CFGI
COMITÉ FRANÇAIS DE GÉOLOGIE DE L'INGÉNIEUR ET DE L'ENVIRONNEMENT

www.cfgi-geologie.fr

WEB-CONFERENCE
CFGI

La dissolution naturelle du gypse dans le contexte des grands travaux en Ile-de-France

17 juin 2021

Apport de la compréhension du contexte hydrogéologique et de la modélisation de la dissolution du gypse

Arnaud CHARMOILLE et Farid LAOUAFA
Ineris

Cerema
Direction territoriale Ile-de-France

Société du Grand Paris

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Problématique / Objectifs / Stratégie / Outils

Apporter des réponses aux questions suivantes :

- Quelle est la **cinétique des systèmes de dissolution** en présence ? Quelle est la **durée formation d'une cavité de dissolution** dans le gypse ?
- Comment **s'organisent les systèmes de dissolution** ? Quel est leur f**onctionnement hydrogéologique** ? Quels en sont les **moteurs** ?
- Dans quelle mesure **l'activité anthropique** est en mesure de **perturber les systèmes de dissolution naturels** préexistants

Une stratégie et des outils :

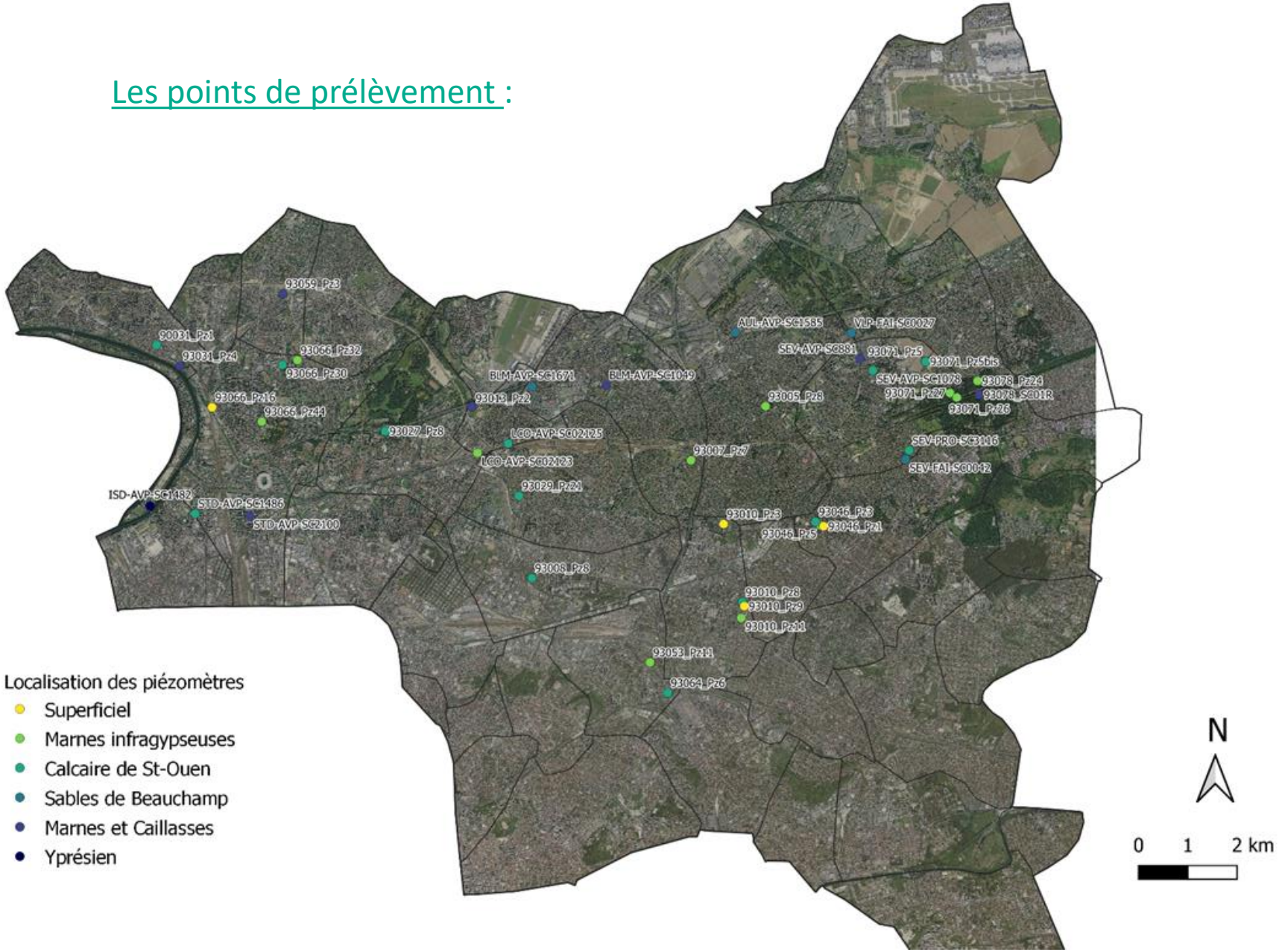
- Approche **multi échelle** : Laboratoire + in situ (kilométrique) + in situ (plot d'essai) type site atelier ;
- Approche **pluridisciplinaire** : Mesures et expertise in situ + modélisation multi-physique + modélisation des interactions eau / roche

