

Faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales en zone d'aléa dissolution du gypse

Journée technique Gypse – Ineris

Gypse : de la dissolution à la gestion du risque

Verneuil-en-Halatte – 6 novembre 2018

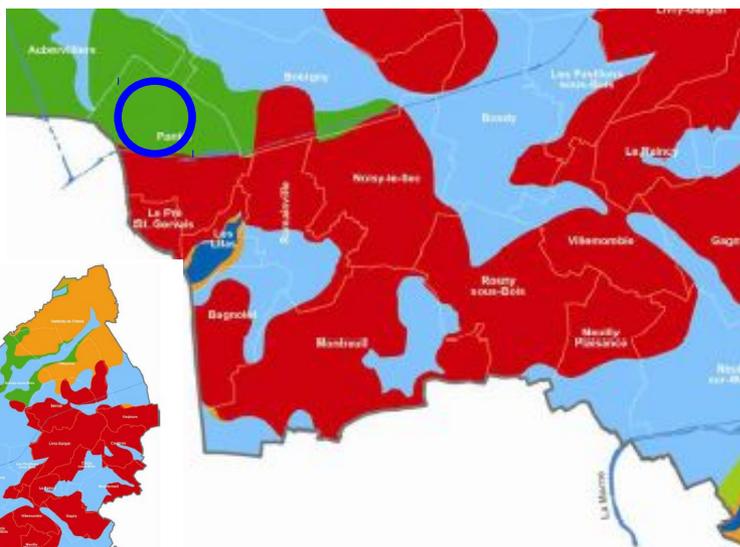
P. Branchu, E. Dumont, C. Kreziak

Sommaire

- I Contexte
- II Campagne d'investigation
- III Caractérisation du gypse
- IV Fonctionnement hydrogéochimique
- V Bilan et perspectives

I - Contexte

- Volonté de l'EPT Est Ensemble de promouvoir l'infiltration des eaux pluviales (EP), conformément aux objectifs du SDAGE Seine Normandie
- Nombreuses contraintes dues au contexte géologique



Symbole	Perméabilité
	Infiltration superficielle proscrite
	10^{-8} m/s
	10^{-7} m/s
	10^{-6} m/s
	10^{-5} m/s
	10^{-4} m/s

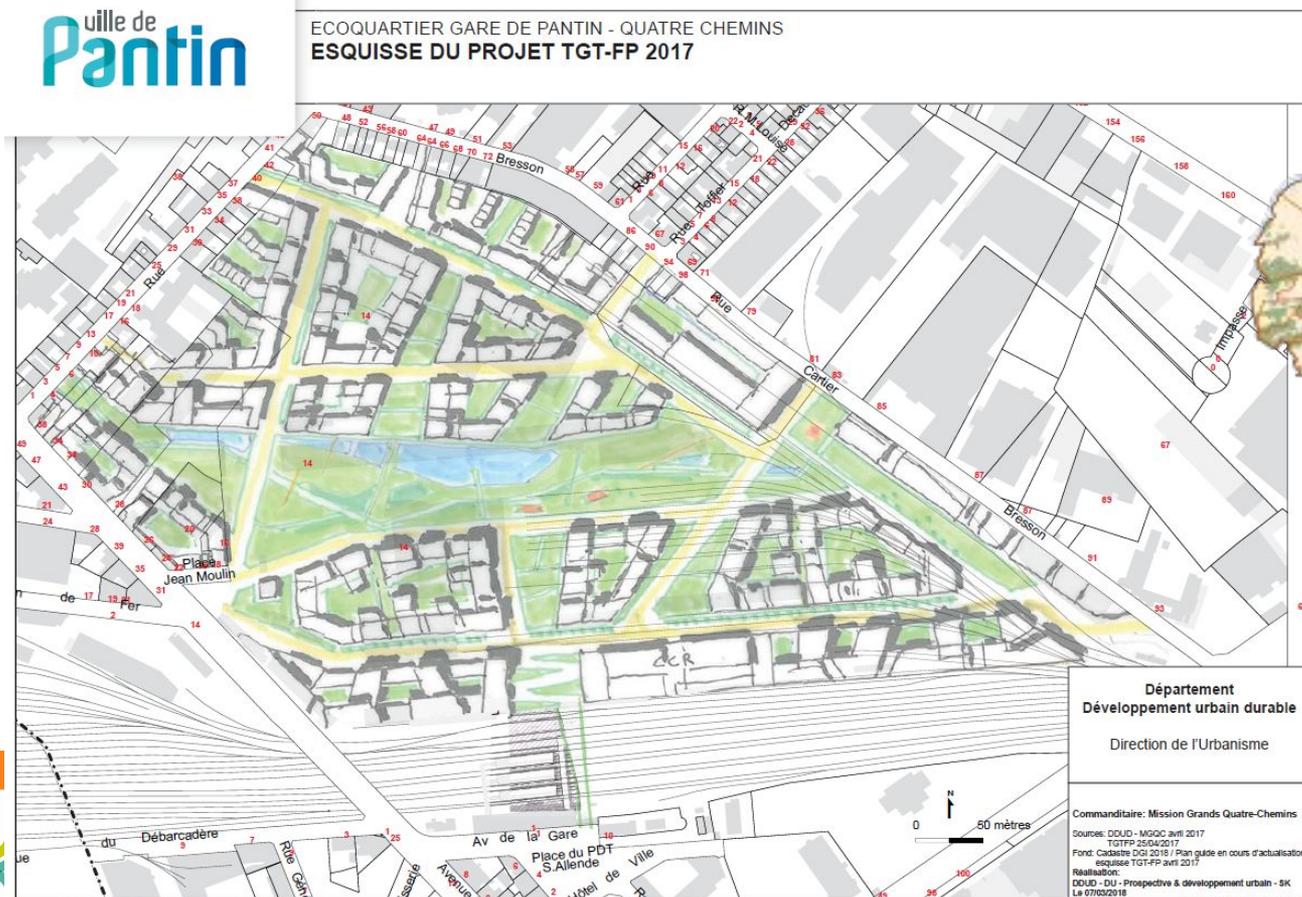
**Règlement du service d'assainissement de la Seine-Saint-Denis
Les zones d'infiltration possible (février 2014)**

