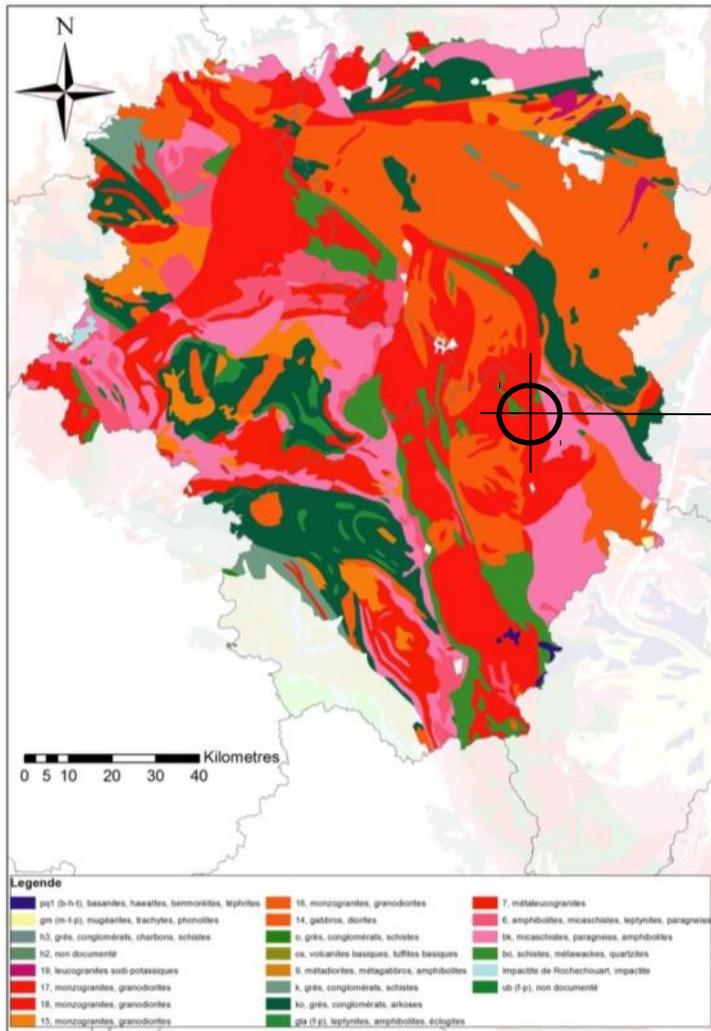
Directeur Territorial

ESTER Technopôle – 21, rue Columbia

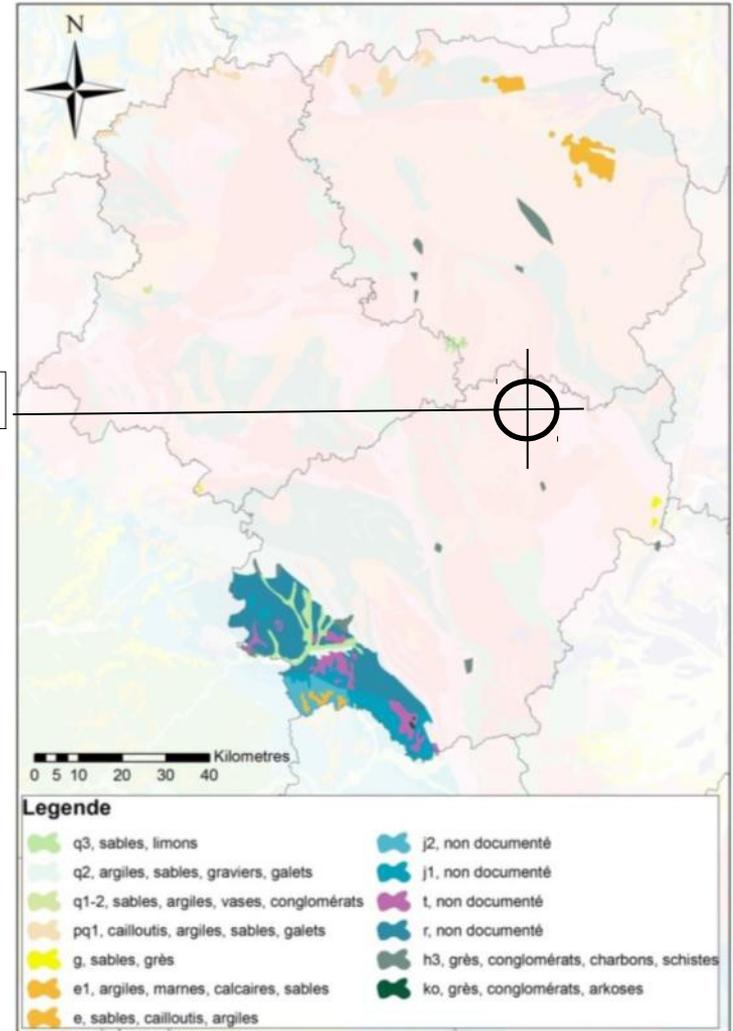
CS 56932 - 87069 Limoges cedex 3

Tél. 05 55 35 24 25 / Port. 06 15 46 48 15 - Fax. 05 55 35 64 53

Le Limousin ... 93 % du territoire est composé de roches cristallines



Le Longy

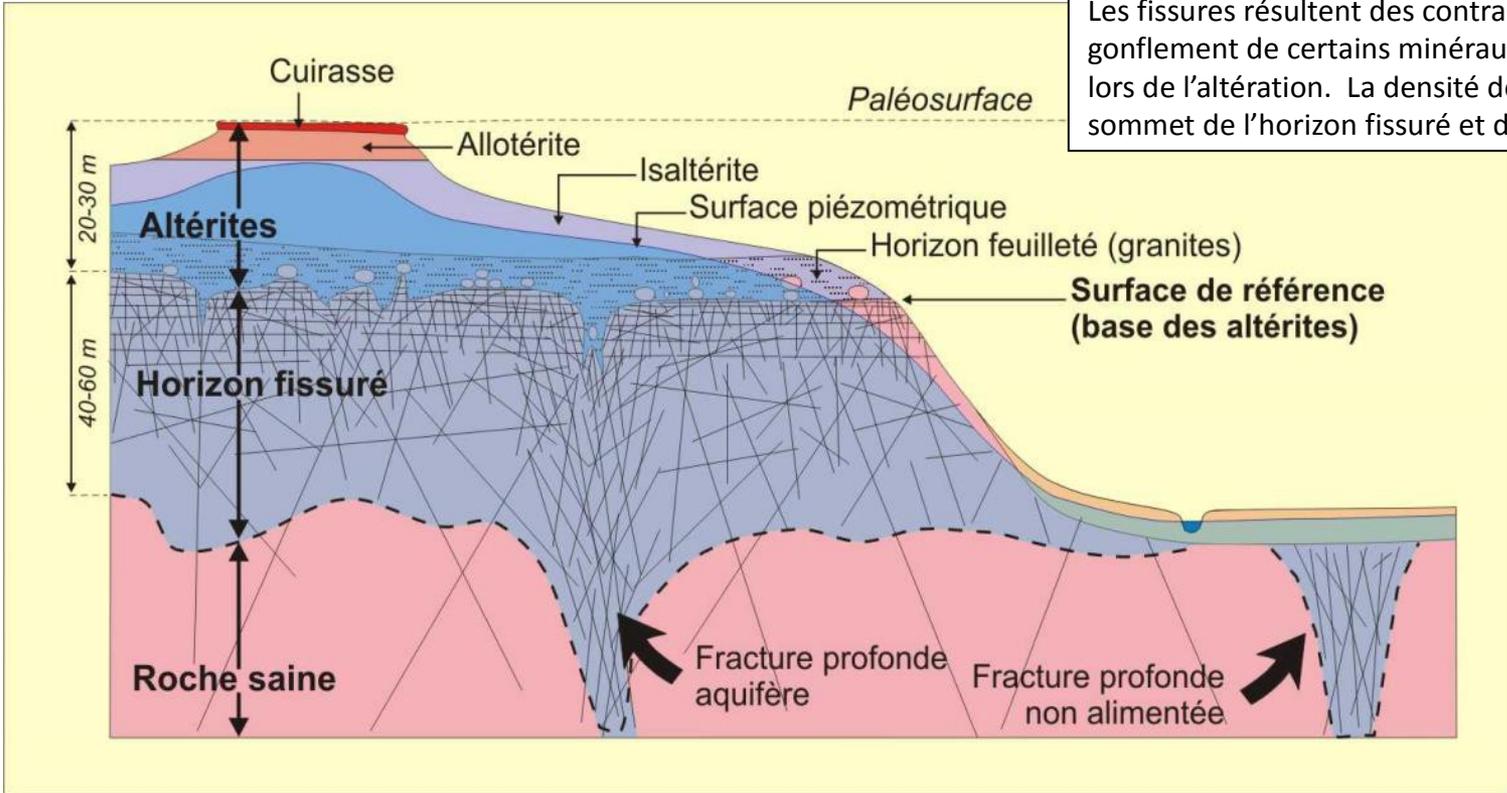


Dans ces roches cristallines existe un réservoir hydrogéologique.

Peu sollicité, car difficile à identifier, de faible capacité, non homogène et inégalement réparti, il doit son développement aux modes d'altération qui ont façonné, après la mise en place des roches cristallines, ses qualités hydrodynamiques.