Fonctionnement hydrogéologique de la Plaine de France : Approche hydrogéochimique

Echelle de La Plaine de France : Approche hydrogéochimique

Protocole expérimental

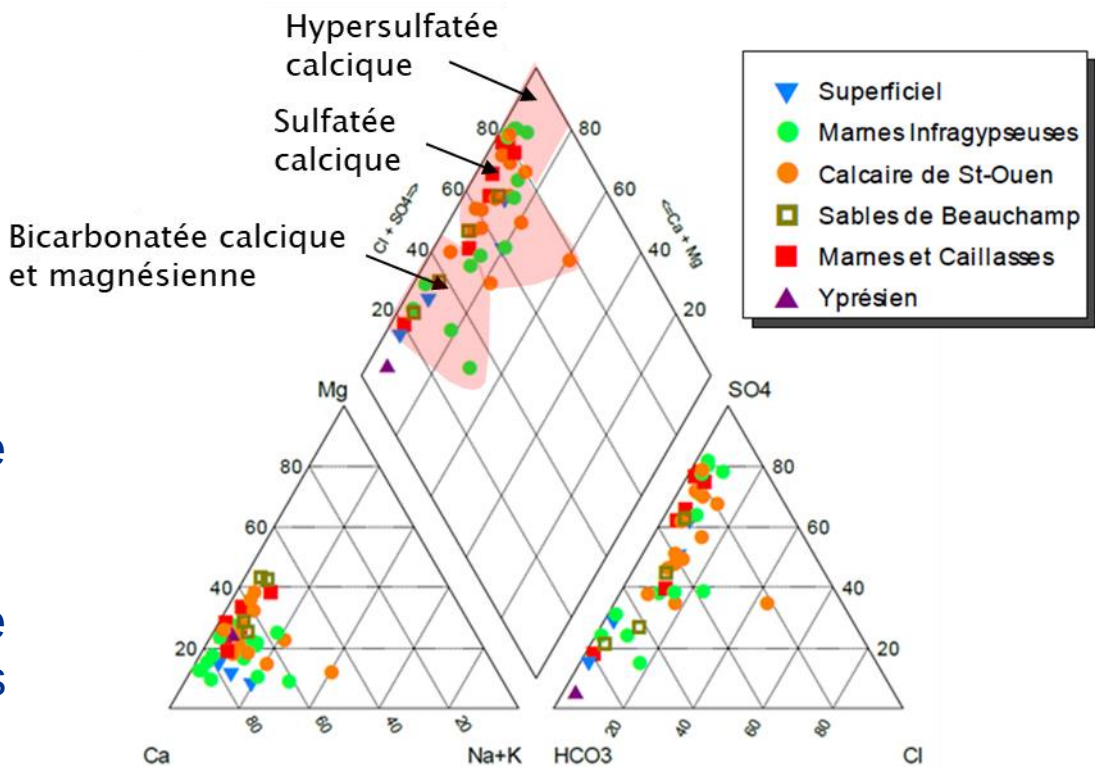
Les points de prélèvement :



