

MAITRE DE L'OUVRAGE :

SYNDICAT MIXTE DES EAUX DU VERDON (SMEV) (83)

Hôtel de ville

Cours Alexandre Gariel

83 630 REGUSSE

Alimentation en eau potable du SMEV

Mission de maîtrise d'œuvre relative à la prospection par forage d'une nouvelle ressource en eau souterraine

Phase un : Etude hydrogéologique et technico-économique préalable à l'implantation de trois forages de reconnaissance



Ingénierie du
développement des territoires
Eau - Energies renouvelables

INGENERIA_2022010			
Version	Date	Rédigé par	Vérifié par
1	08/03/2023	CL	CL
2	04/07/2023	CL	CL

Avenue du huit mai 1945 – Immeuble le Mansard – Entrée A
13100 Aix-en-Provence - Tel : 06 25 62 07 95
contact@ingeneria.fr - www.ingeneria.fr

Sommaire

1	<i>Rappel du contexte</i>	4
2	<i>Réunion de lancement – définition de la zone d'étude</i>	5
3	<i>Connaissances des ressources du secteur</i>	6
3.1	Champ captant de Montmeyan Plage	6
3.2	Recensement des ouvrages présents dans la zone d'étude dans la Banque du Sous-Sol (BSS) du BRGM	6
3.3	Etude géophysique	7
3.3.1	Localisation des profils géophysiques	7
3.3.2	Conclusion de l'étude géophysique	8
3.4	Forage de reconnaissance « profond » sur Montmeyan-Plage	9
3.5	L'important système aquifère de Canjuers	9
3.5.1	Le trias	10
3.5.2	Jurassique	10
3.5.3	Crétacé	13
3.5.4	Tertiaire	14
3.5.5	Géomorphologie	14
3.5.6	Les terrains perméables	15
3.5.7	Les terrains imperméables	15
3.5.8	Mise en évidence des circulations karstiques	15
4	<i>Etude géologique et hydrogéologique</i>	17
4.1	Géomorphologie	17
4.2	Géologie	18
4.2.1	Contexte général	18
4.2.2	Coupes géologiques	22
4.3	Hydrogéologie	23
4.3.1	Porosité karstique et de fissure	24
5	<i>Proposition d'implantation des forages d'exploration</i>	25
5.1	Implantation par rapport à la géologie	25
5.2	Implantation par rapport à la piézométrie	26
5.3	Implantation par rapport à l'occupation des sols – Activités humaines	27
5.4	Localisation des zones protégées (ZNIEFF, Natura 2000,...)	29
5.5	Proximité des réseaux	31
5.6	Accessibilité	32
6	<i>Coût d'accès à la ressource</i>	33
6.1	Zone potentielle de recherche n°1 (secteur du champ captant de Montmeyan-Plage – calcaires de l'Hauterivien)	33

6.2	Zone potentielle de recherche n°1' (secteur du champ captant de Montmeyan-Plage – calcaires du Portlandien).....	35
6.3	Zone potentielle de recherche n°2 (Réservoir Régusse)	36
6.4	Bilan et recommandation.....	38

Table des illustrations

<i>Figure 1 : Localisation des forages de Montmeyan Plage.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 2 : Localisation des forages les plus profonds de la zone d'étude présents dans la banque du sous-sol (BSS) du BRGM</i>	<i>7</i>
<i>Figure 3 : carte géologique du secteur de Canjuers</i>	<i>11</i>
<i>Figure 4 : coupe schématique d'un système karstique.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 5 : Carte topographique de la zone d'étude (IGN).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 6 : profil altimétrique de la vallée de Montmeyan</i>	<i>17</i>
<i>Figure 7 : coupe géologique au droit du champ captant de Montmeyan-Plage.....</i>	<i>22</i>
Figure 8 : Vitesse d'écoulement en fonction de la porosité	23
<i>Figure 9 : Proposition d'implantation des forages de reconnaissance</i>	<i>26</i>
<i>Figure 10 : Carte CORINE LAND COVER</i>	<i>28</i>
<i>Figure 11 : légende de la carte Corine Land Cover</i>	<i>28</i>
<i>Figure 12 : Localisation des zones protégées ZNIEFF de type 1.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 13 : Localisation des zones protégées ZNIEFF de type 2.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 14 : Localisation des zones protégées NATURA 2000.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 15 : Proximité du réseau d'eau potable des secteurs</i>	<i>31</i>

1 Rappel du contexte

Le syndicat des eaux Mixte du Verdon (SMEV) est situé au Nord du département du Var, à une trentaine de kilomètres au Nord de la ville de Brignoles. Ce dernier souhaite sécuriser son alimentation en eau potable par la recherche d'un nouveau point de production par forage sur son territoire.

La production est principalement assurée par deux sites, les Moulières à Bauduen et le champ captant de Montmeyan-Plage. A ces deux sites viennent s'ajouter les ressources locales telles que :

- Les forages des Espiguières à Aups
- Les sources de Saint-Barthélemy à Salernes
- Les forages de L'Entec à Tavernes

La production totale annuelle est de 1 700 000 m³, mais les forages des Moulières subissent régulièrement des arrêts de fonctionnement du fait d'une augmentation de la turbidité.

Le syndicat souhaite augmenter sa capacité de production par la réalisation d'une campagne de recherche en eau par forage sur l'intégralité de son territoire. C'est pourquoi elle a confié à INGENERIA la mission de recherche d'un nouveau point de production d'eau par forage.

Conformément au CCTP établi par la commune, le programme consiste à :

1. Réaliser une étude hydrogéologique, permettant d'identifier les zones favorables,
2. Réaliser un cahier des charges de travaux, aide à la construction des entreprises et dossiers administratifs,
3. Maîtrise d'œuvre des forages de reconnaissance et rapport de fin de travaux,
4. Maîtrise d'œuvre pour la transformation d'un forage de prospection en forage test avec pompes d'essai et rapport de fin de travaux.

Le débit minimum recherché est de l'ordre de 100 m³/h

Le présent dossier correspond à l'étude hydrogéologique préalable.

Cette étude comprend :

1. Réunion de lancement – définition de la zone d'étude
2. Recueil des données techniques et synthèse bibliographique
3. Étude géologique structurale et géomorphologique
4. Analyse multicritère de faisabilité
5. Proposition de sondages et évaluation des coûts d'accès à la ressource

2 Réunion de lancement – définition de la zone d'étude

La réunion de lancement s'est déroulée le 21 septembre 2023 en mairie de Montmeyan. L'objectif de cette réunion a été de définir les besoins en eau de la commune et de définir la zone d'étude pour l'implantation d'un ou plusieurs forages de reconnaissance. Il en est ressorti que les forages de reconnaissance devront se situer à proximité des réseaux existants et préférentiellement à proximité du champ captant de Montmeyan Plage.

Les zones d'études et les parcelles communales sont présentées dans la figure suivante :

Le syndicat a mentionné que le débit minimum recherché est de 100 m³/h.

3 Connaissances des ressources du secteur

3.1 Champ captant de Montmeyan Plage

Le champ captant de Montmeyan-Plage est constitué de plusieurs forages qui participent à l'alimentation en eau potable du syndicat :

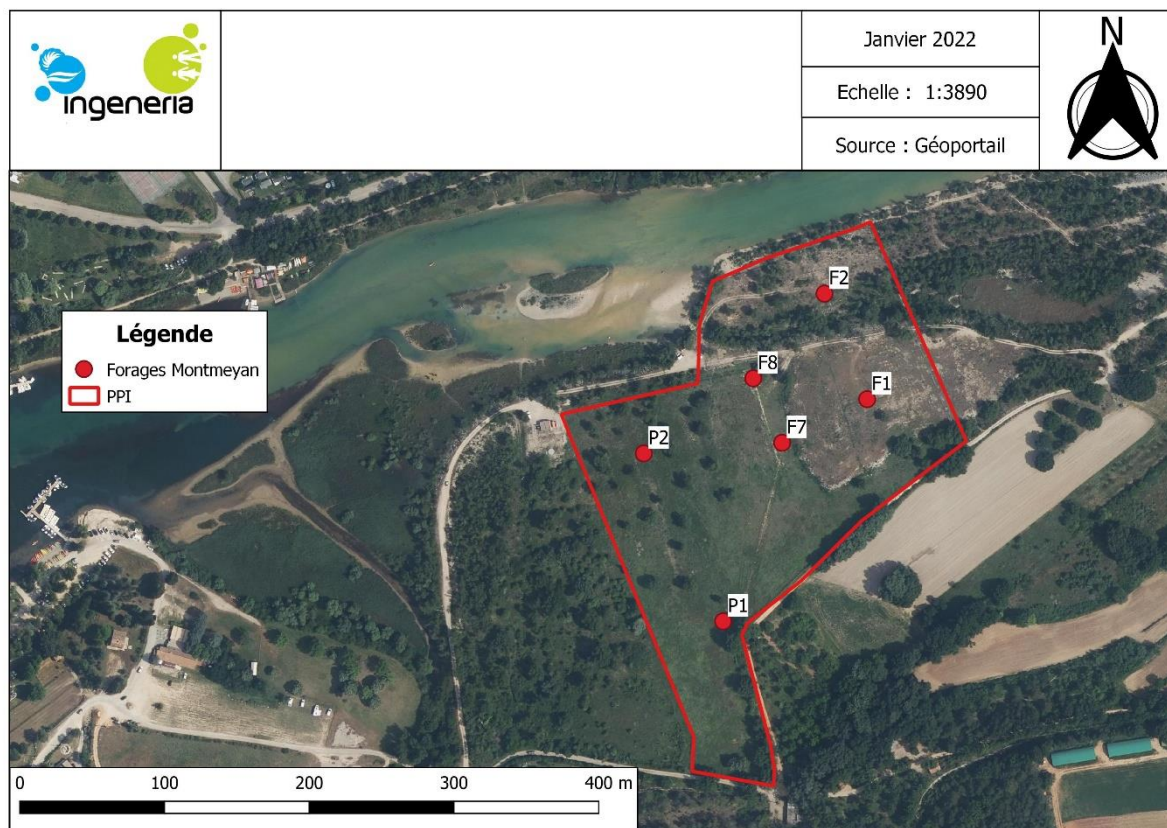


Figure 1 : Localisation des forages de Montmeyan Plage

Ces forages disposent d'une faible profondeur (inférieur à 10 mètres) et captent l'aquifère dans la nappe d'accompagnement du Verdon. Les coupes géologiques et techniques de ces ouvrages sont présentées en annexe du présent document.

3.2 Recensement des ouvrages présents dans la zone d'étude dans la Banque du Sous-Sol (BSS) du BRGM

Hormis les forages du champ captant de Montmeyan-Plage, peu de forage ou sondage sont présents. Quelques ouvrages peuvent tout de même nous renseigner quant au caractère aquifère ou non des formations géologiques locales :

Code BSS	Prof. (m)	Description géologique ou hydrogéologique
BSS002HCCY	39	Forage constitué essentiellement de calcaire ; aquifère de 27 à 30 mètres avec un débit très faible
BSS002HCCX	100	Présence d'alluvions de 0 à 8 mètres de profondeur et d'alternance de sable et d'argile de 8 à 100 mètres de

		profondeur ; forage réalisé au carottage absence d'information sur la présence d'eau
BSS002HCCV	80	Présence de calcaire du Tithonien fortement fissuré ; forage réalisation au carottage absence d'information sur la présence d'eau
BSS002HCKZ	172	Présence de calcaire du Tithonien fortement fissuré ; Niveau statique à 422 m NGF

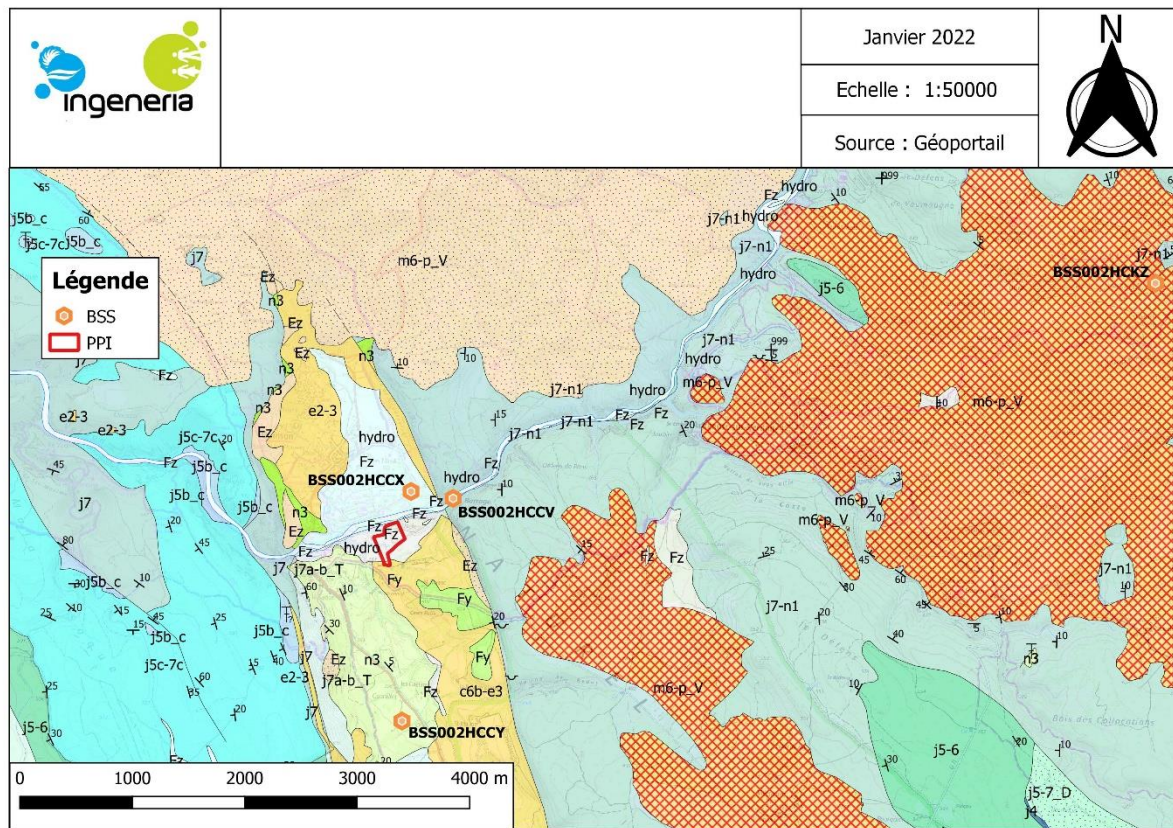


Figure 2 : Localisation des forages les plus profonds de la zone d'étude présents dans la banque du sous-sol (BSS) du BRGM