Le modèle de représentation de ce réservoir est associé à des **processus d'altération géochimiques et mécaniques** des roches où la minéralogie des formations joue un rôle primordial.

Les fissures résultent des contraintes engendrées par le gonflement de certains minéraux (micas noirs ou biotites) lors de l'altération. La densité de fissures est maximale au sommet de l'horizon fissuré et décroît vers le bas.



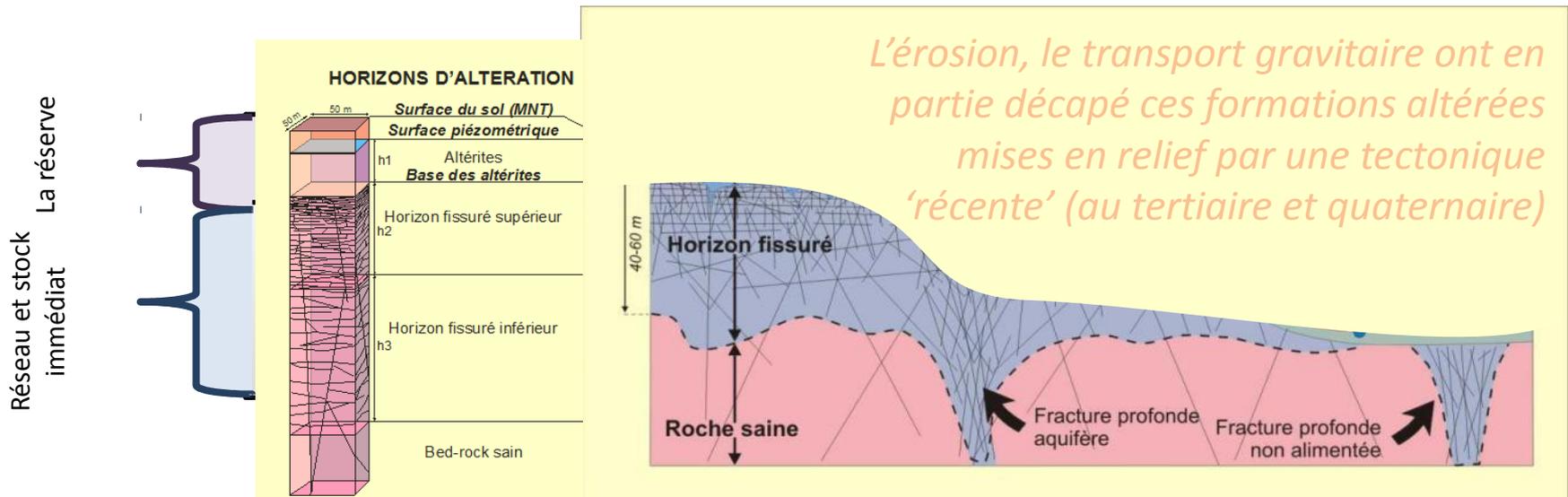
Available online at www.sciencedirect.com
 science @ DIRECT
 C. R. Geoscience 331 (2003) 471-480
 Géosciences de surface / Hydrologie-Hydrogéologie
 Anisotropie verticale de la perméabilité de l'horizon fissuré des aquifères de socle : concordance avec la structure géologique des profils d'altération
 Jean-Christophe Marchal^{a,*}, Robert Wyns^b, Patrick Lachassinne^c,
 Kamthangquai Subrahmanyam^d, Frédéric Touchard^e
^a BRGM, Service R2C, unité « Bassin versant, schistes dimorphes », Centre de Recherches de subsurface sur les zones saturées, 30032 Ouzouer-sur-Loire, France
^b BRGM, Service Géologie, unité « Développement de applications », 3, rue de l'Ancêtre, 63000 Clermont-Ferrand, France
^c BRGM, Service R2C, unité « Bassin versant, schistes dimorphes », 30032 Ouzouer-sur-Loire, France
^d BRGM, Service Géologie, unité « Développement de applications », 3, rue de l'Ancêtre, 63000 Clermont-Ferrand, France
^e Institut Supérieur des Sciences, Centre de Recherches de subsurface sur les zones saturées, Ouzouer-sur-Loire, France
 *Corresponding author. E-mail: cmarchal@brgm.fr
 0124-6460/\$ - see front matter © 2003 Elsevier B.V. All rights reserved.

Le réservoir dans les milieux altérés du socle

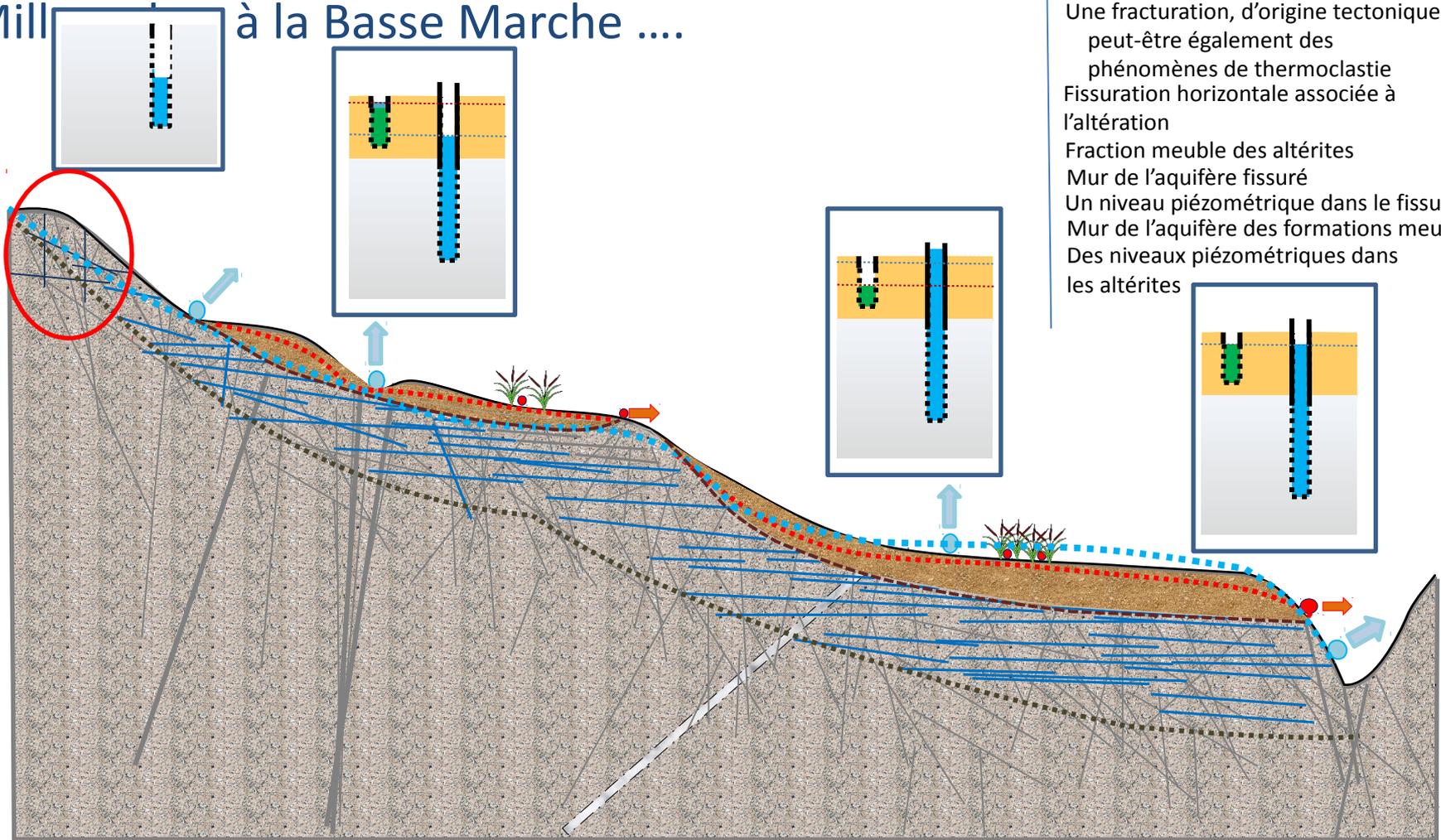


Le **stock est** dans les altérites meubles. Elles sont poreuses mais elles ne permettent qu'une circulation lente de l'eau. Cette eau, par gravité alimente lentement ...

“**le réseau de transport**”. Il est composé des vides que forment les fractures/fissures au sein des formations plus compactes. C'est aussi la partie rapidement mobilisable de ces eaux souterraines. Au sein de ce milieu, d'épaisseur faible (quelques dizaines de mètres) et de faible capacité, réside l'essentiel de la réserve exploitable.



On observe en Limousin, des monts de Mill à la Basse Marche ...