Echelle de La Plaine de France : Approche hydrogéochimique

Résultats

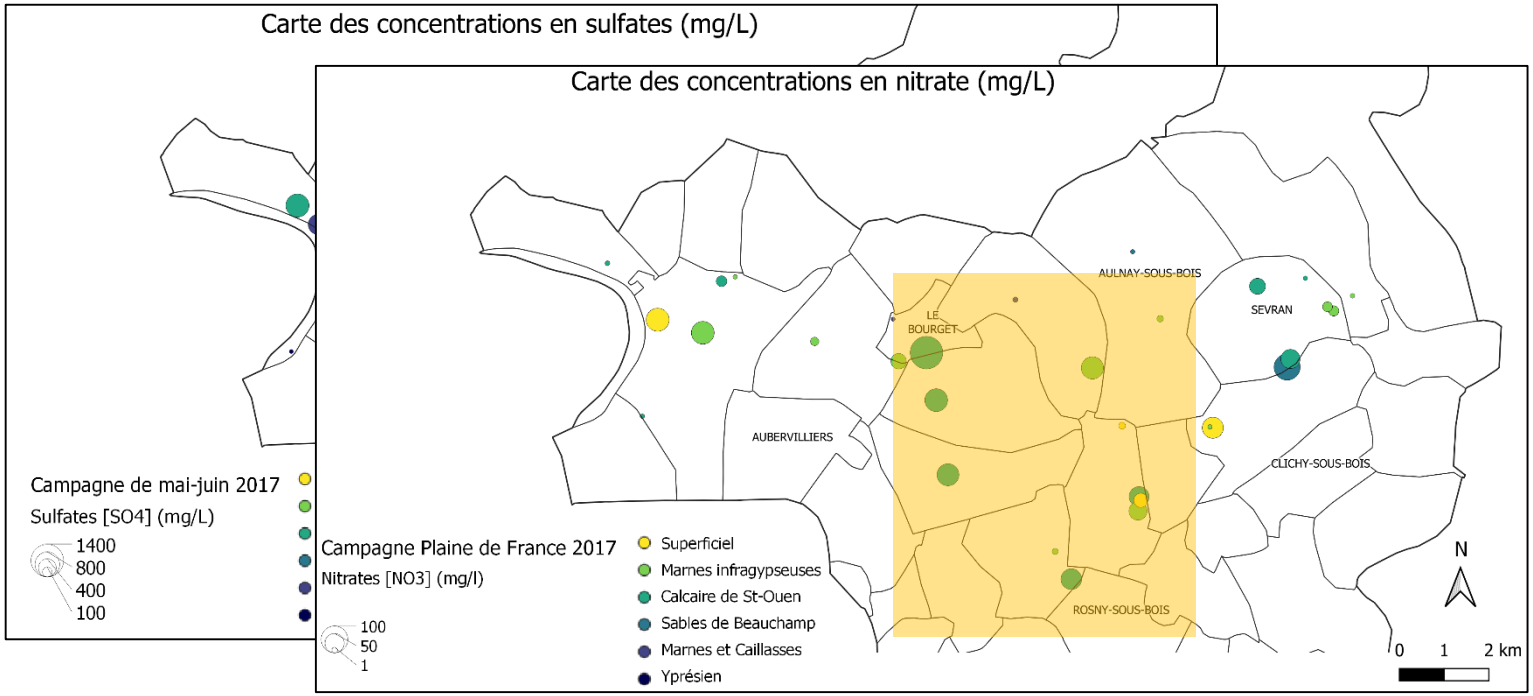
mg.L^{-1}	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
SO_4^{2-}	22	1388	**582**	428
HCO_3^-	217	649	**410**	92
Ca^{2+}	106	590	**288**	145



- Individualisation des aquifères difficile à partir du faciès hydrochimique ;
- Seuls l'aquifère superficiel et celui de l'Yprésien ne montrent pas de traces de processus de dissolution ;
- Les processus de dissolution influencent fortement l'hydrogéologie locale ;

Echelle de La Plaine de France : Approche hydrogéochimique

Interprétations



- Evolution est-ouest des concentrations en $SO4^{2-}$ et NO^{3-}
  - Variabilité des processus de dissolution du gypse à l'échelle de la plaine de France
- Alimentation des aquifères par les infiltrations de surface, plus importante qu'envisagée initialement et variabilité spatiale de la connexion verticale des aquifères ;
- Probable influence des anciens rûs.

