

DEMANDEUR

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA)

Square Mozart – CS 90129

83004 DRAGUIGNAN CEDEX

SITE D'ETUDE

Champ captant de la Glacière

Camp de Canjuers

DOSSIER

ALIMENTATION EN EAU POTABLE

**ETUDE HYDROGEOLOGIQUE PREALABLE A L'IMPLANTATION DE 3 FORAGES
DE RECONNAISSANCES ET MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE POUR LA
REALISATION DE TROIS FORAGES DE RECONNAISSANCE ET LA
TRANSFORMATION DE L'UN D'EUX EN FORAGE TEST**

PHASE UN : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET TECHNICO-ECONOMIQUE



Ingénierie du
développement des territoires
Eau - Energies renouvelables

INGENERIA_2024020			
Version	Date	Rédigé par	Vérifié par
1	31/07/2024	CL	CL
2	15/05/2025	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	Rappel du Contexte	6
2	Contexte géologique – Lithologie	7
2.1	Carte géologique	7
2.2	Le trias	7
2.2.1	Keuper	7
2.2.2	Rhétien	7
2.3	Jurassique	7
2.3.1	Jurassique inférieur et Moyen	7
2.3.2	Jurassique Supérieur	10
2.4	Crétace	10
2.4.1	Valanginien – Hauterivien	10
2.4.2	Barrémien	10
2.4.3	Albien – Cénomaniens inférieur	11
2.4.4	Cénomaniens supérieur	11
2.4.5	Turonien	11
2.5	Tertiaire	11
2.6	Lithostratigraphie	11
3	Contexte tectonique	13
3.1	Tectonique générale	13
3.2	Tectonique locale	14
4	Contexte hydrogéologique	18
4.1	Géomorphologie	18
4.2	Les terrains perméables	21
4.2.1	Jurassique Moyen	21
4.2.2	Jurassique Supérieur	21
4.3	Les terrains imperméables	21
4.4	Mise en évidence des circulations karstiques	22
4.4.1	Injection dans la doline du Clos d’Espargon	22
4.4.2	Aven du trou des Corneilles	22
4.4.3	Perte de l’Artuby	22
4.4.4	Perte du plan d’Anelle	22
4.4.5	Grand plan de Canjuers	23
4.5	Campagne de tracage	23
4.5.1	Historique des tracages	23
4.5.2	Traçage 2024	26
5	Ouvrages d’exploitation de la glacière	27

5.1	Caractéristiques des ouvrages	27
5.1.1	Localisation des ouvrages	27
5.1.2	P1	28
5.1.3	P2	30
5.1.4	P2 bis.....	31
5.1.5	P3	32
5.1.6	P4	32
5.1.7	P5	33
5.1.8	P7	35
5.1.9	Ouvrages inconnus.....	37
5.2	Fonctionnement hydrogéologique.....	41
5.2.1	Essais de pompage.....	41
5.2.2	Aquifères captés par les ouvrages	44
5.2.3	Analyses chimiques.....	44
5.2.4	Fonctionnement global	45
5.2.5	Synthèse du suivi Well Watch.....	46
5.3	Périmètre de protection	49
6	Etude géophysique.....	51
6.1	Localisation des profils	51
6.2	Résultats et interprétation	51
6.2.1	Profils GLA1.....	51
6.2.2	Profil GLA2	53
6.2.3	Profil GLA3	54
7	Proposition d'implantation de forage de reconnaissance	57
7.1	Implantation par rapport à la géologie	57
7.2	Implantation par rapport à la piézométrie	59
7.3	Implantation par rapport à l'occupation des sols – Activités humaines.....	60
7.4	Implantation par rapport aux zones protégées	61
7.5	Proximité des réseaux	63
7.6	Accessibilité	64
7.7	Bilan	65
7.7.1	Forage n°1.....	65
7.7.2	Forage n°2.....	67
7.7.3	Forage n°3.....	69
7.7.4	Forage n°4.....	71
8	Cout d'accès à la ressource.....	74
8.1	Zone potentielle de recherche n°1	74
8.2	Zone potentielle de recherche n°2	77
8.3	Zone potentielle de recherche n°3	79
8.4	Zone potentielle de recherche n°4	82

8.5	Bilan financier	85
9	Bibliographie	86

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte géologique de la zone	8
Figure 2 : Lithostratigraphie au niveau du camp de Canjuers	12
Figure 3 : Coupe géologique dans le secteur de Miéraure (LEMPIERRE 1997).....	14
Figure 4 : Localisation des principaux accidents géologiques.....	16
Figure 5 : Coupe schématique d'un système karstique	19
Figure 6 : Localisation des Avens et des Dolines autour du site de la Glacière	20
Figure 7 : Localisation des traçages réalisés sur le secteur de Canjuers fond IGN	24
Figure 8 : Localisation des traçages réalisés sur le secteur de Canjuers fond géologie.....	25
Figure 9 : Carte de localisation.....	27
Figure 10 : Carte de localisation détaillée	28
Figure 11 : Photographie de l'ouvrage P1 (SONDALP 2021)	29
Figure 12 : Coupe géologique du puits P1.....	29
Figure 13 : Photographie de l'ouvrage P2 (SONDALP 2021)	30
Figure 14 : Coupe géologique de l'ouvrage P2.....	31
Figure 15 : Photographie de l'ouvrage P5 (SONDALP 2021)	33
Figure 16 : Coupe géologique et technique de l'ouvrage P5	34
Figure 17 : Photographie de l'ouvrage P7 (SONDALP 2021)	35
Figure 18 : Coupe géologique et technique de l'ouvrage P7	36
Figure 19 : Courbe caractéristique du forage P5 (essai de 1984)	41
Figure 20 : Courbe caractéristique du forage P5 (essai de 2023)	42
Figure 21 : Courbe caractéristique du forage P7 (essai de 1984)	43
Figure 22 : Courbe caractéristique du forage P7 (essai de 2023)	43
Figure 23 : Suivi des niveaux statiques et dynamiques dans le forage P1	47
Figure 24 : Suivi des niveaux statiques et dynamiques dans le forage P2	47
Figure 25 : Suivi des niveaux statiques et dynamiques dans le forage P5	48
Figure 26 : Carte des périmètres de protection des forages de la Glacière	49
Figure 27 : Localisation des profils géophysiques (DPVA)	51
Figure 28 : Résultats du profil géophysique GLA1 (DPVA)	52
Figure 29 : Localisation détaillée du profil GLA1 (DPVA)	53
Figure 30 : Résultats du profil géophysique GLA2 (DPVA)	53
Figure 31 : Localisation détaillée du profil géophysique GLA2 (DPVA).....	54
Figure 32 : Résultats du profil géophysique GLA3 (DPVA)	55
Figure 33 : Localisation détaillée du profil géophysique GLA2 (DPVA).....	55
Figure 34 : Proposition d'implantation des forages de reconnaissance.....	59
Figure 35 : Carte Corine Land Cover.....	61
Figure 36 : Localisation des zones protégées par rapport aux forages de reconnaissance.....	63

Figure 37 : Proposition d'implantation forage 1	65
Figure 38 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 1 (200 m ³ /h)	66
Figure 39 : Proposition d'implantation du forage 2	67
Figure 40 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 2 (200 m ³ /h)	68
Figure 41 : Proposition d'implantation du forage 3	69
Figure 42 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 3 (200 m ³ /h)	70
Figure 43 : Proposition d'implantation du forage 4	71
Figure 44 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 4 (200 m ³ /h)	72

1 RAPPEL DU CONTEXTE

Le camp de Canjuers est alimenté en eau potable par deux unités de distribution voisines l'une de l'autre, mais qui diffèrent par quelques points :

1. Sur l'unité de distribution n°1 : les forages P1 à P4 réalisés entre 1976 et 1978 sont profonds de 60 à 138 m et produisent de 16 à 40 m³/h. Seuls P1 et P2 sont équipés et exploités. Les ouvrages P2bis, P3 et P4 ne sont pas exploités.
2. Sur l'unité de distribution n°2, les forages P5 et F7 réalisés en 1980 et 1985 sont profonds de 300 m et produisent 140 et 70 m³/h

Les deux unités de distribution exploitent le même aquifère, mais à deux profondeurs différentes, on peut donc considérer qu'il s'agit de deux ressources différentes, assurant la sécurité de production du camp.

