

COLLOQUE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Du 15 au 17 février 2023
à l'ENSEGID - Bordeaux INP

AGORA - Approche de Gestion Optimisée des Réservoirs Aquifères - Optimisation de la ligne des 100 000 m³/j

Présentation Olivier Douez¹

Marc Saltel¹ ; Benoit Dewandel²; Jean-Pierre Vergnes³

¹ BRGM DAT/NVA, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Pessac, France

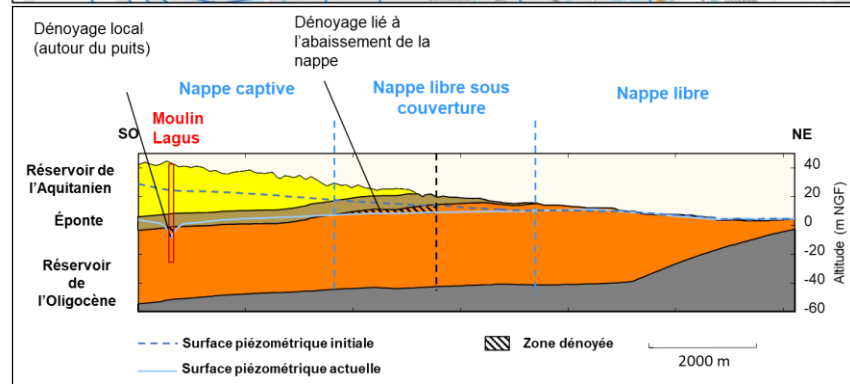
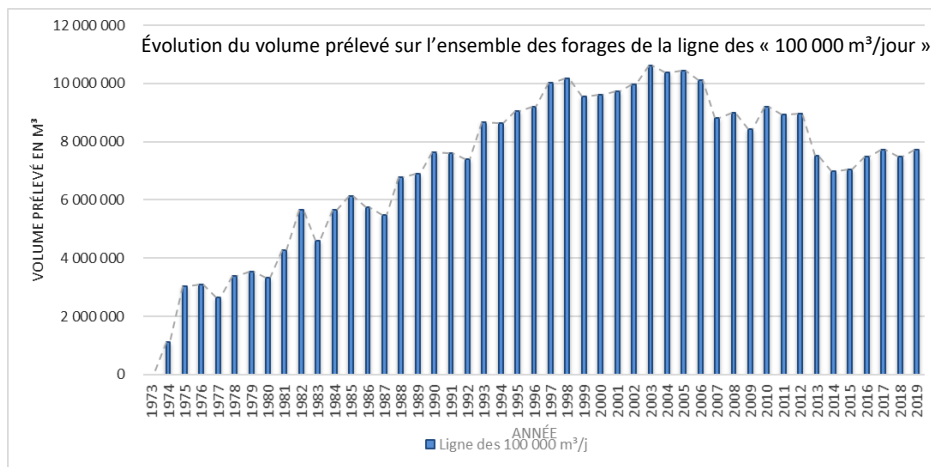
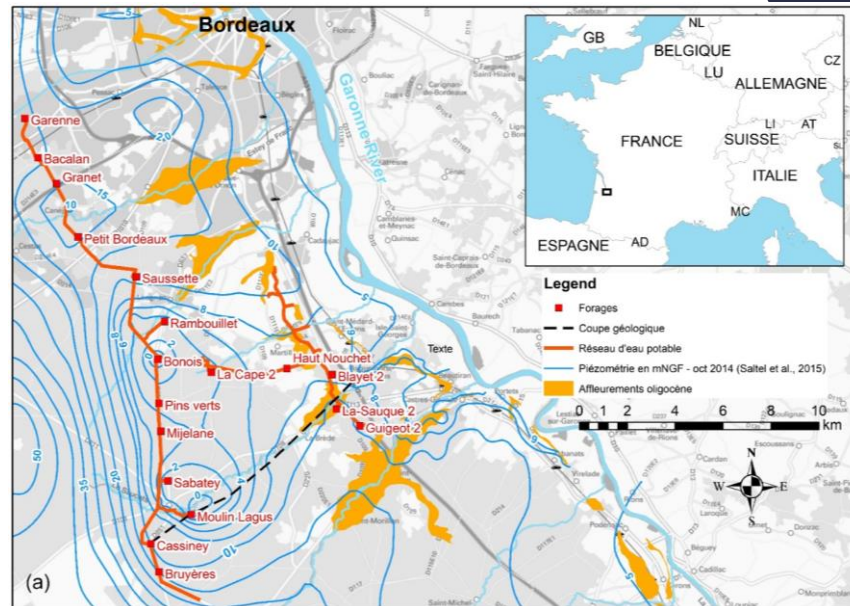
² BRGM, D3E/NRE, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Montpellier, France