I - Contexte

- ZAC Ecoquartier de la Gare à Pantin : aménagement de plus de 20 ha sur une ancienne zone ferroviaire, dont 5 d'espaces verts
- Objectif « zéro rejet » visé initialement pour la gestion des EP

Ville de
Pantin

ECOQUARTIER GARE DE PANTIN - QUATRE CHEMINS
ESQUISSE DU PROJET TGT-FP 2017



Département
Développement urbain durable
Direction de l'Urbanisme

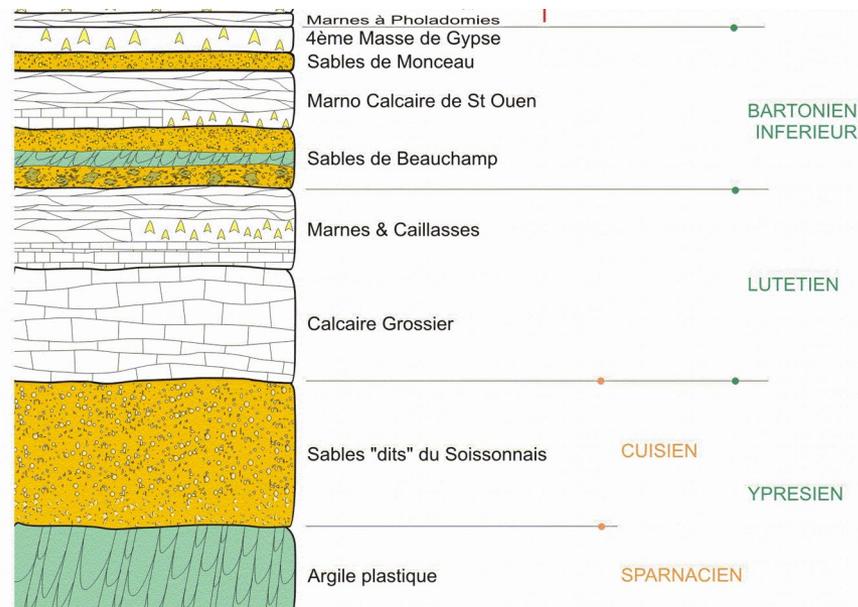
Commanditaire: Mission Grands Quatre-Chemins
Sources: DDUD - MGOQ avril 2017
TGT-FP 25/04/2017
Fond: Cadastre DGI 2016 / Plan guide en cours d'actualisation
équipes TGT-FP avril 2017
Réalisation:
DDUD - DU - Prospective & développement urbain - 5K
Le 07/03/2018

Plan figuratif donné à titre indicatif

emble

I - Contexte

- 3 formations susceptibles de renfermer du gypse
 - Marnes Infra-Gypseuses (MIG)
 - Marno-Calcaire de Saint Ouen (SO)
 - Marnes et Caillasses
- Périmètre de risque lié à la présence d'anciennes carrières et à la dissolution du gypse antéludien sur la commune
- Infiltration des EP écartées par les premières études géotechniques, mais impact réel de l'infiltration mal connu
- Signature d'une convention entre Est Ensemble et le Cerema, subventionnée par l'Agence de l'Eau Seine Normandie