Seuls les forages P1, P2, P5 et F7 sont autorisés à l'exploitation (arrêté du 17 septembre 2009), pour un volume cumulé de 1 760 m³/j, soit une autorisation de 642 400 m³/an.

Depuis 2023, les forages du site de la Glacière permettent, en cas de secours, une alimentation en eau des communes de Châteaudouble, Montferrat, Bargemon, clapiers, Figanières et Callas.

Conformément au CCTP établi, le programme consiste :

1. Réaliser une étude hydrogéologique, permettant d'identifier les zones favorables à l'implantation d'un forage de reconnaissance
2. Réaliser un cahier des charges des 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 pompage d'essai et rapport de fin de travaux

**La nouvelle ressource devra permettre de sécuriser la production du site de la Glacière.
Le débit minimum recherché est de l'ordre de 160 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. Analyse multicritère de faisabilité
4. Proposition de sondages et évaluation des coûts d'accès à la ressource

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE – LITHOLOGIE

2.1 CARTE GEOLOGIQUE

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.

2.2 LE TRIAS

2.2.1 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 recéler des niveaux de lignites
- Des dolomies massives mal stratifiées.

2.2.2 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.

2.3 JURASSIQUE

2.3.1 Jurassique inférieur et Moyen

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

2.3.1.1 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.

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable

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
 9, Mardelle, béttoire, 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 fluviatiles 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 fluviatiles, 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, bréchiqes, à Exogyres - 108	 j2_D, Bajocien : calcaires dolomitiques et dolomie, calcaires oolithiques et marnes - 197
c1c, Cénomanién supérieur : marnes grises - 115	 l4-j2, Toarcien à Bajocien : calcaires à silex - 201
c1b, Cénomanién 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-Cénomanién : marnes bleues grés-glaucouneuses - 126	 t6-7, Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules - 216
ç, Bauxite - 130	 t5_D, Muschelkalk supérieur : dolomies - 221
n3-5a, Hauterivién-Aptien inférieur (?) : calcaires noirs lités - 134	 t4_c, Muschelkalk moyen : calcaires - 223
n3b-4, Hauterivién supérieur-Barrémien : calcaires lités glauconieux - 135	 t3_CD, Muschelkalk inférieur : dolomies, marnes dolomitiques, calcaires - 226
n3, Hauterivién : marnes grises et calcaires argileux - 136	 t1-2_gQ, Trias inférieur (grès bigarré provençal) : grès arkosiques
n3_m, Hauterivién : marnes, marnocalcaires - 137	 hó, Rhyolite - 247
n3_l, Hauterivién : lumachelle silicifiée, marnes, marnocalcaires - 138	 ò, Aplites et pegmatites - 268
n2-c1, Valanginien à Cénomanién indifférenciés - 140	 Mæ2-3(b)(2), Gneiss métatextitiques hétérogènes à sillimanite - 337
	 ë2, Tonalites de Prignonet et de Fontcounille - 354

2.3.1.2 *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.

2.3.1.3 *Callovien*

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

2.3.2 Jurassique Supérieur

2.3.2.1 *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.

2.3.2.2 *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).

2.3.2.3 *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.

2.4 CRETACE

2.4.1 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

2.4.2 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.

2.4.3 Albien – Cénomanien inférieur

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.

2.4.4 Cénomanien supérieur

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.

2.4.5 Turonien

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

2.5 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.

2.6 LITHOSTRATIGRAPHIE

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

LITHOSTRATIGRAPHIE

		Epaisseur	Etage	Terrains	Hydrogéologie
E		quelques décimètres	Quaternaire	Eboulis Cailloutis calcaires	Epaisseur trop faible pour jouer un role
Fz		à quelques		Alluvions modernes sables-graviers-galets	
Fy		mètres		Alluvions anciennes des terrasses fluviales	
J ₉		400m	Portlandien	Calcaires blancs massifs	Perméable fracturation en grand
J _{8,7}		100 à 120m	Kimmeridgien Séquanien	Calcaires sub-lithographiques en petits bancs	impermeable
J _{6,4}		15 à 20m	Oxfordien Argovien	calcaire argil. et glauconieux intercalations de marnes	
J ₃		40m	Callovien	calcaires arg. beige-gris souvent en plaquettes	
J ₂		100 à 200m	Bathonien	Calcaires dolomitisés Dolomies blanches ou rousses	Perméable fracturation en grand
J ₁		30 à 70m	Bajocien	Calcaires roux ou gris localement dolomitisés	Imperméable
L ₁		20 à 30m	~~Trias du jurassien inférieur~~ Rhetien	Calcaires dur gris tumée marno-calcaire	
t ₃			Trias Keuper	Dolomies marnes coquilleuses argiles gypse	

Figure 2 : Lithostratigraphie au niveau du camp de Canjurs

3 CONTEXTE TECTONIQUE

3.1 TECTONIQUE GENERALE

Le secteur se situe dans la zone de dislocation de PRAGUILLEN (G. MENNESSIER, 1959), due à l'interférence des anticlinaux de l'arc de Fayence de direction Est-Ouest, avec les plis NW-SE de la région du Bas Artuby. Cette dislocation est due aux contrecoups des mouvements tectoniques pendant les différentes phases des plissements alpins.

Dans le secteur Est du Camp de Canjuers, il est possible de mettre en évidence plusieurs chevauchements majeurs :

- Chevauchement d'Avaye : d'orientation Sud-Ouest/Nord-Est, ce contact montre au col d'Avaye une semelle de marnes du Keuper sur les dolomies jurassiques.
- Chevauchement d'Aïsse : sensiblement parallèle au précédent contact, la couche basale fait intervenir des amas très importants de Keuper.

Dans le secteur Est du Camp de Canjuers, il est possible de mettre en évidence plusieurs failles majeures :

- Les failles d'orientation Nord-Sud
 - La faille de l'Artuby qui traverse le camp depuis l'Ouest de Comps jusqu'à la proximité de Bargemon. Au Sud, elle interrompt l'accident de la Bastide Blanche qui fait affleurer le Keuper.
 - La faille de Chardan qui délimite le graben allongé de l'Avelan en traversant le plan de Luby
 - La faille de la Bruyère limite à l'Ouest le petit fossé de l'Aubret, puis celui de la Paresse
 - Présence d'une faille importante en bordure Ouest du bassin Crétacé et Oligocène de Brovès
- Les failles d'orientation Sud-Ouest/Nord-Est
 - La principale est la faille du Malay, qui élève ce sommet à plus de 1 300 mètres avec un effet de bascule très net vers la Roque d'Esclapon.
- Les failles d'orientation Sud-Est/Nord-Ouest
 - Cette direction domine vers le camp bâti de Canjuers. La principale faille est celle de la Bergerie de Miéraure qui recoupe les deux principaux chevauchements.

