
Plaine de Garonne Energies



Christophe Raymond,
Directeur Plaine de Garonne Energies

Bruno Marsaud,
Antea Group, AMO de Bordeaux Métropole



Le contexte particulier

Quatre grands projets urbains

Avec plus de 2 millions de m² SDP
et 20 000 logements neufs à 2035

... et des bâtiments existants ...

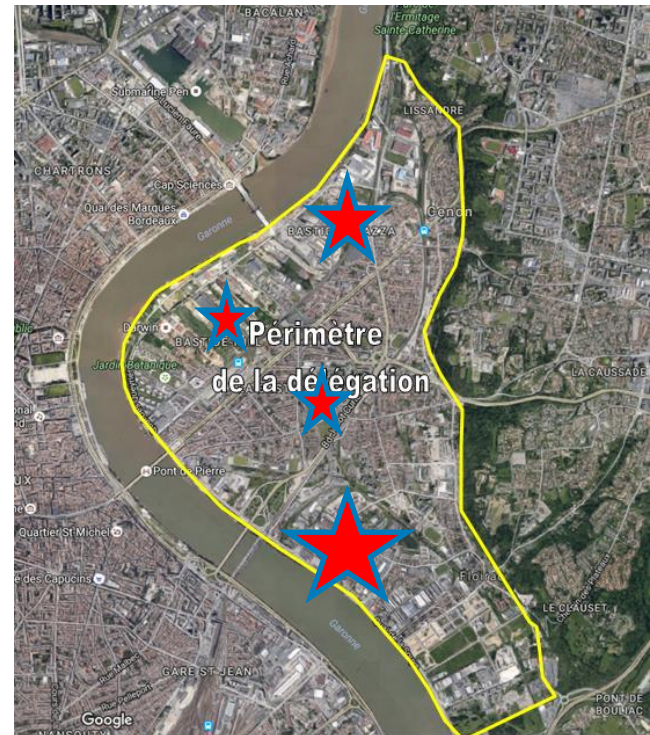
... plus de 100 GWh / an à terme

Une ambition environnementale

... objectif 80 % ENR ...