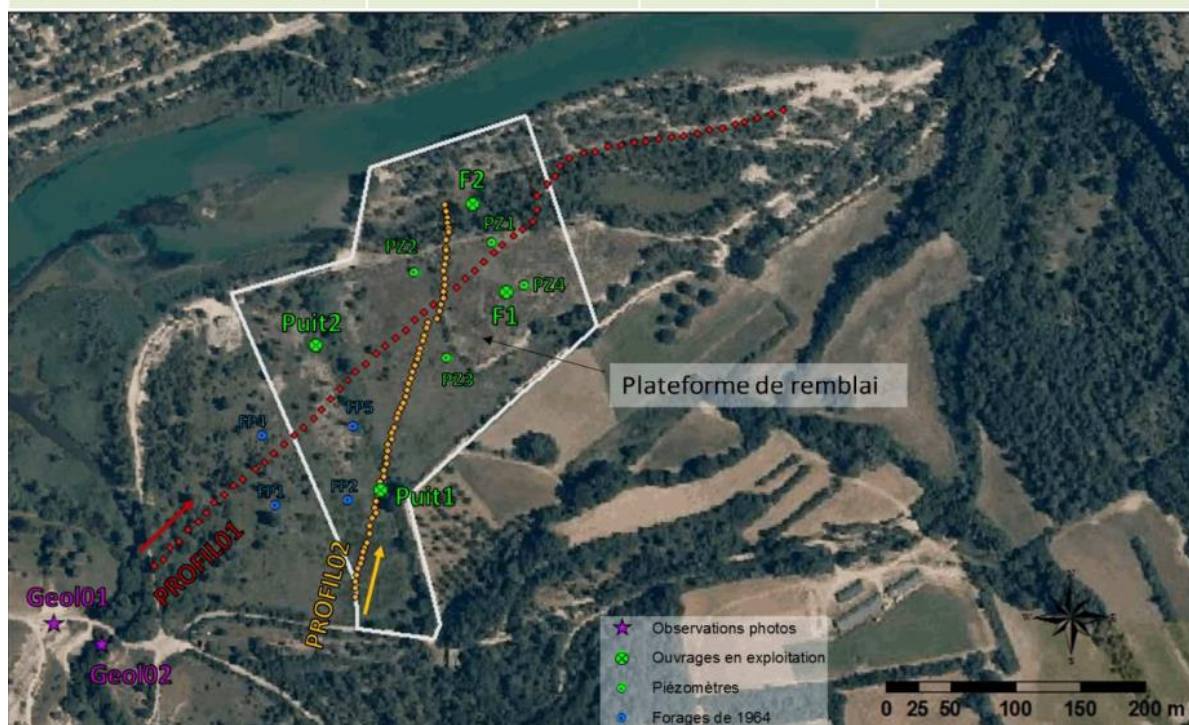
3.3 Etude géophysique

3.3.1 Localisation des profils géophysiques

Une campagne de prospection géophysique a eu lieu sur le champ captant de Montmeyan-Plage. L'objectif était de caractériser les formations géologiques, et si possible d'identifier :

- L'épaisseur de la couche alluviale ou de remblai, pour réaliser un ou deux nouveaux puits,
- La profondeur du substratum calcaire, au niveau de la parcelle 254 afin d'y implanter un nouveau forage d'alimentation en eau potable.

Nom du profil et orientation	Espacement inter-électrodes (m)	Longueur du profil (m)	Profondeur d'investigation obtenue (m)
MONTMEYAN-P01 : SO-NE	10	630	120
MONTMEYAN-P02 : SSO-NNE	5	315	38



3.3.2 Conclusion de l'étude géophysique

Les deux profils réalisés présentent une structuration horizontale avec trois couches bien distinctes :

- Une couche superficielle constituée par les alluvions récentes, de résistivité moyenne à élevée du fait de la présence d'alluvions grossières et de remblais calcaires, dont l'épaisseur varie de 5 à 15 m
- Une couche constituée par les marnes sableuses paléogènes, de résistivité faible, dont l'épaisseur varie de 25 à plus de 95 mètres
- Et une couche de résistivité moyenne, probablement composée des marno-calcaires du Crétacé inférieur, à l'affleurement en début du profil P01 (ou directement sous la couche alluvionnaire) puis dont la profondeur varie entre 35 m à plus de 100 m

3.4 Forage de reconnaissance « profond » sur Montmeyan-Plage

La prospection géophysique a permis de confirmer que la reconnaissance des calcaires marneux de l'Hauterivien était possible. Le syndicat a donc décidé de réaliser une reconnaissance jusqu'à 60 mètres de profondeur :

Coordonnées		X	Y	Z
Lambert 93		945696.49	6293301.51	360.97
WGS		43.696143	6.045368	360.97
Profondeur	Description	Etage géologique		
0 à 2,5 m	Terre végétale et remblai	Quaternaire		
2,5 à 5 m	Alluvions à graviers roulés, matrice argileuse, faible perméabilité apparente			
5 à 10m	Alluvions à graviers roulés, matrice plus sableuse, avec arrivées d'eau			
10 à 17 m	Marne argileuse gris foncé	Paléocène		
17 à 35 m	Argiles calcaires orangées			
35 à 40 m	Calcaires beiges qui présentent un aquifère peu productif débit estimé au soufflage : 20 m ³ /h			
40 à 44 m	Marnes grises et jaunes, imperméables			
44 à 46 m	Calcaires beiges fissurés. Débit lors de la foration 18 m ³ /h			
46 à 61 m	Marnes jaunes et grises en plaquette, imperméables			

La présence du calcaire a été atteinte à une profondeur moindre que ce qui était prévu par la géophysique.

Les mesures de débit obtenues au soufflage donnent des valeurs inférieures à 20 m³/h. Bien que les alluvions de tête aient été masquées par un tubage lors de la reconnaissance, une partie de l'eau peut malgré tout s'infiltrer et augmenter artificiellement le débit mesuré en fond d'ouvrage.

Le débit obtenu n'a pas incité le SIHV à envisager l'exploitation de l'ouvrage.

L'arrêt du sondage à 61 mètres n'a pas cependant permis de reconnaître l'ensemble des formations calcaires situées sous les alluvions du Verdon et sous les argiles Paléocènes.

3.5 L'important système aquifère de Canjuers

La carte géologique de la zone d'étude est présentée dans la figure 1. L'ensemble de la lithologie est ensuite présenté dans les chapitres suivants.

3.5.1 Le trias

3.5.1.1 *Keuper*

On retrouve des affleurements Triasiques notamment au Sud du camp de Canjuers au niveau des communes de Figanières et de Montferrat. Au Nord du camp, ces formations forment la colline de Saint Estève.

Les formations du Trias se sont formées au niveau d'ancienne lagune, elles disposent d'une puissance très importante (supérieure à 250 mètres), mais elles sont très chaotiques et le détail de leur stratigraphie est impossible en raison de son rôle dans la tectonique provençale.

Du sommet vers la base, on distingue généralement :

- Des dolomies rubanées, en lits minces interstratifiées de marnes vertes
- Des marnes bigarrées à amas de dolomies vacuolaires et de gypse
- Des argiles noires ou grises également gypseuses, pouvant receler des niveaux de lignites
- Des dolomies massives mal stratifiées.

3.5.1.2 *Rhétien*

Le Rhétien est constitué de calcaires graveleux ou finement détritiques gris, compacts, régulièrement lités, alternant avec des marno-calcaires jaunes et quelques niveaux dolomitiques. Des intercalations de marnes vertes ou grises sont présentes localement. La puissance du Rhétien est de l'ordre de 40 à 50 mètres.

3.5.2 Jurassique

3.5.2.1 *Jurassique inférieur et Moyen*

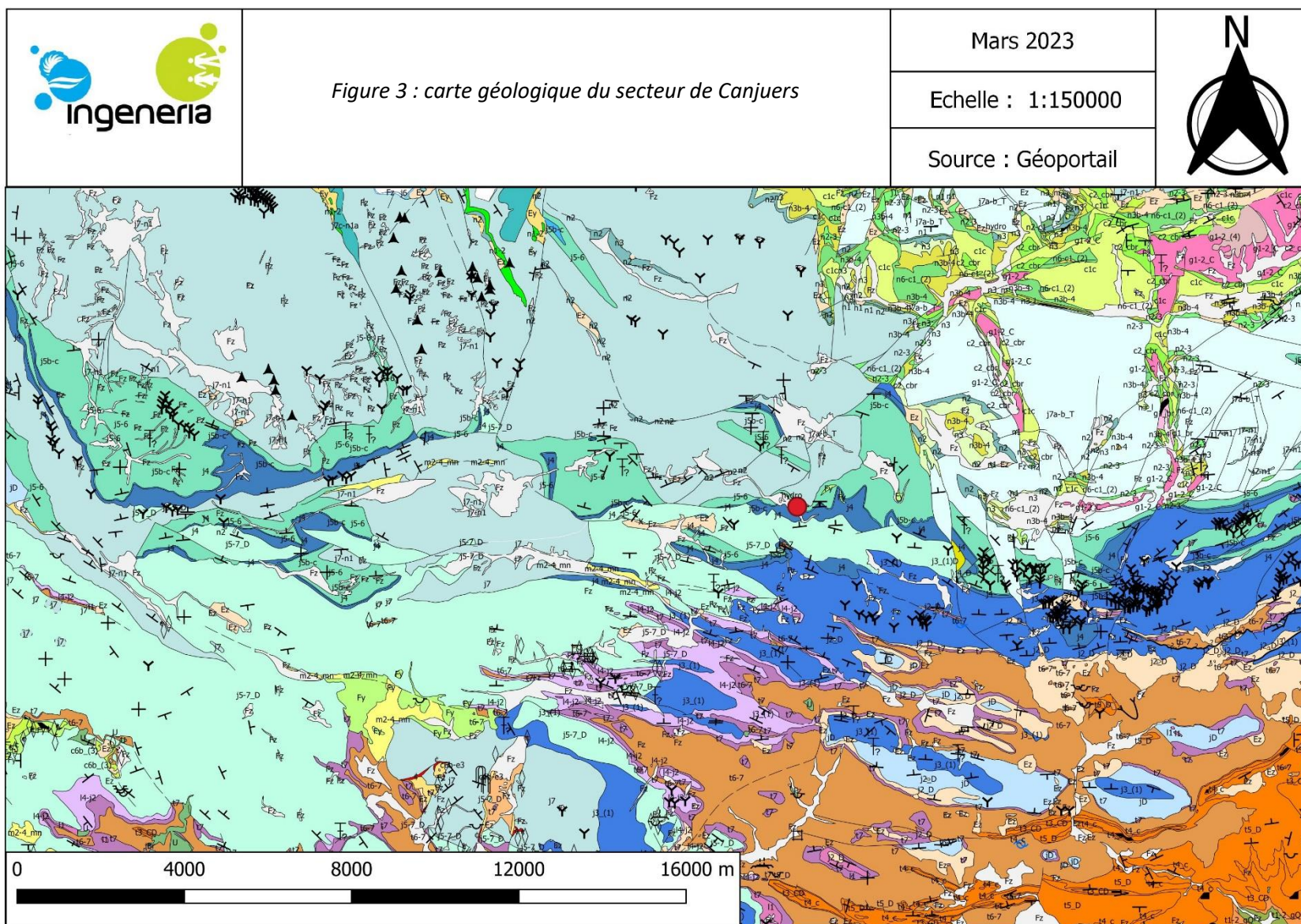
Sur l'ensemble du camp, nous notons l'absence d'Hettangien (lacune sédimentaire).

3.5.2.2 *Toarcien – Bajocien*

Nous observons ces formations dans le secteur Sud de la zone d'étude. Ces formations sont constituées de calcaires marins à silex, bruns ou roux, à débris fossilifères, localement oolithiques.

La puissance moyenne de 70 mètres.

