

BUTAGAZ SENNECEY-LE-GRAND

SYNTHESE DE LA SITUATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

BILAN DE LA QUALITE DES EAUX

I. SYNTHESE DE LA SITUATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

1. Géologie

1.1 Cadre géologique général

Le site se trouve sur la rive droite de la vallée de la SAONE, vallée présentant un fond plat sur une largeur de 2 à 6 km et occupant un fossé d'origine tectonique, le fossé BRESSAN.

Ce fossé présente une orientation SW-NE qui est celle des principaux accidents tectoniques hercyniens affectant le MASSIF CENTRAL et le MORVAN. Il se divise en trois unités structurales qui sont du Nord au Sud :

- le fossé de CHALON SUR SAONE, sorte de lanière effondrée d'une trentaine de kilomètres de largeur et d'une centaine en longueur où la subsidence a été maximale;
- l'axe SENNECEY-LA SERRE: c'est le seuil d'origine tectonique reliant en profondeur le chaînon de SENNECEY-LE-GRAND au horst cristallin de la forêt de la SERRE. De structure complexe, il est lui-même découpé en plusieurs horsts et grabens;
- la BRESSE Louhannaise ou BRESSE, sensu stricto, située au Sud de l'axe SENNECEY-LA SERRE.

La couverture sédimentaire se compose principalement d'un remplissage détritique argilo-sableux et marneux du plio-quadernaire masquant les terrains calcaires du Mésozoïque.

Dans la zone du site, l'existence d'un paléorelief jurassique correspondant à l'axe structural SENNECEY-LA SERRE a été mise en évidence lors de travaux de reconnaissance antérieurs.

1.2 Lithologie du site

La réalisation de cinq sondages (BSGG1 à BSGG5), soit en carottage, soit en sondage destructif avec enregistrement des paramètres de forage et examen des déblais, permet d'établir la coupe des terrains sur la TEPPE DES TREMBLAIS jusqu'à une profondeur de 170 m.

Les coupures lithologiques et stratigraphiques que l'on peut définir sont basées sur une comparaison avec les faciès décrits dans la littérature (synthèses régionales, cartes géologiques, résultats de travaux

locaux antérieurs) et, pour ce qui concerne les calcaires et leur encaissant immédiat, sur une étude des microfaciès.

Les logs de radioactivité naturelle permettent d'établir des coupures fines et d'individualiser des ensembles lithologiquement homogènes, métriques ou plurimétriques.

Les coupures ainsi définies sont récapitulées dans le tableau en fin du paragraphe 1.2.

Sur le site, la coupe résumée obtenue est la suivante :

- **Terre végétale** et/ou limon (épaisseur inférieure à 1 m).
- **Formation quaternaire de SAINT-COSME** : elle comporte quatre niveaux successifs :
 - ✓ ***Terme supérieur argileux (épaisseur 12 à 15 m)***: Argile, ocre, brune à brique, finement silteuse, varvée (alternances d'argile brune et de niveaux silteux) puis grossièrement grumeleuse, ocre à grise, à la base.
 - ✓ ***Terme supérieur sableux (épaisseur 4 à 6 m)***: Argile ocre, très sableuse, à galets de silex et de calcaire.
 - ✓ ***Terme inférieur argileux (épaisseur 8 à 10 m)***: Argile ocre, finement silteuse, s'enrichissant en sable vers le bas.
 - ✓ ***Terme inférieur sableux (épaisseur 4 à 6 m)***: Sable roux, sable gris fin, avec galets de silex, particulièrement abondant à la base.
- **Formation des Marnes de Bresse** (attribuée au Plio-Villafranchien).

On peut y distinguer deux niveaux superposés avec passage progressif de l'un à l'autre.

 - ✓ ***Marnes de Bresse argileuses (épaisseur 11 à 15 m)***: Argile gris clair à gris bleuté, à filets ocre, localement sableuse, avec de rares galets ou graviers de calcaire sublithographique, en général altéré.
 - ✓ ***Marnes de Bresse à blocs et galets (épaisseur 36 à 46 m)***: Argile ou marne ocre à brun clair, fréquemment sableuse, riche en fragments centimétriques argileux à subarrondis et à galets et graviers de calcaire sublithographique, sain ou altéré et plus rarement de silex gris ou brun.
- **Formation de brèches et de marnes attribuée à l'Oligocène (épaisseur variable de 30 à 45 m)**: Alternance en bancs centimétriques à métriques, de marnes résiduelles ocre à brique, finement sableuses, de sable fin à moyen beige pâle à roux, plus ou moins argileux, de brèches à silex bruns ou gris, à cortex blanc et à éléments de calcaire anguleux à roulés, à ciment argilo-sableux à calcaro-sableux.
- **Calcaire sableux attribué à l'Eocène (épaisseur 2,80 à 3 m, absent à BSGG1 et 2)**: Calcaire beige rosé, finement sableux, localement marne indurée beige rosé sableuse, à éléments remaniés de calcaire blanc sublithographique.