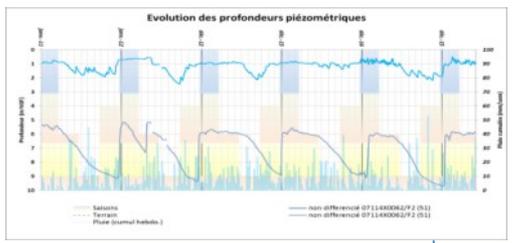


Profil des terrains naturels
Les formations dites du « socle »
Une fracturation, d'origine tectonique, peut-être également des phénomènes de thermoclastie
Fissuration horizontale associée à l'altération
Fraction meuble des altérites
Mur de l'aquifère fissuré
Un niveau piézométrique dans le fissuré
Mur de l'aquifère des formations meubles
Des niveaux piézométriques dans les altérites

Cet affleurement des eaux des altérites se traduit par des zones humides, des sources et des cours d'eau non pérennes, un volume d'eau potentiellement important mais dont la mobilisation est difficile et produit de faibles débits (aquitard des altérites ou du régolithe). Des captage de proche surface mobilisent ces eaux pour de l'AEP. Ils sont fragiles qualitativement

Le niveau fissuré forme parfois un aquifère captif. Lorsqu'il traverse les altérites, cela se traduit par des zones d'émurgences. Ce milieu à la charge de l'alimentation pérenne des cours d'eau en étiage et produit un volume d'eau mobilisable par forage pour l'AEP mais de capacité souvent faible (5 à 10m³/h)

Inscription du modèle dans les paysages du Limousin

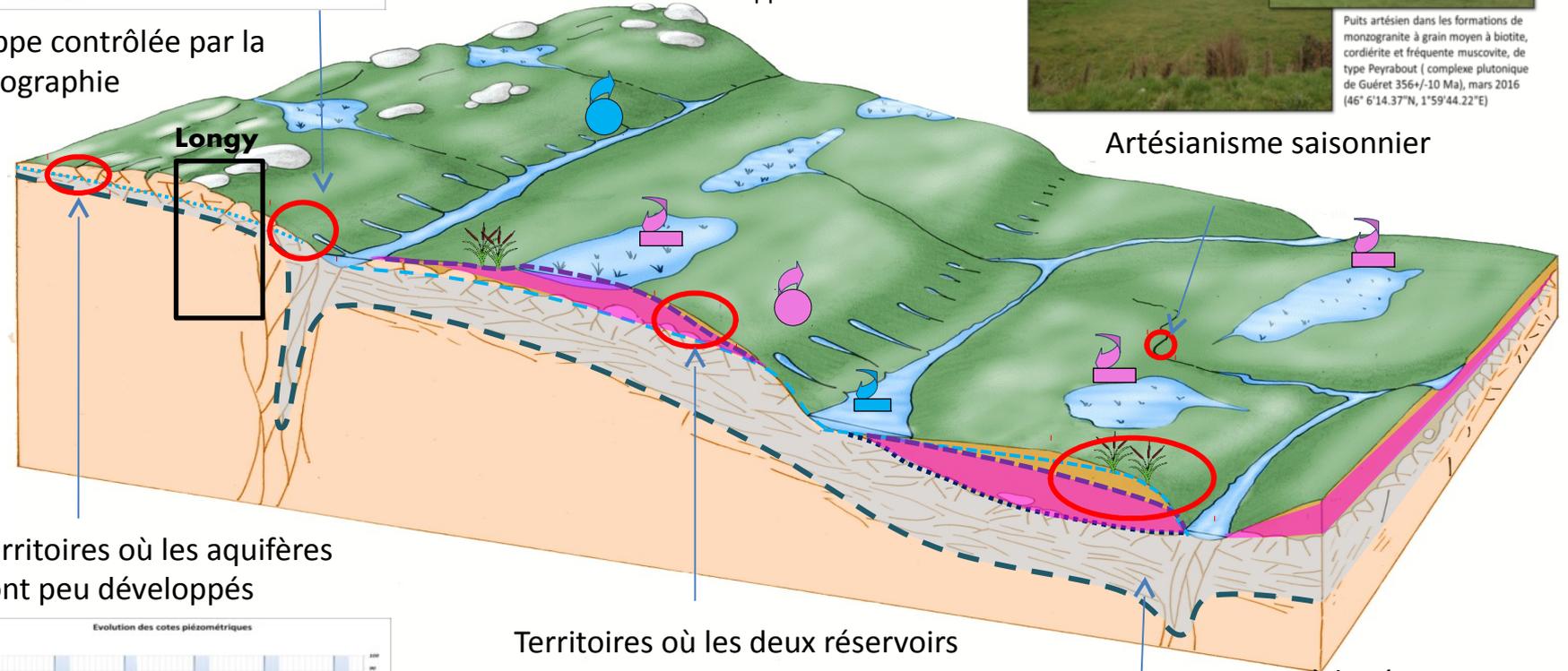


-  Sources en pied de versant associées à l'aquifère du milieu fissuré
-  Affleurement de la nappe du fissuré
-  Sources en tête de versant associées à l'aquifère des altérites
-  Affleurement de la nappe des altérites



Artésianisme saisonnier

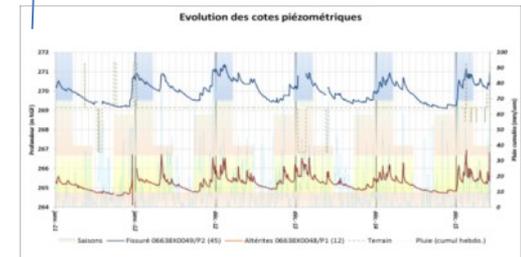
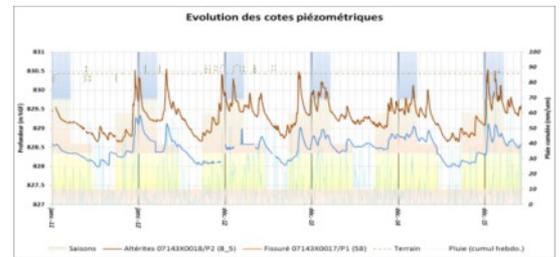
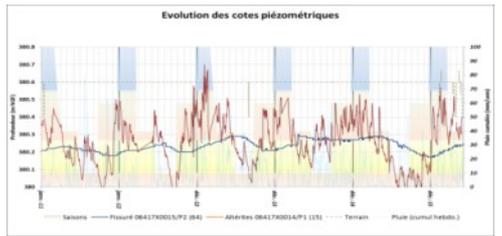
Nappe contrôlée par la topographie

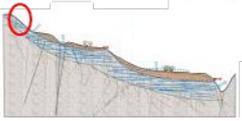


Territoires où les aquifères sont peu développés

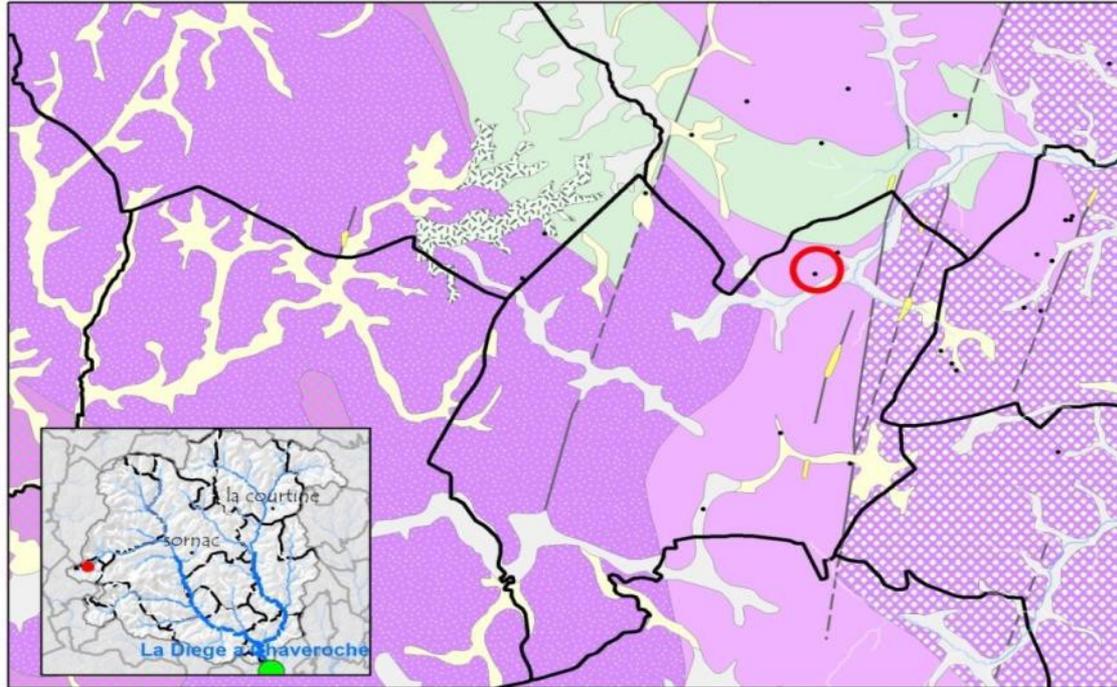
Territoires où les deux réservoirs se superposent et interagissent

