



Journée Scientifique et Technique du CFMS

12 MAI 2022

B. Pelletier

EDF S.A.

Service de Géologie & Géotechnique TEGG

baptiste.pelletier@edf.fr

Essais, modélisation et calcul des débits d'exhaure pour des chantiers de VRD

Introduction

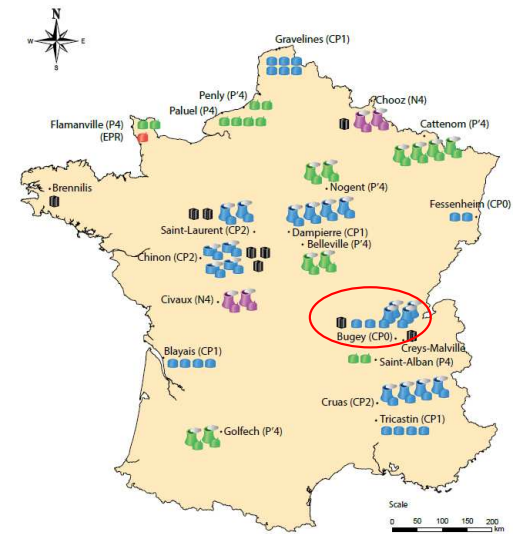
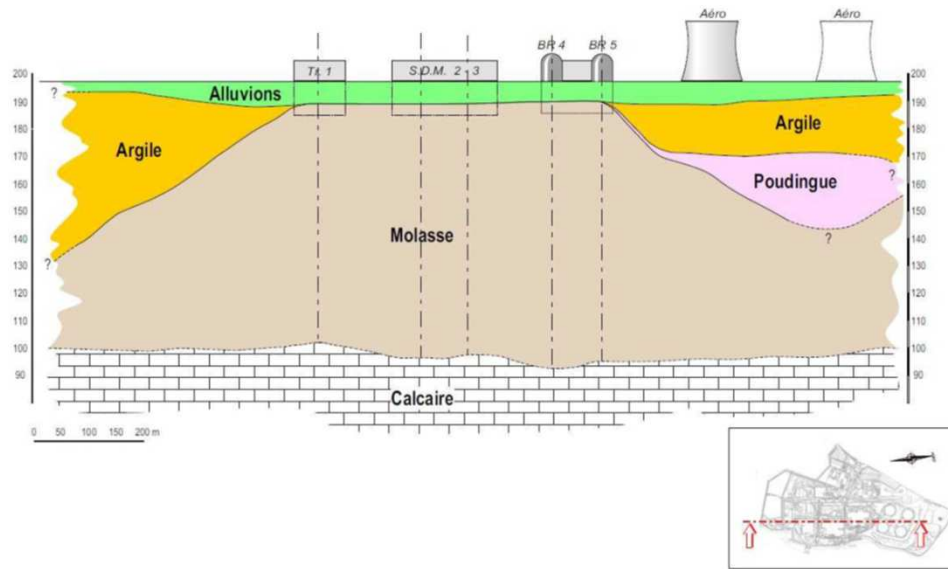
- **Sur un exemple, illustrer les apports de croiser les acquisitions et la modélisation**
- **Pour la compréhension fine du site, et la préparation des contrats**
- **Dans un contexte fortement contraint (débits, délais, enjeux)**