SMEV – Alimentation en eau potable du SMEV
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique



Légende

● Site de la Glacière	■ n2-4, Valanginien-Barrémien - 141
⌋ 1, Gîte fossilifère	■ n2-3, Valanginien-Hauterivien indifférenciés - 142
~ 4, Carrière à ciel ouvert	■ n2, Valanginien : marnes et calcaires, lumachelles - 143
▲ 8, Gouffre, aven	■ n2a, Valanginien inférieur : calcaires et marnes - 145
Y 9, Mardelle, bétoire, doline, fontis	■ n1-2, Berriasien-Valanginien : calcaires et marnes - 146
👁 13, Source	■ n1, Berriasien : calcaires lités - 147
⌋ 38, Grotte	■ jBr, Jurassique : brèche tectonique - 149
X, Remblais, dépôts artificiels - 1	■ jD, Jurassique dolomitique - 150
Rn, Quaternaire : argiles de décalcification remplissant des poches karstiques - 4	■ j5-7_D, Jurassique supérieur indifférencié dolomitique - 153
Fz, Quaternaire : alluvions fluviales récentes (sables, limons, graviers, galets) - 5	■ j7-n1, Portlandien-Berriasien : calcaires marmoréens - 154
Ez, Eboulis récents - 10	■ j7-n1_D, Portlandien-Berriasien : faciès dolomitique - 155
Fy, Würm : cailloutis, graviers, sables - 14	■ j7c-n1a, Purbeckien : calcaires blancs massifs et marnes vertes - 156
Ey, Würm : éboulis - 17	■ j7, Tithonien (Portlandien) : calcaires blancs - 157
U, Tufs anciens - 23	■ j7a-b_T, Tithonien inférieur à Tithonien moyen : calcaires massifs blancs
g_C, Oligocène indifférencié : conglomérats, marnes et marnes sableuses - 47	■ j6, Kimméridgien : calcaires fins - 169
g1-2_C, Oligocène inférieur (Stampien) : argiles et poudingues	■ j5-6, Oxfordien et Kimméridgien : calcaires sublithographiques en bancs minces
g1-2_(4), Stampien : conglomérats et marnes supérieurs - 49	■ j5b-c, Argovien-Oxfordien supérieur : calcaires noduleux, calcaires argileux gris verdâtres
g1_br, Oligocène inférieur	■ j4, Callovien : calcaires en bancs réguliers, joints marno-calcaires - 183
e4-g, Eocène-Oligocène : marnes rouges et conglomérats - 58	■ j4_D, Callovien dolomitisé - 184
e3c_s, Sparnacien supérieur : sables à passées argileuses	■ j3, Bathonien : calcaires massifs à Rhynchonelles - 187
c6b-e3, Rognacien à Sparnacien : sables fluviaux, argiles micacées, calcaires - 82	■ j3_(1), Bathonien : calcaires plus ou moins dolomitiques - 188
c6b_(3), Maestrichtien supérieur : calcaires rognaciens, marno calcaires, marnes - 84	■ j3_(1)D, Bathonien dolomitisé - 189
c2_cbr, Turonien : calcaire marneux, bioclastiques, bréchiques, à Exogyres - 108	■ j2_D, Bajocien : calcaires dolomitiques et dolomie, calcaires oolithiques et marnes - 197
c1c, Cénomaniens supérieur : marnes grises - 115	■ l4-j2, Toarcien à Bajocien : calcaires à silex - 201
c1b, Cénomaniens moyen : grès glauconieux et grès à Exogyra - 116	■ l1, Hettangien : dolomies blanchâtres ou gris cendré; calcaires, marnes - 211
n6-c1_(2), Marnes noires albo-cénomaniennes à Bélemnites - 118	■ t7, Rhétien : calcaires en plaquettes, cargneules, marnes vertes réséda - 214
n5b-c1, Gargasien-Cénomaniens : marnes bleues gréséo-glauconieuses - 126	■ t6-7, Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules - 216
‡, Bauxite - 130	■ t5_D, Muschelkalk supérieur : dolomies - 221
n3-5a, Hauterivien-Aptien inférieur (?) : calcaires noirs lités - 134	■ t4_c, Muschelkalk moyen : calcaires - 223
n3b-4, Hauterivien supérieur-Barrémien : calcaires lités glauconieux - 135	■ t3_CD, Muschelkalk inférieur : dolomies, marnes dolomitiques, calcaires - 226
n3, Hauterivien : marnes grises et calcaires argileux - 136	■ t1-2_gQ, Trias inférieur (grès bigarré provençal) : grès arkosiques
n3_m, Hauterivien : marnes, marnocalcaires - 137	■ hó, Rhyolite - 247
n3_l, Hauterivien : lumachelle silicifiée, marnes, marnocalcaires - 138	■ ò, Aplites et pegmatites - 268
n2-c1, Valanginien à Cénomaniens indifférenciés - 140	■ Mæ2-3(b)(2), Gneiss métatexitiques hétérogènes à sillimanite - 337
	■ ë2, Tonalites de Prignonet et de Fontcounille - 354

3.5.2.2.1 Bathonien

Le Bathonien dispose d'une puissance de l'ordre de 200 mètres et est constitué de calcaires fins parfaitement lités, très karstifiés à patine claire incluant des intercalations marneuses beiges ou grises.

3.5.2.2.2 Callovien

Le Callovien est constitué de calcaires blanchâtres à beige et légèrement marneux. Sa puissance est de l'ordre de 40 mètres.

3.5.2.3 Jurassique Supérieur

3.5.2.3.1 Argovien – Oxfordien

Cette formation est très réduite environ 10 mètres et est composée de calcaires argileux beiges, avec parfois des grains verts de glauconie, séparés par des bancs marneux très minces et riches en débris fossiles.

3.5.2.3.2 Séquanien – Kimméridgien

Cette formation est essentiellement calcaire et dispose d'une puissance de l'ordre de 250 mètres. La présence d'ammonite en grand nombre est remarquable en certaines zones (site de tir de la Béoudre, carrière de Comboutaire).

3.5.2.3.3 Portlandien

Cette formation forme la grande partie des gorges du Verdon, le grand et petit plan de Canjuers. Elle est constituée de calcaires marmoréens sédimentés en bancs métriques. La puissance moyenne du Portlandien est de 450 mètres.

On note également la présence de recristallisation calcique.

3.5.3 Crétacé

3.5.3.1 Valanginien – Hauterivien

La puissance moyenne de ces formations est de l'ordre de 50 mètres. La lithologie n'est pas parfaitement connue. Une coupe sur le talus de la route, près de la chapelle de Saint-Marcellin montre de la base au sommet :

- 20 mètres de calcaires marneux gris et jaunes passant à des calcaires fins marneux et des marnes jaunes.
- 1 mètre de calcaire marneux fin et des marnes très riches en glauconie
- 15 mètres de marnes jaunes et vertes gréseuses
- 30 mètres de calcaires marneux jaunes et gris, noduleux

3.5.3.2 Barrémien

Le Barrémien est représenté par des calcaires blancs, lités ou en miches, légèrement marneux. La puissance moyenne de cette formation est de l'ordre de 30 mètres.

3.5.3.3 Albien – Cénomaniens inférieurs

Ces deux étages ont une lithologie identique, sous forme de marnes noires à rares intercalations de marno-calcaire. Cette série forme une combe dans la topographie. Dans la dépression de l'Avelan et le bassin Crétacé de Brovès, la puissance est de 60 cm.

3.5.3.4 Cénomaniens supérieurs

Cet étage est constitué de calcaires détritiques ou graveleux, compacts, de teinte beige clair à stratification irrégulière. Sa puissance est de l'ordre de 150 mètres.

3.5.3.5 Turonien

Ce dernier étage Crétacé est constitué de calcaire zoogène, à interdits de marnes claires, jaunes ou verdâtres. Sa puissance est de l'ordre de 40 mètres.

3.5.4 Tertiaire

Cette série est mentionnée, car elle est largement présente dans la dépression de la Glacière, mais elle ne forme, par endroits, qu'une pellicule d'une dizaine de centimètres d'épaisseur qui suffit cependant à masquer les affleurements du Jurassique sous-jacent. En outre, elle n'a aucun rôle au point de vue hydrogéologique.

3.5.5 Géomorphologie

Le mot karst désigne certaines régions caractérisées par des formes de relief originales développées dans de puissants dépôts calcaires.

Sur le plan géomorphologique, la particularité du relief karstique se traduit par l'insignifiance, voire l'absence de toute organisation des pentes en fonction des éléments d'un réseau hydrographique : l'écoulement superficiel de l'eau est réduit à de rares rivières allogènes, presque sans affluents et profondément enchâssées dans les calcaires.

Nous retrouvons de nombreux signes d'érosion karstique dans le camp Canjuers.

- Nous retrouvons de nombreux lapiaz dans les calcaires Portlandiens, notamment au niveau des grands et des petits plans de Canjuers. L'Hubac de la montagne de Barjaude montre, hors des amas colluviaux de pentes, les cloisons et alignements de blocs calcaires émergeant entre les rainures et rigole colmatée par les produits de décalcification.
- A Canjuers le secteur de Clos Magnan (calcaires Bathoniens) est caractérisé par une densité élevée de dolines extrêmement régulières de type soucoupe, très proches les unes des autres, donnant un aspect alvéolé au karst. La doline en entonnoir du Clos d'Espargon, d'une régularité remarquable, est la plus importante de Provence.

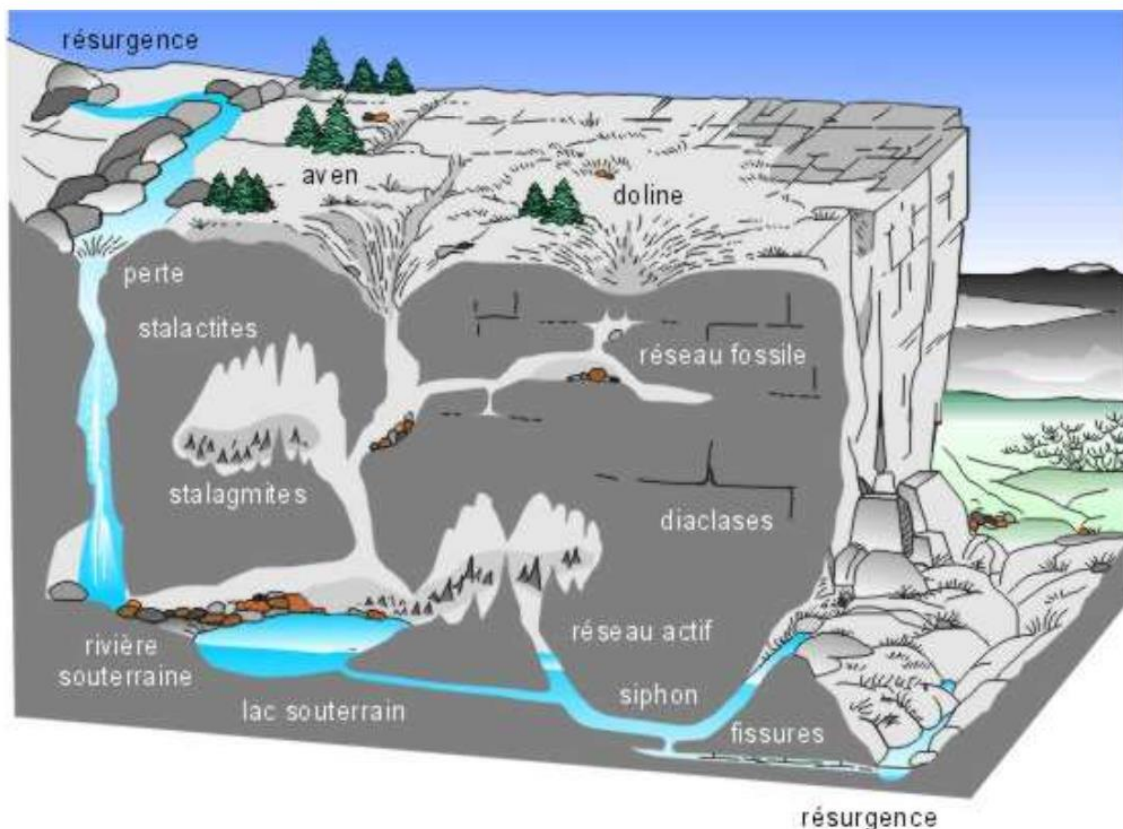


Figure 4 : coupe schématique d'un système karstique

3.5.6 Les terrains perméables

L'ensemble Jurassique, calcaires et dolomies, ne présente aucun niveau imperméable. Deux zones apparaissent cependant très karstifiées, au sommet et à la base :

- L'ensemble Séquanien/Portlandien
- Les niveaux Toarcien/Bathonien

Ces deux entités à haute perméabilité sont séparées par le Callovien et l'Argovo-Oxfordien dont la karstification est réduite, voire absente. La lithologie de ces calcaires « impurs », localement marneux et finement stratifiés (délitage en plaquettes) donne à ces formations une perméabilité très moyenne (exemple du forage F4 de la Glacière).

Parmi les formations du secteur, deux séries sont perméables :

3.5.6.1 *Jurassique Moyen*

Dans cet ensemble se trouvent les calcaires en plaquettes du Callovien et les calcaires dolomités du Bathonien. Ils constituent un réservoir occupant le versant Nord du Massif de l'Esperel. La source de la Glacière en est un exutoire. Les calcaires en plaquettes présentent à l'affleurement, un pendage vers le Nord (40°). La proximité d'une faille et la disposition verticale des couches plus en profondeur expliqueraient l'existence de la zone broyée rencontrée à partir de 50 mètres, qui a rendu difficile l'exécution des sondages de reconnaissance T5 et T6.

3.5.6.2 *Jurassique Supérieur*

Les calcaires sublithographiques en petits bancs du Séquano-Kimméridgien sont également fissurés et aquifères. Ils sont exploités par les forages P1 et P2 de la Glacière, situés près de la rive gauche de l'Artuby. Ces calcaires présentent à l'affleurement un pendage vers le Sud presque vertical.