Les unités structurales forment deux zones distinctes la première au Nord : le jurassique supérieur constitue un bloc extrêmement massif et résistant bien que très fracturé nous n'observons de la formation d'unité structurale, alors qu'au Sud le Jurassique inférieur et moyen a été charrié et plissé en plusieurs unités :

- L'anticlinal de la grande Règue
- Le synclinal de la plaine de Saint-Marcellin
- L'anticlinal de Miéraure
- Le synclinal de Clos Magnan
- L'anticlinal de St Vincent
- Le synclinal de Chardan
- Le synclinal de l'Avelan
- Replis isoclinaux de Brovès

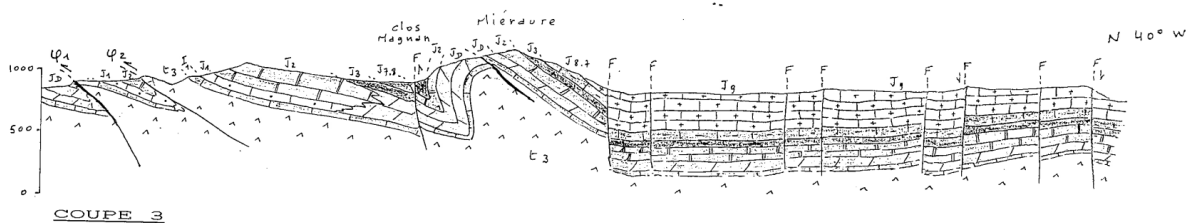


Figure 3 : Coupe géologique dans le secteur de Miéraure (LEMPIERRE 1997)

Les chevauchements 1 et 2 ont un pendage différent : 1 se rapproche de la verticale, alors que 2 est peu incliné avec une puissante semelle Triasique. L'anticlinal de Miéraure, dont l'axe est faillé, est déversé sur le synclinal de Clos Magnan. On passe latéralement, sous le Clos Magnan, des calcaires (Lias, Bathonien en partie) aux dolomies de Miéraure, au Nord. Au-delà, l'intégralité des séries jusqu'au Portlandien supérieur est parfaitement plane ou à peine ondulée.

3.2 TECTONIQUE LOCALE

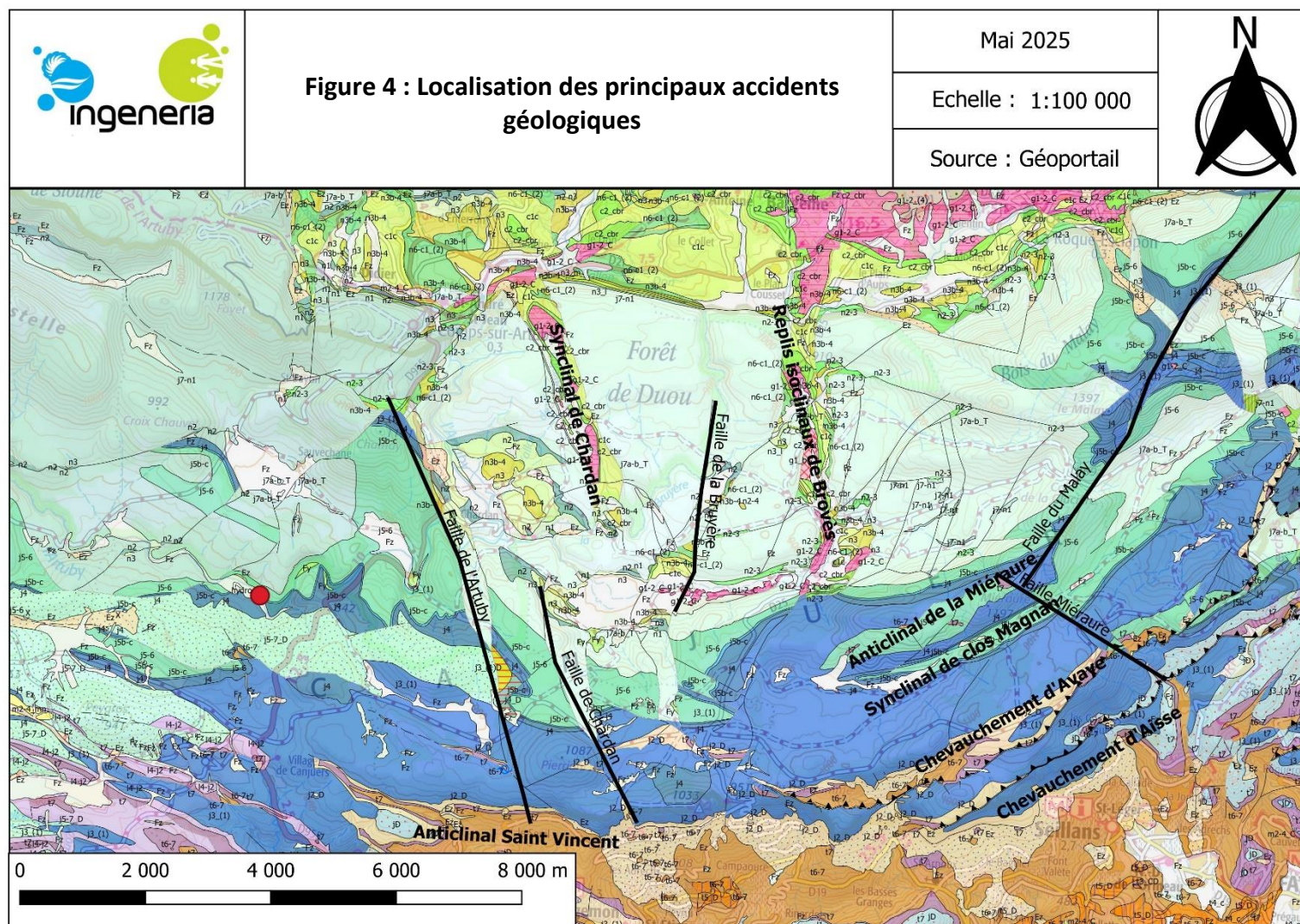
Les étages du Callovien et du Séquano-Kimméridgien sont peu épais, ils comportent des petits bancs de quelques niveaux argileux. Ceci explique qu'ils présentent souvent de nombreux replis et que des couches redressées affleurent sur d'assez grandes étendues. Les failles, plus marquées dans les autres séries calcaires, peuvent s'estomper et s'amortir dans ces terrains.

Ainsi, la faille de Pétorgues, qui traverse l'Artuby à l'extrémité aval du troisième tronçon, se termine peu après contre une faille NE/SW, marquée par un thalweg de part et d'autre de la rivière. Le long du deuxième tronçon, la faille de Pétorgues semble relayée par une flexure qui se traduit par les replis affectant les calcaires jurassiques.

Deux failles NE/SW encadrent le deuxième tronçon de l'Artuby et ont fait coulisser un compartiment où le calcaire jurassique se trouve décalé vers le Nord.

Les cassures de direction Est-Ouest s'arrêtent dans la zone de la Glacière. Seule une faille traverse cette zone, passe à proximité de la source et des forages et intéresse surtout les calcaires du Callovien.

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique



Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

Légende	
● Site de la Glacière	■ n2-4, Valanginien-Barrémien - 141
— Failles majeures	■ n2-3, Valanginien-Hauterivien indifférenciés - 142
— 1, Faille observée	■ n2, Valanginien : marnes et calcaires, lumachelles - 143
— 2, Faille supposée	■ n1, Berriasien : calcaires lités - 147
▲ 3, Chevauchement	■ jD, Jurassique dolomitique - 150
/// X, Remblais, dépôts artificiels - 1	■ 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	■ j7a-b_T, Tithonien inférieur à Tithonien moyen : calcaires massifs blancs faciès tithonique - 160
■ Fy, Würm : cailloutis, graviers, sables - 14	■ j5-6, Oxfordien et Kimméridgien : calcaires sublithographiques en bancs minces riches en ammonites - 172
■ U, Tufs anciens - 23	■ j5b-c, Argovien-Oxfordien supérieur : calcaires noduleux, calcaires argileux gris verdâtres, marnes pulvérulentes - 174
■ m2-4_C, Vindobonien : poudingues et galets - 34	■ j4, Callovien : calcaires en bancs réguliers, joints marno-calcaires - 183
■ m2-4_mn, Vindobonien : marnes noduleuses - 37	■ j4_D, Callovien dolomitisé - 184
■ g1-2_C, Oligocène inférieur (Stampien) : argiles et poudingues; lentilles calcaires; brèches de base - 48	■ j3_(1), Bathonien : calcaires plus ou moins dolomitiques - 188
■ g1-2_(4), Stampien : conglomérats et marnes supérieurs - 49	■ j3_(1)D, Bathonien dolomitisé - 189
■ g1_br, Oligocène inférieur : mégabrèche à blocs de Lutétien, de Cénomaniens et de Turonien bréchique - 53	■ j2_D, Bajocien : calcaires dolomitiques et dolomie, calcaires oolithiques et marnes - 197
■ c2_cbr, Turonien : calcaire marneux, bioclastiques, bréchiques, à Exogyres - 108	■ l4-j2, Toarcien à Bajocien : calcaires à silex - 201
■ c1c, Cénomaniens supérieurs : marnes grises - 115	■ 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
■ n3b-4, Hauterivien supérieur-Barrémien : calcaires lités glauconieux - 135	■ t6-7, Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules - 216
■ n3, Hauterivien : marnes grises et calcaires argileux - 136	■ t5_D, Muschelkalk supérieur : dolomies - 221
■ n3_m, Hauterivien : marnes, marnocalcaires - 137	■ t4_c, Muschelkalk moyen : calcaires - 223
■ n3_l, Hauterivien : lumachelle silicifiée, marnes, marnocalcaires - 138	■ t3_CD, Muschelkalk inférieur : dolomies, marnes dolomitiques, calcaires - 226
■ n2-c1, Valanginien à Cénomaniens indifférenciés - 140	hydro, Réseau hydrologique - 466

4 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

4.1 GEOMORPHOLOGIE

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.