Le site de Bugey – la géologie

Site alluvial au bord du Rhône

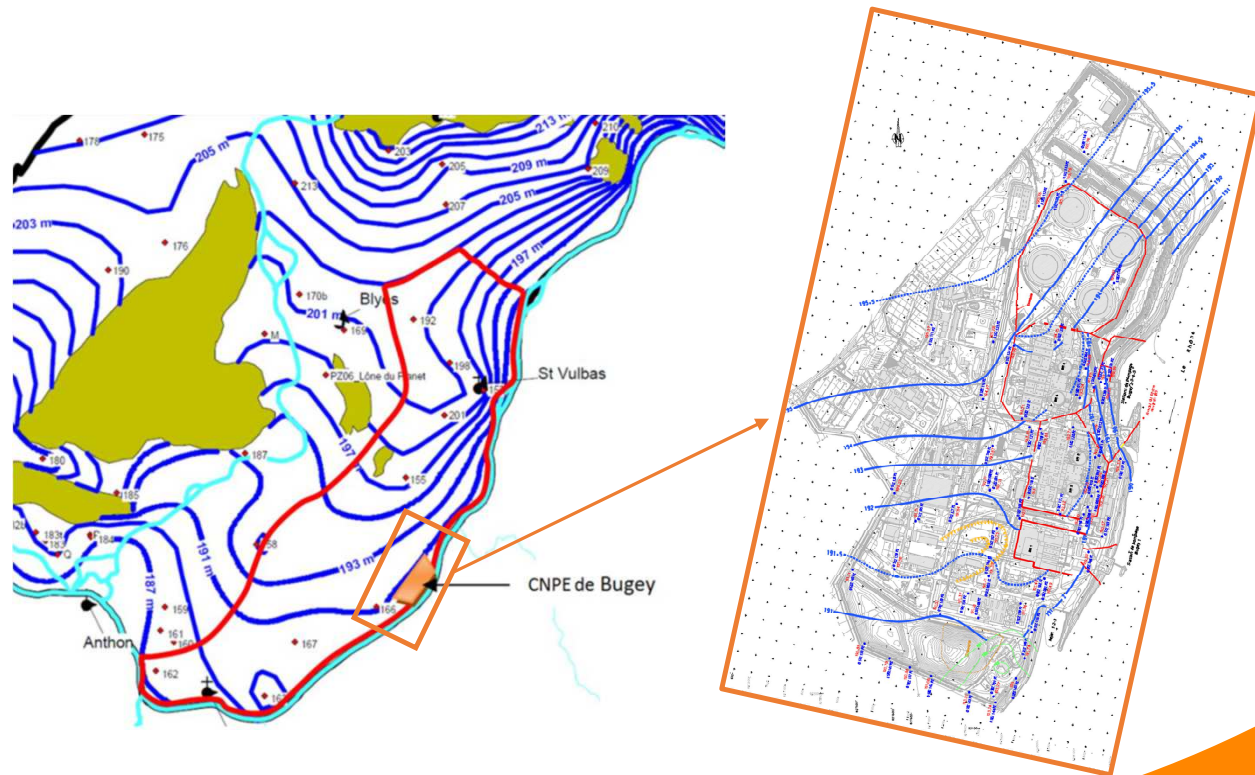
Sous les alluvions, dôme de molasse entouré d'argile glacio-lacustre



| Power | 900 MW | 1 300 MW | 1 450 MW | 1 600 MW | Decommissioned |
|-------|-------------------------|-----------|----------|----------|--|
| Type | CP0 CPY : CP1 CP2 | P4 P'4 | N4 | EPR | HWGR (Brennilis) UNGG (Saint-Laurent A, Bugey 1, Chinon A) PWR (Chooz A) RNR Superphénix (Creys-Malville) |

Le site de Bugey – l'hydrogéologie

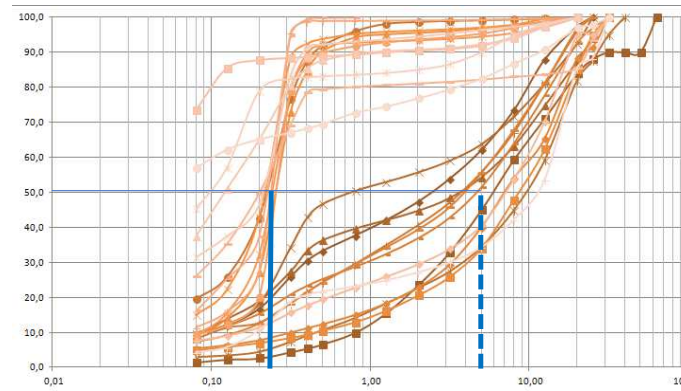
- Plusieurs enceintes réalisées lors de la construction, bréchées par endroits
- 60 piézomètres sur le site, suivi ponctuel régulier et plusieurs campagnes d'acquisitions continues