TABLEAU DE CORRELATIONS ENTRE SONDAGES

		BSGG1	BSGG2	BSGG3	BSGG4
	Côte ref.	+192.53	+192.61	+191.94	
FORMATION DE SAINT-COSME					
	1	0 – 14.75	0 – 14	0 – 14.75	0 – 13.70
Terme argileux supérieur	2	14.75 – 18	14 – 18.50	14.75 – 20	13.70 – 19.90
Terme sableux supérieur	3	18 – 28.50	18.50 – 28.40	20 – 28.60	19.90 – 28.50
Terme argileux inférieur	4	28.50 – 32.75	28.40 – 34.50	28.60 – 32.75	28.50 – 34.70
Terme sableux inférieur					
MARNES DE BRESSE					
Argile sableuse	1	32.75 – 42.80	34.50 – 46.50	32.75 – 42.60	34.70 – 40.20
Argile très sableuse	2	42.80 – 50	46.50 – 50	42.60 – 44.90	Absente
Argile	3	Absente	Absente	44.90 – 48.50	40.20 – 45.90
Marne sableuse	4	50 – 54.5	50 – 51.80	48.50 – 53 ?	45.90 – 52.60
Argile	5	Absente	51.80 - 59	Absente	Absente
MARNES DE BRESSE A BLOCS					
Marne à blocs	1	54.50 – 67.50	59 – 70	53 ? – 61.80	52.60 – 59.30
Marne à blocs plus argileuses	2	67.50 – 77.10	70 – 80.30	61.80 – 77.10	59.30 – 80.30
Marne sableuse à blocs	3	77.10 – 90.50	80.30 – 91.50	77.10 – 99.50	80.30 – 93.50
Séquence	4	Absente	Absente	Absente	93.50 – 96.90
« BRECHE » OLIGOCENE					
Argile brique	1	90.50 – 95.20	91.50 – 95.80	99.50 – 103.90	96.90 – 101.10
Argile	2	95.20 – 103	95.80 – 102.80	Absente	101.10 – 103.60
Brèche	3	103 – 105	102.80 – 104.40	103.90 –	Absente
Argile brique	4	105 – 106.50	104.40 – 105.50	105.50	103.60 – 109.10
Brèche	5	106.50 – 110	105.50 – 109.10	105.50 – 110	109.10 – 112.40
Argile brique	6	110 – 112	109.10 – 110.10	110 – 112.60	112.40 – 117.70
Brèche	7	112 – 116.60	110.10 – 116.20	112.60 –	Absente
Alternance Brèches et Marnes	8	116.60 - 125	116.20 – 119.50	116.80 116.80 – 117.80 117.80 – 146	117.40 – 142.40
EOCENE					
Calcaire sableux		Absent, érodé	Absent, érodé	146 – 148.90	142.40 – 145.20 ?
CRETACE					
Marqueur « B »		125 à 146.70	119.50 à 137	148.90 à 172.20	145.20 à 167.60
Banc calcaire de base		A 133.60 144.70 - 146.70	A 123.50 135 - 137	A 160.50 170 – 172.20	A 156.70 ? 164.40 – 167.60
SABLES ALBO-CENOMANIENS					
		Toit à 146.70	Toit à 137	Toit à 172.20	Toit à 167.60

- **Calcaire blanc à silex attribué au Crétacé supérieur (épaisseur 17 à 26 m)**: A partir des résultats du carottage de BSGG1, 3 et 4 on peut distinguer deux horizons superposés:
 - ✓ ***Calcaire sublithographique gris pâle à blanchâtre***, parfois veiné de gris-brun, gris-vert ou beige, à texture de brèche intraformationnelle recimentée, avec localement une matrice de calcaire beige argilo-sableux cimentant des éléments sublithographiques. Nombreux silex gris foncé ou noirs à cortex blanc.
 - ✓ ***Calcaire blanchâtre à pâte fine***, parfois à aspect crayeux à texture de brèche intraformationnelle à silex gris ou bruns, souvent brun clair, fines laminations noires, joints pseudostylolithiques abondants.

Sur les logs de radioactivité, la séparation entre les deux niveaux correspond à peu près à un pic de radioactivité ("marqueur B" du calcaire).

L'épaisseur du niveau supérieur, entre ce marqueur et la base de la brèche oligocène ou du calcaire éocène, est variable, de 4 m à BSGG2 à 11.6 m à BSGG3; le sommet du banc correspond à une surface d'érosion.

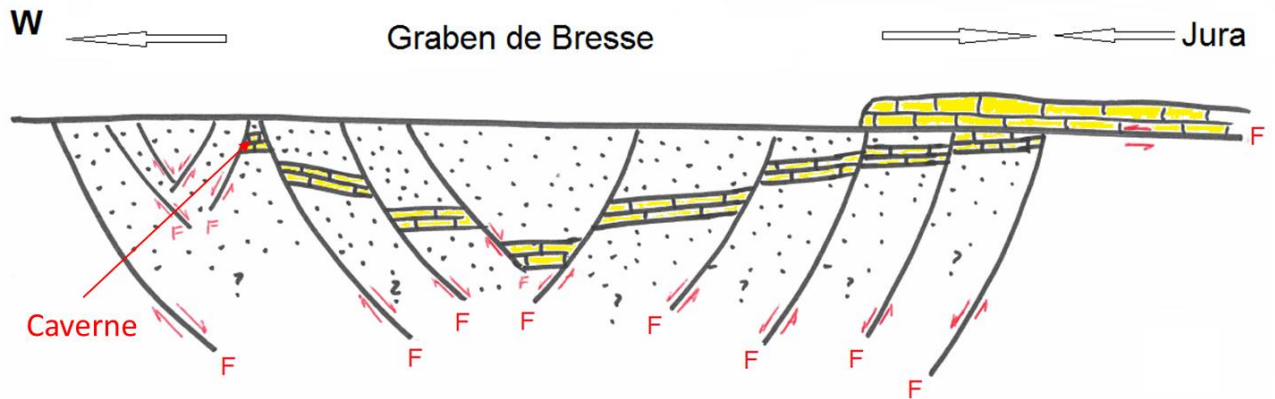
L'horizon inférieur entre le marqueur B et les sables roux sous-jacents est d'épaisseur plus constante (de 10.9 m à BSGG4 à 13.5 m à BSGG2).
- **Sables roux attribués à l'Albo-Cénomanién (épaisseur max. traversée : 24 m)** : Sable argileux gris-vert à roux, glauconieux, localement induré en grès calcaireux ou avec niveaux de gravelles de calcaire gris glauconieux et sableux.

1.3 Stratigraphie

Une étude microfasciologique a été effectuée pour déterminer l'âge de l'horizon calcaire et des formations qui l'encadrent. Les résultats montrent que :

- les grès et sables roux de la base de la série traversée sont attribuables à l'Albo-Cénomanién (Crétacé supérieur) ou au Cénomanién inférieur, marin, transgressif.
 - Les calcaires à silex sont d'origine marine, pélagique et d'âge Crétacé supérieur (Cénomanién - Turonien probable).
- Ils ont émergé (à l'Eocène) et ont été soumis à une érosion karstique et à une pédogénèse encroûtante à Algues et Microcodium.
- Les calcaires crétacés sont localement surmontés par un biseau ou un lambeau de calcaire sableux continental à Microcodium, d'âge éocène probable, puis par des calcaires sableux à galets crétacés remaniés, d'âge tertiaire (Eocène ou Oligocène).
- Cette datation est confirmée par les données géologiques régionales : des formations de brèches à silex attribuées à l'Oligocène sont connues en affleurements discontinus dans les côtes châlonnaise et mâconnaise.
- Par analogie avec les résultats de forages profonds dans la BRESSE et la région de DIJON, le calcaire de la TEPPE DES TREMBLAIS représenterait le Cénomanién sur ses dix mètres inférieurs, surmonté par du Turonien à silex. Les parties plus récentes de la série, comprenant le Turonien et le Sénonien, d'une soixantaine de mètres d'épaisseur, y ont été enlevées par l'érosion.