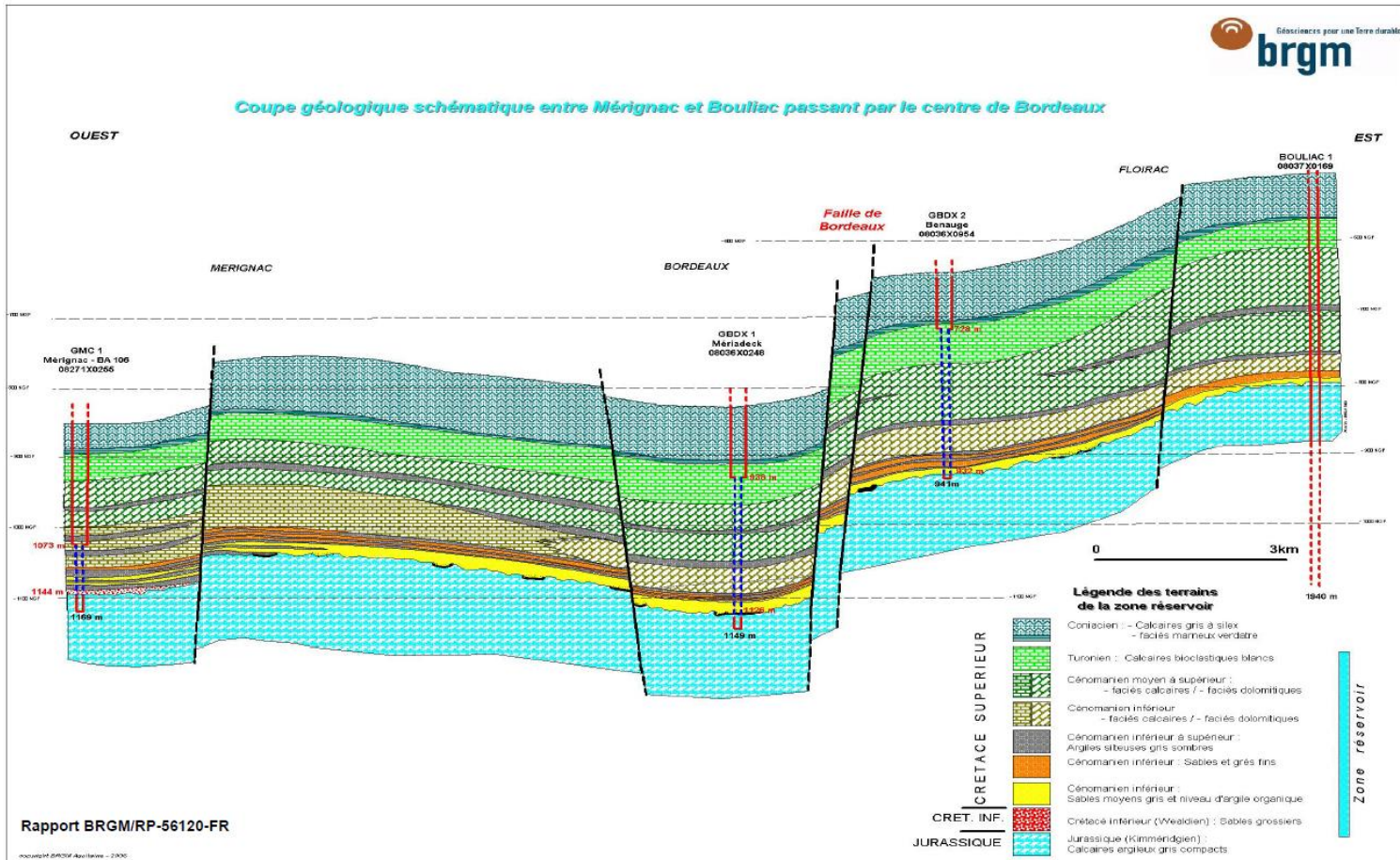
... économiser 20 000 teq CO₂ / an

Un enjeu social et économique



2010 premières réflexions

Idée portée par les experts en géothermie en Gironde : « **le prochain forage géothermique profond fait à Bordeaux devrait reconnaître ce qu'il y a au Jurassique** ».



2014 – Etude BRGM

- Etude approfondie des ressources profondes potentielles
 - Peu de données
 - Recherche des indices sur les forages pétroliers
 - Etude porosité sur carottes