3.5.7 Les terrains imperméables

Les formations imperméables de la zone d'étude sont le Keuper et la base du Rhétien, qui forment en raison d'une puissante sédimentation à dominante argilo-marneuse et présence de gypse une série imperméable.

Les intercalations dolomitiques peuvent recéler de petits aquifères captifs d'extensions réduites.

Le Trias forme en fait le niveau de base réellement imperméable pour toute la série carbonatée, soit environ 1100 mètres jusqu'au sommet du Portlandien.

Les marnes noires de l'Albien/Cénomaniens sont également imperméables et limitent l'aquifère des calcaires à Orbitolines qui les surmontent (Brovès).

L'étage Argovien/Oxfordien, constitué de calcaires argileux et de marnes, sur une quinzaine de mètres d'épaisseur, forme un écran séparant les deux aquifères décrits ci-dessus.

3.5.8 Mise en évidence des circulations karstiques

Depuis le début du XXe siècle, de nombreux traçages colorés (fluorescéine) ont été réalisés au niveau du camp de Canjuers pour comprendre les écoulements souterrains, parfois complexes en milieu karstique. Une carte réalisée en 1989 par la DDA fait état de l'ensemble de ces traçages.

3.5.8.1 *Injection dans la doline du Clos d'Espargon*

Ce traçage réalisé en 1984 a permis de mettre en évidence la relation entre la doline du Clos d'Espargon et les sources de la Siagnoles. La vitesse moyenne observée est de 90m/h.

Ce cheminement des eaux est rendu possible par la présence du chevauchement d'Avaye et par l'anticlinal de Miéraure qui bloque le passage de l'eau par le Sud par la présence des formations Triasiques imperméables. Le circuit devient alors commun avec celui de l'aven des Corneilles.

3.5.8.2 Aven du trou des Corneilles

L'injection de colorant a permis de mettre en évidence la relation entre l'aven du trou des Corneilles et les sources de la Siagnoles. La vitesse de transit est relativement faible (3,2 m/h). Le trajet doit donc être relativement long et emprunter probablement le circuit suivant :

- Faisceau de failles médianes vers le château d'Esclapon, au Nord
- Fossé Crétacé du fil, en direction du Sud
- Passage par un axe synclinal vers le réseau de failles de Mons
- Liaison directe vers les sources par une faille passant au niveau des émergences.

3.5.8.3 Perte de l'Artuby

La perte principale de l'Artuby en aval du synclinal de Chardan (voisine de 300 l/sec) est située sur un diverticule d'une faille importante. Ces pertes représentent un apport important dans le système aquifère du karst.

La rivière n'atteint sa confluence avec le Verdon que pour un débit de 800 l/sec.

L'injection de colorant a été observée sur les sources de Garruby et Fontaine-l'Évêque, soit près de 30 km à l'Ouest/Nord-Ouest (vitesse de 69 m/h).

3.5.8.4 Perte du plan d'Anelle

Le traçage réalisé sur la perte du plan d'Anelle est intéressant et ouvre de nombreuses pistes de réflexion étant donné la présence de résultats qui peuvent paraître très improbables.

La perte du Plan d'Anelle est une perte de l'Artuby située à 3 km au Nord de Bargème, lors de ce traçage, plusieurs points ont répondu positivement :

- La source de Fontaine-l'Évêque à l'Ouest
- Les sources de la Siagnoles à l'Est
- La source de la Bresque au Sud-Ouest
- Les sources de Saint-Barthélemy au Sud-Ouest

Ces résultats mettent en avant la présence d'écoulement complexe avec de nombreuses interactions possibles entre les différentes formations. La relation de cette perte avec les sources de la Bresque et de Saint-Barthélemy, semble géologique improbable ; erreur d'analyse ? Interaction avec un autre traçage ?

3.5.8.5 Grand plan de Canjuers

L'injection a été réalisée dans le grand Aven (placé sur un axe de faille parallèle à la faille de l'Artuby) qui se trouve exactement sur le trajet entre les pertes de l'Artuby et les sources de Fontaine-l'Évêque/Garruby.

Le fait de retrouver dans ces sources une coloration effectuée dans le grand aven est un élément positif qui tendrait à considérer l'hypothèse de circulation des eaux depuis la perte de l'Artuby comme plausible.

4 Etude géologique et hydrogéologique

4.1 Géomorphologie

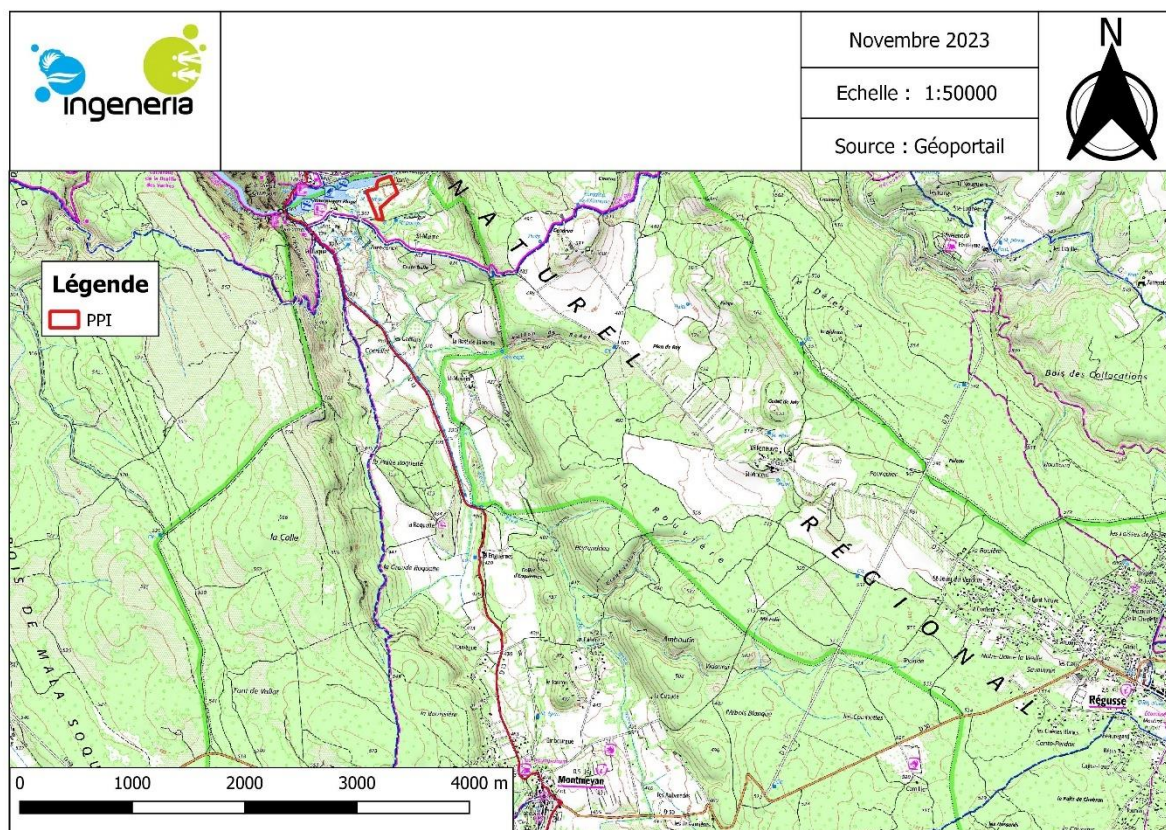


Figure 5 : Carte topographique de la zone d'étude (IGN)

Le secteur de Montmeyan se caractérise par la présence d'une vaste vallée d'orientation NNO/SSE de 2 km de large pour 15 km de long correspondant à un bassin d'effondrement. L'altitude de cette vallée est comprise entre 375 et 400 m NGF tandis que les reliefs dépassent aisément les 500 m NGF. Le Verdon recoupe cette structure dans sa partie septentrionale suivant une orientation NNE/SSO. De part et d'autre de cette vallée, des gorges se sont formées.

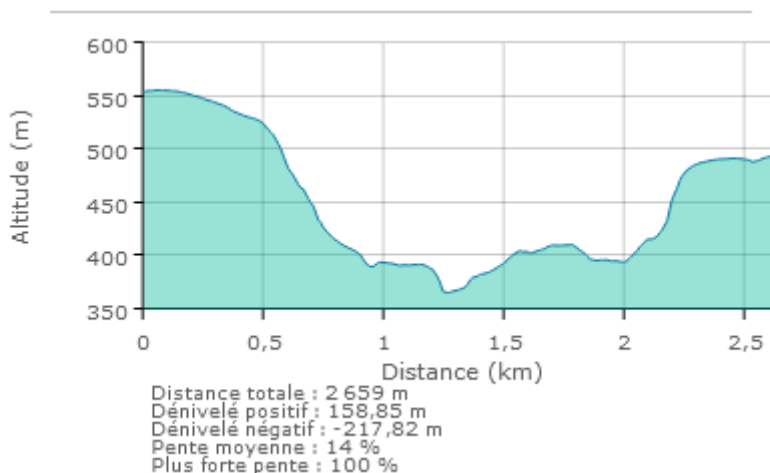
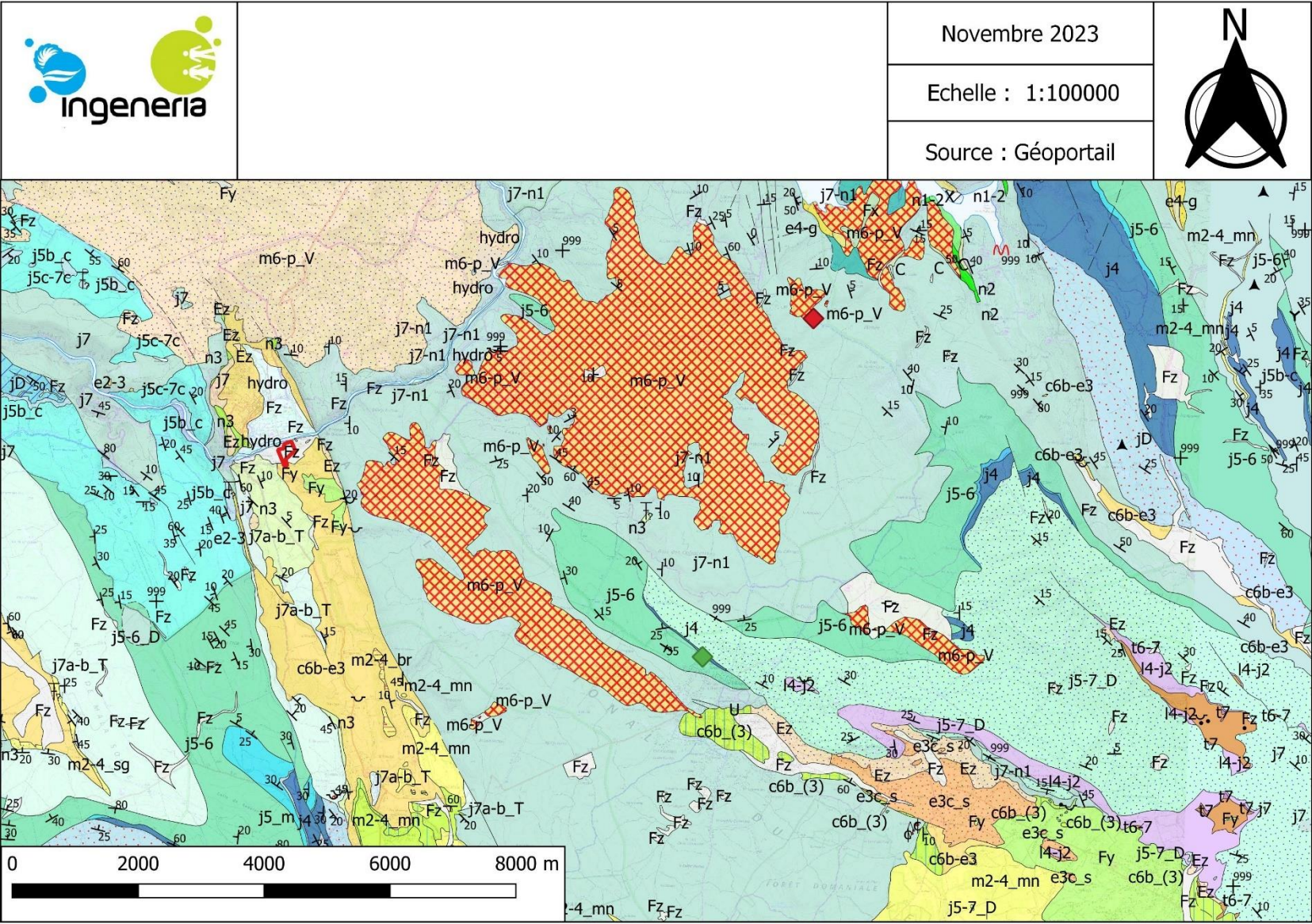


Figure 6 : profil altimétrique de la vallée de Montmeyan

4.2 Géologie

4.2.1 Contexte général

La carte géologique de la zone d'étude est présentée dans la figure suivante :