³ BRGM, D3E/GDR, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, France



Zone d'étude

- La « ligne 100 000m³/jour » est un champ captant situé au sud de l'agglomération bordelaise exploitant l'aquifère de l'Oligocène (calcaires/calcaires gréseux) autour d'une conduite d'eau structurante. Il est composé de 18 puits forés de 1965 à 1977 (exploitation débutée en 1974).
- Les volumes prélevés ont progressivement augmenté jusqu'en 2003, où le volume annuel global atteignait un peu plus de 10 millions de m³. Son exploitation a conduit à un dénoyage local du réservoir.



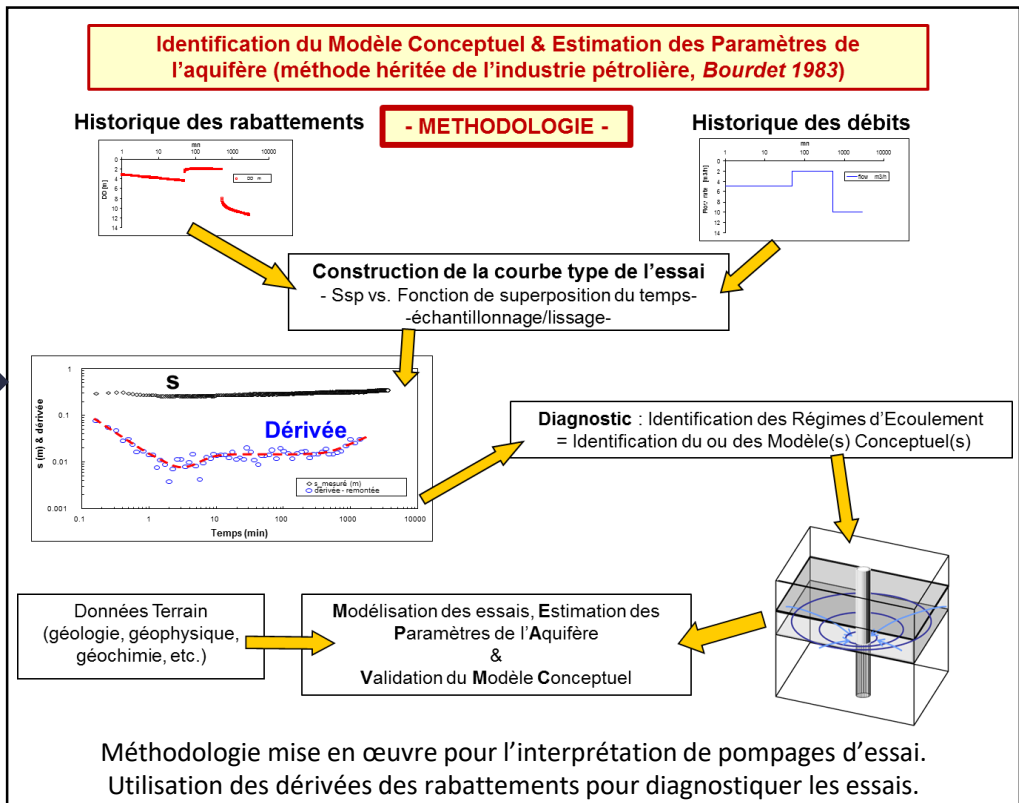
Objectifs et déroulement de l'étude

- Partant d'une revue complète des données de terrain, le projet AGORA (Saltel et *al.*, 2019) a consisté à utiliser une méthode d'optimisation basée sur les « coefficients d'influence » intégrée au logiciel CAPUCINE®* (Thiéry, 1993) couplé avec le Modèle hydrodynamique Oligocène développé sous MARTHE® (Saltel et *al.*, 2010 ; Abasq et *al.* 2017) afin de **concevoir une stratégie efficace d'exploitation des eaux souterraines, tout en limitant le dénoyage de l'aquifère.**
- Cette étude a nécessité une vaste concertation avec les acteurs locaux de l'eau (Bordeaux Métropole, exploitants, SMEGREG,...) pour construire des scénarios réalistes.
- Cette étude s'est déroulée en 3 phases :
 - ✓ Phase 1 : diagnostic préalable des 18 puits du champ captant (révision des paramètres hydrodynamiques locaux notamment),