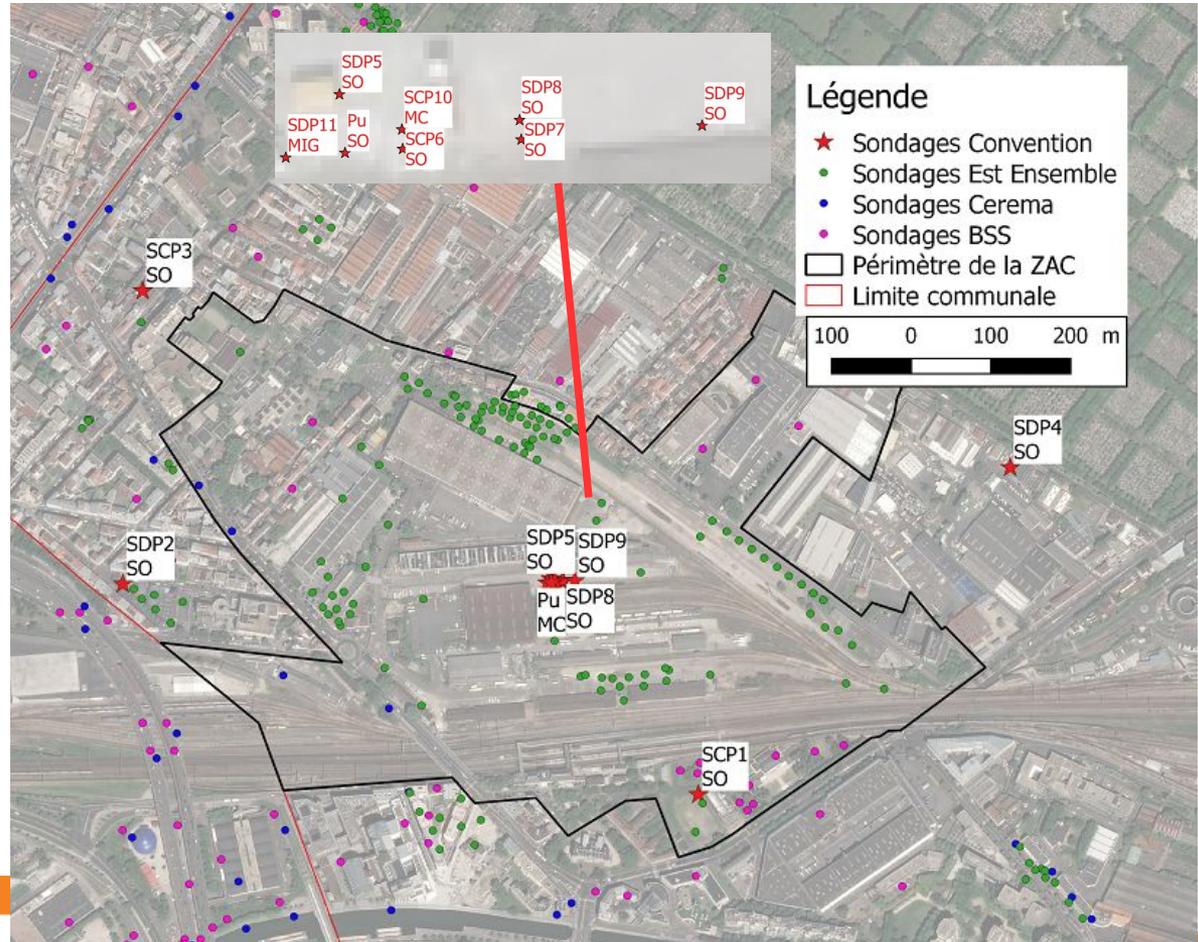


Extrait de la coupe litho-stratigraphique des terrains tertiaires du département de Seine-Saint-Denis (source : LREP)

II – Campagne d'investigations

- Définition et suivi d'une campagne d'investigations

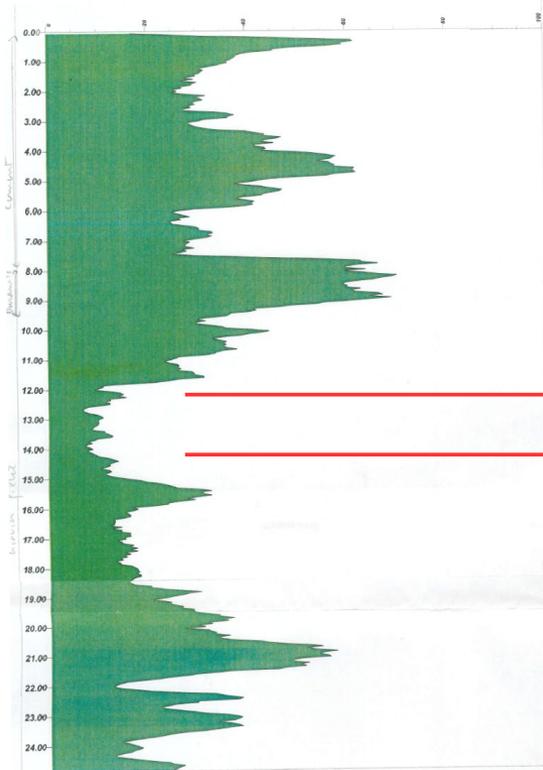
- Nombre de sondages important ; peu de piézomètres existant
- Plus de 70 sondages atteignant les MC (dont 54 nivelés)
- Profondeur et qualité variable des sondages
- Installation de 11 piézomètres autour et au centre de la ZAC, essais de perméabilité



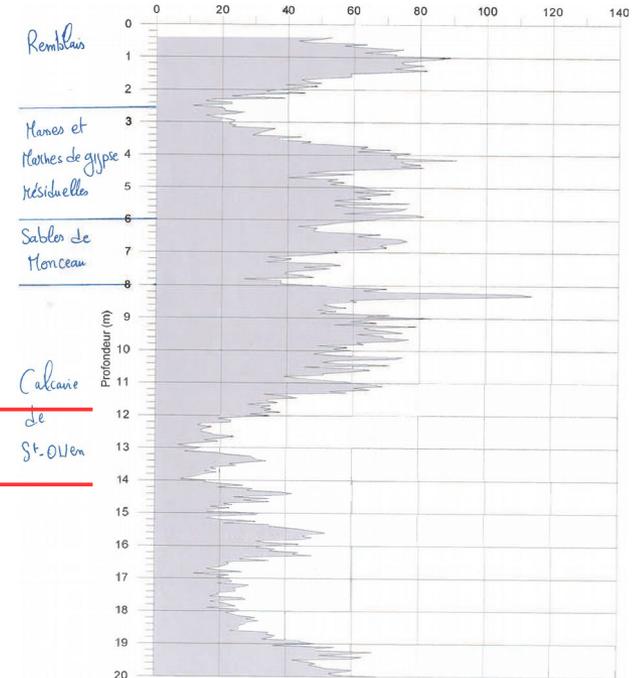
III – Caractérisation du gypse

- Mesures de RAN dans tous les sondages de la campagne
- Présence de gypse signalée par les bureaux d'étude parfois non fondée (en particulier dans le SO)

« Niveaux gypseux sains sont identifiés au Gamma Ray entre 12.0 et 14.0m de profondeur /TN »