Légende

	PPI		n3, Hauterivien : marnes grises et calcaires argileux - 136
	Réservoir Baudinard		n2-3, Valanginien-Hauterivien indifférenciés - 142
	Réservoir Régusse		n2, Valanginien : marnes et calcaires, lumachelles - 143
	X, Remblais, dépôts artificiels - 1		n1-2, Berriasien-Valanginien : calcaires et marnes - 146
	Fz, Quaternaire : alluvions fluviatiles récentes (sables, limons, graviers, galets) - 5		jD, Jurassique dolomitique - 150
	C, Quaternaire : colluvions d'âge indéterminé (limons, cailloutis) - 7		j5-7_D, Jurassique supérieur indifférencié dolomitique - 153
	Ez, Eboulis récents - 10		j7-n1, Portlandien-Berriasien : calcaires marmoréens - 154
	Fy, Würm : cailloutis, graviers, sables - 14		j7c-n1a, Purbeckien : calcaires blancs massifs et marnes vertes - 156
	Ey, Würm : éboulis - 17		j7, Tithonien (Portlandien) : calcaires blancs - 157
	Fx, Riss : alluvions de la moyenne terrasse (cailloutis et graviers) - 18		j7a-b_T, Tithonien inférieur à Tithonien moyen : calcaires massifs blancs faciès tithonique - 160
	U, Tufs anciens - 23		j6, Kimméridgien : calcaires fins - 169
	m6-p_V, Mio-Pliocène : formation de Valensole indifférenciée, poudingues - 29		j5-6, Oxfordien et Kimméridgien : calcaires sublithographiques en bancs minces riches en ammonites - 172
	m2-4_br, Vindobonien : brèches - 35		j5-6_D, Oxfordien et Kimméridgien : calcaires et dolomies - 173
	m2-4_sg, Vindobonien : sables et galets - 36		j5b-c, Argovien-Oxfordien supérieur : calcaires noduleux, calcaires argileux gris verdâtres, marnes pulvérulentes - 174
	m2-4_mn, Vindobonien : marnes noduleuses - 37		j5b_(1), Oxfordien moyen (Argovien) : calcaires grumeleux verdâtres à Ammonites roulées - 177
	m2-4_c, Vindobonien : calcaires et marno-calcaires - 38		j5_m, Oxfordien : marnes - 179
	e4-g, Eocène-Oligocène : marnes rouges et conglomérats - 58		j4, Callovien : calcaires en bancs réguliers, joints marno-calcaires - 183
	e3c_s, Sparnacien supérieur : sables à passées argileuses, lentilles conglomératiques - 74		I4-j2, Toarcien à Bajocien : calcaires à silex - 201
	c6b-e3, Rognacien à Sparnacien : sables fluviatiles, argiles micacées, calcaires - 82		t7, Rhétien : calcaires en plaquettes, cargneules, marnes vertes réséda - 214
	c6b_(3), Maestrichtien supérieur : calcaires rognaciens, marno calcaires, marnes - 84		t6-7, Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules - 216
	c6b_(2), Maestrichtien supérieur (?) : grès à reptiles - 85		hydro, Réseau hydrologique - 466
	φ, Bauxite - 130		

La zone d'étude se situe en bordure du Verdon, au nord de la commune de Montmeyan, au centre du bassin d'effondrement de Quinson. Cette structure, longue de 15 km et large de 1 à 2 km, orientée NNO/SSE, est remblayée par des formations argilo-sableuses d'âge paléo-éocène (Sparnacien à Montien), partiellement surmonté d'un ensemble plus sableux (sables et grès) du Vindobonien (Miocène). Elle est bordée à l'ouest par une faille principalement inverse-dextre (faille de Montmeyan) et à l'est par une faille à composante normale, conférant un caractère largement asymétrique à ce «pseudo-graben». Ainsi affleurent les marno-calcaires hauteriviens dans la partie occidentale du fossé (en aval du site), alors que les formations argilo-sableuses tertiaires sont présentes principalement dans sa partie orientale, et sous les dépôts alluvionnaires du Verdon, au droit du site et en amont de celui-ci. De part et d'autre de cette structure, limitée par des falaises verticales de 150 m environ (Figures 4 et 6), s'étend un plateau de calcaires dolomitiques du Jurassique (Tithonien).

Au vu de ce contexte géologique, il est difficile de prédire exactement la profondeur du substratum calcaire (d'âge Hauterivien et/ou Jurassique) sous les formations argilo-sableuses à l'aplomb du champ captant. Ainsi, au nord-est du site, et sur l'autre rive (sur la localité de Quinson), un forage profond de 100 m a identifié, sous les alluvions récentes du Verdon de 8 m d'épaisseur, plus de 92 m de formations argilo-sableuses du Paléogène. Le calcaire hauterivien affleure tout de suite en aval du site, au niveau du pont, et a une puissance d'au moins 40 m dans un autre forage plus au sud.

Les terrains les plus perméables correspondent aux dépôts alluviaux du Verdon. Ces terrains sont composés d'alluvions plus ou moins grossières avec une chenalisation marquée. Le substratum de cette formation quaternaire est composé des terrains marno-calcaires de l'Hauterivien en aval du site et des formations argilo-sableuses paléo-éocènes au droit du champ captant et en amont de celui-ci. Des paléochenaux remplis d'alluvions relativement grossières ont été identifiés. La base des alluvions se trouverait proche de la cote 355 m NGF avec une épaisseur de la nappe de l'ordre de 5 à 6 m.

Les ouvrages présents sur le site sont deux puits (Puits 1 et Puits 2) datant de 1966, dont aucune coupe technique ou géologique n'a été retrouvée et deux forages INTRAFOR-COFOR de 1977 (F1 et F2) ainsi que des piézomètres (PZ1, PZ2, PZ3 et PZ4) dont les coupes géologiques, sont indiquées en annexe. Le forage F1 a été implanté sur la plateforme de remblai située au sud du portail d'accès à la zone haute du périmètre de protection immédiate du champ captant. Cette plateforme est constituée de remblais généralement grossiers, à blocs calcaires, provenant des travaux d'aménagement du barrage de Quinson situé à quelques centaines de mètres en amont de la rivière. Le forage F2 se situe également sur une plateforme de remblai au nord d'un talweg qui n'a pas été comblé.

Falaise du Tithonien côté Ouest



4.2.2 Coupes géologiques

Au droit du champ captant de Montmeyan-Plage, la coupe géologique est la suivante :



Figure 7 : coupe géologique au droit du champ captant de Montmeyan-Plage

On observe que le synclinal de Montmeyan est comblé par des formations plus ou moins argileuses sur des épaisseurs importantes, mais restant inconnus (absence de forage profond dans le secteur). Ces formations argileuses reposent sur les calcaires fortement aquifères du Portlandien. Ce sont ces mêmes calcaires qui sont à l'origine de l'important système aquifère de Canjuers, dont l'exutoire principal est Fontaine-l'Evêque.

Les piézomètres réalisés lors de la construction du barrage de Sainte-Croix mettent en avant de l'importante puissance des calcaires du Portlandien, mais également de son intense fracturation et de son fort pouvoir aquifère.

La répartition des formations argileuses dans le fossé d'effondrement de Montmeyan n'est pas homogène :

- Leurs puissances sont plus faibles à l'Ouest tandis que la puissance maximale est atteinte au contact de la faille de Quinson.
- Plus on se dirige vers le Sud, plus on retrouve à l'affleurement des calcaires marneux de l'Hauterivien, qui sont situés sous près de 100 mètres d'argile au Nord.

4.3 Hydrogéologie

Le SMEV est situé dans le cœur de la masse d'eau d'eau souterraine FRDG 139 « Plateaux calcaires des Plans de Canjuers, de Tavernes-Vinon et Bois de Pelenq », qui représente une très importante ressource d'eau.

La nature aquifère d'un terrain (c'est-à-dire sa capacité à contenir une nappe d'eau souterraine) est liée à sa porosité et à sa perméabilité :

- **Porosité** = présence de vides. Ici, nous observons 3 types de porosité : celle des galeries karstiques (suspectée dans notre zone d'étude), aussi appelées « porosité en grand », celles des fractures de la roche appelée « porosité de fissures » et celle des matrices poreuses appelées « porosité d'interstices ».

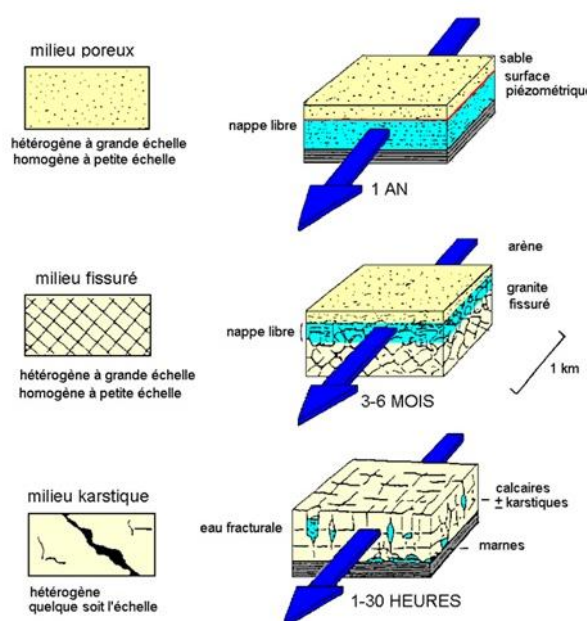


Figure 8 : Vitesse d'écoulement en fonction de la porosité

- **Perméabilité** = capacité de l'eau à circuler dans le terrain. Elle est liée à la porosité efficace, impliquant que les « vides » soient reliés entre eux (sinon, l'eau reste « piégée » dans le terrain).

Nature des roches	Coefficient de perméabilité (m/s)
Graviers (alluvions)	10^{-2}
Calcaires	10^{-2} à 10^{-6}
Grès et Pelites	10^{-7}
Schiste	10^{-7} à 10^{-10}
Argile	10^{-7} à 10^{-10}

Plus la valeur du coefficient de perméabilité est faible plus la perméabilité est faible. Pour rappel $10^{-2} = 0,01$ et $10^{-10} = 0,0000000001$.

4.3.1 Porosité karstique et de fissure

La porosité karstique est caractérisée par des vides, souvent de volumes importants, que l'eau météorique a créée par dissolution de la roche carbonatée, à l'origine d'une première fracture.

La porosité de fissure correspond à la fracturation des roches, sans que ces dernières soient pour autant karstifiées.

De façon explicite et générale : le pompage dans un karst vidange les conduites, le système se comporte comme un simple réservoir que l'on épuise. Lors d'un pompage dans un milieu fissuré, le forage est possiblement réalimenté au fur et à mesure que l'on prélève de l'eau. Cette réalimentation se fait par un réseau de fractures connectées.

Sur la zone d'étude, on retrouve un vaste système karstique dont les exutoires majeurs sont Fontaine-l'Evêque et les sources de la Siagnoles. De nombreux de sous-système sont également présent avec des exutoires qui peuvent être importants (sources des Frayères, sources de la Bresque).

Au niveau du plateau de Quinson, il n'existe aucun forage d'eau profond et de sources importantes ? Toutefois, à la vue de la géologie similaire aux plans de Canjuers, il est probable qu'une forte karstification soit présente.

La recharge de ces systèmes est essentiellement due à l'infiltration des eaux météoritiques, l'absence de cours d'eau majeurs (hormis le Verdon) témoigne d'une infiltration importante.

En plus, des systèmes karstiques on retrouve, notamment dans le synclinal de Montmeyan, des calcaires moins perméables où des écoulements fissuraux peuvent se mettre en place : cela est le cas des calcaires de l'Hauterivien, que l'on retrouve à l'affleurement au niveau du champ captant de Montmeyan-Plage.

5 Proposition d'implantation des forages d'exploration

5.1 Implantation par rapport à la géologie

Comme demandé dans le CCTP, plusieurs zones ont été sélectionnées afin d'explorer de nouvelles ressources dont le potentiel hydrogéologique serait suffisant pour le besoin de 100 m³/h. Dans chacune de ces zones sera réalisé à *minima* un forage de reconnaissance en faible diamètre. L'ouvrage le plus productif et dont les analyses d'eau respectent les seuils de concentration pour une utilisation en eau potable sera transformé et équipé en forage de production.

L'analyse des cartes géologiques et leurs études structurales, ainsi que la prise en compte de l'ensemble des travaux et des études réalisées sur le secteur de Rocbaron nous permet de définir différents zonages géologiques.

N	Critère	Type de formation	Zone géographique dans la zone d'étude
1	Nécessité d'un aquifère exempt de concentration importante en sulfates (couche de gypse)	Calcaire ou dolomies du Jurassique et Crétacé	→ Privilégier les zones calcaires du Jurassique aux calcaires du Keuper. Les formations du Keuper contiennent du gypse pouvant être à l'origine d'importante concentration en sulfate.
2	Présente des indices reconnus ou supposés de karstification et/ou de fracturation	Toutes formations carbonatées	→ Privilégier les calcaires du Portlandien qui dispose de fort indice de karstification
3	Épaisseur noyée suffisante (100 m minimum) ou forte productivité (rabattement inférieur à 20 m en pompage à l'étiage)	Ensemble des formations calcaires et dolomitiques du Jurassique et Crétacé	→ Privilégier les calcaires du Portlandien qui dispose de fort indice de karstification
4	Profondeur d'investigation inférieure à 400 mètres	Toutes les formations carbonatées	→ L'ensemble des secteurs où l'altitude est supérieure à 700 m NGF

Les critères de sélection, présentés dans le tableau ci-dessus, ont permis de mettre en évidence qu'une très grande partie du territoire syndical présente un potentiel aquifère, mais à une grande profondeur. En effet, les aquifères superficiels ne peuvent pas être utilisés pour l'alimentation en eau potable de la commune :

- La nappe d'accompagnement du Verdon est déjà captée par le champ captant de Montmeyan-Plage, l'objectif est donc de s'affranchir de cette ressource,
- L'aquifère contenu dans les calcaires du Portlandien (massif de Rocbaron) présente un potentiel hydrogéologique,

L'implantation des forages de reconnaissance va donc dépendre d'autre critère tel que (la proximité des réseaux, la profondeur de l'ouvrage, la protection de la ressource ...). Ces critères sont présentés dans les chapitres suivants.