 - ✓ Phase 2 : optimisation du champ captant dans sa configuration actuelle en tenant compte des contraintes de gestion des forages existants,
 - ✓ Phase 3 : optimisation de configurations alternatives sur le champ captant en intégrant de nouveaux forages pour maximiser la production tout en minimisant l'impact sur la ressource.

* CAPUCINE : Calcul de Pompages par Utilisation de Coefficients d'Influence Externes

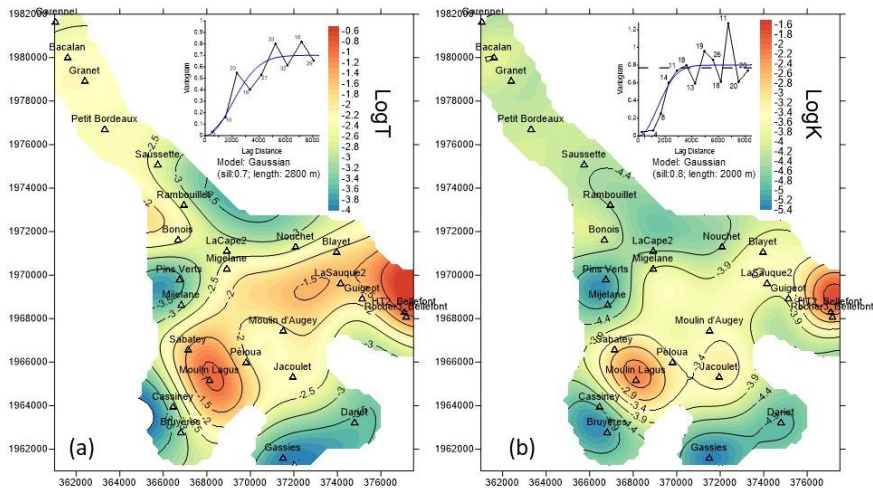
Phase de diagnostic des forages

- Un total de 45 essais de pompage dans 18 forages a été réinterprété. Plusieurs essais de pompage disponibles pour chaque puits ont été analysés.
- Les essais par paliers ont été interprétés pour évaluer la gamme des coefficients de perte de charge quadratiques (nécessaires à l'optimisation).
- Essais longues durées : méthodologie retenue pour l'interprétation
3 modèles analytiques différents ont été utilisés pour modéliser les essais de pompage de longue durée (détermination des paramètres hydrodynamiques):
 - ✓ Aquifère multicouche avec effet de drainage verticale (Hunt et Scott, 2007)
 - ✓ Modèle à fracture verticale (Gringarten et al., 1974)
 - ✓ Modèle à fracture verticale incisant partiellement un aquifère profond avec drainage d'un aquifère supérieur (Dewandel et al., 2018)



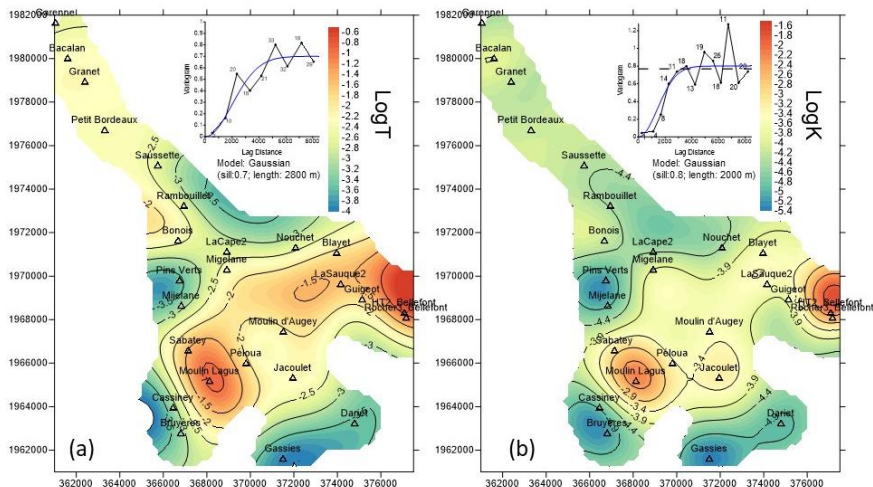
Phase de diagnostic - Résultats et utilisation