Dans son contexte local, le calcaire crétacé identifié sur le site se trouve en contrebas, sous le recouvrement tertiaire, d'affleurements de calcaire du Jurassique moyen à l'Ouest (côte de SENNECEY) et du paléorelief jurassique supérieur de la TOUR-DE-VERS. On peut donc l'interpréter comme un lambeau de taille restreinte, situé dans un petit graben séparé des "hauts" jurassiques par des failles normales et, de ce fait, préservé en partie des phases d'érosion post-secondaires.



1.4 Structure locale

Les corrélations lithostratigraphiques effectuées ont permis de mettre en évidence, dans la zone explorée par forages, une disposition monoclinale des calcaires, avec un pendage de 15 à 17° en direction du Nord-Ouest.

La surface d'érosion séparant l'Oligocène du calcaire est légèrement discordante (12°) mais de même direction et pendage, ce qui rend compte du biseautage observé des couches calcaires.

1.5 Discontinuités et fracturation

On retiendra comme caractéristiques descriptives essentielles :

- l'existence d'un calcaire à matrice en général saine à BSGG1, avec une fracturation réduite.
- la présence d'une épaisse zone argileuse à BSGG2, où la partie proprement calcaire apparaît réduite à la tranche supérieure de l'horizon (119.5 à 125 m) et à la tranche inférieure (135 à 137 m) surmontant les sables.
Cette zone peut s'interpréter comme une zone d'altération karstique ou la trace d'un accident à très faible rejet.
- La présence d'un niveau de mylonite de silex brisés et de calcaire blanc altéré dans une matrice d'argile ocre à brune entre 167.40 et 172.20 m, que l'on peut interpréter comme une faille subverticale de 2 m de rejet environ.
- Une assez grande abondance de discontinuités à BSGG4, avec des pertes au carottage entre 148 et 149 m et 150-153 m.

D'une façon générale, les discontinuités observées sur carottes correspondent :

- de façon dominante à des joints de stratification, ondulés ou très irréguliers, souvent rubéfiés, parfois lustrés.
- à des diaclases ondulées et irrégulières, obliques, rubéfiées ou avec des épontes légèrement altérées (matrice crayeuse).
- à des ruptures de joints stylolithiques limitant des éléments de brèche intraformationnelle.
- aux remplissages de failles ou poches karstiques mentionnées ci-dessus. Les discontinuités ouvertes qui ont été rencontrées sont emplies ou enduites d'argile ocre à brique, sableuse ou à silex, indurée et sèche. Elles paraissent correspondre à un développement karstique fossile, actuellement colmaté et peu perméable.

L'orientation des joints de stratification peut être définie à partir des corrélations entre sondages (300 à 320°/15 NO).

La cartographie de surface (applicable d'ailleurs seulement aux terrains calcaires avoisinants d'âge jurassique) permet d'approcher les directions des autres discontinuités.

Sur le plan régional, les directions majeures correspondent à un compartimentage de blocs par failles normales d'orientation :

10° / Subverticales
340 ° / Subverticales

et une troisième direction assez variable en azimut Est-Ouest, de 45°-100° subverticale.

2. Hydrogéologie

2.1 Cadre hydrogéologique régional et local

Les écoulements de surface intéressant le site sont subordonnés à la SAONE située à 3 km environ à l'Est du site, vers laquelle ils sont drainés. Il s'agit de ruisseaux au voisinage du site, MERDERY et NATOUZE au Sud, ruisseau de SENNECEY au Nord.

Les ressources en eau locales et régionales proviennent essentiellement des alluvions de la SAONE et des alluvions de la GROSNE, affluent en rive gauche à 8 km au Nord du site. Cet aquifère du fait de son épaisseur et de sa forte perméabilité (10-3 m/s) est très productif. Il est utilisé par exemple à la station de pompage à BOYER en bordure de SAONE, alimentant TOURNUS et par le champ captant de la LAIVES, sur la GROSNE, qui alimente SENNECEY.

Sur le site, la seule nappe phréatique de quelque importance est celle des niveaux détritiques grossiers de la formation de SAINT-COSME, en particulier le terme sableux de base. Cette nappe est confinée à son toit par l'argile quaternaire et à son mur par les marnes de BRESSE. Il s'agit d'un aquifère souvent lenticulaire, qui n'affleure que peu ou pas et est le plus souvent déconnecté des autres formations superficielles perméables.

Les eaux du SAINT-COSME ne sont que peu exploitées, par des éoliennes.

Les formations géologiques sous-jacentes ont toutes une faible perméabilité et sont sans intérêt en ce qui concerne les ressources en eau.

Les calcaires de l'Eocène et du Crétacé pourraient renfermer des drains karstiques humides, potentiellement fonctionnels, avec un système d'alimentation latérale les relayant par des diaclases, des failles ou des horizons lithologiquement plus perméables avec le Jurassique affleurant ou sub-affleurant à proximité.

2.2 Contexte hydrogéologique du projet de stockage

La campagne de reconnaissance menée sur le site du projet de stockage a comporté un programme hydrogéologique dont l'objectif principal était de vérifier que les conditions hydrauliques profondes sont favorables et compatibles avec les critères d'étanchéité des cavités de G.P.L.