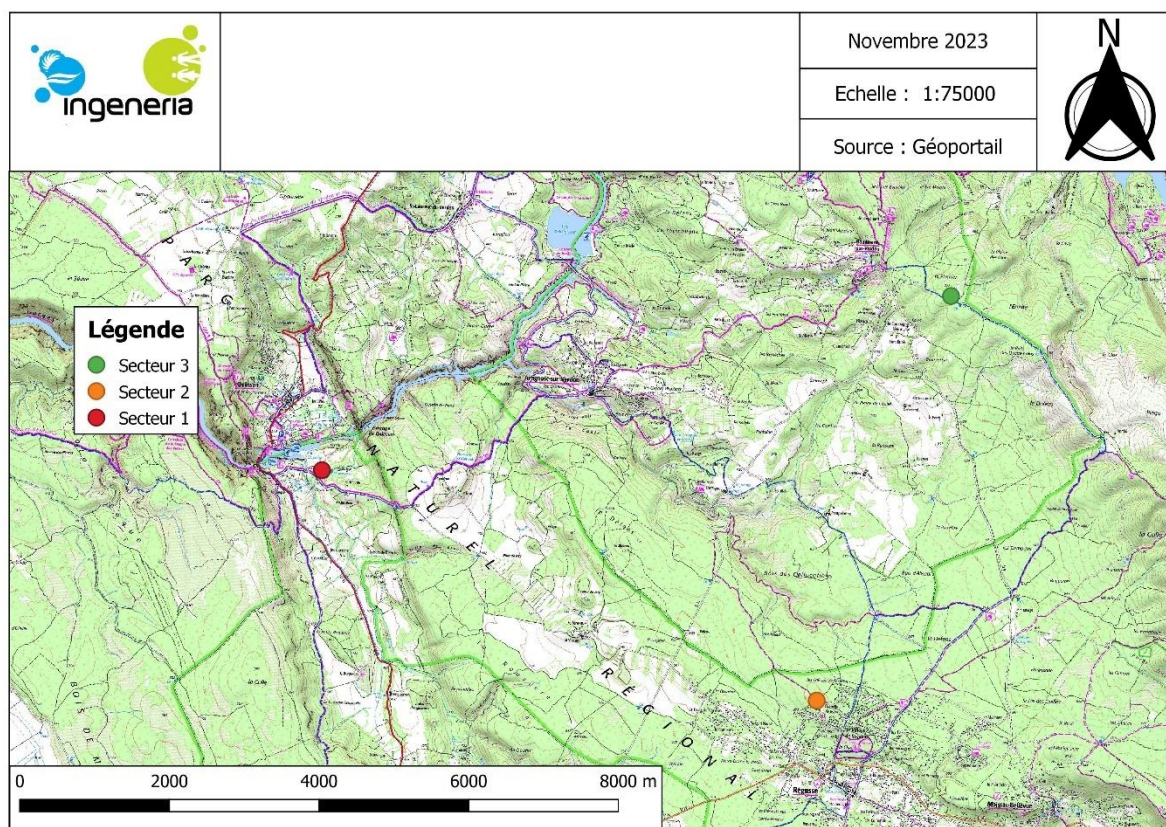


Figure 9 : Proposition d'implantation des forages de reconnaissance

La description des secteurs retenus est présentée dans le tableau suivant :

Zone envisagée	Altitude	Profondeur estimative	Débit prévisionnel	Faisabilité
1	361 m	200 ou 400 m	80 à 100 m ³ /h	Bonne
2	605 m	300 m	80 à 100 m ³ /h	Bonne
3	722 m	450 m	100 à 120 m ³ /h	Bonne

5.2 Implantation par rapport à la piézométrie

La piézométrie et le rabattement de la nappe induisent la profondeur des forages à réaliser, en fonction de l'altitude du sol au droit du forage. Compte tenu du débit recherché et de la taille des pompes requises pour remonter l'eau à la hauteur voulue, nous avons établi que des forages de plus de 400 mètres de profondeur constituent la limite à ne pas dépasser.

La réalisation d'un forage de plus de 400 mètres de profondeur sera un critère de déclassement des zones de recherche

Le tableau suivant synthétise la faisabilité des travaux, selon les profondeurs prévisionnelles des forages dans les secteurs géologiquement favorables :

Secteur	Altitude Profondeur nappe	Côte arrivée d'eau, rabattement	Profondeur du forage	Faisabilité
1	Altitude : 361 m NGF Prof. Nappe (estimé) : 10 m/sol	Arrivée d'eau vers 50 mètres de profondeur Rabattement inconnu	200 m	Bonne
1'	Altitude : 361 m NGF Prof. Nappe (estimé) : artésien	Arrivée d'eau vers 300 mètres de profondeur Rabattement inconnu	400 m	Bonne
2	Altitude : 605 m NGF Prof. Nappe (estimé) : 200 m/sol	Arrivée d'eau vers 200 mètres de profondeur Rabattement inconnu	300 m	Bonne
3	Altitude : 722 m NGF Prof. Nappe (estimé) : 350 m/sol	Arrivée d'eau vers 350 mètres de profondeur Rabattement inconnu	450 m	Mauvaise

5.3 Implantation par rapport à l'occupation des sols – Activités humaines

La réalisation d'un forage de reconnaissance ne peut pas être impactée par les activités humaines. Cependant, si le forage s'avère concluant, la mise en place d'une DUP est nécessaire, et certaines activités humaines peuvent freiner le projet.

Selon la base de données géographique Corine Land Cover de 2012, les forages sont implantés sur des parcelles occupées par :

Zone envisagée	Occupation des sols	Faisabilité
1	Dominance de terrain naturel (forêt de feuillus) zones en dehors de toutes activités humaines pouvant nuire à la qualité des eaux souterraines	Bonne
3		
2	Dominance de tissu urbain discontinue.	Moyenne

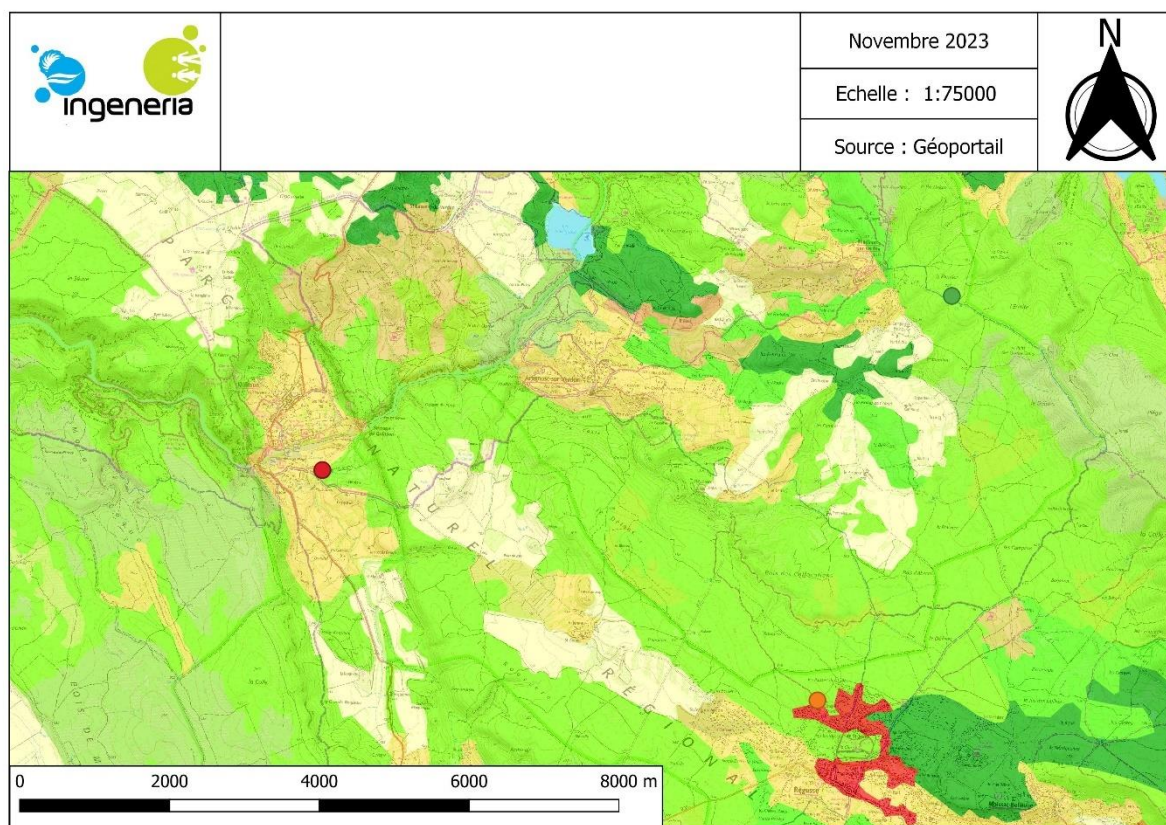


Figure 10 : Carte CORINE LAND COVER

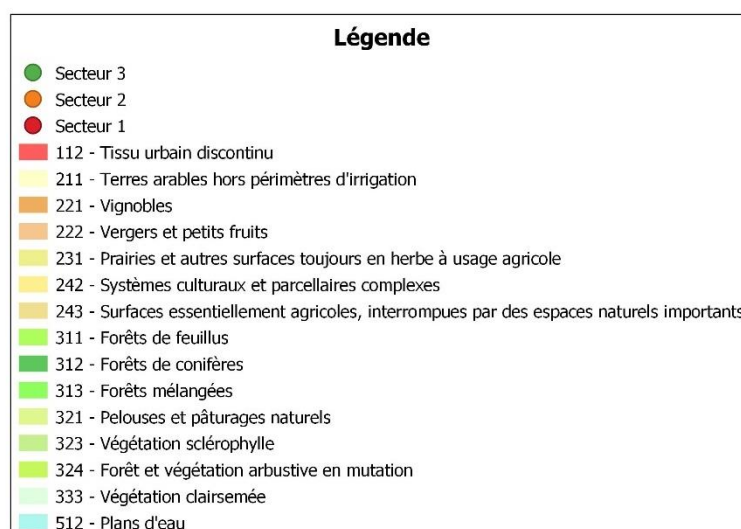


Figure 11 : légende de la carte Corine Land Cover

L'occupation des sols en amont des zones envisagées pour la recherche en eau est à dominante naturelle, cela est positif pour assurer une protection satisfaisante de la ressource en eaux.

5.4 Localisation des zones protégées (ZNIEFF, Natura 2000,...)

Les zones protégées sont utiles pour la protection de la ressource en eau, en effet, dans ces zones les activités qui ne respectent pas l'environnement ne sont pas autorisées. Toutefois, la traversée de ces zones lors des travaux de raccordement va faire l'objet d'autorisation plus complexe.

Les forages implantés ne se situent pas sur des zones protégées, mais à proximité. Le projet est donc réalisable sur ces parcelles.

	Zone protégée la plus proche	Distance du forage
Forage 1	ID : FR9312012, NATURA 2000 Plateau de Valensole	400 m
	ID : 930020290, ZNIEFF 2 Le Verdon et ses versants boisés, entre les basses gorges et le barrage de Sainte-Croix – Retenue de Quinson	220 m
	ID : 930020376, ZNIEFF 1 Basses Gorges du Verdon	860 m
Forage 2	ID : 930020248, ZNIEFF 2 Forêt de Pélenc	1 450 m
Forage 3	ID : 930020250, ZNIEFF 2 Lac de Sainte-Croix	A l'intérieur