- Les cartes produites à partir de la phase diagnostic illustrent la distribution spatiale de la perméabilité et de la transmissivité sur ce secteur.



Phase de diagnostic - Résultats et utilisation

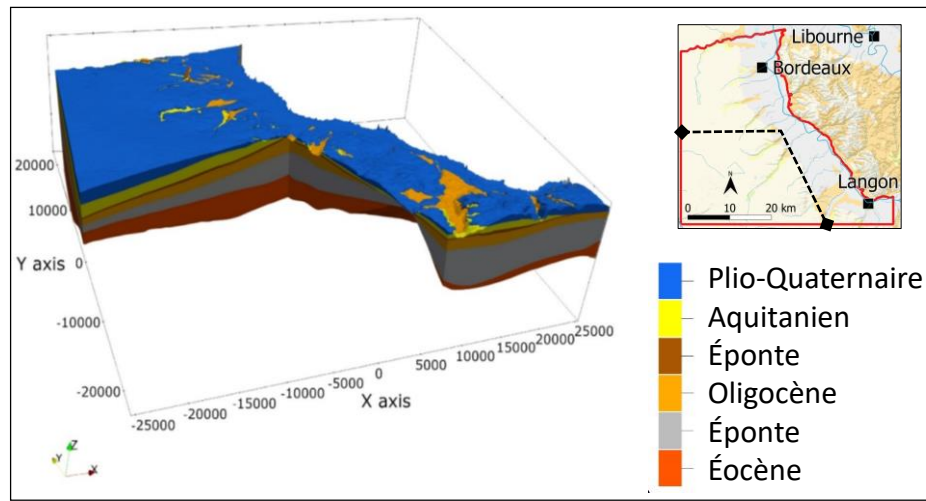
- Les cartes produites à partir de la phase diagnostic illustrent la distribution spatiale de la perméabilité et de la transmissivité sur ce secteur.



- Les perméabilités ont été utilisées pour améliorer le calage du modèle hydrodynamique Oligocène préexistant.