Le site de Bugey – les alluvions

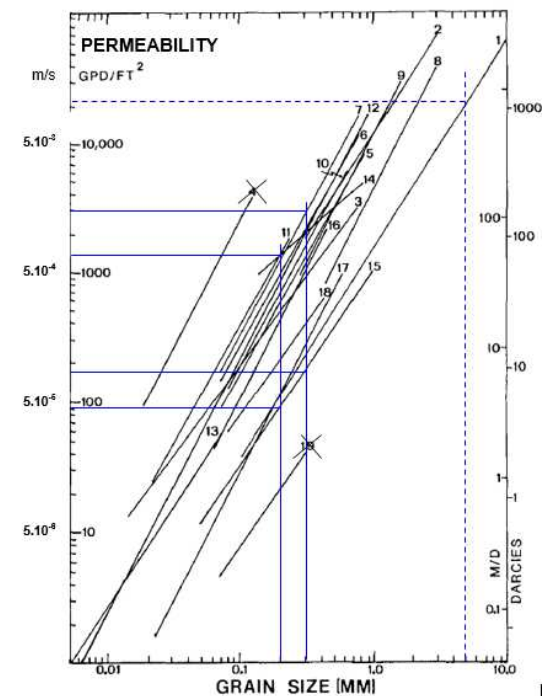
➤ Les alluvions surplombant la molasse (< 10 m) sont baignées par la nappe (2 m sous la plateforme)

➤ Alluvions présentant deux faciès : graveleux (supérieur, épaisseur variable) et sableux

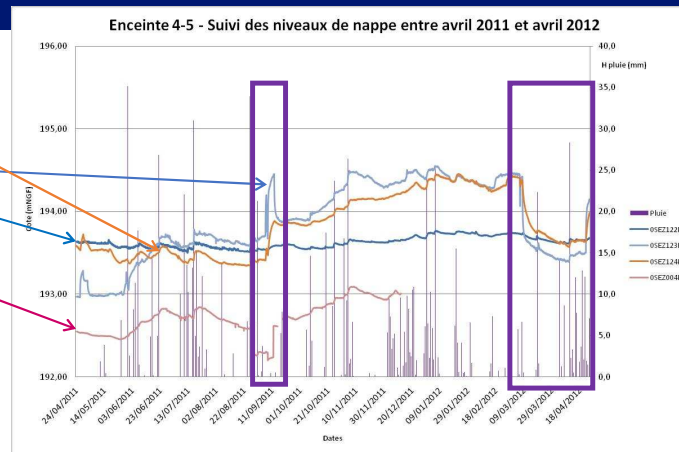
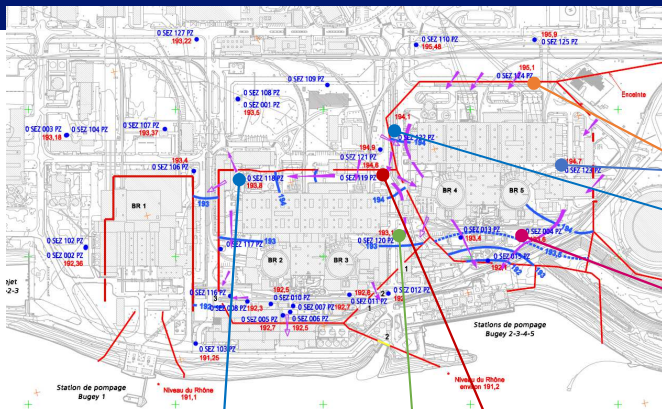


Granulométrie des alluvions du site de Bugey

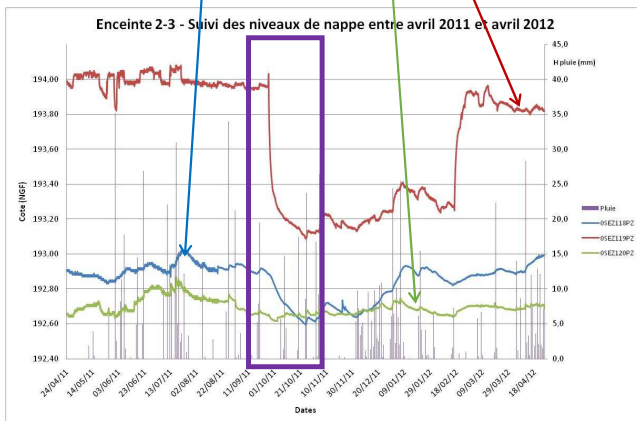
➤ Les corrélations usuelles orientent vers des perméabilités potentiellement importantes