Territoires où le réservoir fissuré est en captivité





Le Longy, contexte géologique

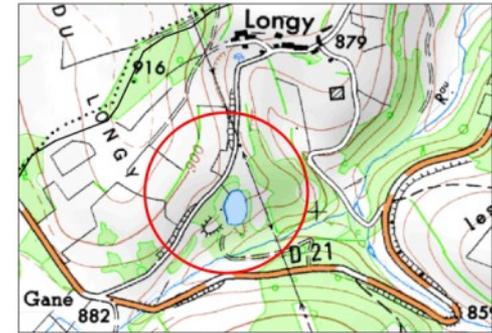
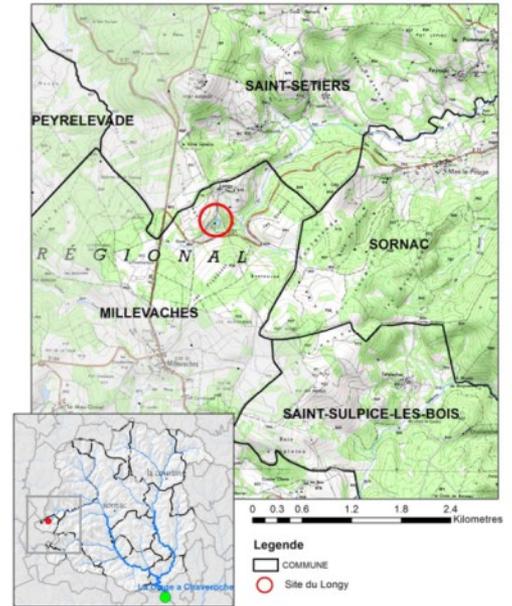


0 550 1 100 2 200 3 300 4 400 mètres

Legende

Carte géologique harmonisée

- 7 - Colluvions de fond de vallée et alluvions des vallées secondaires : cailloutis à matrice argileuse, limons (2 à 4 m), argile
- 14 - Tourbières et marais actuels
- 17 - Alluvions récentes et actuelles : limons à micas, galets de roches cristallines et volcaniques, quartz
- 72 - Quartz stérile, en filons (Stéphanien-Lias ?)
- 79 - Leucogranite albitique à grain fin-moyen, à 2 micas, localement riche en muscovite - complexe granitique du Millevaches (Namurien-Westphalien)
- 81 - Leucogranite à grain moyen, à muscovite prédominante et biotite - complexe granitique du Millevaches (Namurien-Westphalien)
- 86 - Leucogranite à grain moyen, à deux micas, localement riche en enclaves de micaschistes - complexe granitique du Millevaches (Viséen : 332 Ma)
- 88 - Leucogranite albitique à grain moyen-grossier, à muscovite > biotite de type Hyverennes ou St-Julien-aux-Bois - complexe granitique du Millevaches (Viséen : 336+/-4 Ma)
- 130 - UAA (Unité Analectique d'Aubusson) : Migmatites hétérogènes à biotite +/- cordiérite, de type aubussonites
- 157 - UPM (Unité Para-autochtone des Micaschistes) : Micaschistes à biotite +/- muscovite, grenat, sillimanite, staurotide

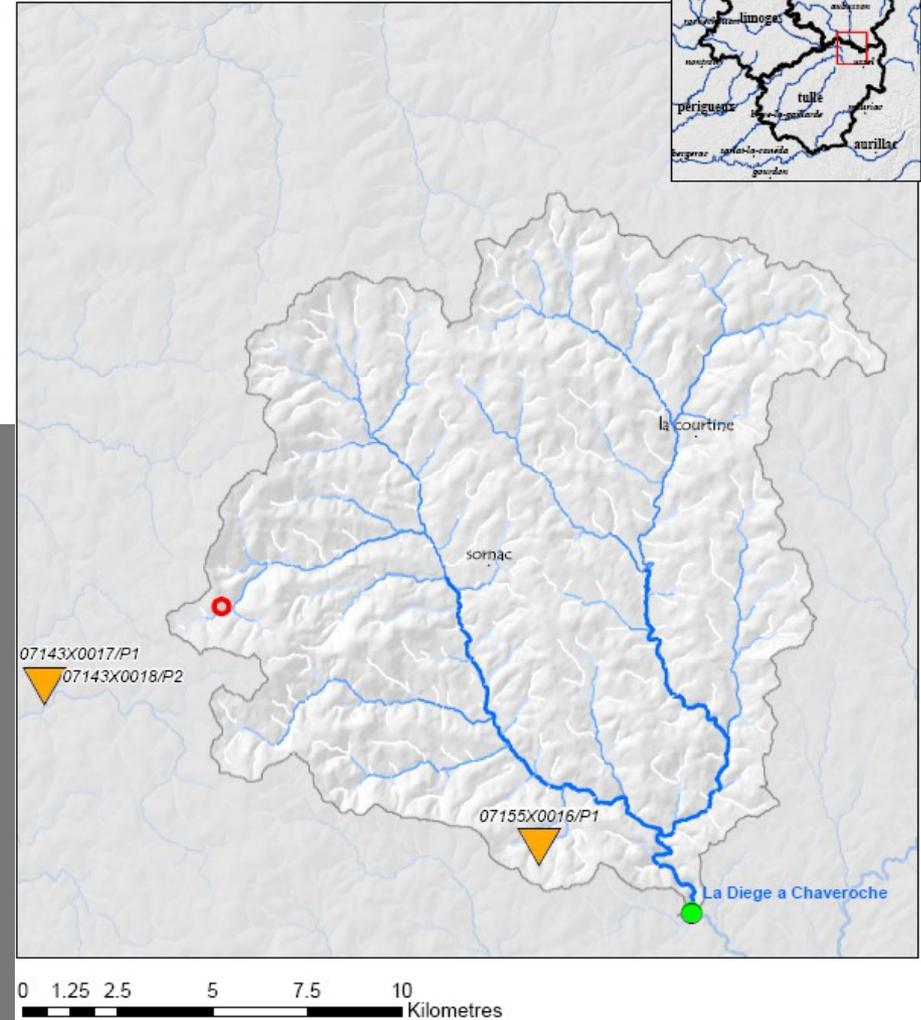
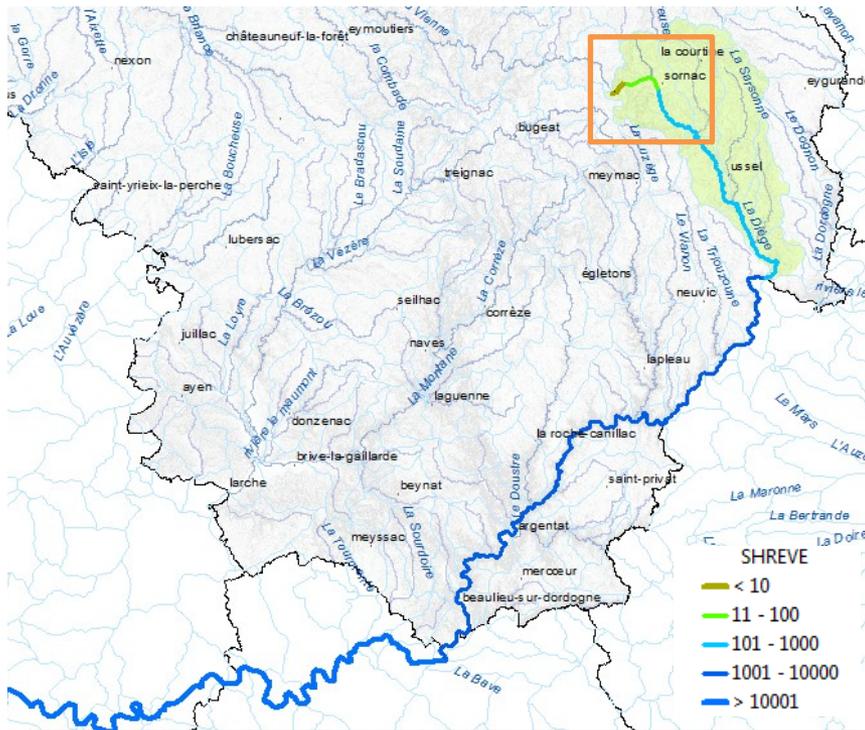


0 0.05 0.1 0.2 0.3 0.4 Kilometres



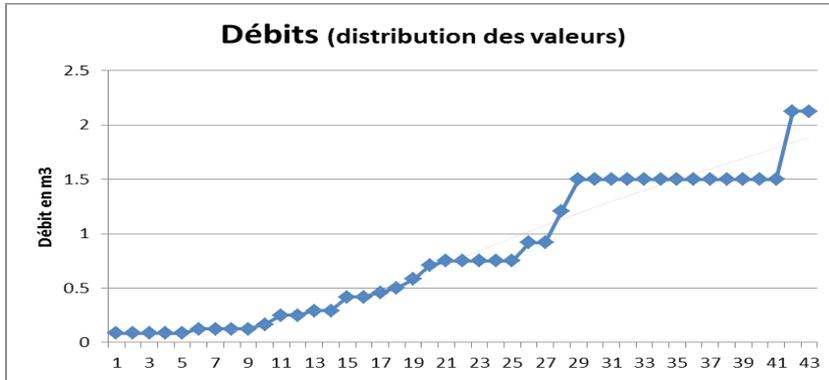
Le Longy, contexte hydrologique

Le site étudié est situé en tête de réseau hydrographique. Les cours d'eau qui bordent le site sont le ruisseau de la Petite Ribière et le ruisseau de la Ribière. Le site est situé à 23,2 km (linéaire de cours d'eau) de la station de mesure de débit de la Diège à Chaveroché.