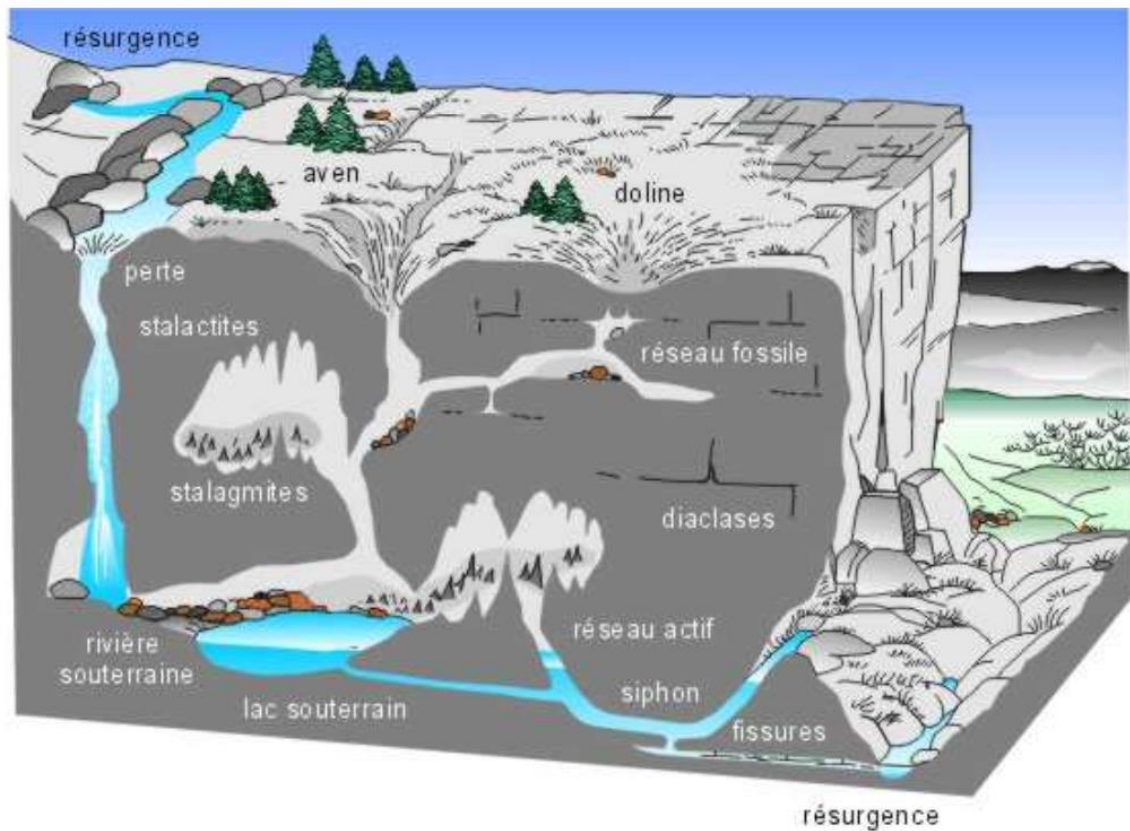
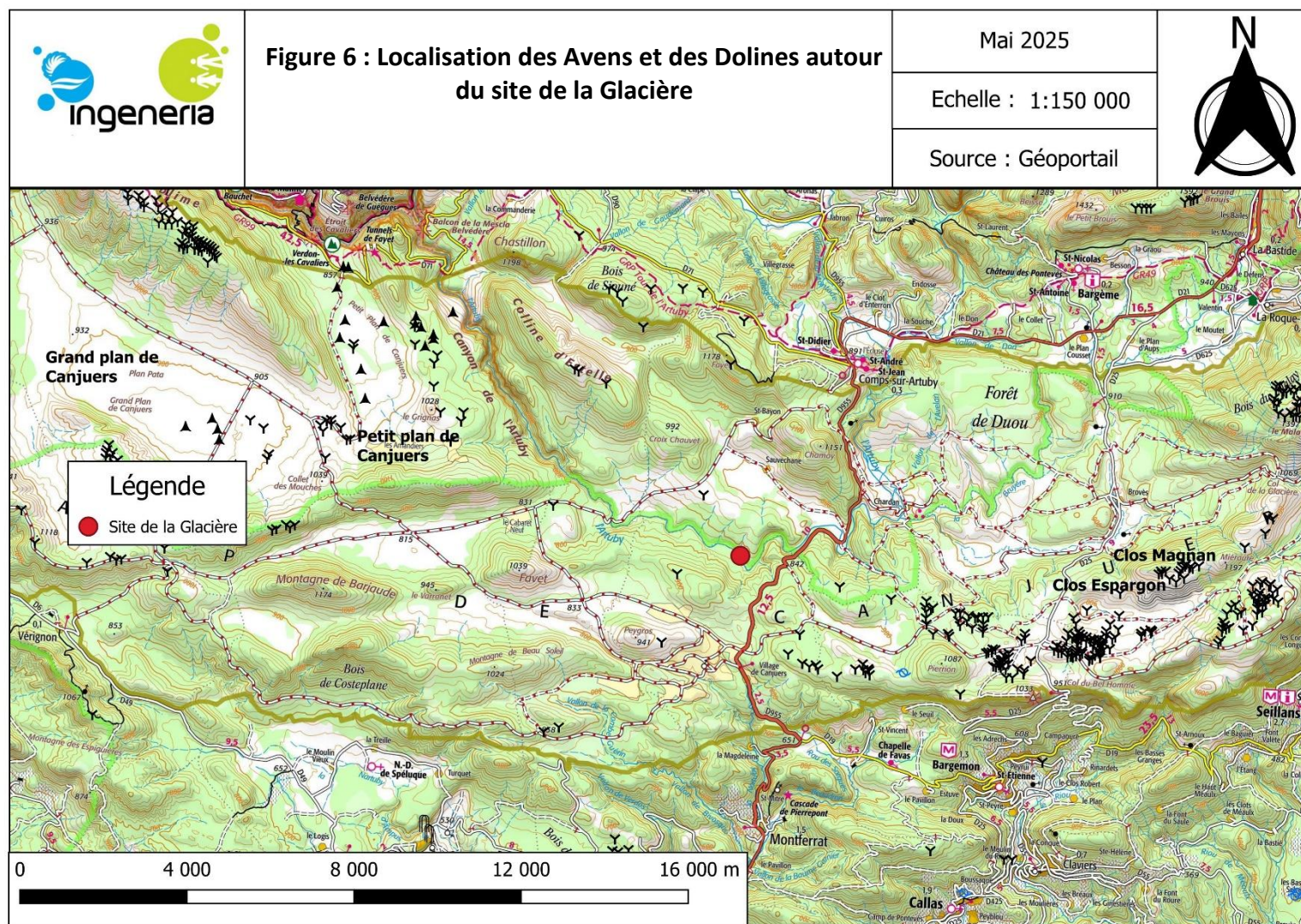


Figure 5 : Coupe schématique d'un système karstique

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique



4.2 LES TERRAINS PERMEABLES

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 :

4.2.1 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.