Echelle de La Plaine de France : Approche hydrogéochimique

Principaux résultats

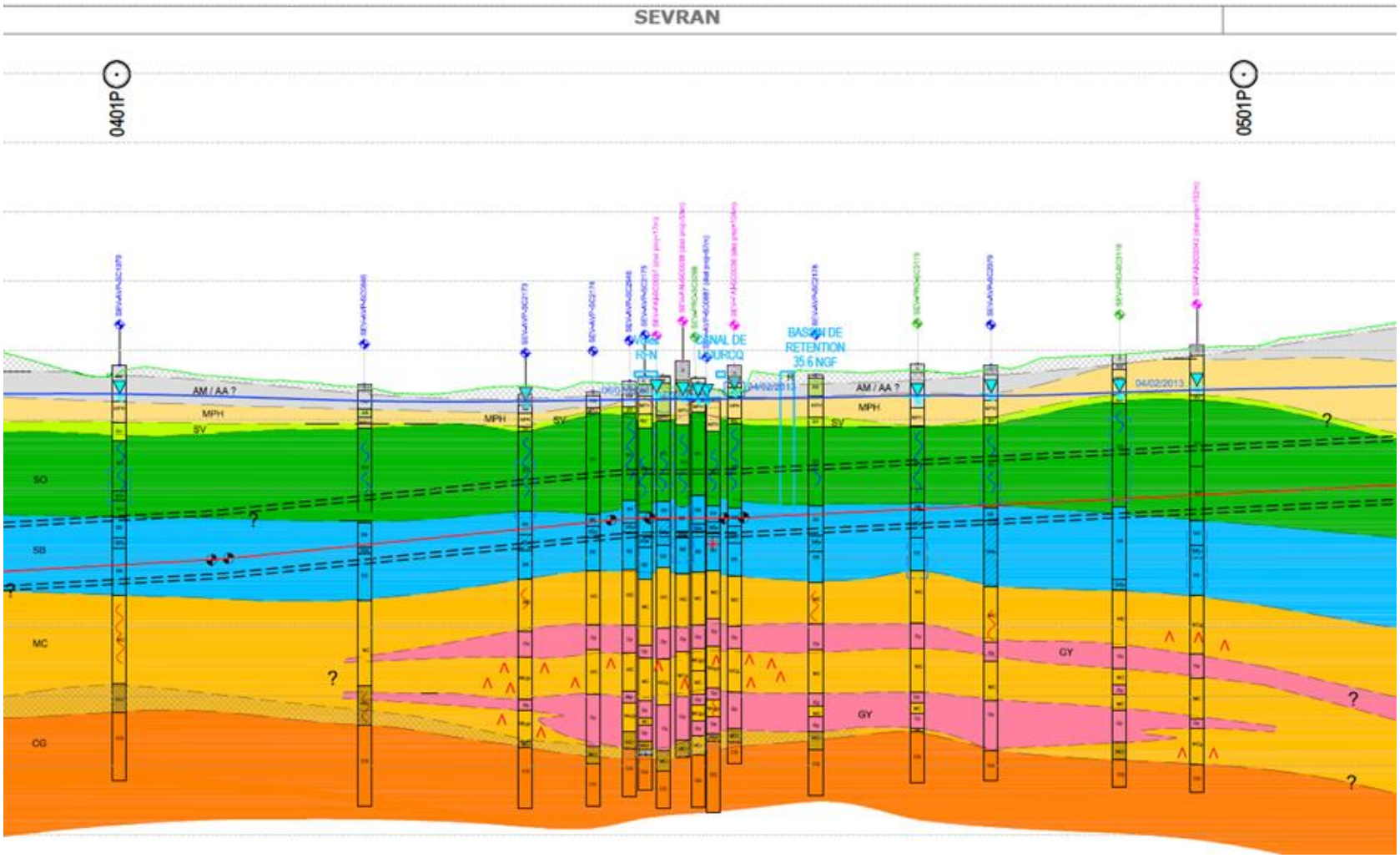
La campagne réalisée à l'échelle de la Plaine de France a montré :

- ✓ que la zone de la plaine de France ne peut pas être considérée comme une entité hydrogéologique au comportement homogène ;
- ✓ une connexion verticale des aquifères à l'échelle de la Plaine de France a été démontrée, mais elle est fortement hétérogène d'un point de vue spatial ;
- ✓ des zones d'infiltration préférentielles existent en surface probablement en lien avec le cours des anciens rus ;
- ✓ il existe une variabilité dans l'intensité des processus de dissolution du gypse attribuée à une possible réalimentation par les eaux d'infiltration, peu de secteurs présentent un potentiel de dissolution maximal ;
- ✓ les modèles conceptuels issus des études précédentes (Toulement, 1987; Charmoille *et al.*, 2011) ne sont pas généralisables à l'ensemble de la Plaine de France.