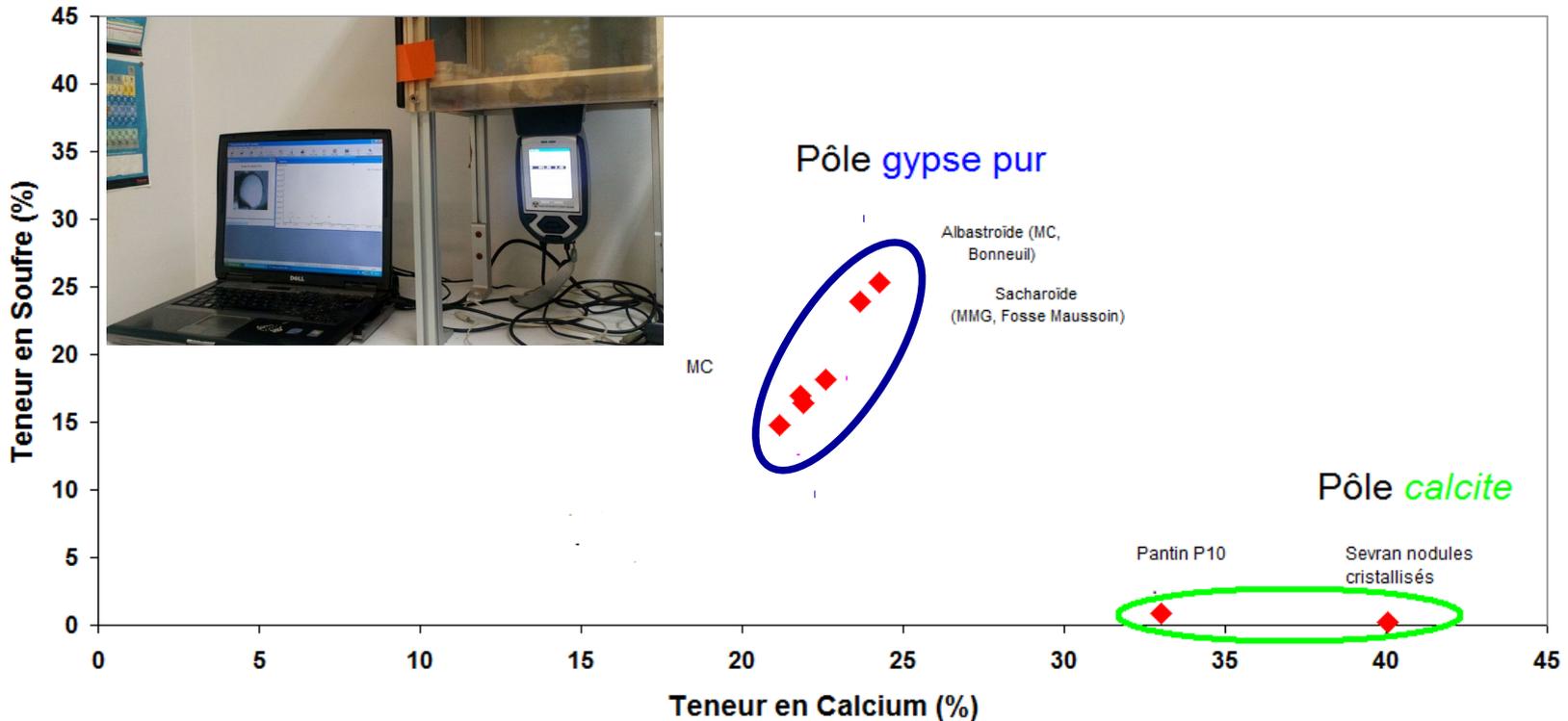
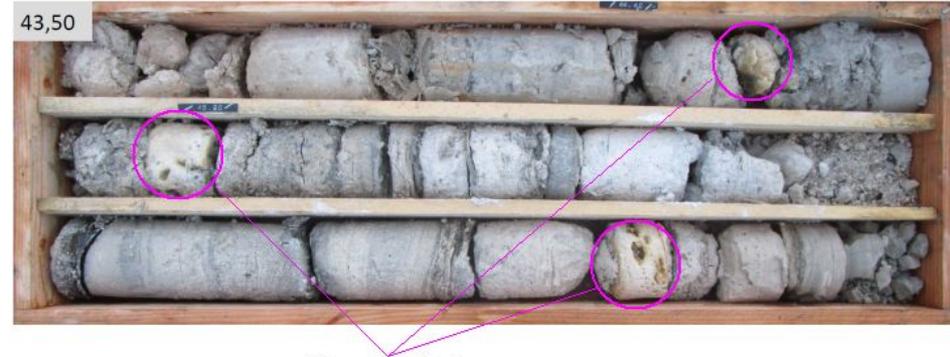


11.50	Marne rosée à cailloutis et blocs calcaireux.
12.20	Calcaire rosé, beige à grain fin.
12.30	Marne rosée à blocs calcaireux.
12.50	Calcaire mameux rosé.
12.85	Marne rosée à cailloutis et blocs calcaireux.
12.75	Marne compacte rosée avec peu de cailloutis calcaireux.
13.40	Marne granulo-calcaireuse rosée.
13.70	Calcaire crème à rosé, à grain fin, légèrement poreux, délité en blocs pluri-centimétrique et intercalé de marne délavée par le carottage.
14.70	



III – Caractérisation du gypse

- Analyse par fluorescence X de blocs cristallisés dans les M&C : cristallisation de calcite (probable reprécipitation), mais pas de gypse (plus ?)



III – Caractérisation du gypse

- Expériences en laboratoire sur la caractérisation du gypse :
 - étude de la constante d'équilibre et cinétique de dissolution (stage M2 Jocelyne ODJELE – Université de Paris Sud, 2017)
 - prélèvement d'échantillons de gypse saccharoïde (MMG Fosse Maussoin) et albastroïde (MC, Bonneuil-sur-Marne) représentatifs des gypses présents dans la zone d'étude

gypse saccharoïde

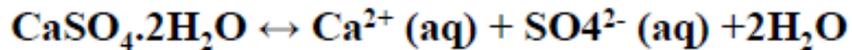


gypse albastroïde



III – Caractérisation du gypse

Essai à l'équilibre (48 essais)



$$K = \{\text{Ca}^{2+}\} \cdot \{\text{SO}_4^{2-}\}.$$

Poudre: 200 et 300 μm

- 1g et 3g de gypse / 400ml d'eau
- Mesure de conductivité
- 16 expériences en triple 14.8 et 25°C
- Eau milliQ et eau de nappe

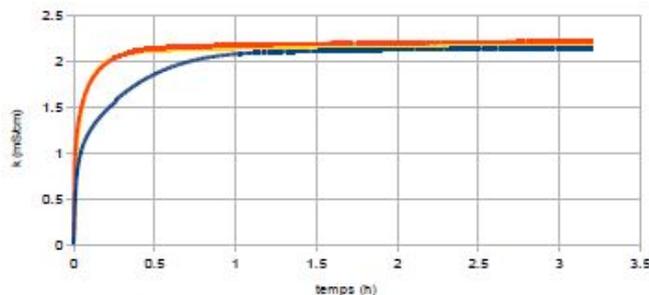


Figure 9: variation de la conductivité

$$K(T) = \{\text{Ca}^{2+}\} \cdot \{\text{SO}_4^{2-}\}$$

Travail sur des poudres :
comportement à l'équilibre

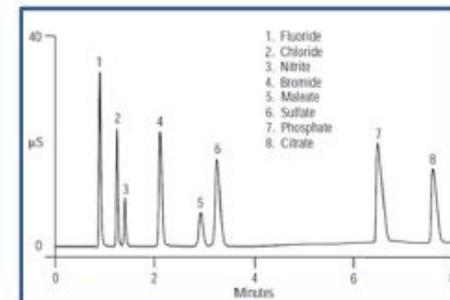


Figure 10: chromatographe, AAS

III – Caractérisation du gypse

Cinétique de dissolution (16 essais)