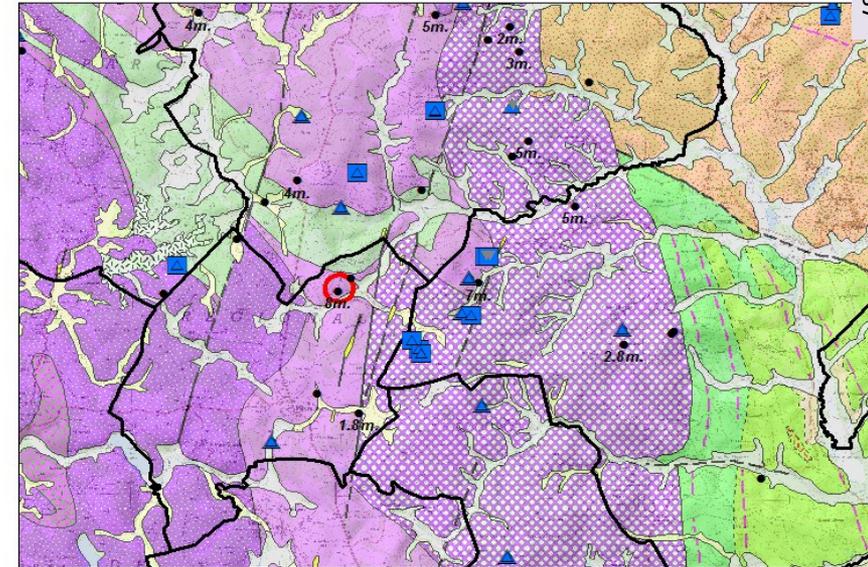


Le Longy, contexte hydrogéologique

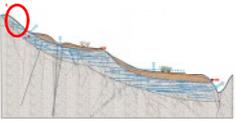


Dans le contexte du plateau de Millevaches, des formations peu épaisses forment des aquifères de petite extension et de faible capacité, les débits d'exhaure sont souvent inférieurs à 2m3 ..

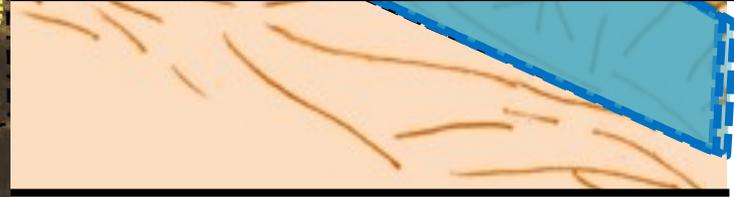
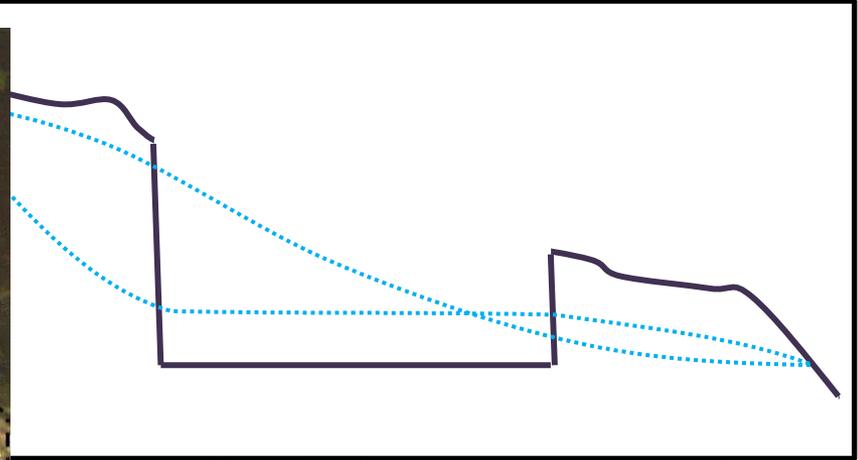
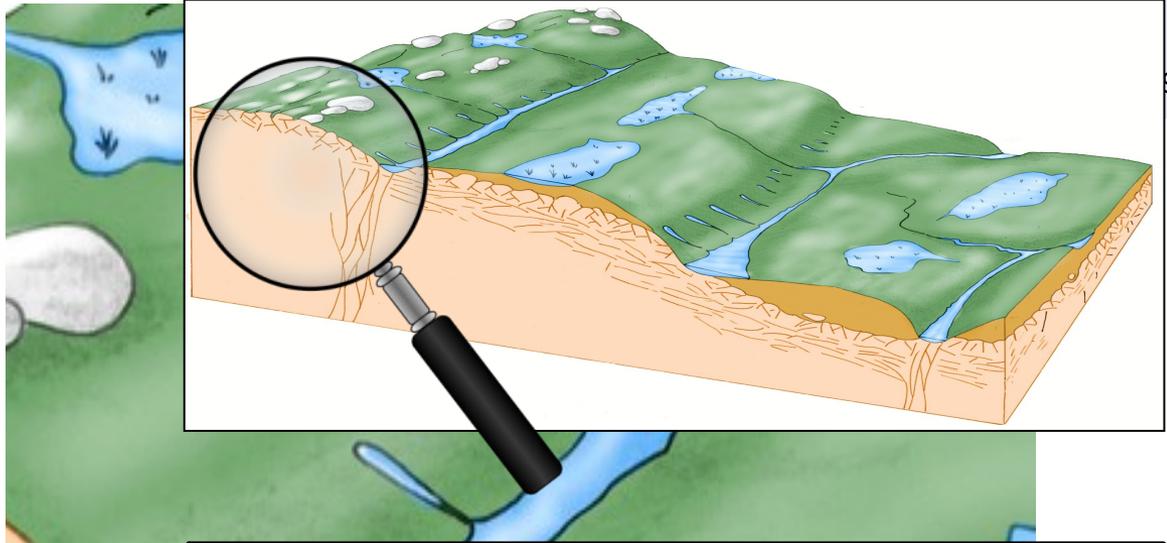
À titre d'illustration, les données de débits des ouvrages d'exhaure AEP du secteur étudié sont en valeur moyenne de 0.83m3/h et en médiane de 0.75m3/h



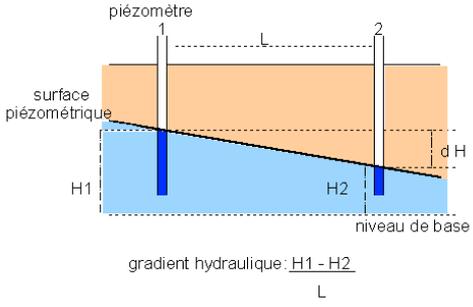
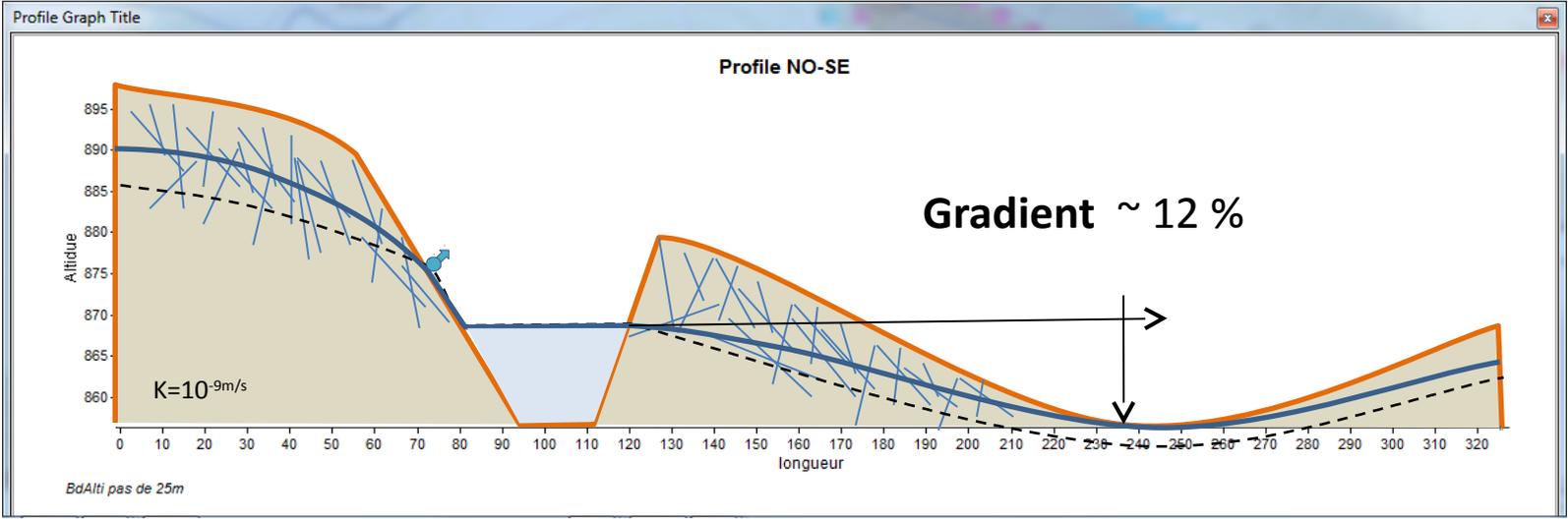
Il n'y a pas de captage d'eau souterraine utilisé pour l'AEP (source ADES 2015) le long de cet axe de drainage des eaux superficielles jusqu'à la station de la Diège à Chaveroy