Caractérisation du système de dissolution de Sevran
Apport de la modélisation

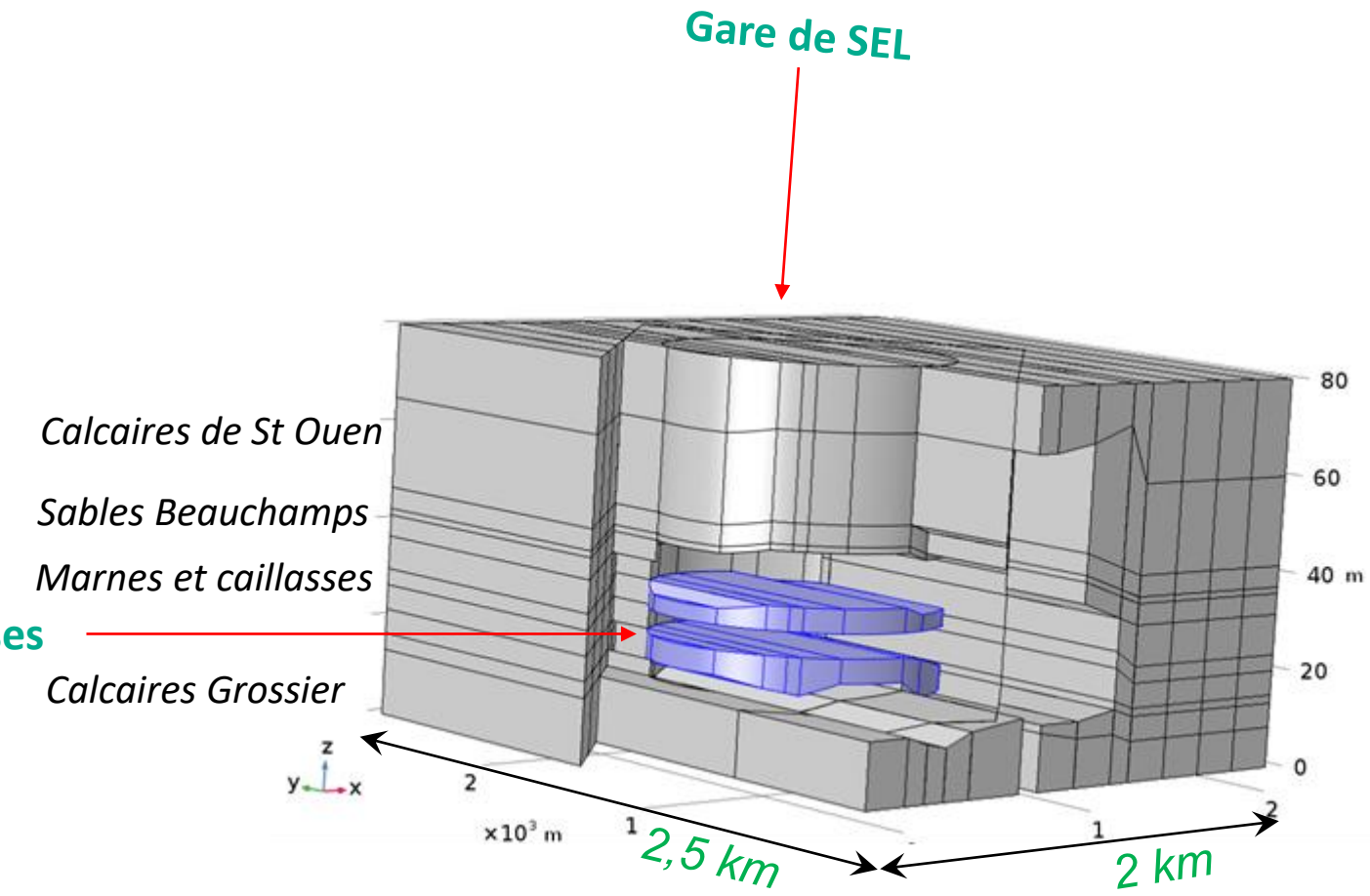
Caractérisation du système de dissolution de Sevran : Apport de la modélisation

Contexte géologique de la gare de SEL (Sevran Livry)