Éléments de chroniques piézométriques



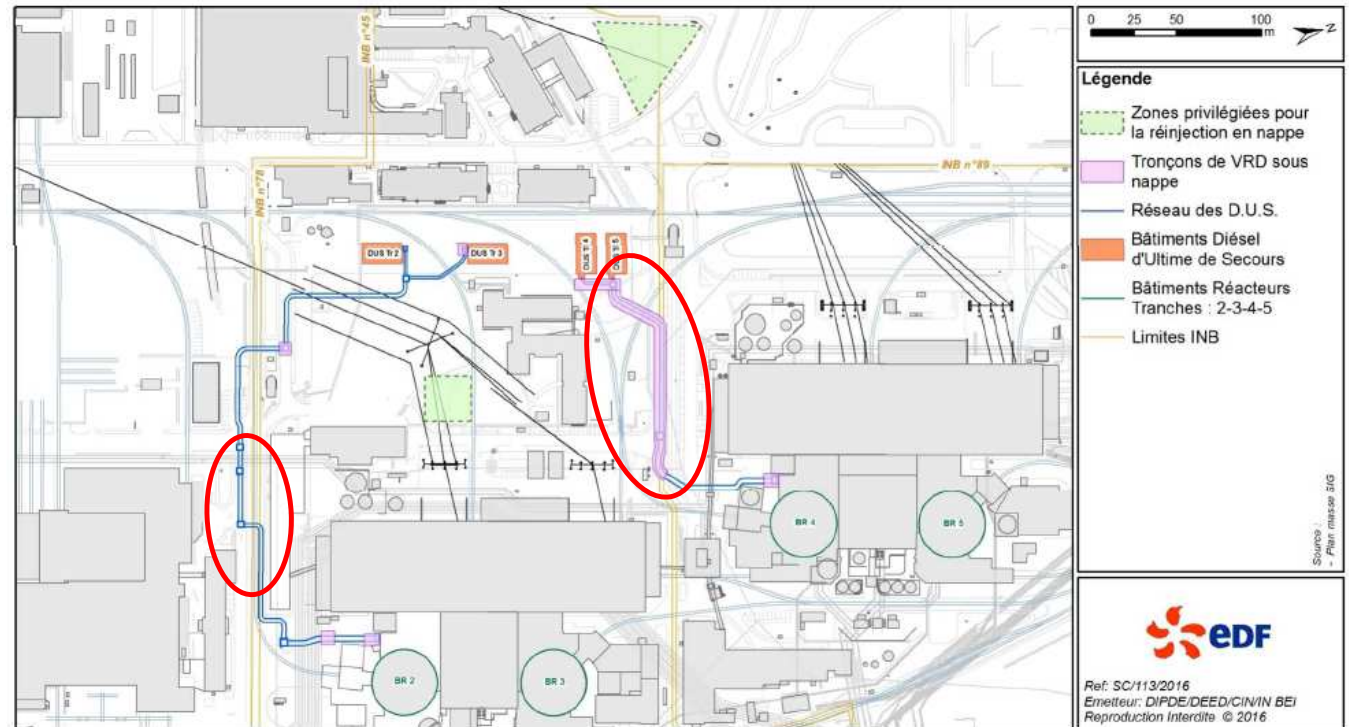
➤ L'influence spatiale des pompages et réinjection est importante, traduisant de fortes perméabilités



- Valeurs classiques entre 10^{-3} et 10^{-2} m/s
- Contexte similaire à Creys-Malville (pour lequel site K > 10^{-2} m/s)
- L'essai de pompage au sud du site donnait $6 \cdot 10^{-3}$ m/s, etc.