Pour ce faire, les données suivantes ont été recherchées :

- distribution des perméabilités en fonction de la profondeur, et en fonction des terrains traversés, ainsi que caractéristiques pétrophysiques;
- piézométrie des diverses formations;
- productivité des aquifères; réalimentation et conditions hydrauliques aux limites du site ;

2.2.1 Perméabilité des formations

A partir des données géologiques et hydrogéologiques acquises au cours de la reconnaissance et de la construction, le schéma hydrogéologique suivant a été élaboré:

- **Une nappe phréatique** dans les formations sablo-argileuses du SAINT-COSME (entre 0 et 30 m/sol en moyenne) en charge sous le recouvrement des limons superficiels; le mur de cet aquifère est constitué par les Marnes de Bresse;
- **Un ensemble semi-perméable** constitué par les Marnes de Bresse (de 35 à 95 m) du Plio-Quaternaire;
- Un ensemble **globalement peu perméable**, pouvant contenir un aquifère (zone à pertes vers 89 à 110 m/sol) confiné par des formations bréchiques marno-argileuses;
- **Un niveau calcaire globalement peu perméable;**
- Une zone **légèrement plus perméable** formée par des sables argileux de l'Albien, de médiocres caractéristiques hydrodynamiques constituant un aquifère peu productif.

La méthodologie pour déterminer un profil de perméabilité était basée sur la réalisation de tests hydrogéologiques sur les différents forages.

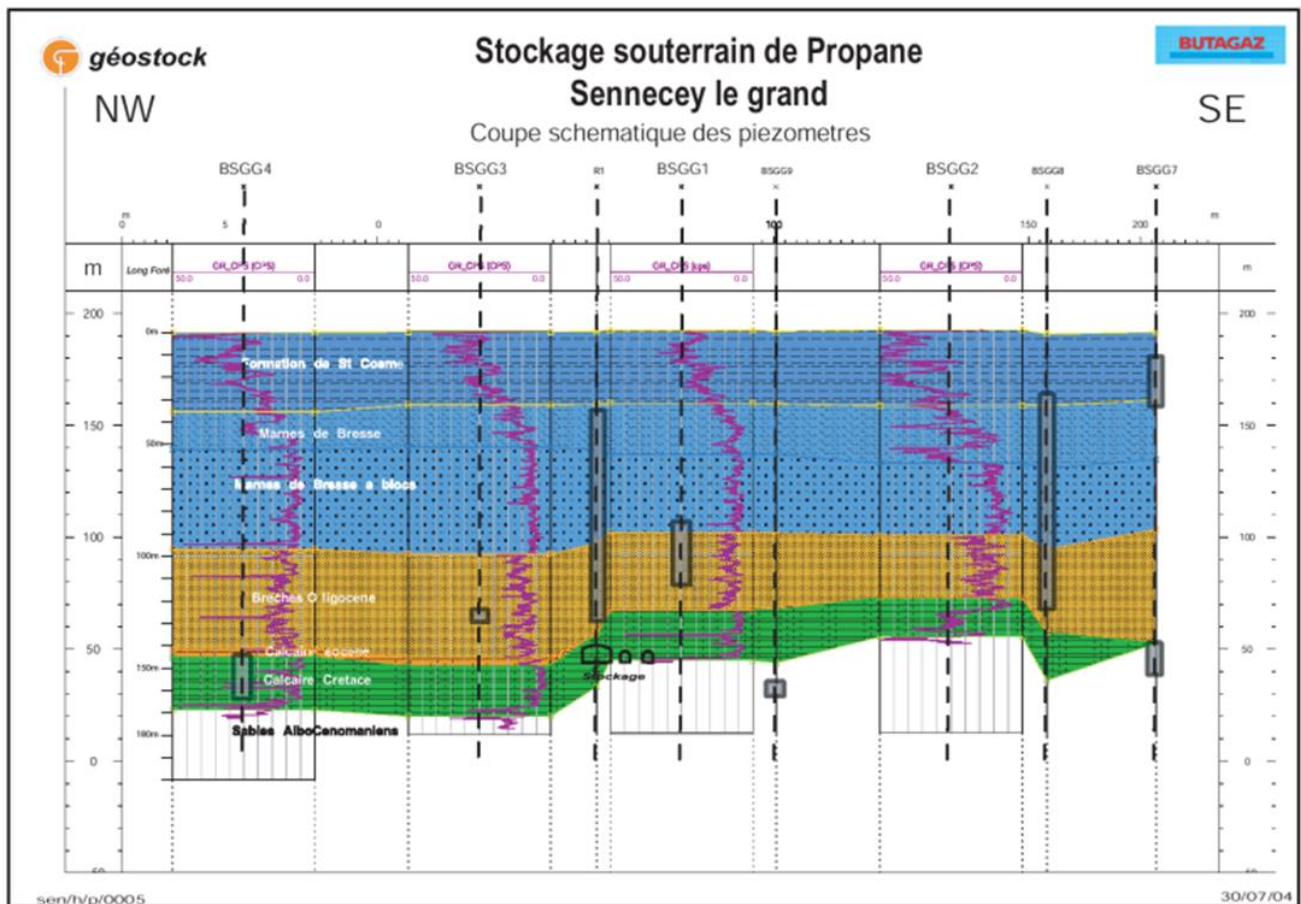
Ces essais, pratiqués couramment durant la phase de reconnaissance, permettent d'estimer les caractéristiques hydrodynamiques des formations traversées. Ils ont été effectués à l'avancement des forages et correspondent à des essais de courte durée de type permanent (essai Lefranc et essai Lugeon) et de type transitoire (essai d'injection relaxation).

D'autres essais de longue durée (essai de pompage et essai d'interférences) ont également été réalisés afin d'obtenir des informations à une plus grande distance du forage testé.