Disque de gypse

- 3 Cm de diamètre, 2Cm d'épaisseur
- Mesure de conductivité
- Ca, SO₄
- 8 expériences en triple. 14.8 et 25°C
- Eau milliQ et eau de nappe
- Essai : 3 h



Tr = 27 mm

Disque de gypse albastroïde

séché, support en téflon, étanché

à la paraffine, poli, surface mesurée
à la règle

Travail sur des disques Avec circulation



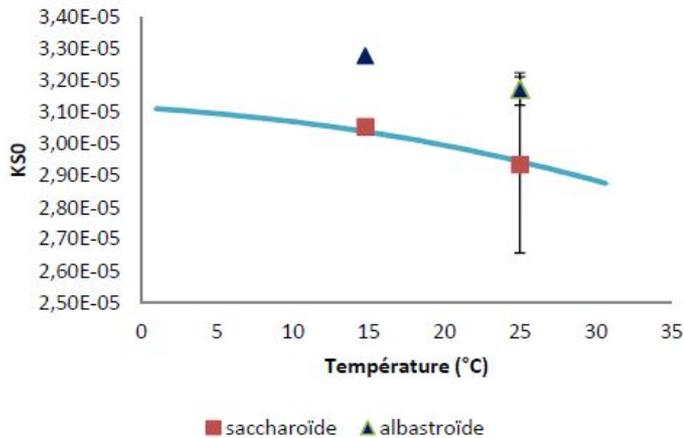
Montage expérimental

Albastroïde + saccharoïde

III – Caractérisation du gypse

Equilibre

- Influence de la température



↘ K avec ↗ T°C (15 -25 °C)

- influence de la forme de gypse

$K_{\text{albastroïde}} > K_{\text{saccharoïde}}$

- influence de la minéralisation

↗ K avec FI (+ interactions avec la calcite ?)

Cinétique

(mol.cm⁻².h⁻¹)

- Influence de la température

↗ v avec ↗ T°C (15 -25 °C)

- influence de la forme de gypse

$v_{\text{albastroïde}} > v_{\text{saccharoïde}}$

- influence de la minéralisation

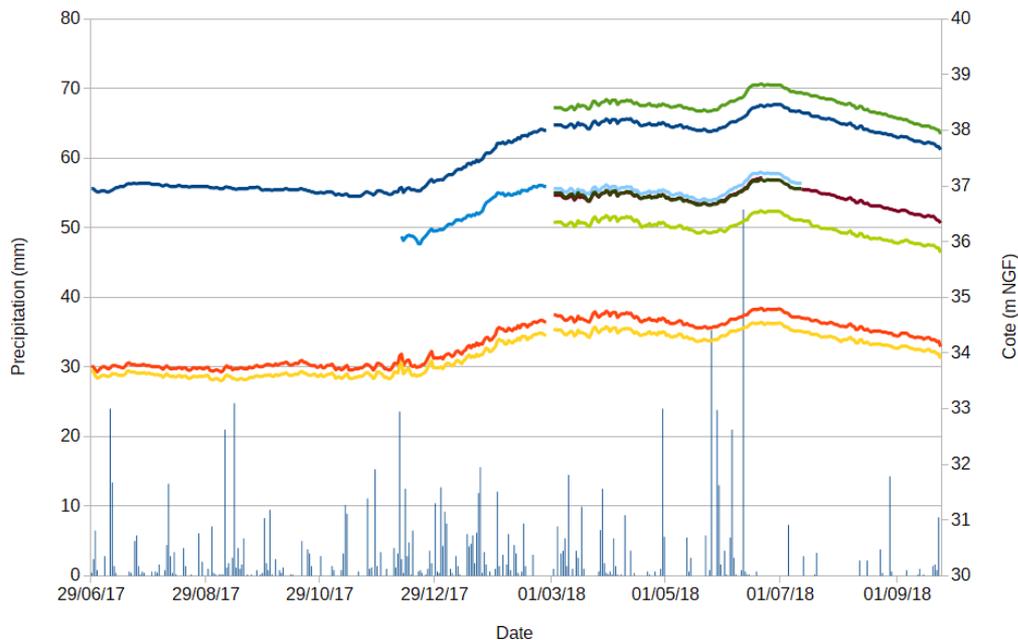
$v_{\text{eau pure}} > v_{\text{eau de nappe}} (15^\circ\text{C})$

- influence de la circulation d'eau

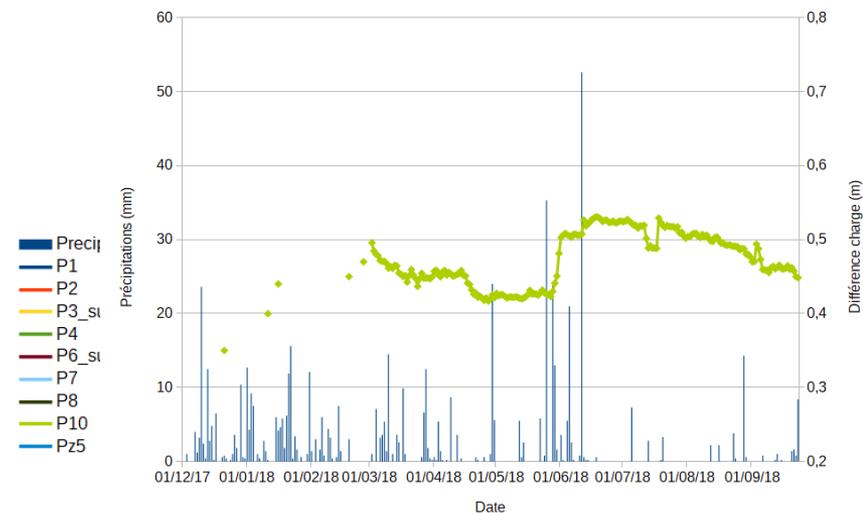
↗ v avec ↗ avec vit. de circul.