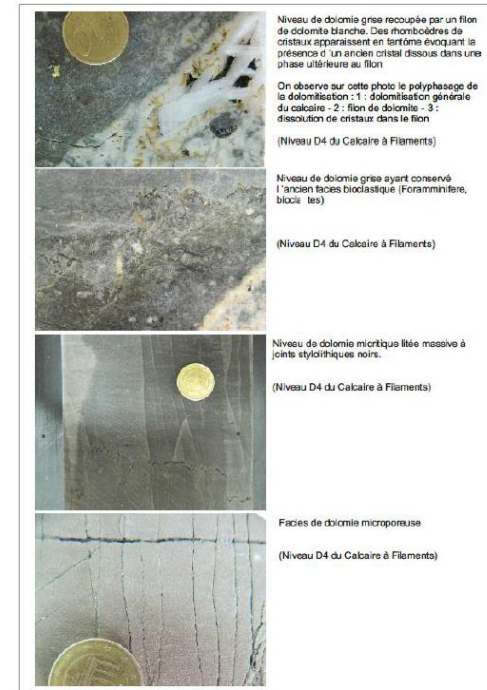
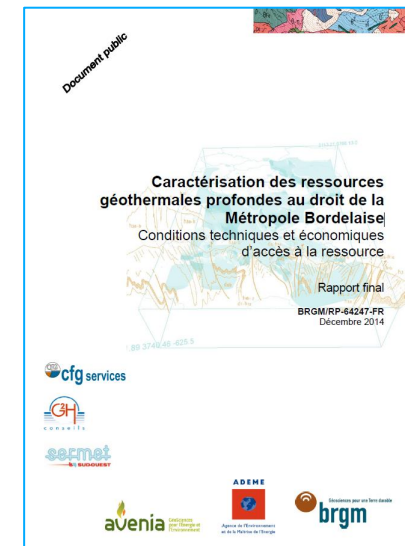
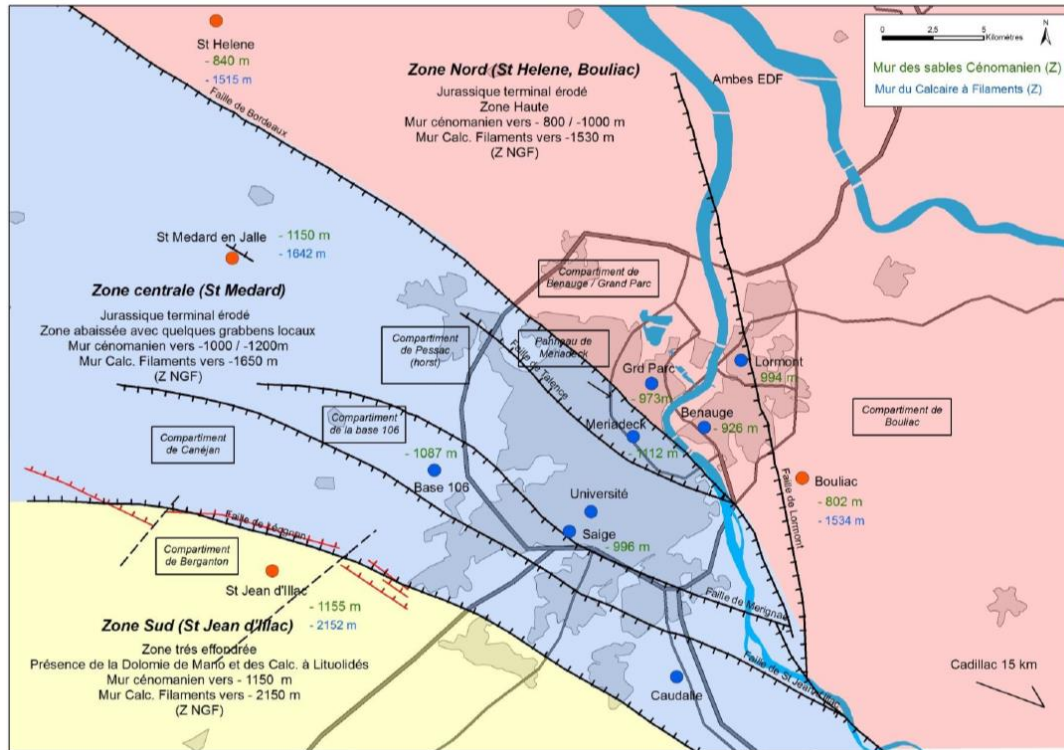
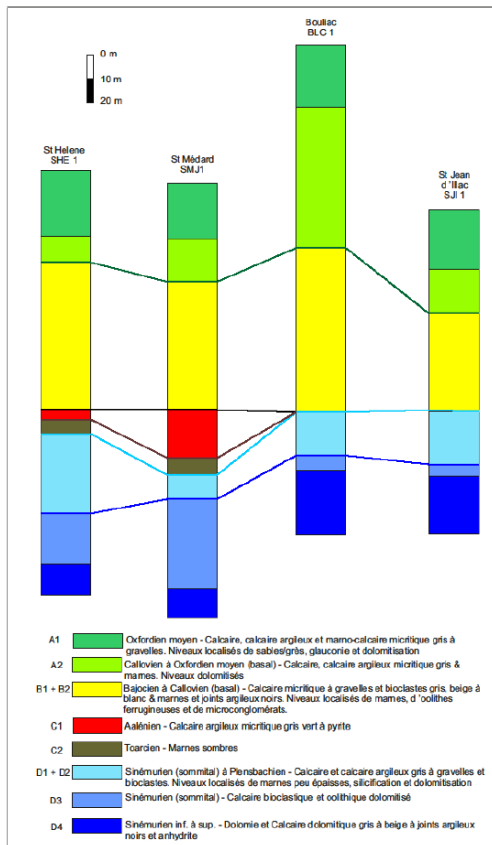


Figure 15 - Détail des faciès des dolomies de l'unité D4 dans le forage de St Jean d'Ilac.

2014 – Etude BRGM

- Cible identifiée : Calcaires à filaments (Sinémurien Sup. à Oxfodien inf, notamment l'unité D4 (dolomie).