Caractérisation du système de dissolution de Sevran : Apport de la modélisation

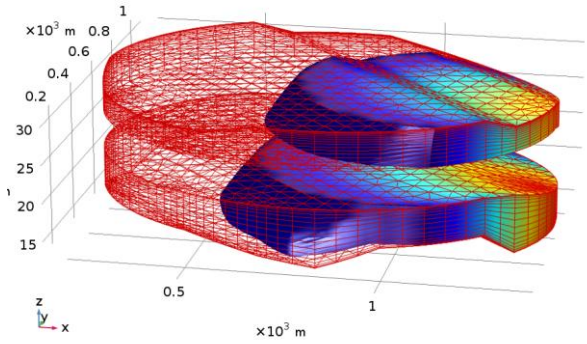
Modèle établi

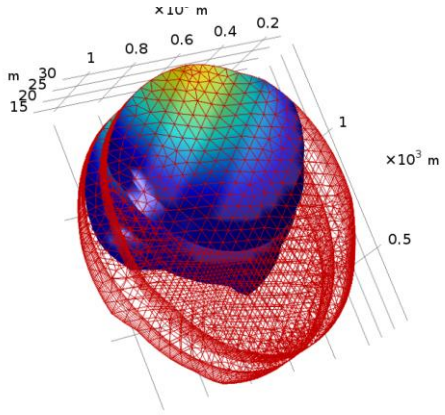


➢ *Etat des horizons gypseux après 60 ans*

eau sous-saturée

3 m.an^{-1} avec de l'eau **sous-saturée**

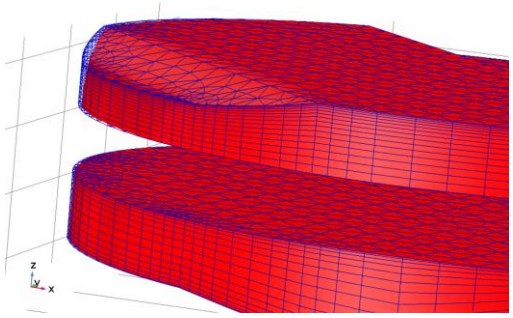


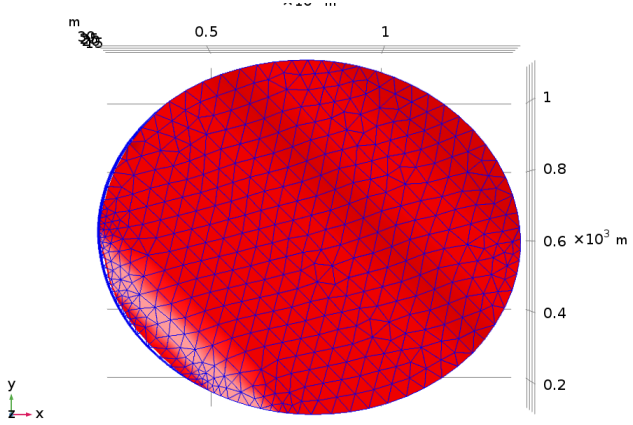


➢ *Etat des horizons gypseux après 70 ans*