Le profil synthétique de perméabilité sur l'ensemble des formations rencontrées est le suivant :

- la nappe de surface ou formation de Saint Cosme avec une perméabilité de 1 à 3 10^{-6} m/s,
- les marnes de Bresse (de 30 à 90 m/sol) peuvent être assimilées à un semi-perméable isolant le Saint Cosme et les formations sous-jacentes. Des zones perméables à la base (perméabilité de l'ordre de 10^{-6} m/s) sont en connexion avec l'aquifère des brèches Oligocène sous-jacentes,

- les brèches ayant une perméabilité variable entre $3 \cdot 10^{-7}$ m/s et $3 \cdot 10^{-6}$ m/s avec une transmissivité globale voisine de $2 \cdot 10^{-5}$ m²/s,
- le niveau calcaire (120 à 150 m/sol) de perméabilité résiduelle, après traitement des hétérogénéités locales, de l'ordre de $5 \cdot 10^{-8}$ m/s, et
- la formation des sables roux de l'Albo-cénomaniens dont la perméabilité moyenne est de $2 \cdot 10^{-8}$ m/s



2.2.2 Porosité et perméabilité du niveau calcaire

Des mesures de perméabilité de la matrice du calcaire sur échantillons carottés à BSGG1 ont été réalisées en laboratoire, par une méthode d'injection par paliers de pression croissante avec mesure des débits correspondants.

La perméabilité de matrice obtenue est très faible (environ 2×10^{-12} m/s) ce qui correspond à une forte proportion d'argile.

Masse volumique humide de l'échantillon : 2430 kg/m³

Porosité : 10 à 16 %

2.2.3 Comportement des nappes durant la construction

Compte tenu des comportements hydrodynamiques observés au cours de la reconnaissance et de la construction (cf. Etude d'impact, annexe 1 du chapitre 1 de la Demande d'autorisation d'aménagement et d'exploitation), il est possible à l'échelle du site de confirmer que :

- **la formation superficielle aquifère du Saint Cosme est indépendante de la formation des brèches Oligocène.** En effet, cet aquifère n'a pas été affecté par les travaux souterrains et n'a pas montré de rabattement significatif au cours des essais de pompage sur les puits R1 et R2 qui captent l'eau au niveau de la formation bréchique,
- **l'aquifère des brèches Oligocène constitue d'une part la série aquifère la plus puissante et d'autre part la condition limite amont principale de l'écoulement des eaux interstitielles vers les galeries de stockage. Cette zone aquifère des brèches est en bonne continuité hydraulique avec le niveau calcaire** du fait du rabattement significatif du piézomètre BSGG4 (situé dans les calcaires) au cours du pompage sur les puits R1 et R2 (rabattement de 9 m lors du pompage sur R1 et de 13 m lors du pompage simultané sur R1 et R2). De plus, les potentiels hydrauliques observés dans les brèches et les calcaires sont très semblables. L'absence de décroissance à long terme des niveaux piézométriques dans les brèches et les bonnes valeurs de productivité confirment la bonne stabilité de cette nappe face à l'exhaure du stockage.
- la formation de l'Albo-cénomaniens est à l'approche du stockage sous l'influence hydrodynamique des cavités (rabattements les plus importants constatés pendant les travaux de creusement des galeries). A la fin de ces travaux, le comportement de l'aquifère n'était toujours pas stabilisé contrairement à celui des brèches et des calcaires. De plus, le niveau sur le piézomètre BSGG7 (complétion basse) s'est équilibré environ trois mois après la stabilisation du débit d'exhaure des galeries de stockage. **Le comportement de cet aquifère montre des effets transitoires importants et par conséquent des conditions aux limites de réalimentation éloignées.**

L'évolution de l'état piézométrique des divers niveaux aquifères avant, durant et peu après la fin de la construction est résumée dans le tableau suivant :

Nappes	Avant travaux (Avril 1992)	Fin travaux ** (Octobre 1995)	Etat à fin Décembre 1996 ***
Saint Cosme	+ 177 m NGF	+ 176 mNGF	+ 177 mNGF
Brèches	+ 182 mNGF	+ 168 à 172 mNGF	+177 mNGF
Calcaire	+ 182 mNGF	+ 175 mNGF	+ 179 mNGF
Albien	+ 188 mNGF *	+ 157 à 159 mNGF	+ 170 mNGF

* Niveau évalué d'après test hydrogéologique

** Cavité à la pression atmosphérique

*** Cavité en pression voisine de 7 bars relatifs en tête

2.2.4 Piézométrie

Le suivi piézométrique des formations aquifères du Saint-Cosme, des brèches de l'Oligocène ainsi que du Crétacé révèle un comportement saisonnier lié à la distribution de la pluviométrie, tandis que la formation de l'Albo-Cénomaniens montre davantage l'influence hydraulique de la cavité et donc des variations de pression journalières et saisonnières en cavité.

Nappes	Piézomètre de surveillance	Etat à fin Décembre 1996 ***	Etat actuel *** (décembre 2017)
Saint Cosme	BSGG7 h	+ 177 mNGF	+ 177 mNGF
	BSGG3	+ 178 m NGF	+ 179 m NGF
	BSGG8	+177 m NGF	+ 178 m NGF

Nappes	Piézomètre de surveillance	Etat à fin Décembre 1996 ***	Etat actuel *** (décembre 2017)
Brèches	R1	+ 178 m NGF	+ 180 m NGF
	BSGG1	+ 177 mNGF	+ 168 m NGF
	BSGG10	Non existant	+168 m NGF
Calcaire	BSGG4	+ 179 mNGF	+ 180 m NGF
Albien	BSGG7 b	+ 170 mNGF	+ 173 m NGF
	BSGG9	+ 170 m NGF	+ 172 m NGF

*** Cavité en pression voisine de 7 bars relatifs en tête

Depuis la mise en exploitation du stockage, les différentes nappes maintiennent un niveau piézométrique constant à long terme.

Néanmoins, une diminution dans le temps du potentiel hydraulique de BSGG1 (et confirmée par le nouveau piézomètre BSGG10 foré fin 2015) témoigne d'une légère dégradation des conditions hydrogéologiques locales qui ne nécessite pas une action à court terme, compte tenu :

- de la différence actuelle encore élevée entre le potentiel hydraulique de BSGG1 et le potentiel hydraulique calculé au toit de la cavité de stockage (entre 42 et 45 m en décembre 2015 après la réalisation du forage BSGG10, et entre 40 et 48 m durant le second semestre 2017);
- du fait que le nouveau piézomètre BSGG10 n'indique pas un potentiel significativement plus bas que celui de BSGG1;
- du fait que les conditions aux limites à potentiel hydraulique relativement élevé situées dans des zones perméables au-dessus et au-dessous de l' horizon de calcaire crétacé encaissant la cavité sont restées stables à long terme (cas du potentiel hydraulique moyen des brèches mesuré par les piézomètres BSGG3, R1 et BSSGG8 au-dessus des calcaires, et du potentiel hydraulique moyen des sables mesuré par les piézomètres BSGG7b et BSGG9 au-dessous des calcaires).