- Recommandations :
 - Campagne géophysique (non réalisée)
 - Pompages croisés sur les forages existants au Cénomanién pour étudier rôle des failles (non réalisés)

- Le Calcaire à Filaments qui présentent des faciès de lagon de calcaire argileux et de calcaire micritique au sommet. La base dolomitisée de ces calcaires semble une cible intéressante, comme en témoigne la porosité mesurée dans le forage de St Jean d'Ilac de 3 à 22 %. Une porosité de fracture et matricielle a été détectée sur cuttings à Bouliac. Cette porosité matricielle a été observée dans le cadre de cette étude sur les carottes des forages de St Jean d'Ilac et de Cadillac à la base de l'unité D4 sur 7 m d'épaisseur. De plus les tests hydrauliques réalisés lors de la foration à Saint-Jean-d'Ilac et à Bouliac confirment la fonction aquifère de la formation. Toutefois, ces informations très parcellaires, ainsi que le fait qu'aucune perte de boue en forage n'ait été mentionnée, ne permettent pas de statuer sur le niveau de productivité du réservoir. Seule une reconnaissance à des fins d'exploitation permettrait d'évaluer le réel potentiel de cette formation.



Le projet retenu

- Plaine de Garonne Energies (PGE)
- Groupement de ENGIE COFELY et STORENGY
- Desserte de l'ensemble du périmètre (cible 98 GWh / an)
- Exploration au jurassique avec repli au crétacé si échec
 - Taux ENR maintenu à 80% avec complément biomasse

Un site de production central avec :

Si réussite : Jurassique (16 MW) + Gaz secours (45 MW)
Hypothèse cible 250 m³/h à 70°C réinjection à 15°C

Ou

Si échec : Crétacé (9 MW) + biomasse (7,5 MW)
+ Gaz secours (45 MW)
Hypothèse cible 200 m³ / h à 45°C réinjection à 15°C

Travailler avec deux hypothèses

COUPE TECHNIQUE FORAGE & COMPLETION									
Structure : Bordeaux		Coordonnées Lambert :		Tête de puits		Cible			
Puits : PGE1		X		Y		Z (m / mer)		S	
Plateforme :		Y		Z (m / mer)		S			
Révision : PER DOTEX Date : juillet 2017		Z (m / mer)		S					
QUAT	Étages / Formations	Lithologie	Profondeurs (m / sol)	Covellages		Forage			
			TVDS	MD	TVD	MD	Diam.		
			Affleure	Affleure					
PALEOGENE	Quaternaire	Remblai et limons vaseux	-12	17	26"				
	Quaternaire (Wurm)	Sables et graviers	-18	23	50 m				
	SANNOISIEEN	Marnes sableuses et calcaires	-57	62					
	Eocene SUPERIEUR	Sables, Argiles & Calcaires	-116	121					
	Eocene MOYEN (Bartonian et Lutetien supérieur)	Calcaires	-216	221					
	Eocene MOYEN (Lutetien inférieur)	Sables et Argiles	-273	278					
	Eocene INFÉRIEUR	Argiles et Sables	-434	439					
	CAMPANEN SUPERIEUR	Calcaires bioclastiques	-490	495					
	CAMPANEN INFÉRIEUR	Calcaires crayo-argileux	-617	622					
	SANTONEN	Calcaires crayeux et marnes	-719	724					
CRETACE	CONACIEN	Calcaires	-744	749					
	TURONNIEN	Calcaires bioclastiques	-809	814					
	CENOMANIEN SUPERIEUR et MOYEN	Calcaires bioclastiques et dolomites	-887	892					
	CENOMANIEN INFÉRIEUR	Calcaires dolomitiques et bioclastiques	-927	932					
	CENOMANIEN INFÉRIEUR	Grès, Sables et argiles	-956	961					
	KIMMERIDGIEN SUPERIEUR et MOYEN	Marnes et Calcaires argileux	-1370	1375					
	KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR A OXFORDIEN MOYEN	Calcaires en plaquettes et argileux	-1475	1480					
	KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR A OXFORDIEN MOYEN	Marnes et Calcaires	-1588	1593					
	OXFORDIEN INFÉRIEUR et SINEMURIEN SUPERIEUR (Calcaires à filaments)	Calcaires à Filaments	-1588	1593					
	SINEMURIEN INFÉRIEUR et HETTANGIEN SUPERIEUR	Dolomie et Athyridite (niveau repère pour calage fin de forage)	-1640	1645					
FOND FOREUR		-1640	1645						