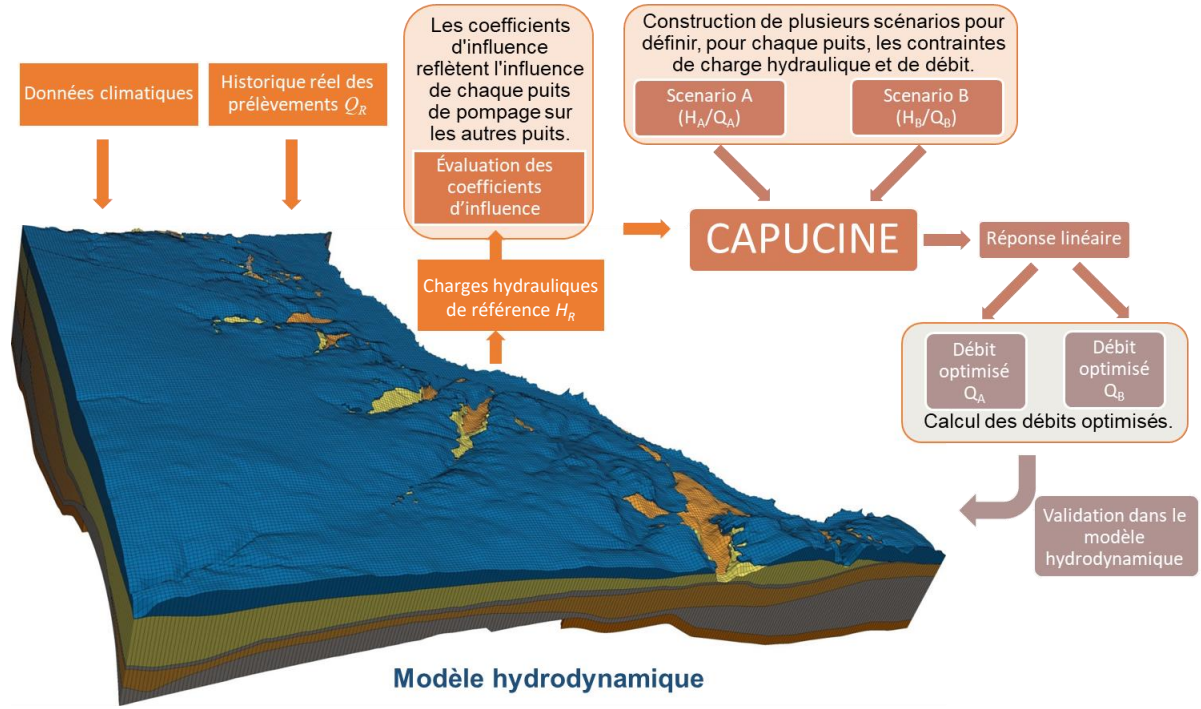


- Le modèle Oligocène a été élaboré en 2010 pour évaluer l'extension de la zone dénoyée, son évolution au cours du temps et fournir des éléments techniques permettant aux différents acteurs locaux (CLE) d'arrêter un plan de gestion pour la nappe de l'Oligocène. Cependant, ces premières simulations (Saltel et al., 2010) avaient été faites sans tenir compte des contraintes spécifiques du champ captant (rabattement max, débit max, ... etc.).



Principes de fonctionnement du logiciel CAPUCINE®

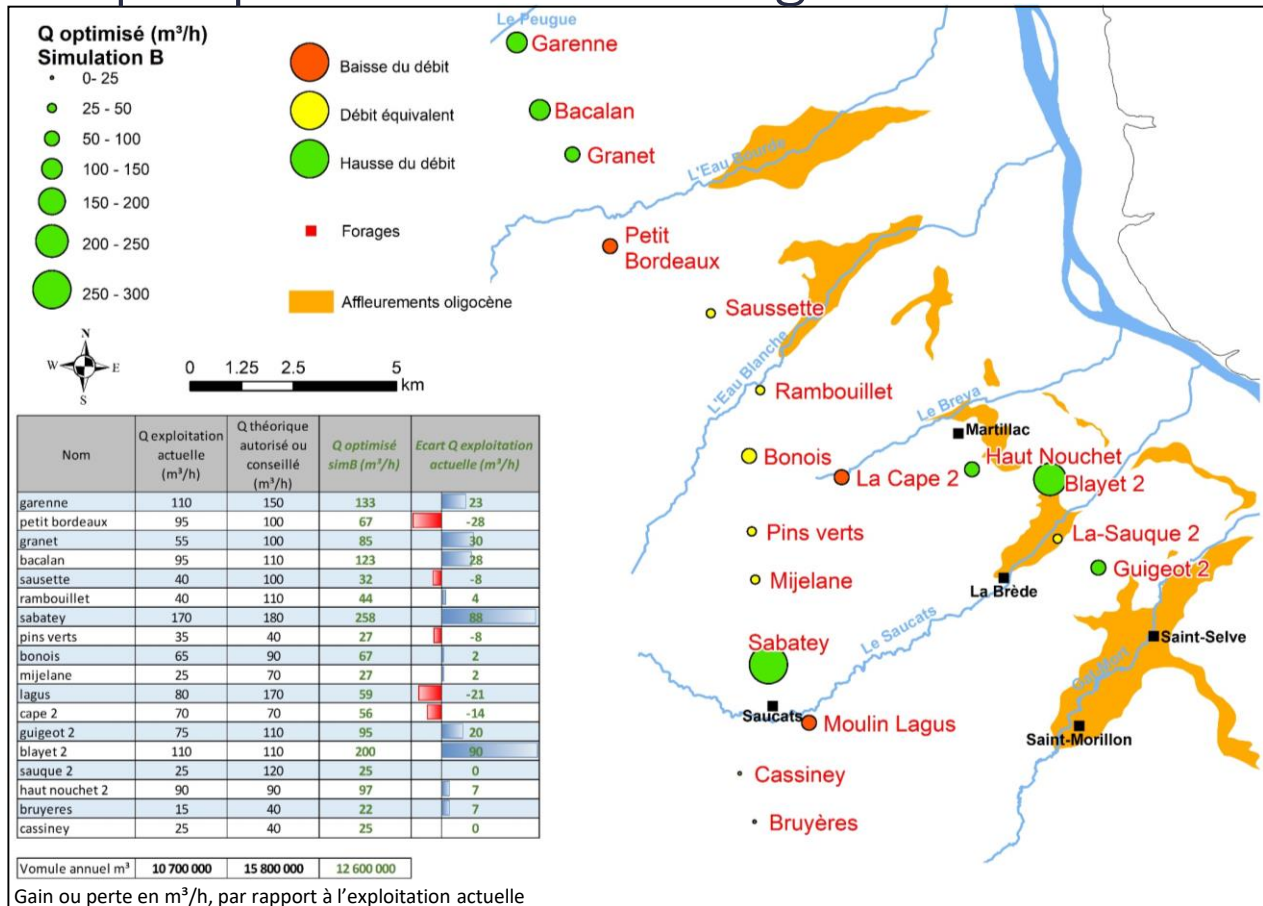
- CAPUCINE® est un logiciel d'optimisation linéaire qui vise à optimiser la répartition des débits dans un champ captant, tout en respectant des contraintes définies dans chaque puits sur les débits d'exploitation et sur les charges hydrauliques dans des ouvrages prélevés ou des piézomètres de contrôle.
- La méthode des « coefficients d'influence » est utilisée au préalable pour évaluer, à partir des informations issues du logiciel MARTHE, l'influence des ouvrages entre eux.
- Ces contraintes ont été fixées en concertation avec l'ensemble des intervenants du projet (Bordeaux Métropole, SUEZ, SMEGREG, ...)