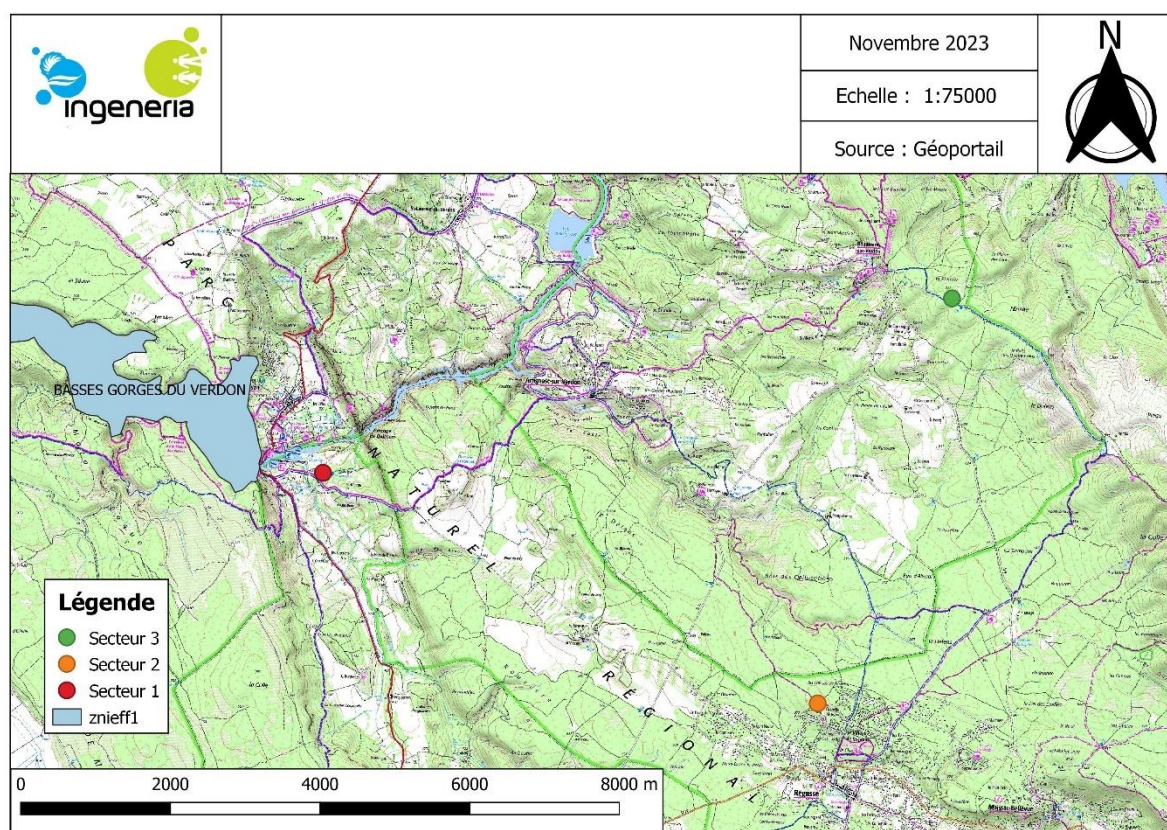


Figure 12 : Localisation des zones protégées ZNIEFF de type 1

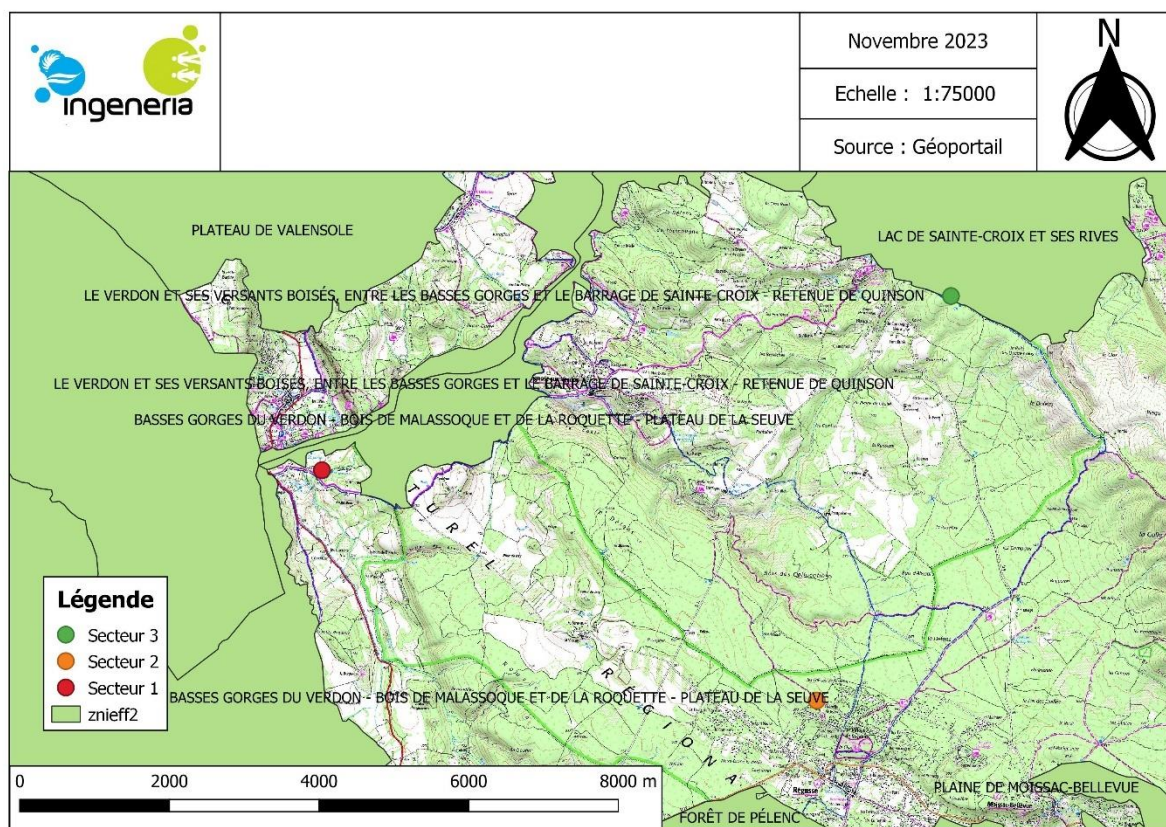


Figure 13 : Localisation des zones protégées ZNIEFF de type 2

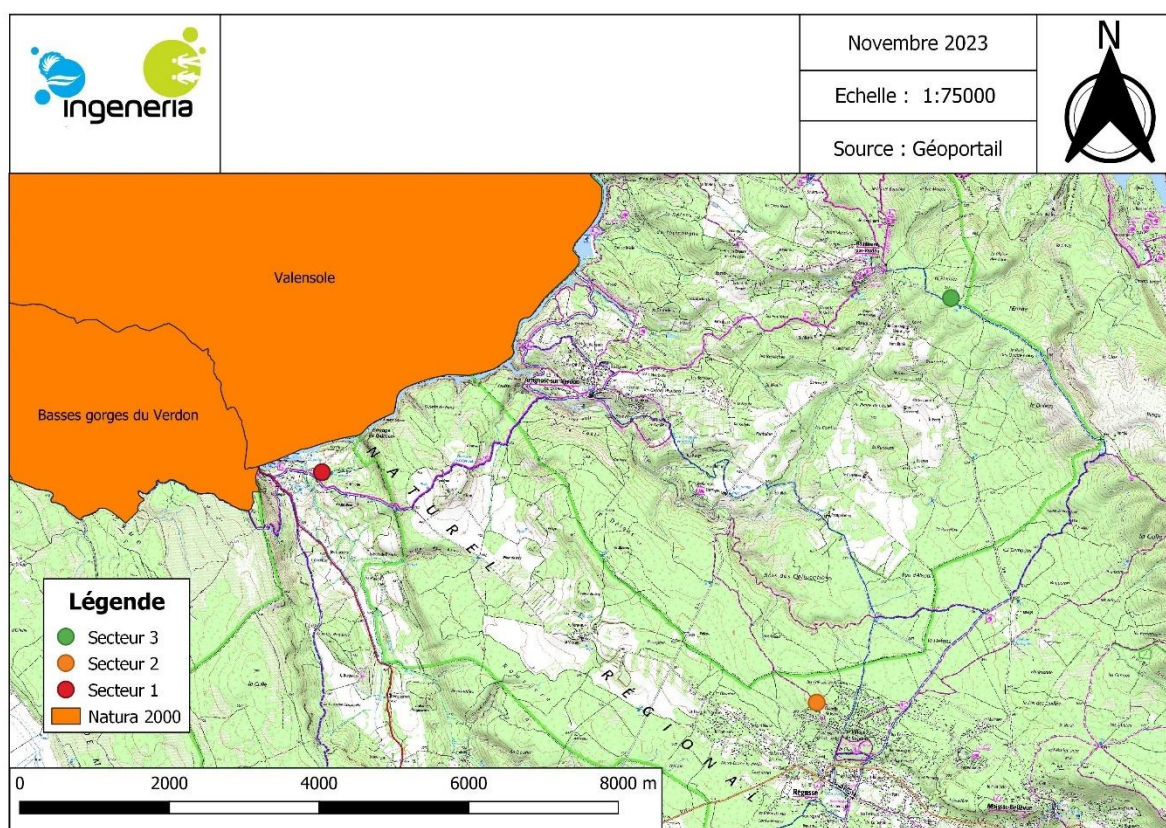


Figure 14 : Localisation des zones protégées NATURA 2000

5.5 Proximité des réseaux

La proximité des réseaux d'adduction d'eau est un critère économique important pour l'exploitation du futur forage.

Les distances de raccordement, entre les zones de recherche potentielles et les réseaux existants, sont présentées dans le tableau suivant :

Zones de recherche potentielles	Raccordement aux réseaux d'adduction d'eau et d'électricité	Faisabilité
1	Eau : <30 m le forage sera implanté à proximité immédiate du champ captant de Montmeyan-Plage Électricité : <30 mètres si la ligne électrique est suffisante pour un forage	Bonne : faible coût de raccordement
2	Eau : <30 m le forage sera implanté à proximité immédiate du réservoir de Régusse Électricité : <30 mètres si la ligne électrique est suffisante pour un forage	Bonne : faible coût de raccordement
3	Eau : <30 m le forage sera implanté à proximité immédiate du réservoir de Baudinard Électricité : <30 m si la ligne électrique est suffisante pour un forage	Bonne : faible coût de raccordement

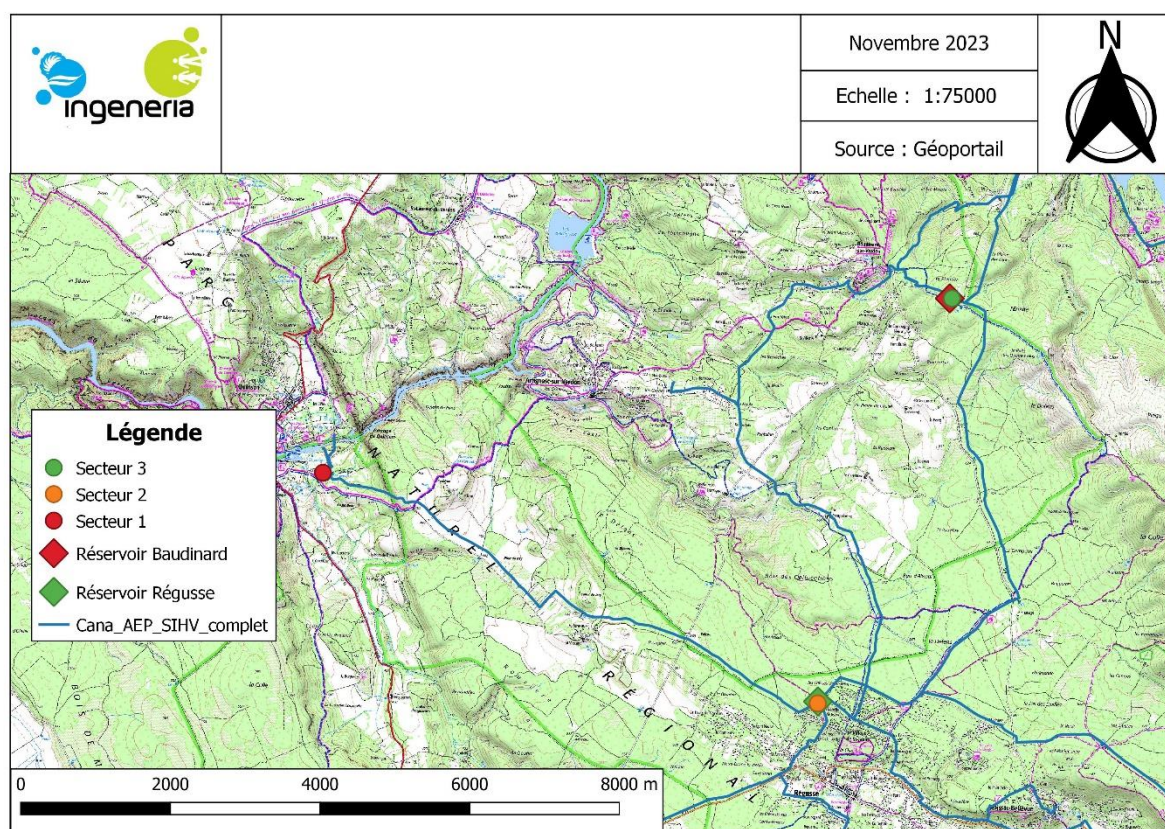


Figure 15 : Proximité du réseau d'eau potable des secteurs

5.6 Accessibilité

La réalisation d'un forage nécessite le passage d'un engin de 25 à 35 tonnes, de 2,5 m de largeur et de 3 mètres de hauteur environ. Les petits chemins, les branches basses, les virages en épingle à cheveux sont peu compatibles avec ce type d'engins.

L'installation au droit du forage nécessite un espace dégagé pour implanter la foreuse avec un recul suffisant pour installer les tiges de forage. Elle nécessite également l'espace pour installer le compresseur, et enfin une aire de retournement pour les camions d'approvisionnement (carburants, produits d'équipement ou de développement du forage ...). Un espace plat de 100 m² est le minimum admissible pour implanter un atelier de forage.

La présence d'un terrain plat est un critère important. Si le terrain est trop pentu, il faut soit terrasser, soit remblayer, ce qui renchérit significativement le coût de l'opération.

	Accès, espace, pente	Faisabilité
Forage 1	RAS	Bonne : aucun aménagement à prévoir
Forage 2	RAS	Bonne : aucun aménagement à prévoir
Forage 3	RAS	Bonne : aucun aménagement à prévoir

6 Coût d'accès à la ressource

On rappelle que l'objectif est d'exploiter un forage à un débit minimum de 100 m³/h.

6.1 Zone potentielle de recherche n°1 (secteur du champ captant de Montmeyan-Plage – calcaires de l'Hauterivien)

La reconnaissance sur ce secteur prévoit la réalisation d'un forage de 200 mètres de profondeur, réalisée au marteau fond de trou, avec passage possible de terrain fracturé nécessitant soit une cimentation, soit un tubage de soutènement.