- Nécessité d'intégrer plusieurs schémas :
 - Echech ou réussite au Jurassique
 - Conditions de repli au Cénomanién
- Mise en place d'un dispositif exceptionnel de couverture : l'ADEME assure en complément de la SAF 90% du surcoût lié à l'exploration

COUPE TECHNIQUE FORAGE & COMPLETION									
Structure : Bordeaux		Coordonnées Lambert :		Tête de puits		Cible			
Puits : PGE1		X		Y		Z (m / mer)		S	
Plateforme :		Y		Z (m / mer)		S			
Révision : PER DOTEX Date : juillet 2017		Z (m / mer)		S					
QUAT	Étages / Formations	Lithologie	Profondeurs (m / sol)	Covellages		Completion		Forage	
			TVDS	MD	TVD	MD	Diam.		
			Affleure	Affleure					
PALEOGENE	Quaternaire	Remblai et limons vaseux	-12	17	26"				
	Quaternaire (Wurm)	Sables et graviers	-18	23	50 m				
	SANNOISIEEN	Marnes sableuses et calcaires	-57	62					
	Eocene SUPERIEUR	Sables, Argiles & Calcaires	-116	121					
	Eocene MOYEN (Bartonian et Lutetien supérieur)	Calcaires	-216	221					
	Eocene MOYEN (Lutetien inférieur)	Sables et Argiles	-273	278					
	Eocene INFÉRIEUR	Argiles et Sables	-434	439					
	CAMPANEN SUPERIEUR	Calcaires bioclastiques	-490	495					
	CAMPANEN INFÉRIEUR	Calcaires crayo-argileux	-617	622					
	SANTONEN	Calcaires crayeux et marnes	-719	724					
CRETACE	CONACIEN	Calcaires	-744	749					
	TURONNIEN	Calcaires bioclastiques	-809	814					
	CENOMANIEN SUPERIEUR et MOYEN	Calcaires bioclastiques et dolomites	-887	892					
	CENOMANIEN INFÉRIEUR	Calcaires dolomitiques et bioclastiques	-927	932					
	CENOMANIEN INFÉRIEUR	Grès, Sables et argiles	-956	961					
	KIMMERIDGIEN SUPERIEUR et MOYEN	Marnes et Calcaires argileux	-1370	1375					
	KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR A OXFORDIEN MOYEN	Calcaires en plaquettes et argileux	-1475	1480					
	KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR A OXFORDIEN MOYEN	Marnes et Calcaires	-1588	1593					
	OXFORDIEN INFÉRIEUR et SINEMURIEN SUPERIEUR (Calcaires à filaments)	Calcaires à Filaments	-1588	1593					
	SINEMURIEN INFÉRIEUR et HETTANGIEN SUPERIEUR	Dolomie et Athyridite (niveau repère pour calage fin de forage)	-1640	1645					
FOND FOREUR		-1640	1645						

Remarque : le fond du puits jusqu'à la partie supérieure du coulage est en 13"3/8" - 12"3/8"