Le Longy, contexte hydrogéologique local



Le Longy, fonctionnement hydrogéologique local



La valeur du gradient hydraulique détermine à laquelle vitesse l'eau circule d'un point à un autre. Si la MCO était en relation avec la rivière avec une perméabilité plus forte, son niveau s'équilibrerait au regard des perméabilités connues du milieu fissuré/fracturé

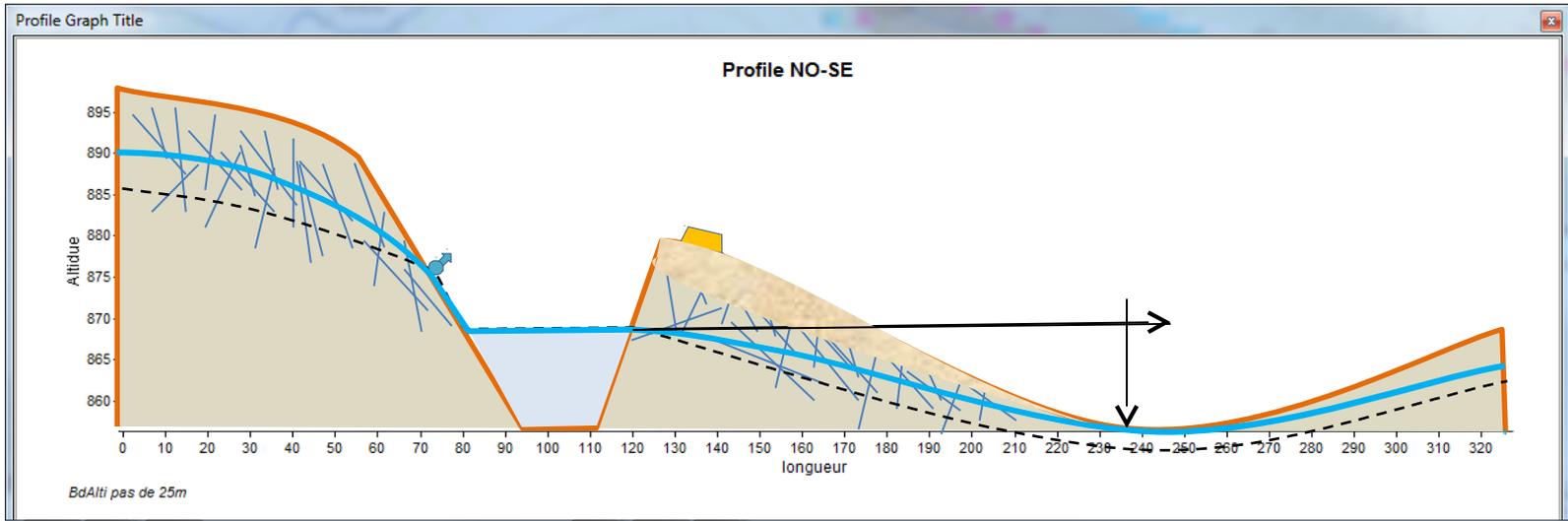
$$Q = KA \cdot \text{gradient} = 1 \times 10^{-5} \frac{m}{s} \times 10^5 m^2 \times 0,12 = 0,12 \frac{m^3}{s} = 432 m^3 / h$$

$$Q = KA \cdot \text{gradient} = 2.77 \times 10^{-8} \frac{m}{s} \times 10^5 m^2 \times 0,12 = 0,0003324 \frac{m^3}{s} = 1.2 m^3 / h$$

En 1856 Henri Darcy a publié une expérience de transfert d'eau « Les fontaines publiques de la ville de Dijon ». Dans son expérience, l'eau s'écoule à travers un filtre composé de sable. Darcy a relié le flux à la section appelée **conductivité hydraulique** la constante qui relie ces par

	homogène	gravier pur		sable pur	sable très fin	limons	argile
Granulométrie variée		gravier gros et moyen	gravier et sable	sable et limons argileux			
degrés de perméabilité		TRES BONNE - BONNE			MAUVAISE		NULLE
type de formation		PERMEABLE			SEMI-PERMEABLE		IMPERMEABLE

10⁻¹¹



BASSIN VERSANT DE LA DIEGE – Résultats d’analyses sur les eaux

Sites du LONGY et des SALLES

> Site du Longy :

MCO du Longy				
Année	pH	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	U_{228} soluble $\mu\text{g}/\text{l}$	Ra_{228} soluble Bq/l
1995	6,0	/	<100,0	0,11
1996	6,1	/	<100,0	0,18
1997	6,0	/	<100,0	0,14

Bief du Longy				
Année	pH	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	U_{228} soluble $\mu\text{g}/\text{l}$	Ra_{228} soluble Bq/l
1995	6,4	/	<100,0	<0,02
1996	5,8	/	<100,0	<0,02
1997	5,8	/	<100,0	0,03

LON RU Ruisseau de la Petite Rebière en aval immédiat du site				
Année	pH	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	U_{228} soluble $\mu\text{g}/\text{l}$	Ra_{228} soluble Bq/l
2008	5,4	38	7,7	0,11

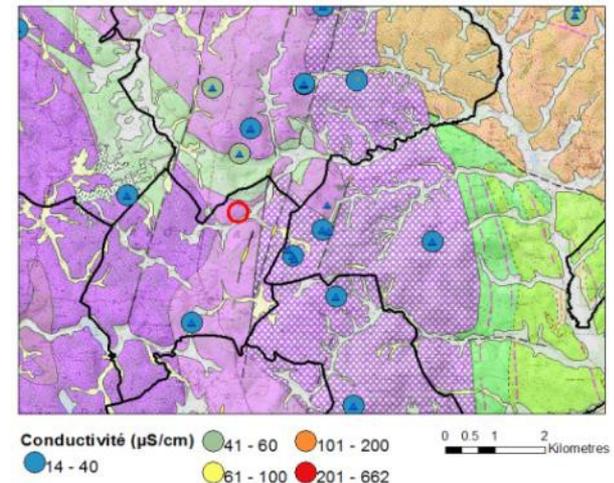
Ruisseau de la Petite Rebière en aval du site				
Année	pH	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	U_{228} soluble $\mu\text{g}/\text{l}$	Ra_{228} soluble Bq/l
1995	6,4	/	<100,0	0,04
1996	5,9	/	<100,0	0,04
1997	5,7	/	<100,0	0,30

Il n’y a pas d’impact mesuré des volumes de stériles en place actuellement sur les exutoires proches

Ce contrôle des niveaux piézométriques par la MCO et l’exutoire au cours d’eau, impose à la nappe un niveau bas, sous les matériaux rapportés. Cela limite le contact entre le toit de la nappe et ces matériaux et le transfert éventuel de polluants dans le milieu souterrain saturé en eau.

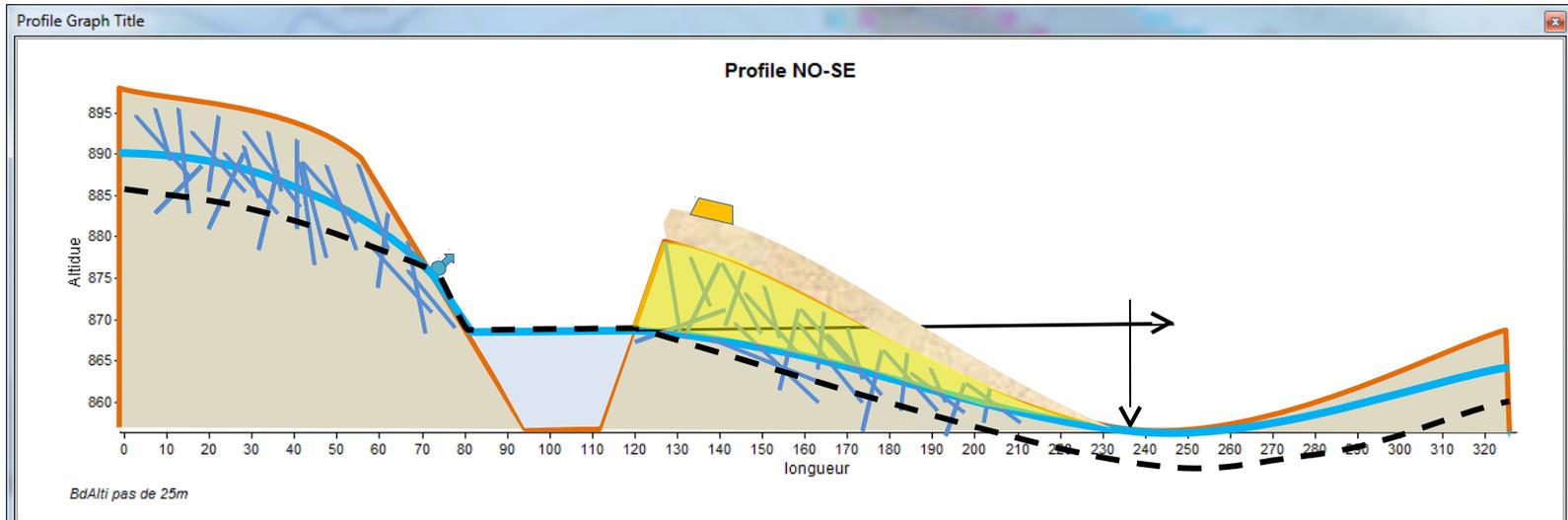
La fonction de transfert reste liée à la pluie et son infiltration rapide dans le milieu non saturé.