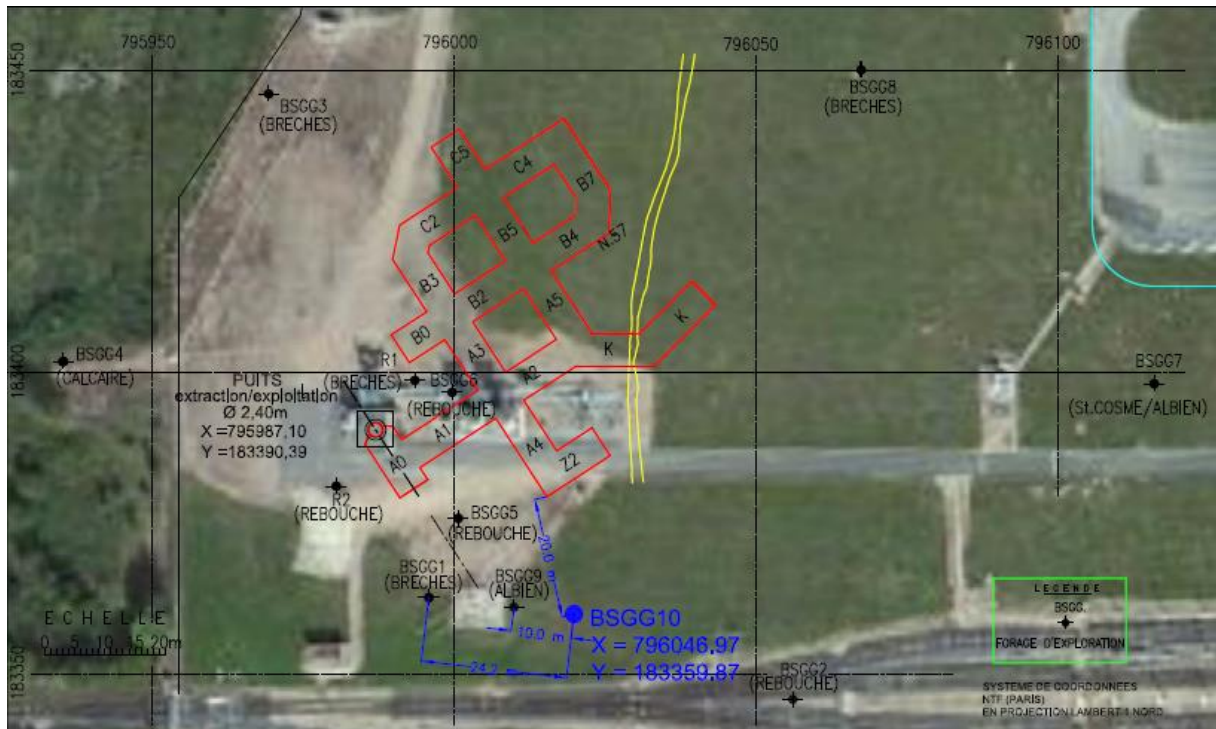
La baisse du potentiel mesurée sur BSGG1 et sur BSGG10 amène à penser que ce phénomène est une dégradation seulement locale des conditions hydrogéologiques qui rend cette zone de plus en plus influencée par la présence de la cavité (phénomène hydrodynamique).

Ces observations confirment que la surcharge hydraulique du stockage doit continuer à être suivie par la différence de potentiel entre le potentiel relativement stable des zones perméables situées au-dessus du stockage (piézomètre BSGG8) et le potentiel calculé au toit de la cavité, et que la différence de potentiel entre BSGG1 ou BSGG10 et la cavité de stockage doit être considérée comme une marge locale, hydrodynamique, qui doit rester positive et par sécurité supérieure à une marge minimale, que l'on peut prendre égale au terme de sécurité de 15 m, avant d'envisager des actions si la marge locale de BSGG1 ou de BSGG10 se rapprochait de cette marge minimale de 15 m.

A fin décembre 2017, la valeur minimale de la marge locale calculée pour BSGG1 et BSGG10 est estimée à 48 m d'eau soit largement supérieure au terme de sécurité de 15 m considéré comme seuil d'alerte.

Le tableau suivant résume les caractéristiques et l'état des piézomètres de surveillance du site :

Nom	Fonction hydrogéologique	Etat actuel	Localisation du piézomètre			
			X	Y	Z sol mNGF	Prof. forée initiale m/sol
BSGG1	Reconnaissance & Suivi Aquifère : Brèches Intervalle piézo. : 85 à 113,6 m/sol	Opérationnel. PVC 25 mm à 119 m/sol.	795999,5	183362,6	+192,31	171,70
BSGG3	Reconnaissance & Suivi Aquifère : Brèches Intervalle piézo. : 125 à 130 m/sol	Opérationnel. PVC 40 mm à 130 m/sol.	795973,1	183446,0	+191,87	177,55
BSGG4	Reconnaissance & Suivi Aquifère : Calcaires Intervalle piézo. : 145 à 165 m/sol	Opérationnel. PVC 80 mm à 145,5 m/sol.	795931,5	183396,5	+192,20	172,20
BSGG5	Reconnaissance & Suivi Aquifère : Saint Cosme Intervalle piézo. : 14,75 à 18,5 m/sol 28,50 à 33,0 m/sol	Non Opérationnel. PVC 80 mm à 33 m/sol. Non cimenté	796009,5	183385,0	+192,50	35,00
BSGG7	Reconnaissance & Suivi Aquifère : Albien / Saint Cosme Intervalle piézo. : 15,2 à 35,2 m/sol 143 à 158,8 m/sol	Opérationnel. Double complétion PVC 52 mm à 35,2 m/sol. PVC 52 mm à 158,8 m/sol.	796116,0	183398,0	+191,91	158,85
BSGG8	Reconnaissance & Suivi Aquifère : Brèches Intervalle piézo. : 35 à 130 m/sol	Opérationnel. PVC 52 mm à 130 m/sol.	796067,5	183450,0	+192 ,03	157,35
BSGG9	Suivi Aquifère : Albien Intervalle piézo. : 154 à 162 m/sol	Opérationnel. PVC 52 mm à 162 m/sol.	796010,0	183361,0	+192,45	162,00
R1	Rabattement Nappe : Brèches Intervalle piézo. : 35 à 130 m/sol	Puits de Captage Opérationnel pour le suivi piézométrique.	795993,6	183398,6	+192,28	134,00
BSGG10	Reconnaissance & Suivi Aquifère : Brèches Intervalle piézo. : 97 à 106 m/sol	Opérationnel. PVC 52 mm à 106 m/sol.	796046,3	183359,7	+192,39	106,00