4.2.2 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.

4.3 LES TERRAINS IMPERMEABLES

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 formations du Keuper dispose d'une hétérogénéité marquée, c'est pour cela que nous pouvons retrouver des aquifères puissants dans ces formations dans le secteur.

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.

4.4 MISE EN EVIDENCE 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.

4.4.1 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.

4.4.2 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 remprunter 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.

4.4.3 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).

4.4.4 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'Evêque 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 ?

4.4.5 Grand plan de Canjuers

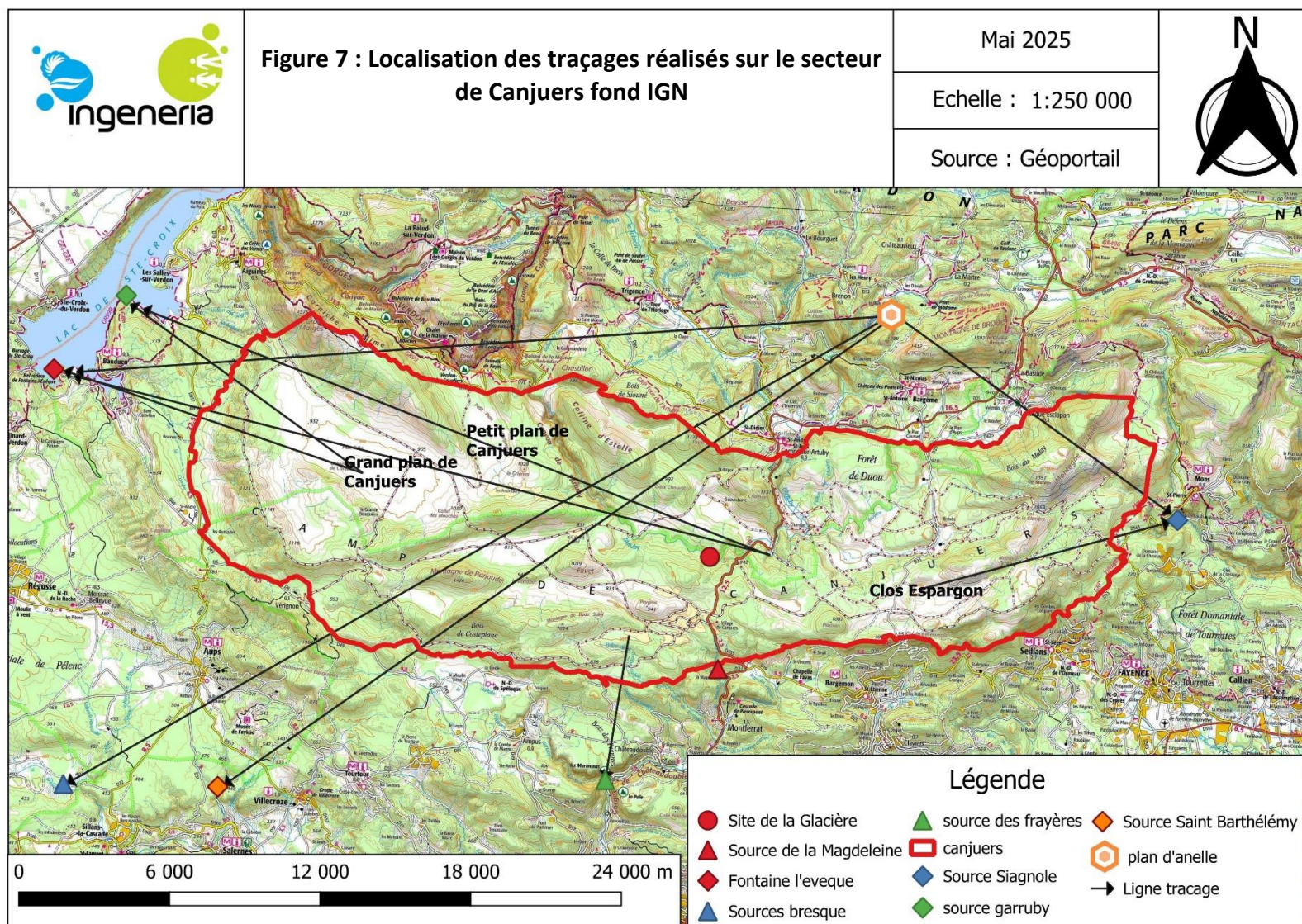
L'injection a été réalisée dans le grand Aven (placé sur un axe de faille parallèle à la faille de l'Artuby) qui se trouve exactement sur le trajet entre les pertes de l'Artuby et les sources de Fontaine-l'Evêque/Garruby.

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.

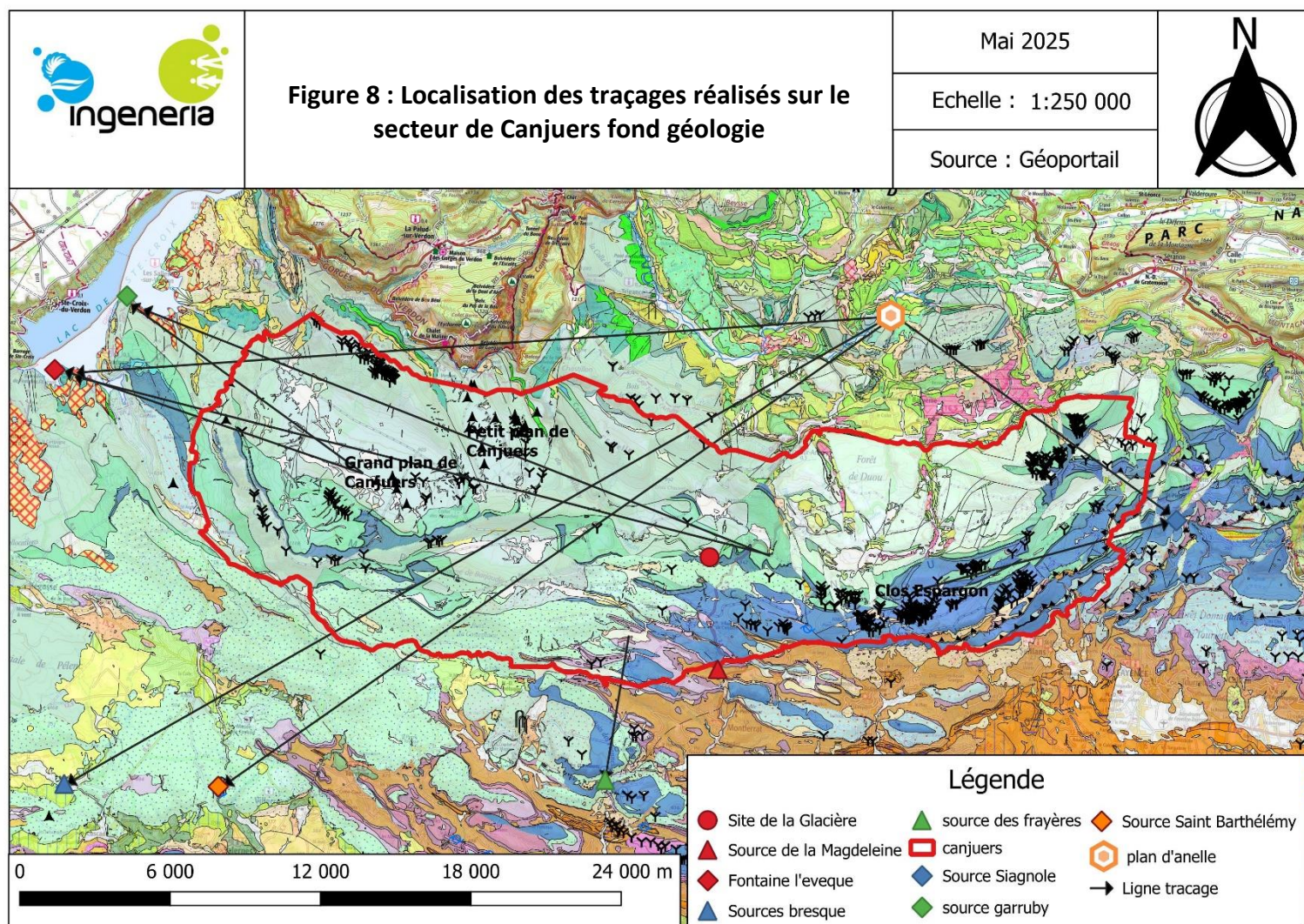
4.5 CAMPAGNE DE TRACAGE

4.5.1 Historique des traçages

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique



Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique



4.5.2 Traçage 2024

Dans le but de déterminer un éventuel impact du stockage de carburant du camp de Canjuers, un traçage a été réalisé en 2024.