eau saturée à 20 %

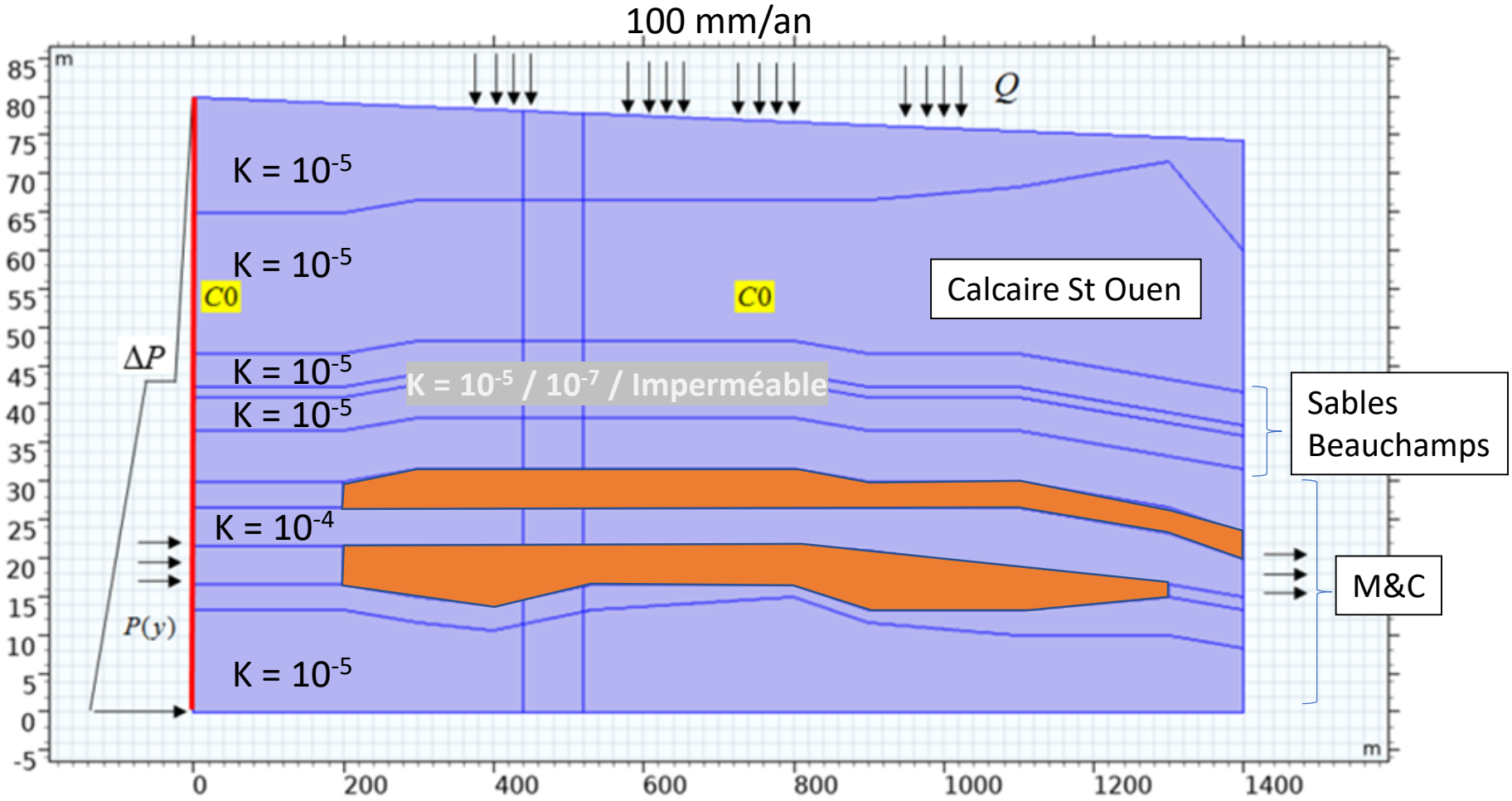
1 à 2 cm.an^{-1} lorsque la saturation **est de 20%**
Soit environ 350 mg.L^{-1}





Fonctionnement hydrogéologique du système de dissolution de Sevran
Apport de la modélisation

Fonctionnement hydrogéologique : Apport de la modélisation multi-physique



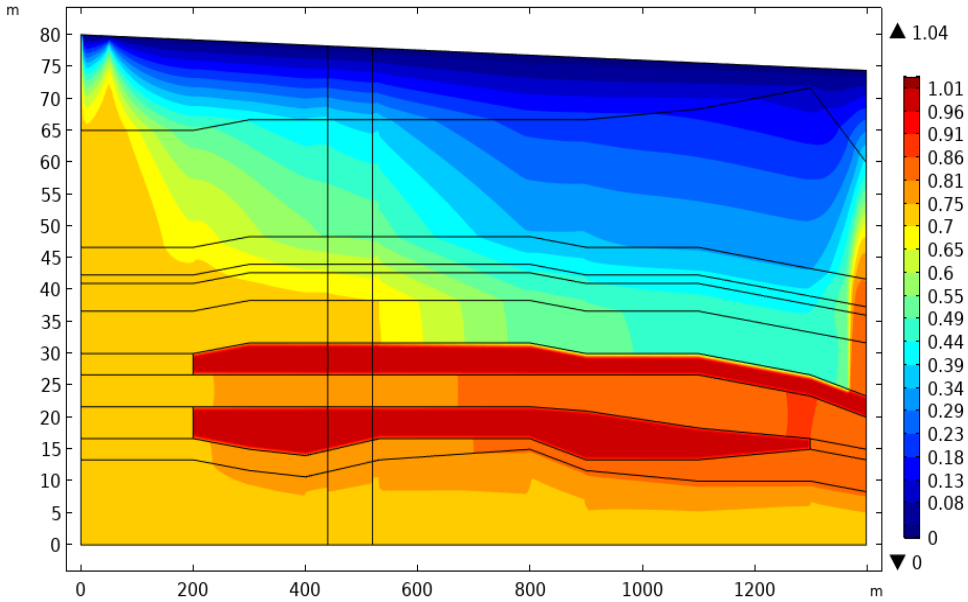
Différentes concentrations en SO_4^{2-} testée :