Optimisation du champ captant dans sa configuration actuelle

« scénario B »

- Objectif : maximiser les débits en s'affranchissant des « contraintes réglementaires » et/ou techniques.
- Les ajustements effectués sur les contraintes de charge hydraulique et de débit permettraient d'augmenter le volume global produit par les 18 forages d'environ +17,8%.
- La contrainte sur les charges hydrauliques est le facteur limitant pour 16 des 18 puits optimisés.
- Le débit a été le facteur limitant pour seulement deux puits (Blayet 2 et Sauque 2).



Impact de la configuration *alpha* par rapport à l'optimisation du « scénario B »

- Les résultats montrent une augmentation de la capacité de production entre 4 800 000 et 3 000 000 m³/an (fonction des pertes de charges quadratiques (m⁻⁵.s²)).
- Les rabattements additionnels sont relativement modérés (2,5 m) du fait que les ouvrages seraient situés en nappe libre. Les forages les plus impactés sont Haut-Nouchet et La Cape 2. La zone la plus impactée se localise au sud-ouest des nouveaux puits.

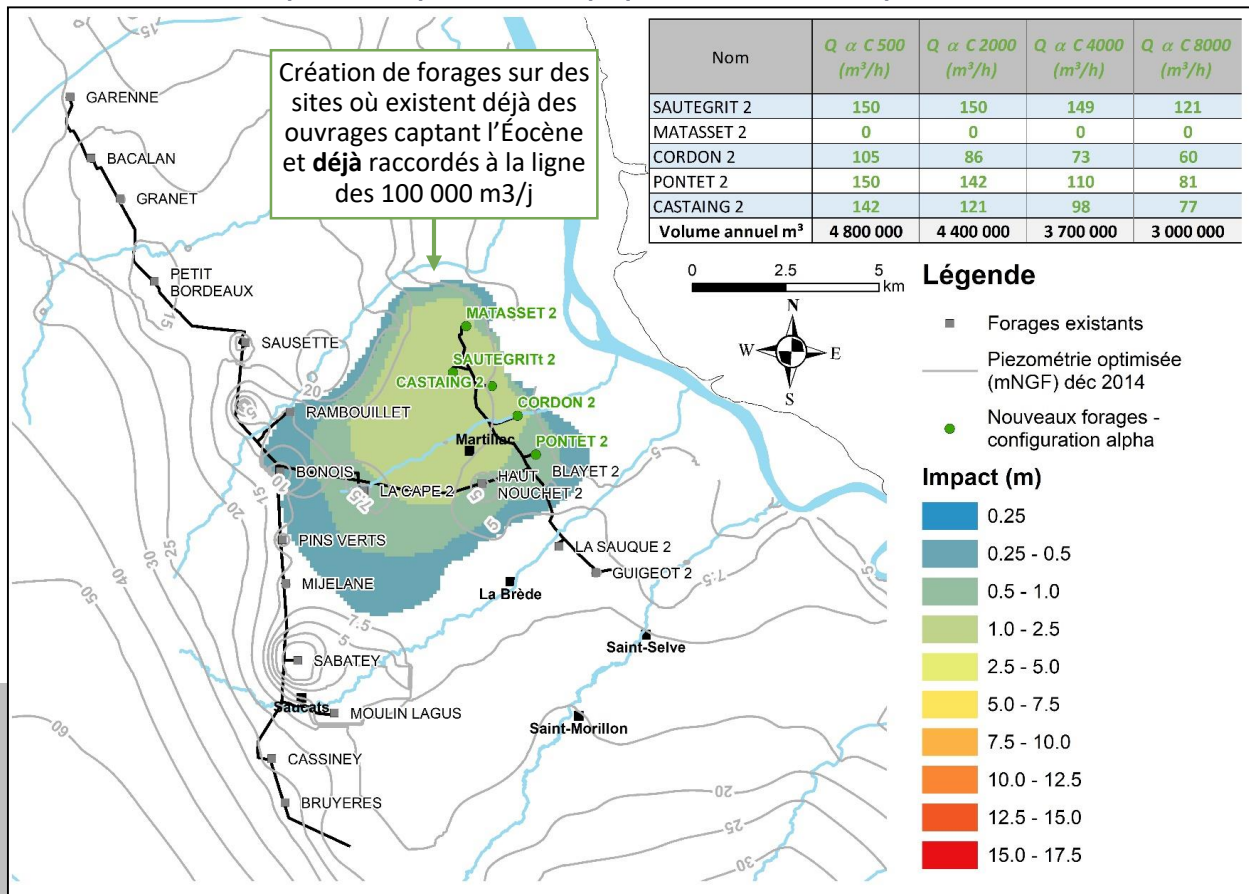
Caractéristiques des nouveaux puits

Profondeur : 10 à 50 m

Diamètre : 21,6 cm

Coefficients de perte de charge non linéaires
varient de 500 à 8000 m⁻⁵.s².

Débits max limité à 150 m³/h⁻¹



Impact de la configuration *beta* par rapport à l'optimisation du « scénario B »

- Les résultats montrent une augmentation de la capacité de production entre 5 500 000 et 3 800 000 m³/an (fonction des pertes de charges quadratiques (m⁻⁵.s²)).
- Cette configuration est la plus optimale en termes de débit et d'impact sur la ressource et les forages alentours mais nécessite la création de 11 km de conduite pour étendre le réseau d'eau potable.