Sections sous nappe étudiées

*Liaison entre les diesels
d'ultime secours
(post-Fukushima)
et les usines*



Éléments du projet

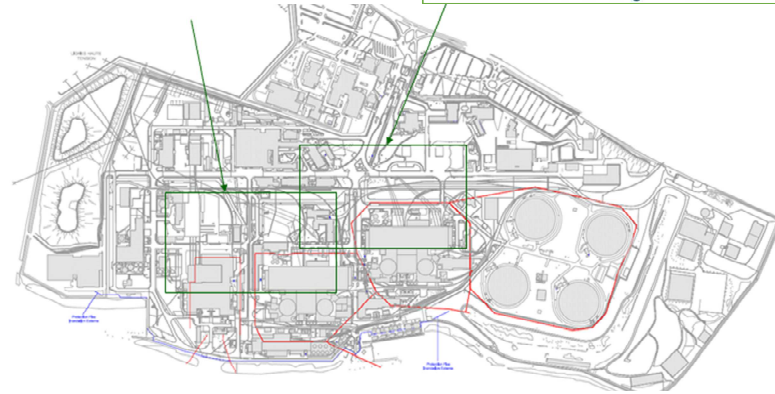
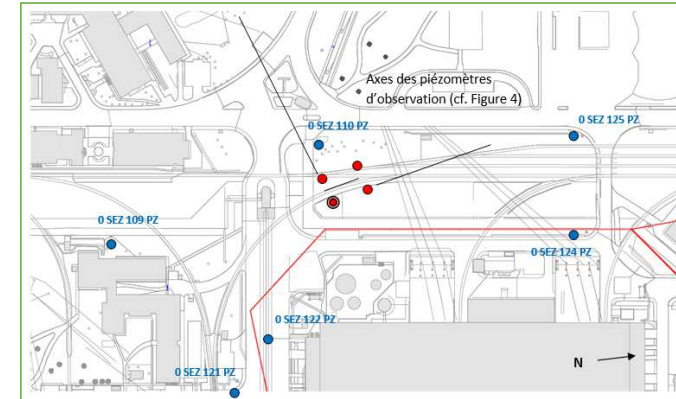
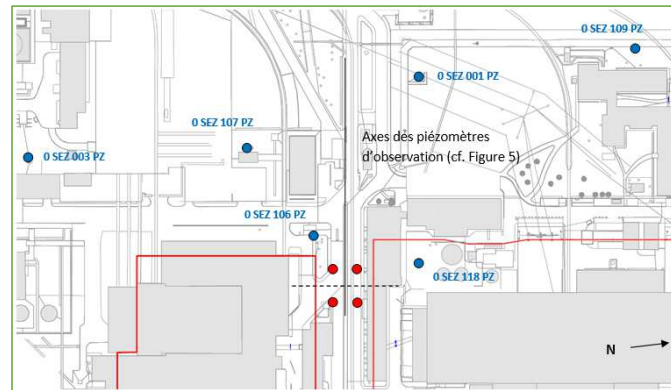
- Arrêté de rejet limitant le débit à 80 m³/h en régime permanent
- Avec le niveau EC choisi, le rabattement nécessaire maximal atteint 2,5 m (sans marge en fond de fouille) pour deux tronçons des VRD tranches 4-5

Du fait des perméabilités élevées historiquement mesurées dans les alluvions sur le site de Bugey, les premières estimations de débits d'exhaures conduisaient à conclure la non-faisabilité du rabattement sans enceinte dans le respect des arrêtés de rejet et des contraintes du chantier.

- Il a été décidé par le Maître d'Ouvrage de réaliser des essais afin de préciser les perméabilités dans cette zone précise et d'estimer le rabattement

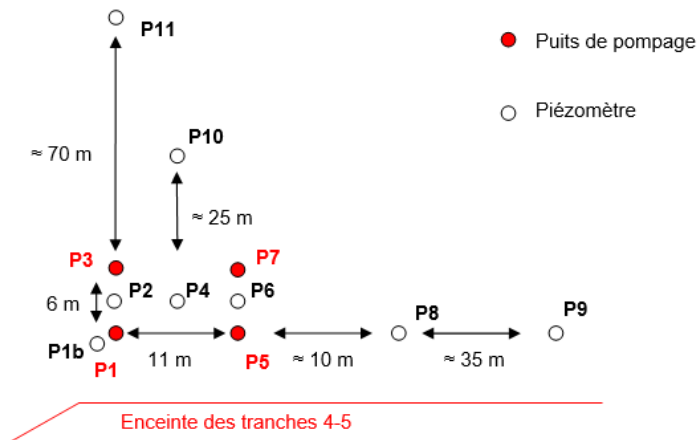
Essais planifiés

- **1 essai de pompage (longue durée, et par paliers)**
- **2 essais de rabattement (pompage sur 4 puits)**
- **Micromoulinets**