- 15 % de Ceq soit 240 mg.L^{-1} de SO_4^{2-}
- 50 % de Ceq soit 800 mg.L^{-1} de SO_4^{2-}
- 75 % de Ceq soit 1200 mg.L^{-1} de SO_4^{2-}

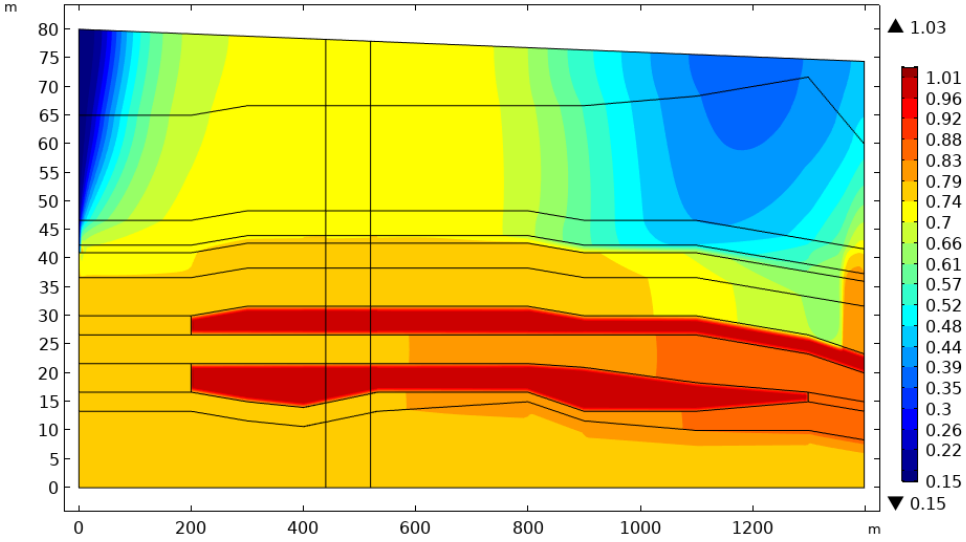
Fonctionnement hydrogéologique : Apport de la modélisation multi-physique

Résultats

- ✓ Concentration initiale = 75 % dans tout le domaine ;
- ✓ Durée = 50 ans ;
- ✓ K sables de Beauchamps = **10^{-5}** .



- ➢ **les concentrations en sulfates sont diluées par les eaux d'infiltration**
- ➢ **Un intercalaire plus imperméable fourni des résultats plus proches des mesures réalisées in situ ;**
- ➢ **L'intercalaire a peut-être eu un rôle majeur dans la « préservation des lentilles gypseuses »**



- ✓ Concentration initiale = 75 % dans les M&C ;
- ✓ Concentration initiale = 15 % dans St Ouen ;
- ✓ K sables de Beauchamps = 10^{-7} ;
- ✓ Absence d'infiltration en surface ;
- ✓ Durée = 100 ans ;

- ➢ **La contamination en sulfates du St Ouen par les M&C est suffisante pour expliquer les concentrations mesurées in situ dans l'aquifère le plus superficiel**

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Conclusions

- Les travaux de laboratoire nous permettent de **quantifier le « terme source »** du phénomène de dissolution de manière précise ainsi que les paramètres pétro-physiques qui l'influencent. Ces travaux complétés des modèles d'interactions eau-roche permettent une première évaluation des cinétiques de dissolution in situ ;

- Les mesures *in situ* permettent de **nuancer les modèles établis précédemment à l'échelle de la Plaine de France.** L'importance des infiltrations de surface et un **comportement hydrogéologique spatialement contrasté à l'échelle de la Plaine** a été mis en évidence ;

- Les travaux de modélisation et les observations sur la composition des minéraux observés relativisent **l'importance de l'intensité actuelle des mécanismes de dissolution** et interrogent sur la **cinétique (hors influence anthropique) de formation des cavités à l'origine des désordres actuellement observés en surface.**

Recommandations

Les travaux réalisés ont permis de faire évoluer l'approche de la prise en compte des processus de dissolution dans les projets. En prenant en compte :

- Les essais réalisés en laboratoire ;
- La bonne connaissance du contexte hydrogéologique ;
- La connaissance fine de la géologie ;
- La modélisation multiphysique de la dissolution et des interactions eaux/roches ;

Il est maintenant possible de se détacher de l'approche maximaliste :

~~gypse = aléa mouvement de terrain~~