IV – Fonctionnement hydrogéochimique

- Équipement de 8 piézomètres en sondes de conductivité et d'un piézomètre superficiel avec une sonde de pression
 - Comportement très homogène des piézomètres installés
 - 0,35 à 0,5 m de différence de charge entre SO et MC
 - gradient hydraulique descendant



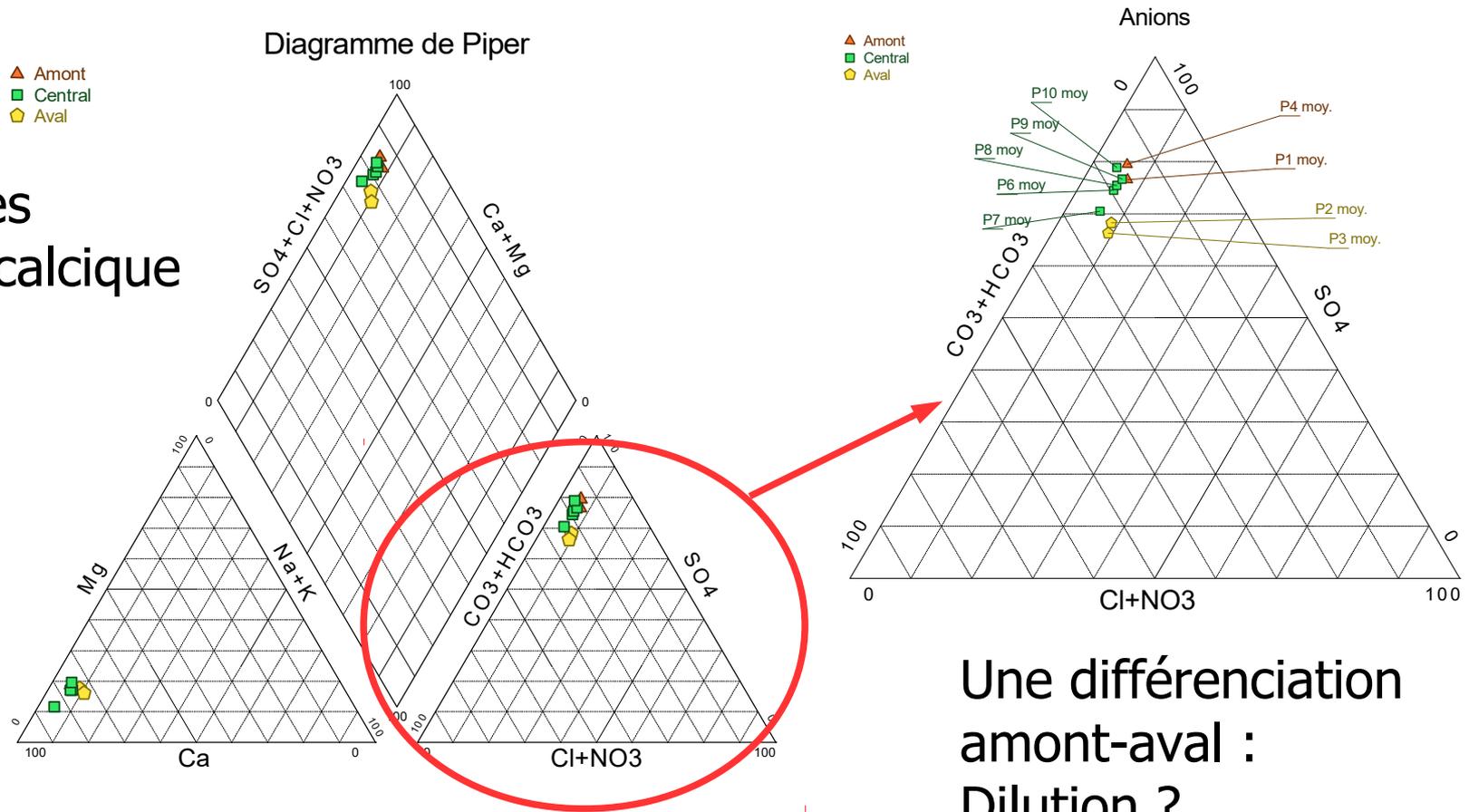
Chroniques piézométriques journalières