Cette profondeur est estimative et pourra varier lors des travaux de reconnaissance. En effet, l'atteinte d'eau avec la côte estimée entraînera la diminution de la profondeur finale. Inversement, si le débit à 200 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe	Cote réservoir	HMT
1	+ 361 NGF	+ 351 NGF	+ 367 NGF	110 m

En première approche, les coûts de recherche sont les suivants (Euros HT) :

FORAGE n°1 à 200 m secteur du réservoir forage de reconnaissance (calcaire Hauterivien)				
Désignation	U	Q	PU (€)	PT HT (€)
Amené repli de l'atelier de forage ; mise en place des bacs de décantation ; remise en état du site de forage	forfait	1	10 000,00 €	10 000,00 €
Réalisation de l'avant-trou sur 15 mètres ; foration 350 mm et mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	15	500,00 €	7 500,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 0 à 200 m	ml	185	45,00 €	8 325,00 €
Réalisation d'une diagraphie de flux	Forfait	1	3 500,00 €	3 500,00 €
Test de l'ouvrage à l'air lift	h	8	230,00 €	1 840,00 €
Sous-total : reconnaissance 200 m				31 165,00 €
TOTAL HT				31 165,00 €
TVA (20 %)				6 233,00 €
TOTAL TTC				37 398,00 €

La transformation du meilleur forage de reconnaissance en ouvrage de test (potentiellement utilisable en ouvrage d'exploitation) nécessite le réalésage de l'ouvrage pour pouvoir installer une pompe immergée.

Pour produire 100 m³/h pour une HMT de 110 mètres, il faudra une pompe de 45 KW et de 186 mm de diamètre.

A partir de ces données de base, on peut dimensionner et chiffrer le forage :

FORAGE n°1 à 200 m; réalisation forage d'exploitation				
Désignation	U	Q	PU (€)	PT HT (€)
Amenée repli du matériel	Forfait	1	3 000,00 €	3 000,00 €
Forage TAV 435 mm tube 406 mm acier	ml	15	300,00 €	4 500,00 €
Cimentation de pied de tube	Forfait	1	1 200,00 €	1 200,00 €
Foration MFT 350 mm	ml	85	200,00 €	17 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	100	160,00 €	16 000,00 €
Foration MFT 254 mm	ml	100	90,00 €	9 000,00 €
Tubage acier 193 mm	ml	100	110,00 €	11 000,00 €
Cimentation sur collerette de 0 à 12 m	ml	12	80,00 €	960,00 €
Installation double colonne (air lift) à 180 m de profondeur	Forfait	1	2 500,00 €	2 500,00 €
Soufflage air lift	h	16	230,00 €	3 680,00 €
Installation d'un groupe de pompage à 100 mètres de profondeur pompe de 100 m ³ /h à 100 m de HMT	Forfait	1	3 500,00 €	3 500,00 €
Essai de pompage par paliers	h	8	100,00 €	800,00 €
Essai de pompage longue durée	h	72	100,00 €	7 200,00 €
Diagraphie de réception	forfait	1	6 000,00 €	6 000,00 €
Réalisation de l'analyse de première adduction	forfait	1	2 000,00 €	2 000,00 €
Sous-total : Transformation du forage à 200 m				85 340,00 €
TOTAL HT				85 340,00 €
TVA (20 %)				17 068,00 €
TOTAL TTC				102 408,00 €
Total forage à 200 m€ HT				116 505,00 €
TOTAL HT				116 505,00 €
TVA (20 %)				23 301,00 €
TOTAL TTC				139 806,00 €

6.2 Zone potentielle de recherche n°1' (secteur du champ captant de Montmeyan-Plage – calcaires du Portlandien)

La reconnaissance sur ce secteur prévoit la réalisation d'un forage de 400 mètres de profondeur avec ou sans tubage à l'avancement, réalisée au marteau fond de trou, avec passage possible de terrain fracturé nécessitant soit une cimentation, soit un tubage de soutènement.

Cette profondeur est estimative et pourra varier lors des travaux de reconnaissance. En effet, l'atteinte d'eau avec la côte estimée entraînera la diminution de la profondeur finale. Inversement, si le débit à 400 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe	Cote réservoir	HMT
1'	+ 361 NGF	+ 361 NGF	+ 367 NGF	100 m

En première approche, les coûts de recherche sont les suivants (Euros HT) :

FORAGE n°1 à 400 m secteur du réservoir forage de reconnaissance (calcaire Portlandien)				
Désignation	U	Q	PU (€)	PT HT (€)
Amené repli de l'atelier de forage ; mise en place des bacs de décantation ; remise en état du site de forage	forfait	1	10 000,00 €	10 000,00 €
Réalisation de l'avant-trou sur 15 mètres ; foration 350 mm et mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	15	500,00 €	7 500,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 0 à 200 m	ml	185	45,00 €	8 325,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 200 à 400 m	ml	200	65,00 €	13 000,00 €
Réalisation d'une diagraphie de Flux	Forfait	1	4 000,00 €	4 000,00 €
Test de l'ouvrage à l'air lift	h	8	230,00 €	1 840,00 €
Sous-total : reconnaissance 400 m				44 665,00 €
TOTAL HT				44 665,00 €
TVA (20 %)				8 933,00 €
TOTAL TTC				53 598,00 €

La transformation du meilleur forage de reconnaissance en ouvrage de test (potentiellement utilisable en ouvrage d'exploitation) nécessite le réalésage de l'ouvrage pour pouvoir installer une pompe immergée.

Pour produire 100 m³/h pour une HMT de 100 mètres, il faudra une pompe de 45 KW et de 186 mm de diamètre.

FORAGE n°1 à 400 m ; réalisation forage d'exploitation				
Désignation	U	Q	PU (€)	PT HT (€)
Amenée repli du matériel	Forfait	1	3 000,00 €	3 000,00 €
Forage TAV 435 mm tube 406 mm acier	ml	15	300,00 €	4 500,00 €
Cimentation de pied de tube	Forfait	1	1 200,00 €	1 200,00 €
Foration MFT 350 mm	ml	85	200,00 €	17 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	100	160,00 €	16 000,00 €
Foration MFT 254 mm	ml	300	130,00 €	39 000,00 €
Tubage acier 193 mm	ml	300	110,00 €	33 000,00 €

SMEV – Alimentation en eau potable du SMEV
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

Cimentation sur collerette de 0 à 12 m	ml	12	80,00 €	960,00 €
Installation double colonne (air lift) à 350 m de profondeur	Forfait	1	4 000,00 €	4 000,00 €
Soufflage air lift	h	16	230,00 €	3 680,00 €
Installation d'un groupe de pompage à 100 mètres de profondeur pompe de 100 m ³ /h à 100 m de HMT	Forfait	1	3 500,00 €	3 500,00 €
Essai de pompage par paliers	h	8	100,00 €	800,00 €
Essai de pompage longue durée	h	72	100,00 €	7 200,00 €
Diagraphie de réception	forfait	1	6 000,00 €	6 000,00 €
Réalisation de l'analyse de première adduction	forfait	1	2 000,00 €	2 000,00 €

Sous-total : Transformation du forage à 400 m	138 840,00 €
TOTAL HT	138 840,00 €
TVA (20 %)	27 768,00 €
TOTAL TTC	166 608,00 €

Total forage à 400 m€ HT	183 505,00 €
TOTAL HT	183 505,00 €
TVA (20 %)	36 701,00 €
TOTAL TTC	220 206,00 €

6.3 Zone potentielle de recherche n°2 (Réservoir Régusse)

La reconnaissance sur ce secteur prévoit la réalisation d'un forage de 300 mètres de profondeur avec ou sans tubage à l'avancement, réalisée au marteau fond de trou, avec passage possible de terrain fracturé nécessitant soit une cimentation, soit un tubage de soutènement.

Cette profondeur est estimative et pourra varier lors des travaux de reconnaissance. En effet, l'atteinte d'eau avec la côte estimée entraînera la diminution de la profondeur finale. Inversement, si le débit à 400 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe	Cote réservoir	HMT
3	+ 605 NGF	+ 405 NGF	+ 610 NGF	240 m

En première approche, les coûts de recherche sont les suivants (Euros HT) :

FORAGE n°1 à 300 m secteur du réservoir forage de reconnaissance				
Désignation	U	Q	PU (€)	PT HT (€)
Déplacement de l'atelier de forage	forfait	1	3 000,00 €	3 000,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 0 à 200 m	ml	185	45,00 €	8 325,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 200 à 300 m	ml	100	60,00 €	6 000,00 €
Test de l'ouvrage à l'air lift	h	8	230,00 €	1 840,00 €
Sous-total : reconnaissance 300 m				19 165,00 €
TOTAL HT				19 165,00 €
TVA (20 %)				3 833,00 €

TOTAL TTC	22 998,00 €
-----------	--------------------

La transformation du meilleur forage de reconnaissance en ouvrage de test (potentiellement utilisable en ouvrage d'exploitation) nécessite le réalésage de l'ouvrage pour pouvoir installer une pompe immergée.

Pour produire 100 m³/h pour une HMT de 240 mètres, il faudra une pompe de 92 KW et de 204 mm de diamètre.

FORAGE n°1 à 300 m secteur du réservoir ; réalisation forage d'exploitation				
Désignation	U	Q	PU (€)	PT HT (€)
Amenée repli du matériel	Forfait	1	3 000,00 €	3 000,00 €
Avant trou foré en 508 tube en 406 mm acier	ml	15	550,00 €	8 250,00 €
Cimentation de l'espace annulaire	forfait	1	1 200,00 €	1 200,00 €
Foration MFT 350 mm	ml	285	200,00 €	57 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	300	160,00 €	48 000,00 €
Cimentation sur collerette de 0 à 12 m	ml	12	80,00 €	960,00 €
Installation double colonne (air lift) à 250 m de profondeur	Forfait	1	4 000,00 €	4 000,00 €
Soufflage air lift	h	16	230,00 €	3 680,00 €
Installation d'un groupe de pompage à 250 mètres de profondeur pompe de 100 m ³ /h à 100 m de HMT	Forfait	1	4 000,00 €	4 000,00 €
Essai de pompage par paliers	h	8	100,00 €	800,00 €
Essai de pompage longue durée	h	72	100,00 €	7 200,00 €
Diagraphie de réception	forfait	1	6 000,00 €	6 000,00 €
Réalisation de l'analyse de première adduction	forfait	1	2 000,00 €	2 000,00 €

Sous-total : Transformation du forage à 300 m	143 090,00 €
TOTAL HT	143 090,00 €
TVA (20 %)	28 618,00 €
TOTAL TTC	171 708,00 €

Total forage à 300 m€ HT	162 255,00 €
TOTAL HT	162 255,00 €
TVA (20 %)	32 451,00 €
TOTAL TTC	194 706,00 €

6.4 Bilan et recommandation

Le bilan de la faisabilité du projet vis-à-vis de plusieurs critères (géologique, piézométrie, activités humaines, raccordement et accessibilité), est présenté dans le tableau suivant :

Faisabilité	Zones potentielles de recherche			
	Critères	1	2	3
	Point de vue géologique	Bonne	Bonne	Bonne
	Piézométrie	Bonne	Bonne	Mauvaise
	Activité humaine	Bonne	Moyenne	Bonne
	Distance par rapport aux réseaux existants	Bonne	Bonne	Bonne
	Accessibilité	Bonne	Bonne	Bonne

Le bilan de l'ensemble des phases de reconnaissance et de transformations pour tous les secteurs envisagés est présenté dans le tableau suivant :

Site	Forage de reconnaissance + transformation		
	Reconnaissance	Transformation	Total
1	31 165 €	85 340 €	116 505 €
1'	44 665 €	138 840 €	183 505 €
2	19 165 €	143 090 €	162 255 €

L'étude hydrogéologique réalisée sur le territoire du SMEV a permis de mettre en évidence un potentiel de production intéressant, mais à des profondeurs importantes. L'objectif étant de capter l'eau contenue dans les formations calcaires du Portlandien qui présentent une forte karstification. Trois zones favorables à l'implantation de forage de reconnaissance ont pu être déterminées :

- Au niveau du champ captant de Montmeyan-Plage, par la réalisation d'un forage profond déconnecté de la ressource actuelle superficielle
- Au niveau du réservoir de Régusse par la réalisation d'un forage profond de 300 mètres de profondeur
- Au niveau du réservoir de Baudinard par la réalisation d'un forage profond de 450 mètres de profondeur. Toutefois, l'équipement de ce forage peut s'avérer très complexe et onéreux (le coût du forage serait d'environ 400 000 euros) étant donné l'importante hauteur d'eau à remonter. Nous avons donc décidé d'écarter ce secteur.

Nous préconisons d'intervenir, pour la campagne de recherche en eau par forage, dans l'ordre suivant :

1. Réalisation d'un forage de reconnaissance dans le secteur du champ captant de Montmeyan-Plage – Reconnaissance des calcaires de l'Hauterivien (profondeur maximale 200 mètres)
2. En cas de débit insuffisant poursuite de la reconnaissance dans les calcaires du Portlandien, sur le même forage (profondeur maximale 400 m)
3. En cas de débit insuffisant réalisation d'un forage de reconnaissance de 300 mètres de profondeur au niveau du réservoir de Régusse
4. En cas de débit insuffisant, il sera possible de réaliser un nouveau forage de reconnaissance soit dans le secteur de Montmeyan-Plage soit au niveau du réservoir de Régusse (le choix de l'emplacement du troisième forage de reconnaissance se fera en fonction des observations géologiques lors de la première phase de reconnaissance)

Il appartiendra au syndicat de se prononcer sur la zone qui lui semblera la plus intéressante, en prenant en compte l'aspect financier et l'aspect des raccordements ultérieurs

Fait à Aix-en-Provence le 28/11/2023