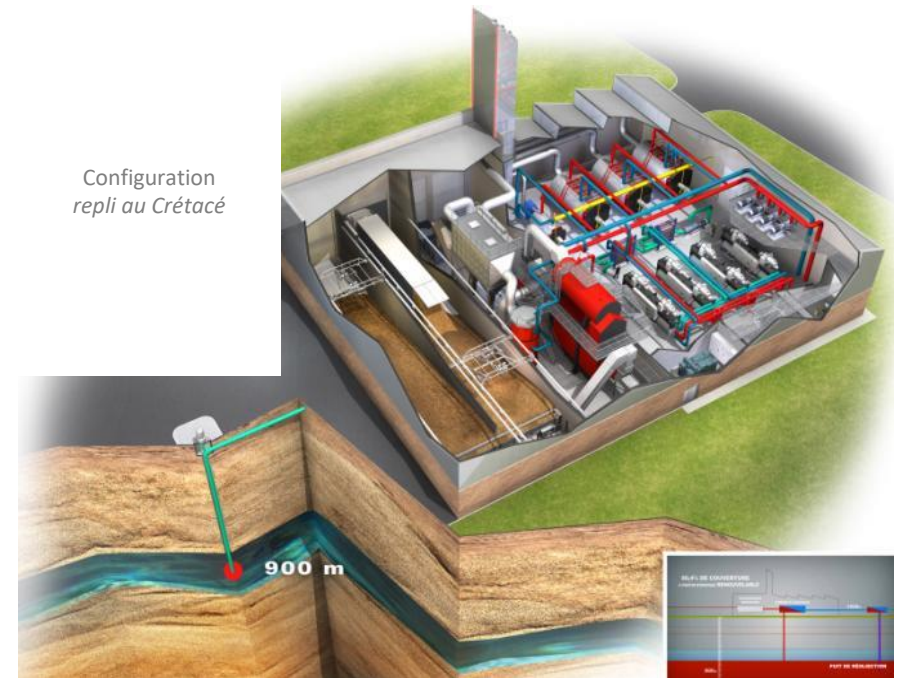
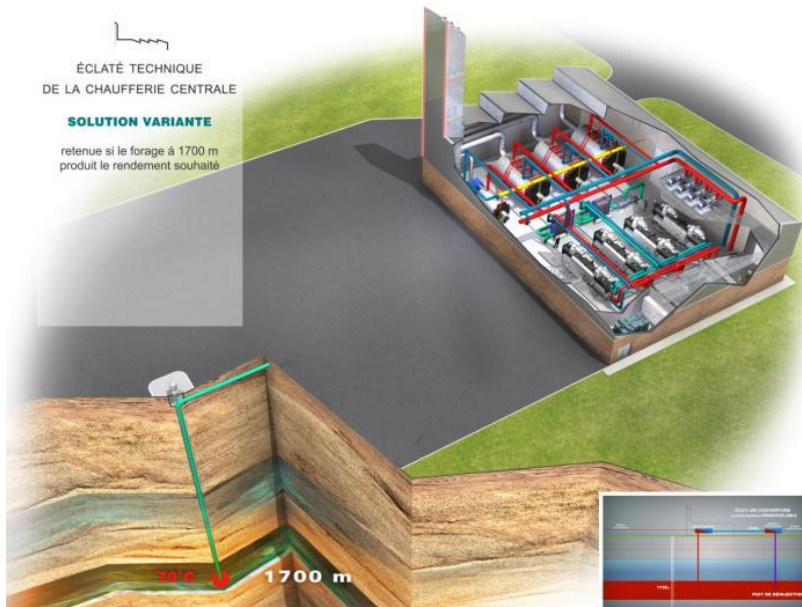
Tube plein diélectrique

Crépinés 8"5/8" ou 7"3/8" & 6"3/8"

Élargissement 15" (hypothèse du repli sur le réservoir du Crétacé)

8"1/2 élargissement éventuel en 15"