Essais réalisés

Essais adaptés suite aux aléas de réalisation et débits spécifiques des puits



| Sondage | Rabatement obtenu à la stabilisation (en m) | |
|---------|---|--------------------------|
| | Première phase (2 puits) | Deuxième phase (4 puits) |
| P1 | 0,51 | 2,04 |
| P2 | 0,51 | 1,20 |
| P3 | 0,49 | 2,26 |
| P4 | 0,64 | 1,19 |
| P5 | 1,7 | 2,48 |
| P6 | 0,59 | 0,82 |
| P7 | 2,37 | 3,28 |
| P8 | 0,47 | 0,63 |
| P9 | 0,03 | 0,04 |
| P10 | 0,03 | 0,03 |
| P11 | 0,02 | 0,03 |
| P1b | 0,59 | 1,26 |

En pratique, les débits lors de chacune des deux phases des essais (zone nord) :

- 10,4 m³/h dans P5, 13,5 m³/h dans P7 ;
- 10,7 m³/h dans P5, 13,2 m³/h dans P7, 6,00 m³/h dans P1, 2,20 m³/h dans P3.

Premier modèle – sol homogène

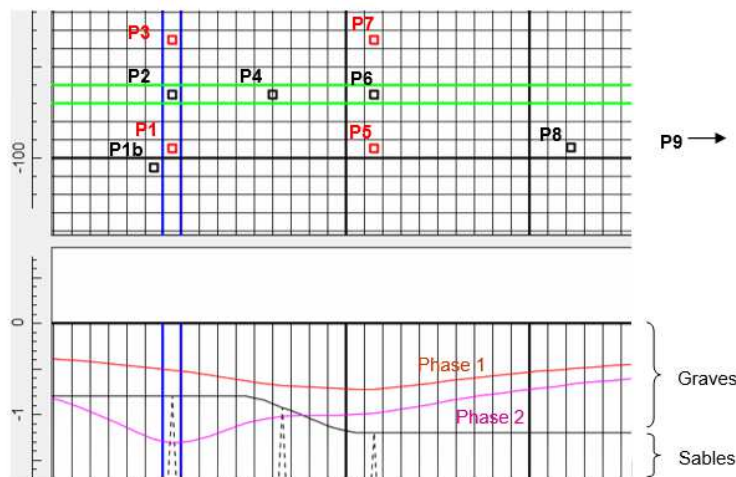
- Estimation en grand (superposition et formule de Theis) donne $K = 1.10^{-3}$ m/s
- Prise en compte de la proximité de l'enceinte et du toit de la molasse

| Sondage | Rabatement calculé et écart aux mesures (en m) | | | |
|---------|--|--------|--------------------------|--------|
| | Première phase (2 puits) | | Deuxième phase (4 puits) | |
| P1 | 0,70 | + 0,19 | - | |
| P2 | 0,70 | + 0,19 | 1,07 | - 0,13 |
| P3 | 0,67 | + 0,18 | - | |
| P4 | 0,85 | + 0,21 | 1,18 | - 0,01 |
| P5 | - | | | |
| P6 | 1,07 | +0,48 | 1,35 | + 0,53 |
| P7 | - | | | |
| P8 | 0,75 | + 0,28 | 0,95 | + 0,32 |
| P9 | 0,26 | + 0,23 | 0,33 | + 0,29 |
| P10 | 0,38 | + 0,35 | 0,51 | + 0,48 |
| P11 | - | | | |
| P1b | 0,68 | + 0,09 | 1,09 | - 0,17 |