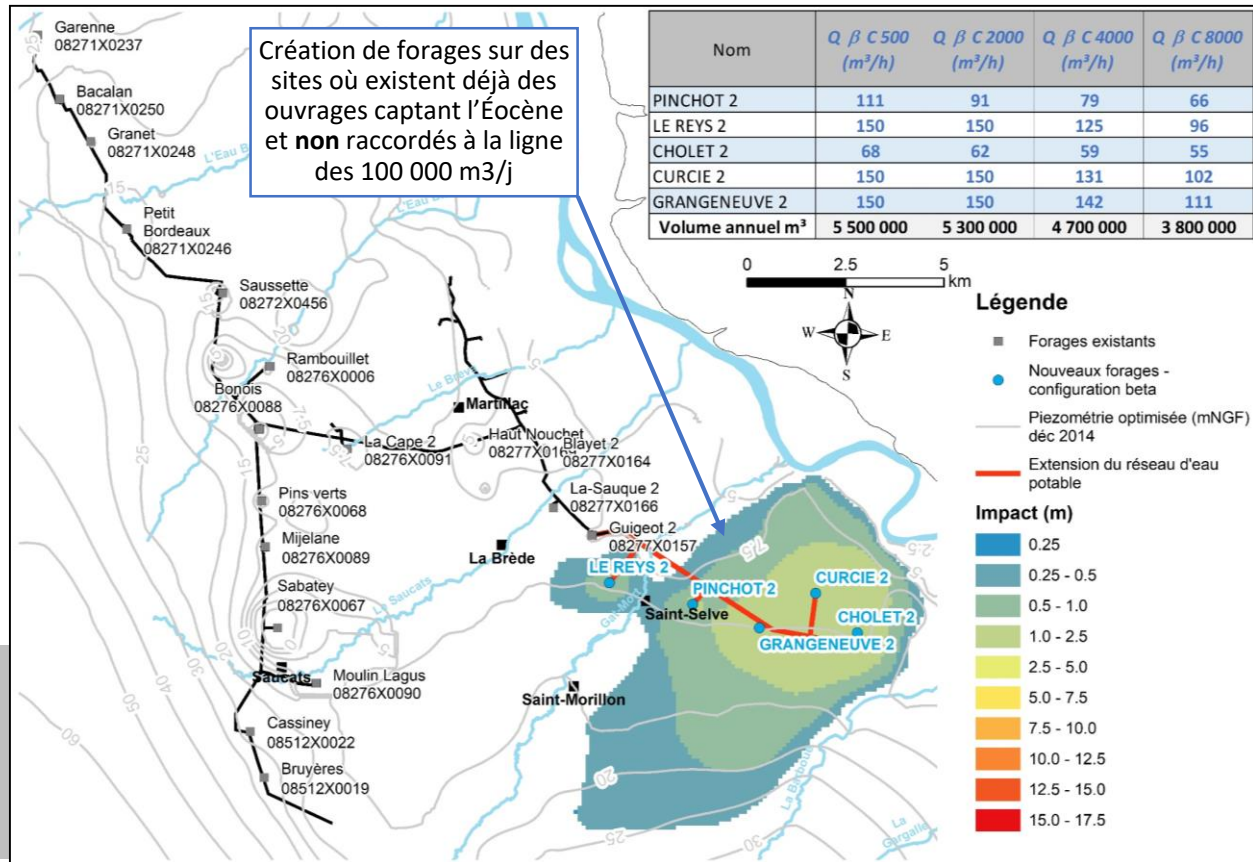
Caractéristiques des nouveaux puits

Profondeur : 40 à 65 m

Diamètre : 21,6 cm

Coefficients de perte de charge non linéaires varient de 500 à 8000 m⁻⁵.s².

Débits max limité à 150 m³/h⁻¹



Conclusion et retour d'expérience

- Cette étude a permis :
 - ✓ De consolider une base d'informations et de connaissances sur l'ensemble des forages de la ligne des 100 000 m³/j (débits d'exploitation, paramètres hydrodynamiques, DUP, avis d'hydrogéologues agréés, contraintes d'exploitation...), d'aboutir à un diagnostic partagé et d'identifier les forages pour lesquels des révisions de DUP seraient éventuellement envisageables.
 - ✓ De proposer, dans une approche globale, de possibles marges de manœuvre (à tester) sur les prélèvements dans la configuration actuelle et de proposer des pistes de développement en créant de nouveaux ouvrages tout en préservant l'équilibre de la nappe.
 - ✓ D'aboutir *in fine* à la proposition de plusieurs options pouvant être testées et mises en place à plus ou moins long terme avec des coûts plus ou moins élevés selon la configuration retenue.
- Retour d'expérience :
 - ✓ Des tests ont été effectués à la suite de l'étude et ont permis des augmentations significatives sur différents ouvrages (Sabatey (+ 70 m³/h), Garenne (+25 m³/h) et Bacalan (+25 m³/h), ...) soit + 700 800 m³/an. Pour d'autres ouvrages, des contraintes techniques n'ont pas permis de réaliser de tests (nécessité de descendre la pompe, capacité maximale de la bêche de reprise, capacité de traitement de la station à son maxi., capacité de canalisation de refoulement trop faible) enfin pour quelques forages, les tests ne sont pas révélés fructueux.
 - ✓ Ces nouveaux éléments et les données issues de ces tests pourront permettre d'améliorer les outils développés en les réactualisant, et ce afin de produire des résultats encore plus robustes.