Ce traçage a été réalisé par l'injection de 5 kg de fluorescéine dans une fosse réalisée à proximité immédiate de la zone de stockage d'hydrocarbure. La présence de traceur a été suivie sur 6 points :

- Les sources de la Siagnole
- Les sources de la Magdeleine
- Les sources des Frayères
- Fontaine-l'Evêque
- Les sources de Saint-Barthélemy
- Les sources de la Bresque

Sur l'ensemble de ces points, aucune trace avérée de traceur n'a été retrouvée. Des traceurs ont pu être retrouvés sur certains points, mais la présence de crues juste avant les relevés provoque un important risque de « faux-positif ».

Nous notons, toutefois, l'absence totale de réponse sur les points des sources Saint-Barthélemy, des sources de la Bresque et de Fontaine-l'Evêque.

5 OUVRAGES D'EXPLOITATION DE LA GLACIERE

5.1 CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES

5.1.1 Localisation des ouvrages

La localisation des ouvrages de la glacière est présentée dans les figures suivantes :

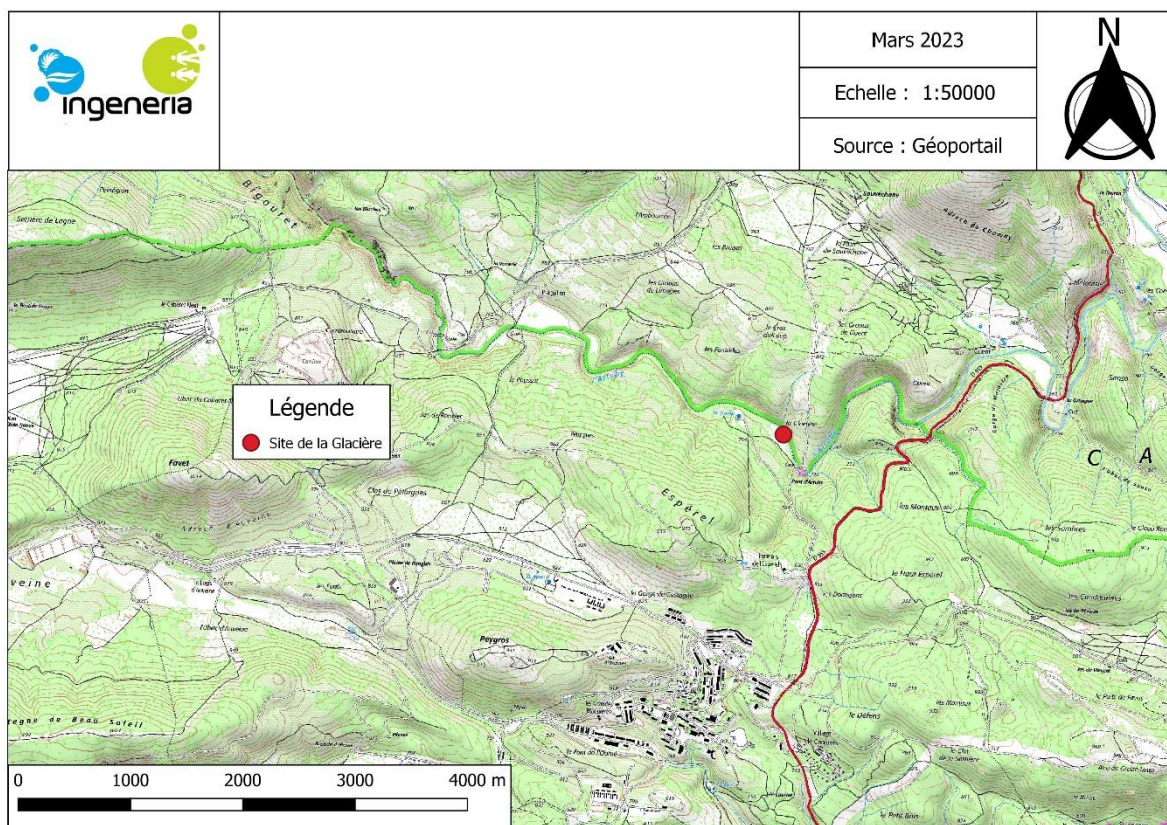


Figure 9 : Carte de localisation

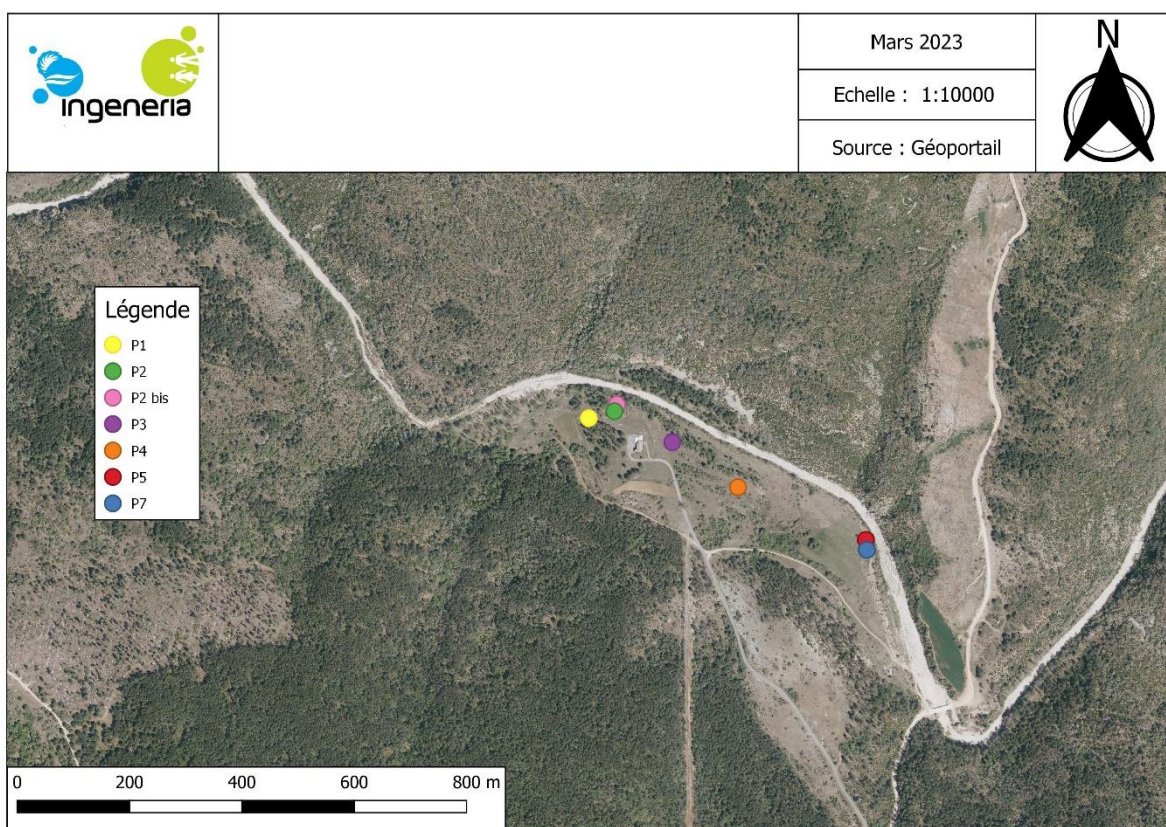


Figure 10 : Carte de localisation détaillée

5.1.2 P1

Coordonnées LAMBERT III	X	933 078,0
	Y	160 705,9
	Z	+ 751,52
Profondeur	93,4 mètres	
Diamètre	150 mm tubé acier	
Mise en service	1976	
Profondeur de la pompe	-85,60 m/TN	
Débit de la pompe d'exploitation	43 m ³ /h	
Niveau statique	25 m/sol (2007)	
Niveau dynamique	78 m/sol (2007)	
Débit maximum	16 m ³ /h	
Débit d'exploitation	160 m ³ /j	
Coupe technique	Tube plein de 0 à 65,08 m Crépine acier chalumée de 65,08 à 93,40 m	
Etat de l'ouvrage	Présence de concrétions importantes	
Remarques	Baisse importante du débit de production de l'ouvrage probablement lié aux perforations de la colonne d'exhaure	