Mauvais calage par rapport aux observations pour les deux essais

Modèle retenu – différenciation des graves et des sables + hétérogénéités

➤ Variations des faciès d'après les enregistrements de forage et les logs



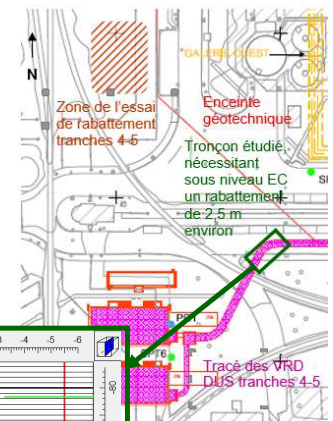
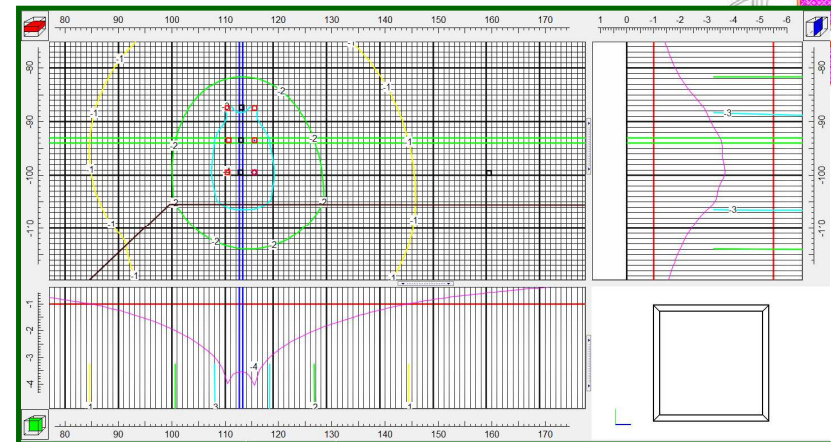
| Sondage | Rabatement calculé et écart aux mesures (en m) | | | |
|---------|--|--------|--------------------------|--------|
| | Première phase (2 puits) | | Deuxième phase (4 puits) | |
| P1 | 0,51 | 0,00 | - | - |
| P2 | 0,51 | 0,02 | 1,30 | + 0,10 |
| P3 | 0,49 | 0,00 | - | - |
| P4 | 0,67 | + 0,03 | 1,04 | - 0,15 |
| P5 | | | - | - |
| P6 | 0,72 | + 0,13 | 0,98 | + 0,16 |
| P7 | | | - | - |
| P8 | 0,51 | + 0,04 | 0,68 | + 0,05 |
| P9 | 0,17 | + 0,14 | 0,23 | + 0,19 |
| P10 | 0,28 | + 0,25 | 0,37 | + 0,34 |
| P11 | | | - | - |
| P1b | 0,49 | 0,10 | 1,51 | + 0,25 |

Bon calage par rapport aux observations pour les deux essais (à quelques exceptions près)

Modèle projeté – tronçon à dénoyer

- Fond de fouille du tronçon 12 m x 3 m
- 6 puits périphériques pompant $13 \text{ m}^3/\text{h}$ chacun ($80 \text{ m}^3/\text{h}$ en tout)
- Couches homogènes calées sur le modèle précédent :
 - pour les graves $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
 - pour les sables de $7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

On obtient un rabattement de 3 m ou plus sur toute l'emprise du tronçon (50 cm sous le fond de fouille)



Suite donner à cette étude

- Ainsi, on retient de la modélisation les gammes de valeurs de perméabilité suivantes dans les alluvions :
 - entre 3.10^{-3} et 5.10^{-3} m/s dans les graves ;
 - entre 2.10^{-4} et 2.10^{-3} m/s dans les sables.
- Les modélisations réalisées permettent d'envisager la faisabilité d'un rabattement de 2,5 m avec un débit de 80 m³/h par tronçon.

Le Maître d'Ouvrage a versé ces éléments à la consultation.
Toutefois, aucune entreprise n'a répondu sans enceinte.
Les solutions proposées sont restées conformes aux premières estimations.
Les contraintes de délais ont fait que le MOA a accepté.
Les débits obtenus lors de l'exhaure sont d'environ 15 m³/h.



Conclusion

- **Les essais sur site permettent de grandement préciser le modèle hydrogéologique, même sur un site pour lequel on dispose déjà de données**
- **Couplés à des modélisations, ils permettent de préciser les estimations de débit et donc les dossiers administratifs / techniques / contractuels.**
- **Il est opportun d'échanger au maximum entre les différentes parties prenantes, afin que tout le monde partage les objectifs d'optimisation associés aux modélisations / essais entrepris.**

**Merci de
votre
attention**



JST CFMS
12 MAI 2022