Travailler avec deux hypothèses



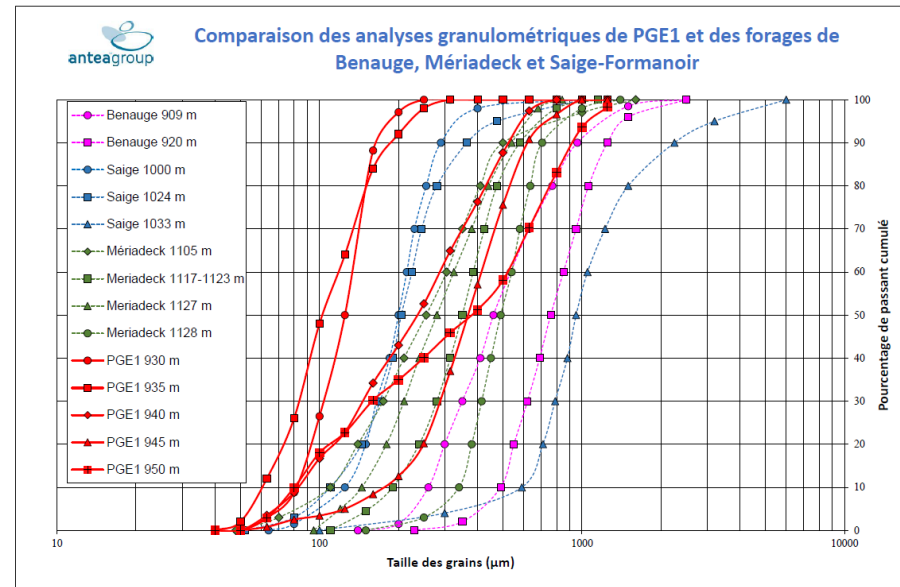
Résultats des ouvrages

- Jurassique : Echec, 250 l/h....
- Repli au cénomanién engagé
- Fin des forages printemps 2020
- Débit artésien 220 m³/h
- Température proche de 45°C
- Transmissivité : 1,2 à 3,9 10⁻³ m²/s

A comparer aux « anciens » puits existants des années 80 (débit max de 100 m³/h) :

- Au-delà des variations des paramètres hydrodynamiques (granulométrie, épaisseur utile) :

- Crépines mieux dimensionnées 7"5/8 au lieu de 4,5" ;
- Boues polymère au lieu de bentonite ;
- Durée de mise en boue des réservoirs ;

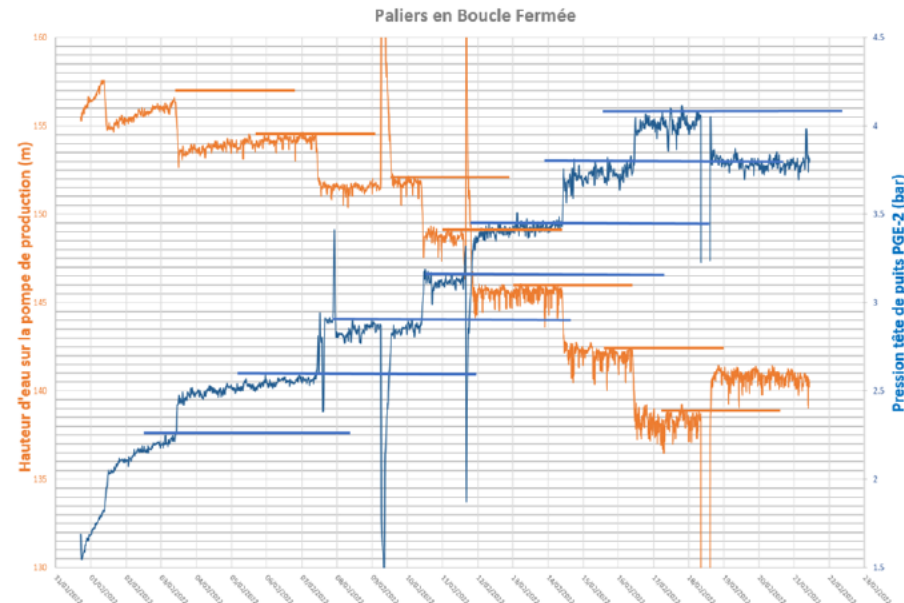


L'enjeu de la réinjection

Réinjection jamais réalisée sur le Cénomaniens. Risque bien connu en région parisienne (Albien et Néocomien)

Plusieurs dispositions protectrices :

- Mise en production très progressive
 - Développement complémentaires
 - Pompage sans réinjection jusqu'à Turbidité < 1 NTU
 - Paliers de réinjection croissants : 75 à 225 m³/h, changement de palier en fonction des résultats
- Filtration
 - Filtration en amont et en aval de l'échangeur (50 µm et 5 µm)
 - Dispositif de rétro-lavage en place sur le puits de réinjection



Après 20 mois d'exploitation

- Débit Nominal : 200 m³/h,
Température Exhaure : 45,4°C,
Température Réinjection : 14°C,
Pression Réinjection : ~ 5 bars,
Turbidité Faible <1 NTU
- Hausse modérée de la pression de réinjection au cours de l'année en exploitation
- Retro-lavage effectué en 2023 (courte durée) => capacité retrouvée