Différence de charge SO/MC

IV – Fonctionnement hydrogéochimique

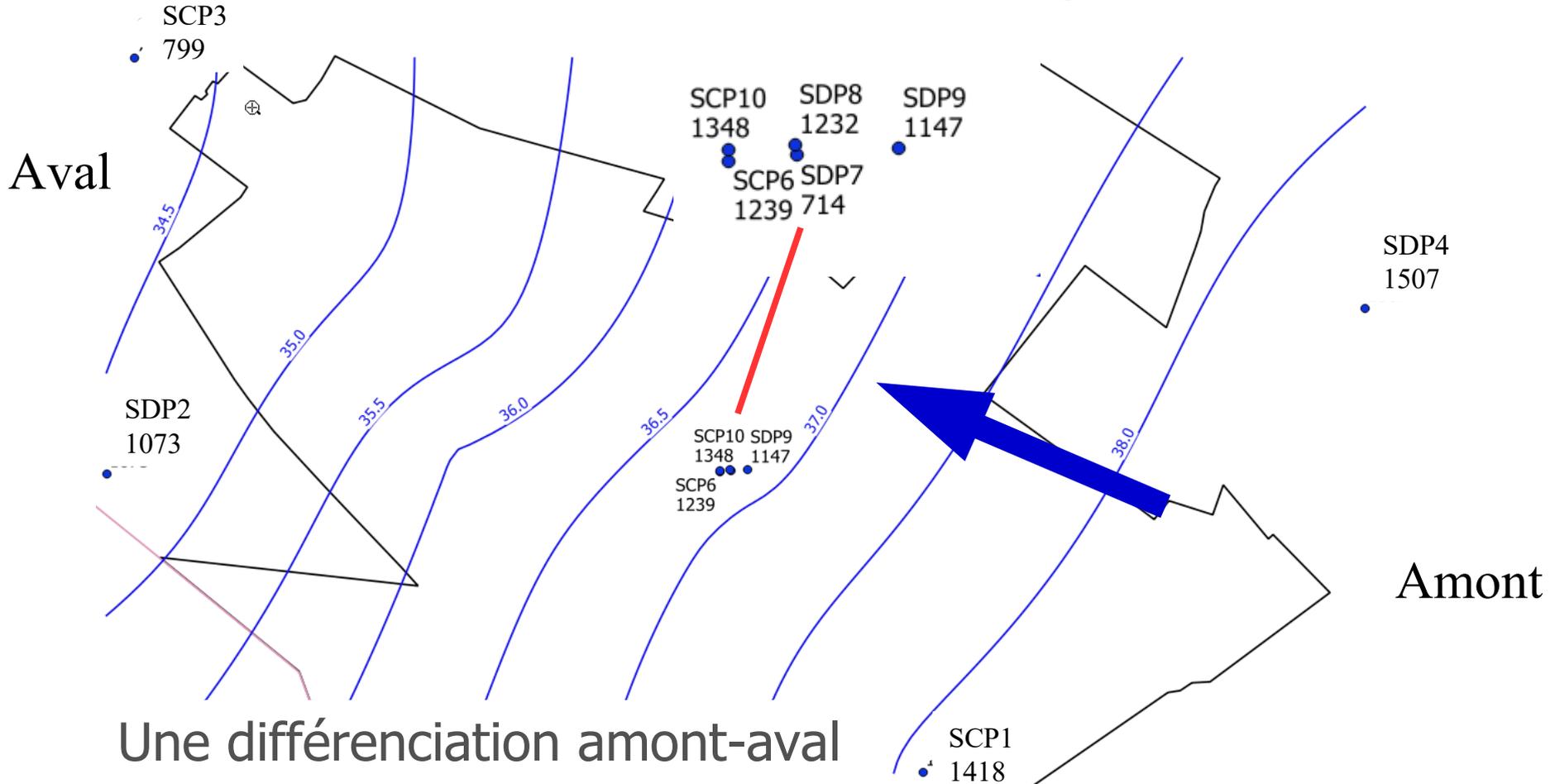
Un faciès sulfaté-calcique



Concentrations moyennes (juin 2017- avril 2018)

Une différenciation
amont-aval :
Dilution ?

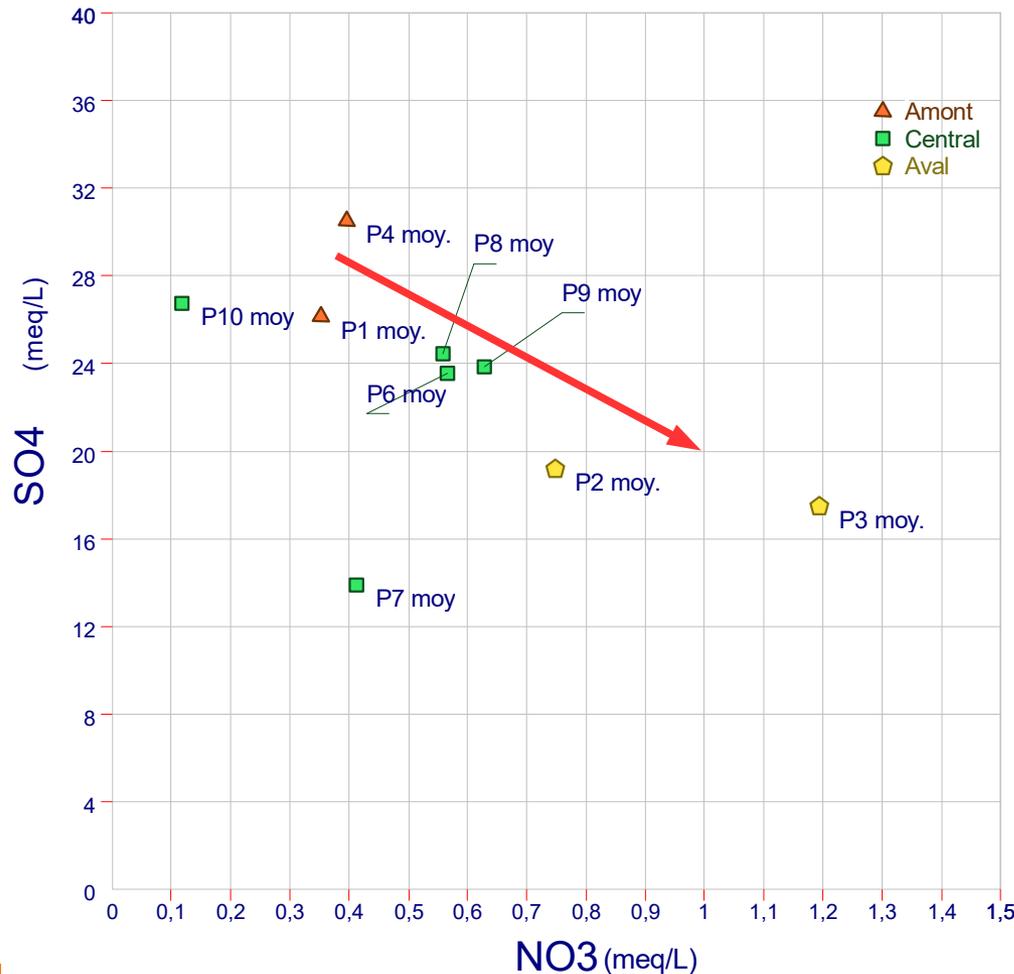
IV – Fonctionnement hydrogéochimique



Une différenciation amont-aval

Concentrations ponctuelles (18 avril 2018) en sulfate (mg/L)