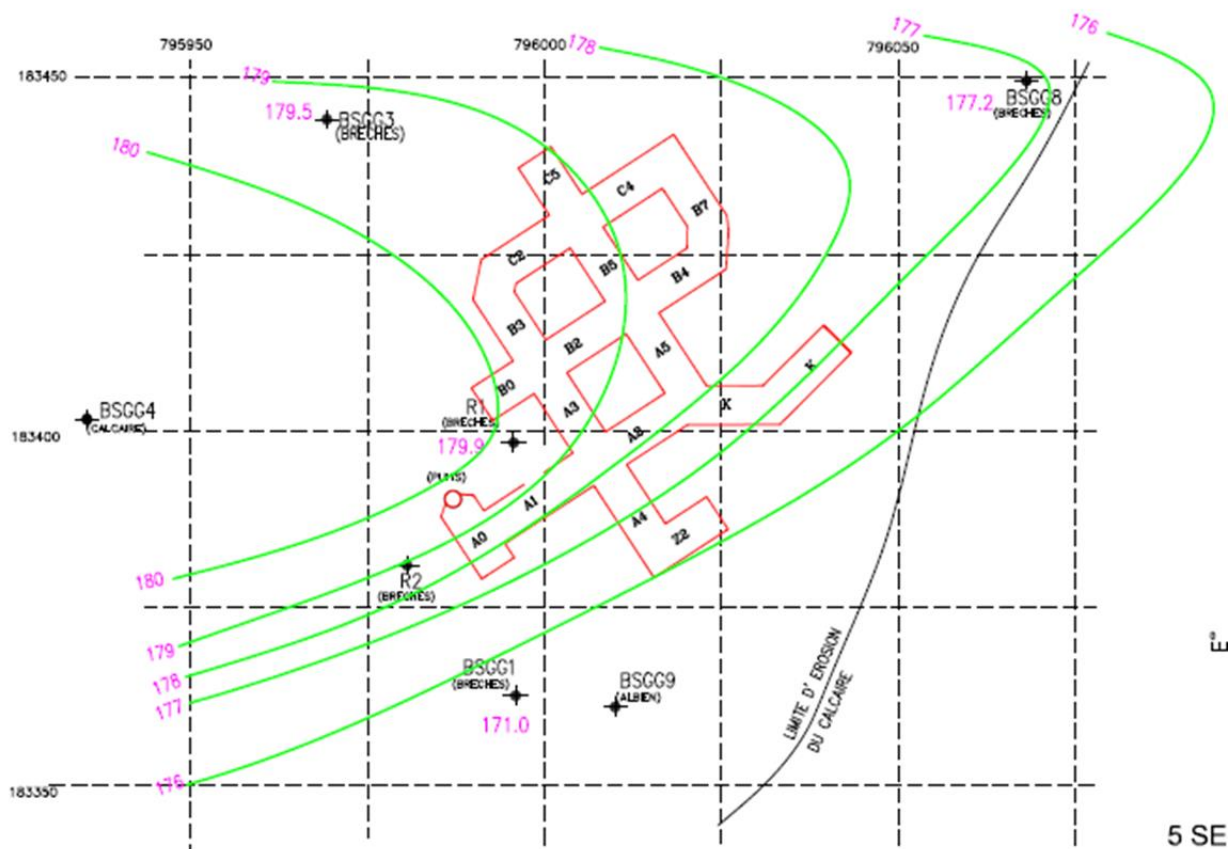


2.2.5 Morphologie de la nappe des Brèches oligocènes

Les horizons perméables des brèches en continuité hydraulique avec le calcaire encaissant du stockage constituent les séries aquifères les plus puissantes du site et la condition limite amont principale de l'écoulement des eaux interstitielles vers les galeries de stockage.

Les conditions d'alimentation latérales de cet aquifère sont suffisantes pour maintenir des niveaux piézométriques élevés, proches ou supérieurs à ceux de l'aquifère de la formation de Saint-Cosme. L'écoulement dans ces brèches s'effectue globalement de l'Ouest vers l'Est.

Cependant, un rabattement local de la nappe au sud du site est confirmé par les mesures du BSGG1 et BSGG10. Ce rabattement local est probablement dû à la géologie du site, les fenêtres piézométriques de ces piézomètres étant ouvertes probablement dans un bloc géologique différent des autres.



2.2.6 Les écoulements de surface

Le substrat immédiat du site est constitué par des argiles d'âge quaternaire, plastiques et imperméables sous un recouvrement peu épais de terre végétale, elle-même argileuse.

L'évacuation des eaux pluviales paraît se faire plutôt par ruissellement et évapotranspiration que par infiltration ; des accumulations en flaques temporaires se produisent après les pluies.

Des fossés de drainage peu profonds bordent les prairies et améliorent l'évacuation du ruissellement.

La parcelle des GRANDS-CHAMPS EST et de la TEPPE DES TREMBLAIS correspond topographiquement à un bombement peu marqué, d'axe Est-Ouest, situé au centre du site. Les eaux de surface du site sont de ce fait dirigées vers le Nord pour la moitié-Nord de la parcelle, en direction du ruisseau de l'étang de FONTENAILLE, les eaux de la moitié-Sud vers le ruisseau de MERDERY.