Figure 11 : Photographie de l'ouvrage P1 (SONDALP 2021)

La coupe géologique de l'ouvrage est la suivante :

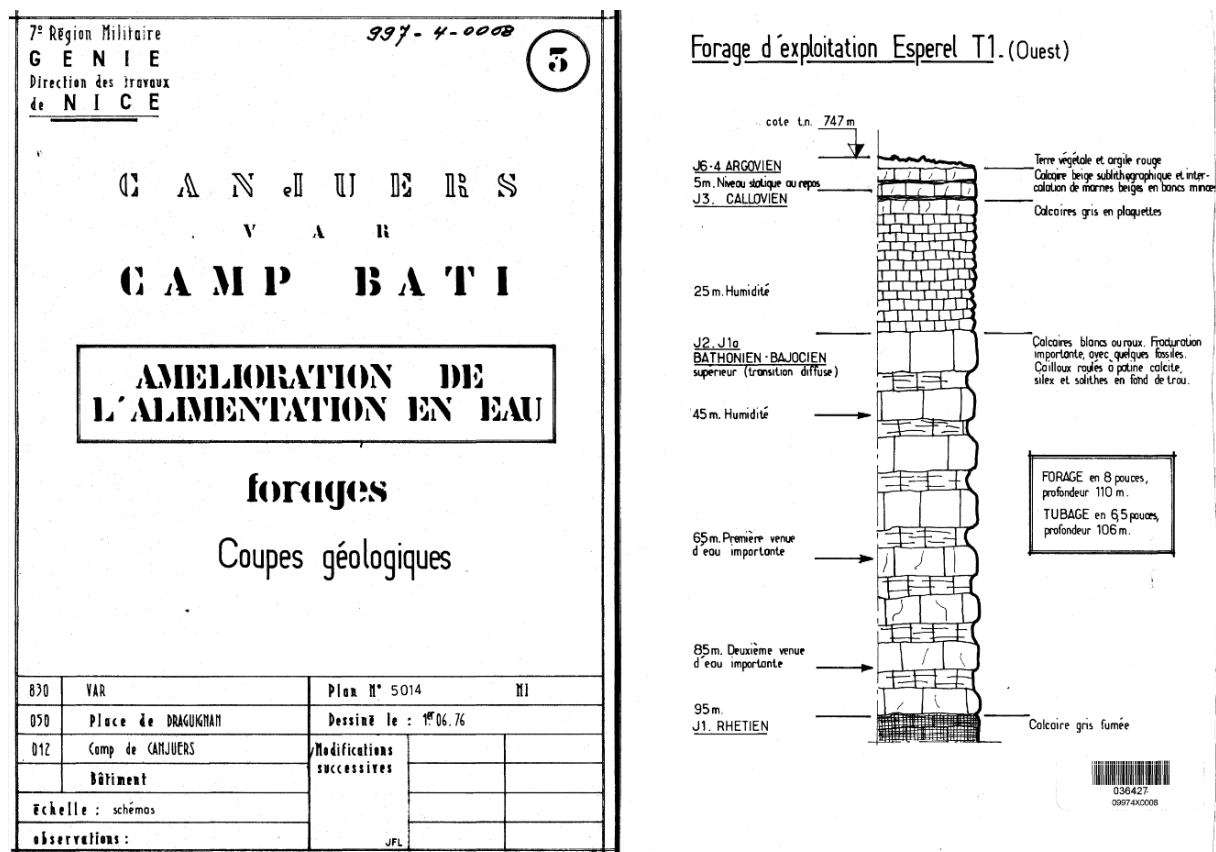


Figure 12 : Coupe géologique du puits P1

5.1.3 P2

Coordonnées LAMBERT III	X	933 123,3
	Y	160 732,1
	Z	+ 751,82
Profondeur		94,98 mètres
Diamètre		160 mm tubé acier
Mise en service		1976
Profondeur de la pompe		-85,60 m/TN
Débit de la pompe d'exploitation		46 m ³ /h
Niveau statique		33 m/sol (2007)
Niveau dynamique		78 m/sol (2007)
Débit maximum		46 m ³ /h
Débit d'exploitation		200 m ³ /j
Coupe technique		Tube plein de 0 à 69,30 m Crépine acier chalumée de 69,30 à 92,40 m
Etat de l'ouvrage		Présence de concrétions importantes
Remarques		Pompe hors service



Figure 13 : Photographie de l'ouvrage P2 (SONDALP 2021)

La coupe géologique de l'ouvrage est la suivante :

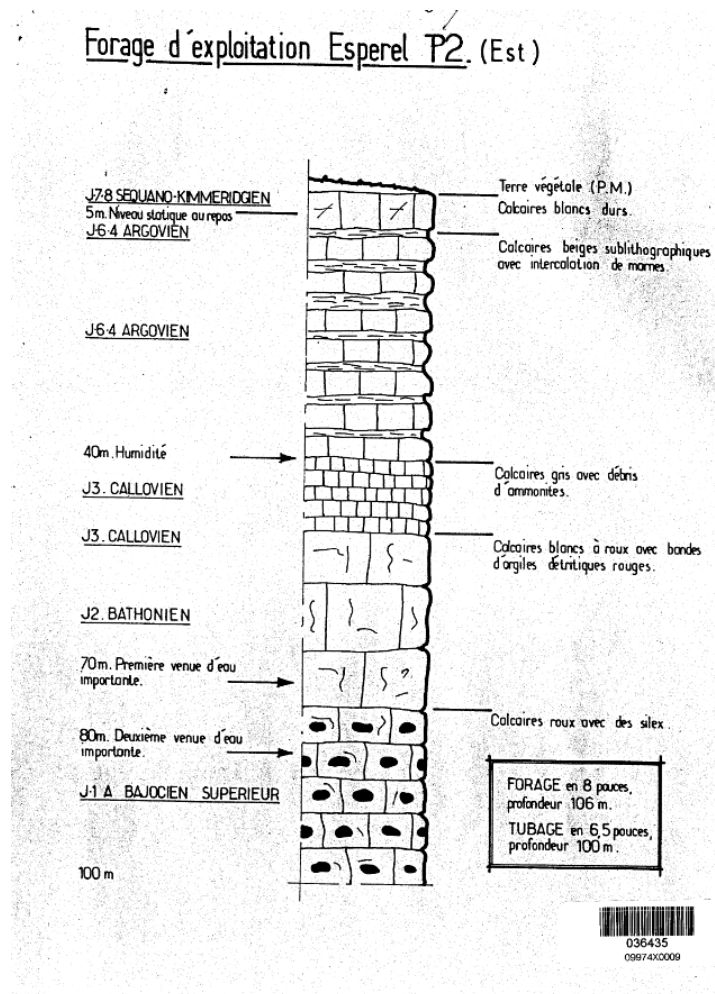


Figure 14 : Coupe géologique de l'ouvrage P2

5.1.4 P2 bis

Coordonnées LAMBERT III	X	933 123,3
	Y	160 732,1
	Z	+ 751,74
Profondeur		83 mètres
Diamètre		250 mm tubé acier
Mise en service		1979
Profondeur de la pompe		-
Débit de la pompe d'exploitation		-
Niveau statique		32 m/sol (2007)
Niveau dynamique		Rabatement de 30 m
Débit maximum		-
Débit d'exploitation		-
Coupe technique		Inconnue
Etat de l'ouvrage		-
Remarques		Ouvrage non utilisé