Un moyen de contrôle visuel simple de la position de la nappe peut être envisagé après un nivellement précis du plan d’eau.





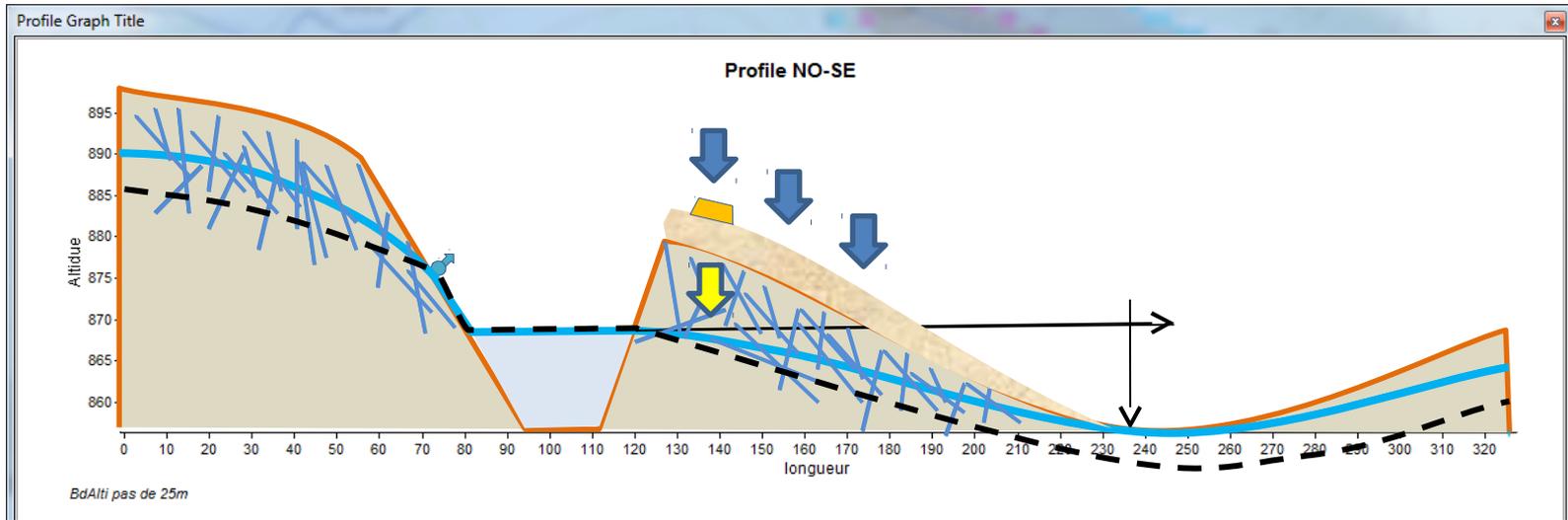
Le Longy, contexte actuel et évolution



Le site est situé sur des **formations fracturées** en surface, de leucogranite à grain moyen, à muscovite prédominante et biotite sans couverture remarquable d'altérites meubles. Il n'existe pas, dans cette formation, de forage ou puits exploitant un aquifère à une profondeur de plus de 7 mètres. Il n'existe pas d'indicateurs physico-chimiques ou quantitatif donnant l'indice de la présence d'un aquifère plus profond. Le niveau d'eau stable (à confirmer) de la MCO, paraît contrôlé par un phénomène de seuil correspondant à la base du milieu fracturé, ce seuil formant l'exutoire souterrain de la MCO. Dans ce cas, la cote des terrains recevant les matériaux déplacés est située au dessus de la cote piézométrique de la nappe qui pourrait s'établir entre la MCO et son exutoire à la Ribière



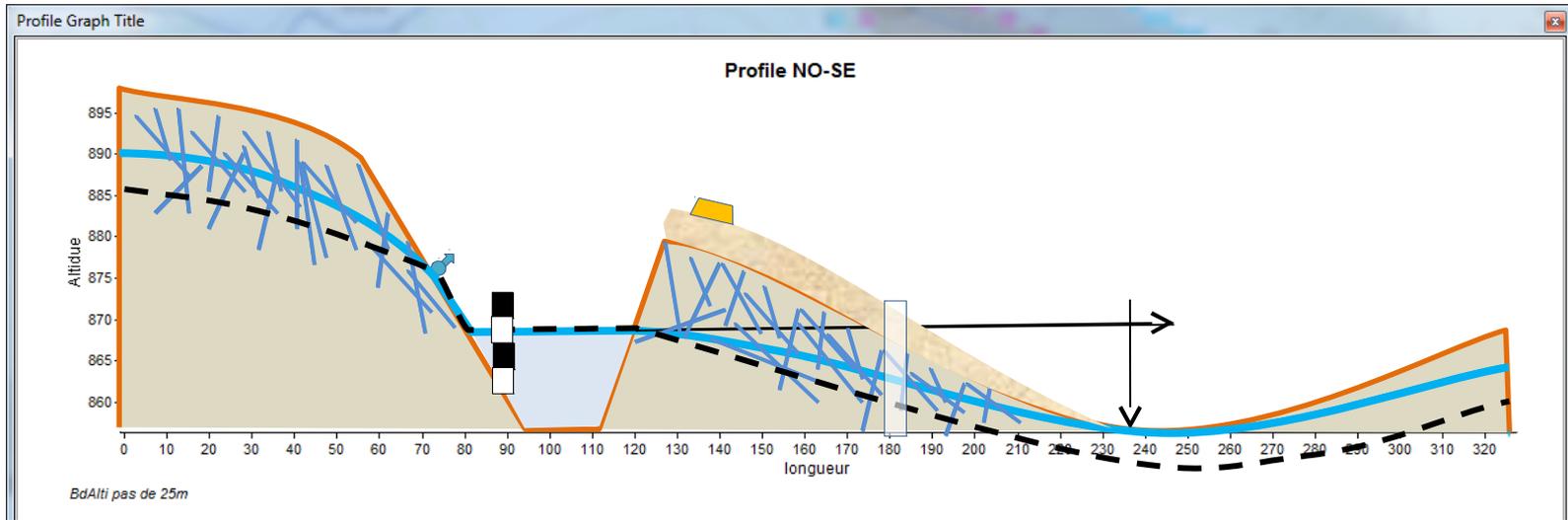
Le Longy, conclusion (1/5), l'aléa



La mise en solution d'éléments potentiellement polluants par infiltration directe de la pluie sur les nouveaux matériaux peut impacter soit le plan d'eau de la MCO, soit l'exutoire de la Ribière. Ce phénomène de remobilisation, si il est envisagé, est/serait déjà actif sur les matériaux de l'actuelle verse à stériles. Pour l'heure et dans le contexte actuel, il n'y a pas de marquage remarquable des eaux de la MCO ou de la petite Ribière aux deux exutoires suivis. En l'absence de données sur la composition de matériaux qu'il est prévu de rapporter, aucune hypothèse sur la nature de ces éventuels futurs lixiviats ne peut être formulée. En revanche, dans l'hypothèse qu'ils soient de même nature que les matériaux déjà en place, il est attendu qu'ils aient un même impact en proportion des volumes rapportés.



Le Longy, conclusion (2/5), l'enjeu

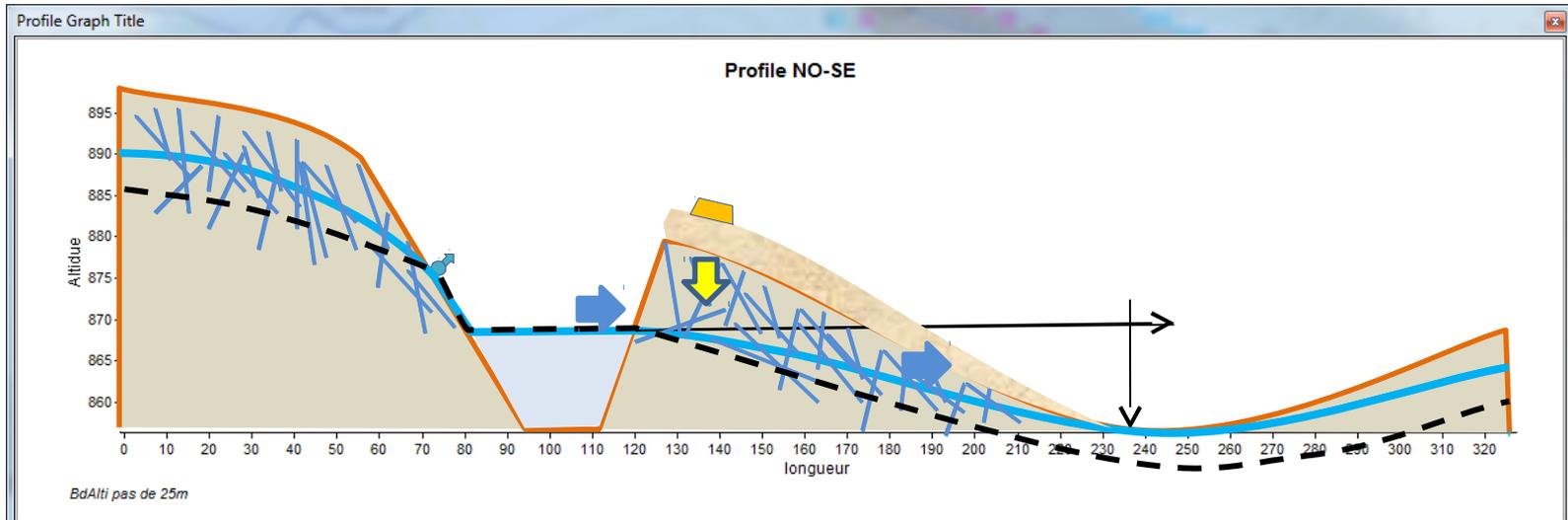


Le suivi d'un éventuel impact suppose que soient mis en place :