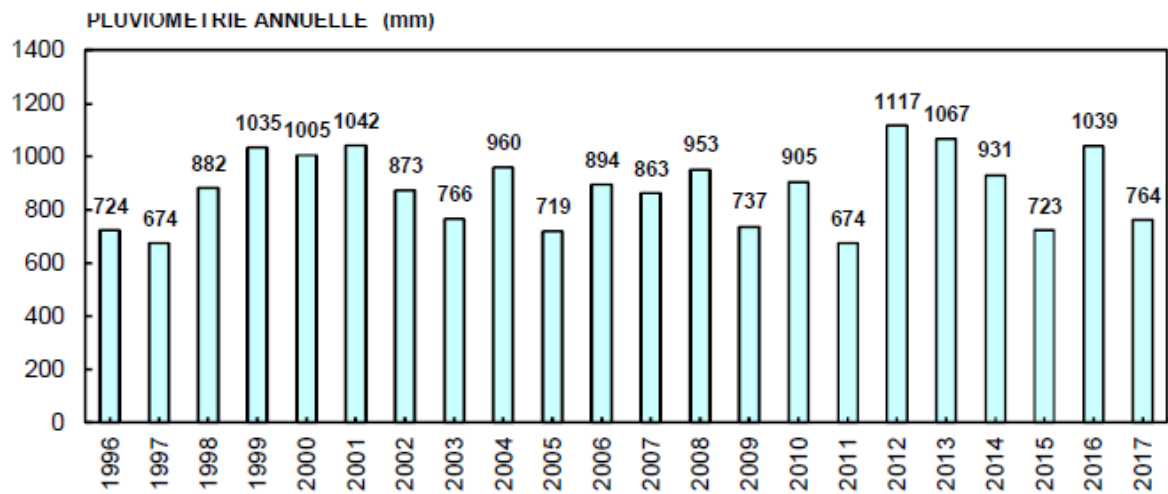
Du côté Est, la levée du remblai de chemin de fer dirige également les eaux vers ces deux vallons.

Les deux ruisseaux confluent à 2 km à l'Est du site en un cours unique qui se jette dans la SAONE en aval immédiat du barrage d'ORMES.

En Avril 1990, une évaluation du débit du Bief de MERDERY au niveau de la TOUR DE VERS fournissait 30 à 50 m³/heure.

2.2.7 Précipitations annuelles

La figure ci-dessous présente la pluviométrie annuelle depuis la mise en service du stockage.



Sur la période d'observation depuis la mise en service du stockage, la pluviométrie annuelle varie de 674 mm à 1117 mm avec une valeur moyenne calculée sur 22 ans de 879 mm. Durant la période 1999-2001 puis depuis 2012 (à l'exception de 2015 et 2017), une forte pluviométrie a entraîné une augmentation des niveaux piézométriques. A l'inverse, lors d'années relativement sèches (1997, 2003, 2005, 2009, 2015 et 2017), une légère baisse des niveaux piézométriques est observée.

II. BILAN DE LA QUALITE DES EAUX

Le contrôle de la qualité des eaux environnant le stockage de Sennecey-le-Grand a pour objectif de vérifier l'absence d'impact du stockage sur l'environnement et inversement, et ainsi de prévenir toute pollution éventuelle des eaux.

Il s'agit de contrôler la qualité des effluents et des eaux de la nappe phréatique afin de détecter d'éventuelles incidences, d'en rechercher les causes et de proposer les actions préventives et/ou correctives requises.

L'Arrêté Préfectoral du 19 septembre 2001 fixe les prescriptions en matière de prévention de pollution aqueuse, à savoir :

❖ Le suivi des eaux d'exhaure

La qualité de l'eau d'exhaure est contrôlée régulièrement tout au long de l'année, en amont et en aval du stripper. Le pH et la quantité d'hydrocarbures totaux sont relevés tous les mois. Les autres paramètres (Matières En Suspension, Demande Chimique en Oxygène, Phénol, Azote Kjeldahl, bilan physico-chimique et des analyses bactériologiques) sont surveillés trimestriellement, avec les limites suivantes pour l'aval stripper :

Paramètre étudié	Norme d'analyse	Valeur limite
pH	NFT 90 008	5,5 < pH < 8,5
MES	NFT 90 105	30 mg/L
DCO	NFT 90 101	120 mg/L O2
Hydrocarbures Totaux	NFT 90 114	10 mg/L
Phénol	NFT 90 109	0,1 mg/L
Azote Kjeldahl	NFT 90 110	10 mg/L
Couleur	NFT 90 034	100 mg Pt/L
Température		30 °C

Au minimum une fois par an, les prélèvements et analyses trimestrielles doivent être réalisés par un organisme extérieur choisi en accord avec la DREAL et agréé par le Ministre chargé de l'environnement.

❖ Le suivi des eaux de la nappe phréatique

La qualité des eaux environnant le stockage est contrôlée lors d'une campagne annuelle.

Les points à échantillonner sont les suivants (voir le plan de position en Annexe 1) :

- dans le piézomètre R1 à -110 m,
- dans le piézomètre BSGG4 à -50 m.
- dans le piézomètre BSGG10 à -97 m.

En complément des analyses prescrites par l'arrêté préfectoral, des prélèvements sont également effectués dans le puits d'exploitation à 20, 70 et 120 m de profondeur, ainsi que dans le bassin incendie.

Les paramètres ci-dessous y sont surveillés :

- Bilan physico-chimique,
- Analyses bactériologiques,

- Matières En Suspension (MES),
- Demande Chimique en Oxygène (DCO),
- Demande Biologique en Oxygène (DBO5),
- Hydrocarbures Totaux,
- Gaz dissous.

❖ Synthèse des résultats obtenus depuis le démarrage de la cavité

Depuis l'origine de la caverne :

- ✓ **Aucune trace d'hydrocarbure dissous de C1 à C4 n'a été détectée** dans les eaux de la nappe phréatique (puits et piézomètre), ce qui démontre l'efficacité du confinement hydrodynamique.
- ✓ **La qualité de l'eau d'exhaure a toujours été conforme aux prescriptions** de l'Arrêté Préfectoral du 19 septembre 2001. Tous les paramètres contrôlés ont toujours été en dessous des limites fixées par cet arrêté.
- ✓ **La qualité bactériologique de l'eau du puits et de l'eau d'exhaure a toujours été satisfaisante à bonne.**