IV – Fonctionnement hydrogéochimique

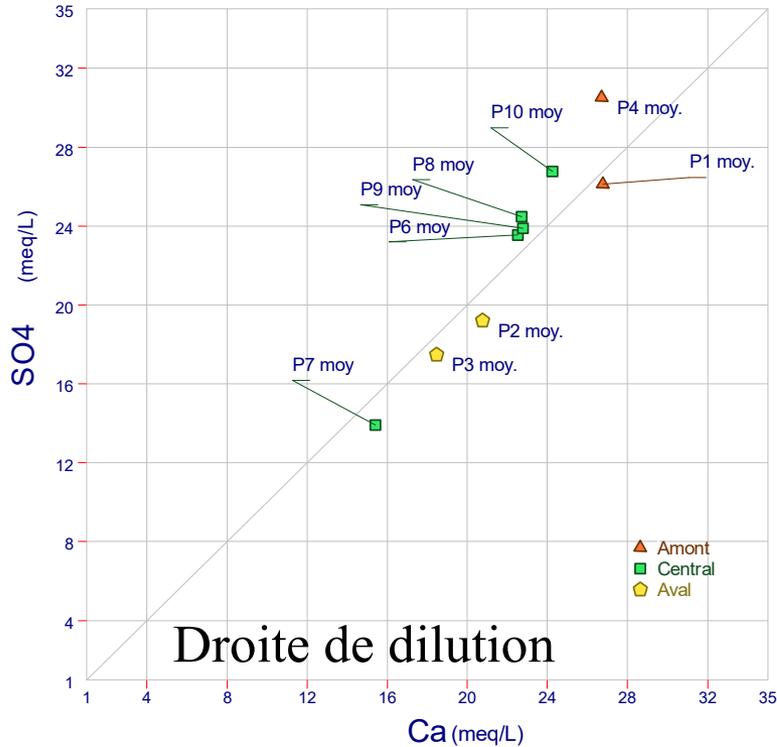


Une dilution des eaux
amont-aval :
=> apports d'eau avec
une signature différente

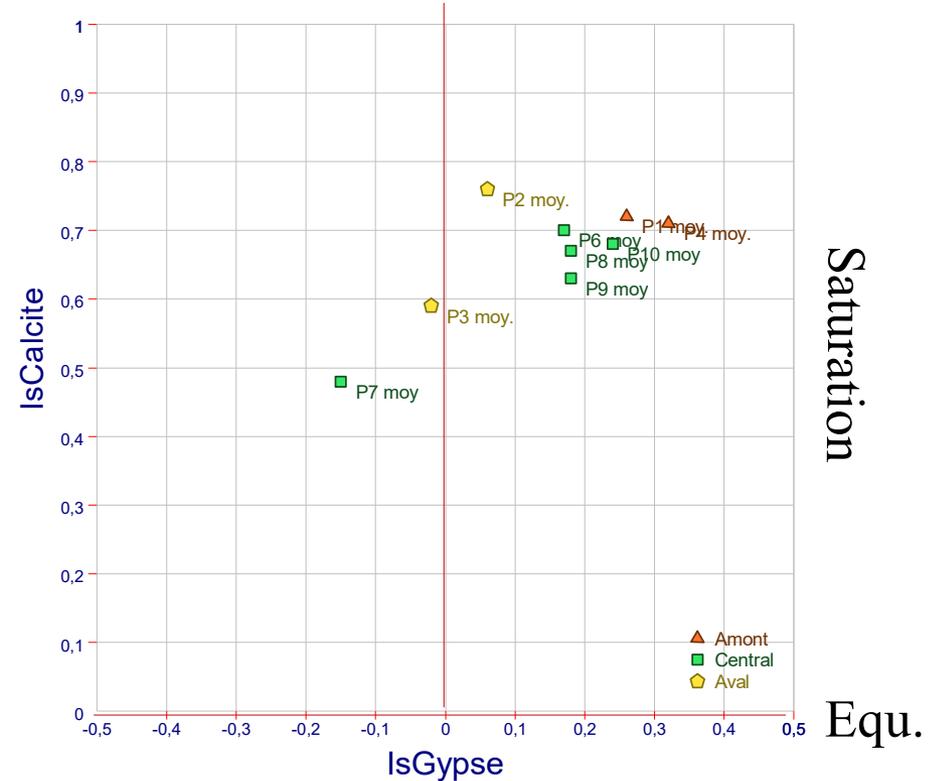
IV – Fonctionnement hydrogéochimique

Equilibre du gypse

SO4=f(Ca)



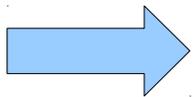
Sous-saturation Equilibre Saturation



Concentrations moyennes (juin 2017- avril 2018)

V – Bilan

- Gypse présent dans les MC, mais présence de gypse dans le SO sujette à caution au niveau de la zone d'étude
- Présence de zones décomprimées confirmée dans le SO et les MC
- Forte diminution des concentrations en sulfate de l'amont hydrogéologique vers l'aval
- Sursaturation en calcite et équilibre avec le gypse



Nécessité d'étudier plus en détail l'impact de l'infiltration sur la modification des équilibres géochimiques, mais interdiction systématique de toute forme d'infiltration ne semble pas justifiée

V – Perspectives

- Suivi de la composition géochimique des eaux d'infiltration en installant des plaques poreuses dans les Remblais
- Évaluer par la modélisation l'incidence de l'aménagement et de l'infiltration des eaux pluviales sur la recharge de la nappe : application du modèle hydrologique URBS pour comparer l'état initial et des scénarios d'aménagement (infiltration diffuse et infiltration concentrée)
- Modéliser la modification des équilibres géochimiques due à l'infiltration des eaux pluviales (Visual Modflow)
- Mieux cadrer les reconnaissances géotechniques (présence de gypse et géochimie des eaux souterraines)



Merci de votre participation

Contacts : emmanuel.dumont@cerema.fr
philippe.branchu@cerema.fr
julien.dalibart@est-ensemble.fr