- un suivi du niveau d'eau de la MCO
- un suivi des écoulements souterrains entre MCO et Petite Ribière afin de détecter un éventuel panache de pollution vers les exutoires de surfaces. L'état actuelle de la canalisation qui passe sous les stériles ne permet pas ce suivi, notamment par le facteur de dilution important que représente les eaux de la Petite Ribière au regard des eaux qui peuvent circuler à la base de l'horizon fracturé



Le Longy, conclusion (3/5), le suivi

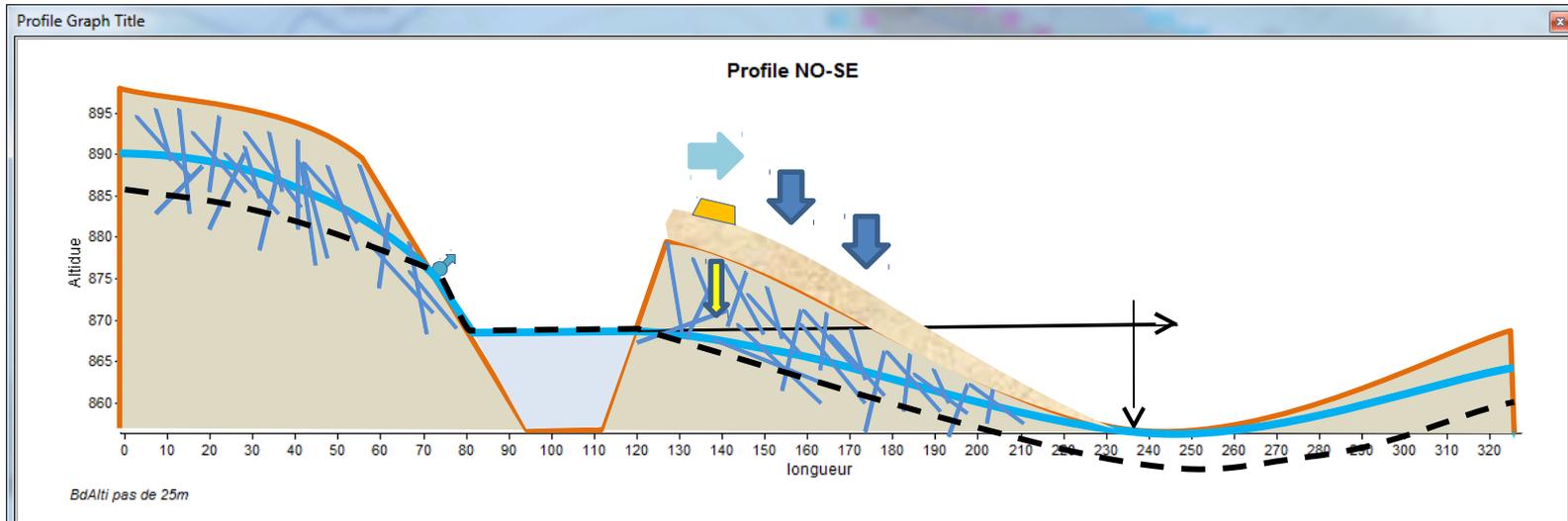


Le suivi d'un éventuel impact suppose que soient mis en place :

- un suivi du niveau d'eau de la MCO, (l'entrée du système)
- un suivi des écoulements souterrains entre MCO et Petite Ribière afin de détecter un éventuel panache de pollution vers les exutoires de surfaces. L'état actuelle de la canalisation qui passe sous les stériles ne permet pas ce suivi, notamment par le facteur de dilution important que représente les eaux de la Petite Ribière au regard des eaux qui peuvent circuler à la base de l'horizon fracturé.



Le Longy, conclusion (4/5), anticiper

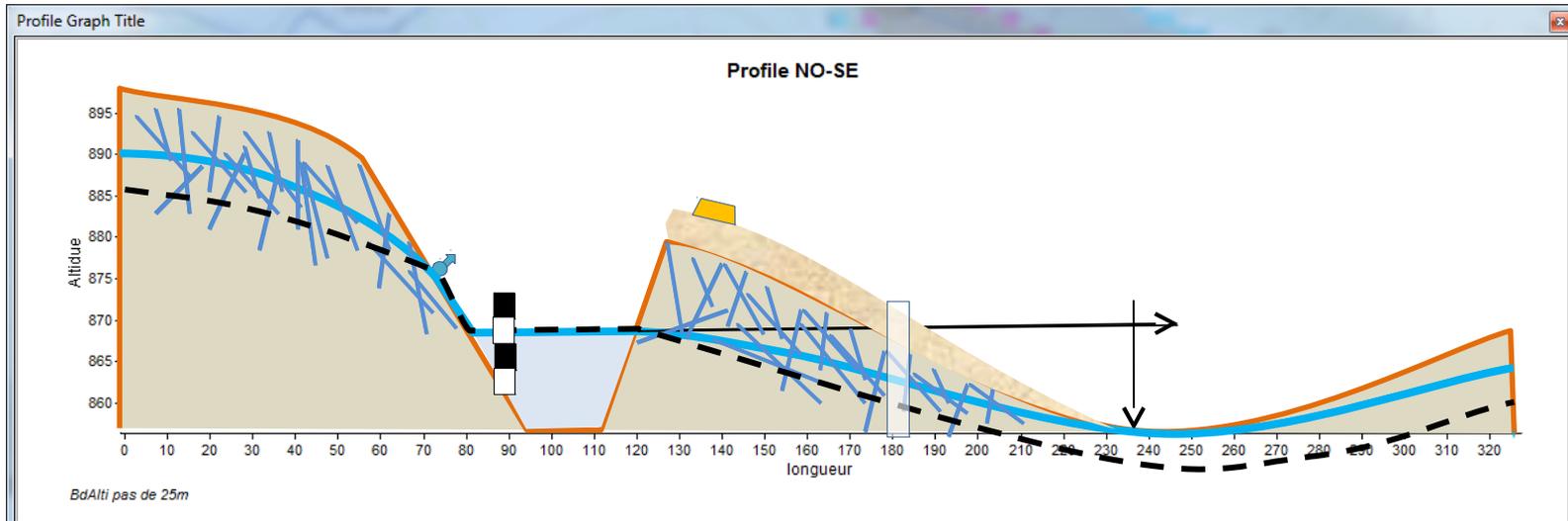


Il peut être envisager de réduire la mise en place de potentiels lixiviats sur ces nouveaux apports. Il s'agit alors de réduire le temps de contact entre ces matériaux et l'eau de pluie qui va percoler au travers ou de limiter la part infiltrante des eaux de pluie.

- La première consiste à éviter que ne subsiste, à la base de ces nouveaux stériles, une couche peu perméable qui pourrait favoriser le maintien d'un horizon saturé en eau dans les nouveaux matériaux et de maintenir le transfert rapide de ces eaux vers les stériles sous jacents pour lesquels il n'est pas observé d'impact dans les eaux souterraines.
- La seconde consiste à organiser le nouveau stockage de sorte à favoriser le ruissellement et non l'infiltration de ces eaux de pluie afin qu'elles ruissellent rapidement jusqu'aux exutoires que forment les sources à l'aval immédiat du site.



Le Longy, conclusion (5/5), contrôler



Un lever précis de la cote altimétrique du plan d'eau de la MCO, en basses et hautes eaux ou après une période de forte pluie, serait un minimum et un suivi du niveau d'eau est recommandé. Un suivi, à l'image de celui des points du réseau piézométrique géré par le BRGM, serait un complément utile à la compréhension des phénomènes hydrogéologiques en jeu.

Enfin, un piézomètre de contrôle, en amont hydraulique du dépôt prévu et à une profondeur au moins égale à celle du niveau d'eau de la MCO (-20 mètres) permettrait de suivre les écoulements souterrains en quantité et qualité sans être influencé par les écoulements de surface (Bief et Petite Ribière). Une attention particulière devrait être portée à son implémentation et son fonctionnement au regard de la forte hétérogénéité du milieu fracturé à l'échelle d'un unique ouvrage.

Merci de votre attention

www.brgm.fr

Direction Territoriale Limousin
Vincent MARDHEL
Directeur Territorial
ESTER Technopôle – 21, rue Columbia
CS 56932 - 87069 Limoges cedex 3
Tél. 05 55 35 24 25 / Port. 06 15 46 48 15 - Fax. 05 55 35 64 53



brgm
Innovations pour une terre durable