5.1.5 P3

Coordonnées LAMBERT III	X	933 225,7
	Y	160 673,5
	Z	+ 757,39
Profondeur		100 mètres
Diamètre		250 mm tubé acier
Mise en service		1978
Profondeur de la pompe		60 m
Débit de la pompe d'exploitation		43 m ³ /h
Niveau statique		-
Niveau dynamique		57 m/sol
Débit maximum		-
Débit d'exploitation		-
Coupe technique		Inconnue
Etat de l'ouvrage		-
Remarques		Ouvrage non exploitable selon la Lyonnaise des eaux (2005)

5.1.6 P4

Coordonnées LAMBERT III	X	933 346,7
	Y	160 598,7
	Z	+ 756,69
Profondeur		100 mètres
Diamètre		250 mm tubé acier
Mise en service		1978
Profondeur de la pompe		-
Débit de la pompe d'exploitation		-
Niveau statique		15 m/sol (2007)
Niveau dynamique		Rabattement de 20,40 m
Débit maximum		-
Débit d'exploitation		-
Coupe technique		Inconnue
Etat de l'ouvrage		-
Remarques		Ouvrage abandonné

5.1.7 P5

Coordonnées LAMBERT III	X	933 571,3
	Y	160 518,0
	Z	+ 750
Profondeur	301,10 mètres	
Diamètre	300 mm tubé acier	
Mise en service	1985	
Profondeur de la pompe	-92,5 m/TN	
Débit de la pompe d'exploitation	140 m ³ /h	
Niveau statique	Artésien lors de sa réalisation	
Niveau dynamique	90 m/sol (1985)	
Débit maximum	140 m ³ /h	
Débit d'exploitation	1 400 m ³ /j	
Coupe technique	Tube plein 300 mm de 0 à 102,3 m Trou nu de 102,3 à 103,35 m Crépine acier trous oblongs de 103,35 à 297,5 m	
Etat de l'ouvrage	Présence de concrétions ; ouvrage en relatif bon état	
Remarques	-	

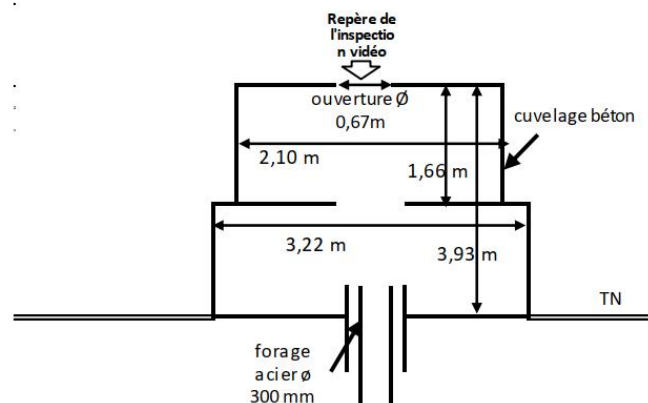
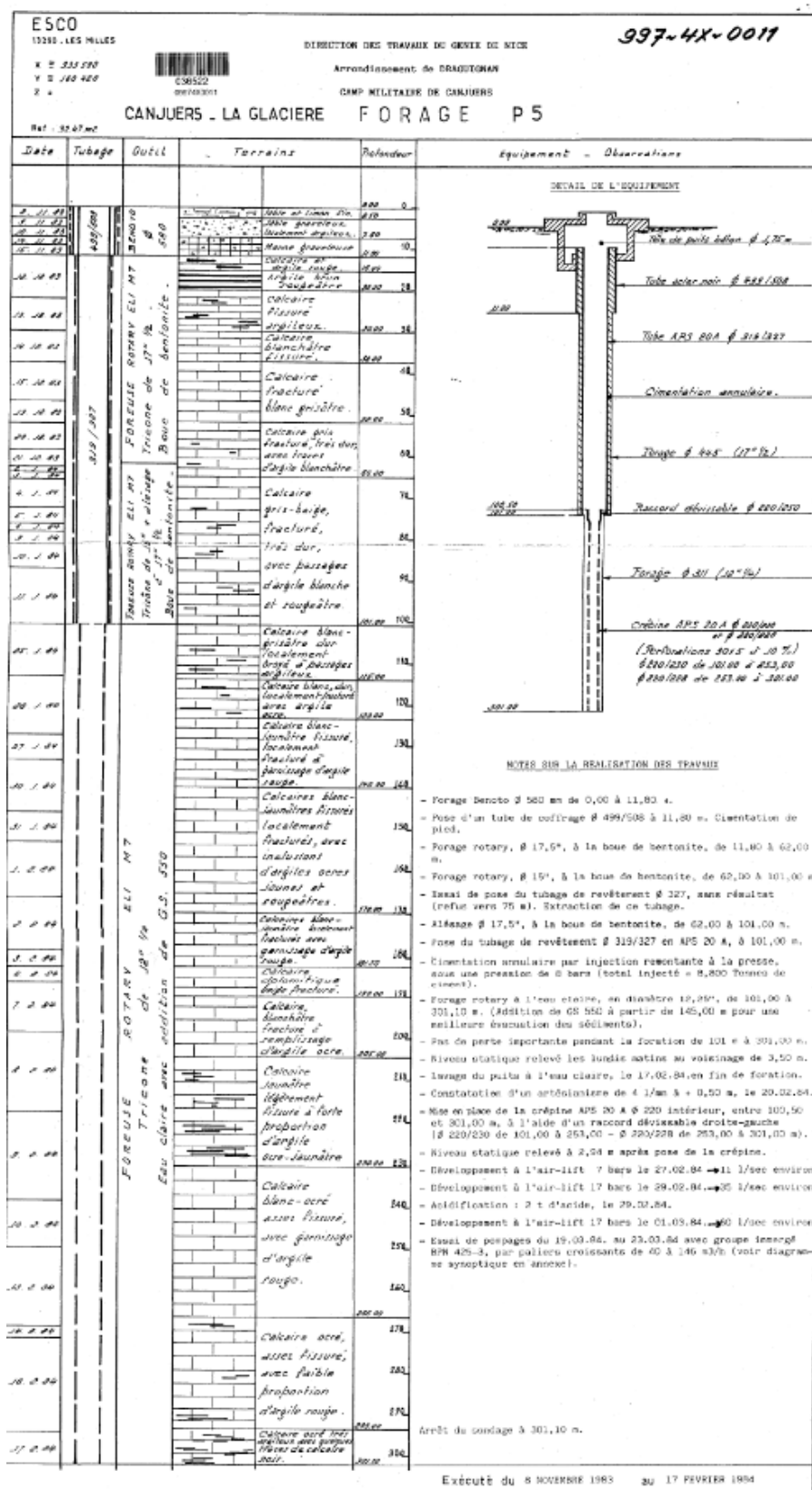


Figure 15 : Photographie de l'ouvrage P5 (SONDALP 2021)

La coupe géologique et technique de l'ouvrage est la suivante :

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique



5.1.8 P7

Coordonnées LAMBERT III	X	933 574,8
	Y	160 511,7
	Z	+ 749,63
Profondeur		176 mètres
Diamètre		205 mm tubé acier
Mise en service		1980
Profondeur de la pompe		-94,1 m/TN
Débit de la pompe d'exploitation		70 m ³ /h
Niveau statique		Artésien lors de sa réalisation
Niveau dynamique		
Débit maximum		70 m ³ /h
Débit d'exploitation		-
Coupe technique		Tube plein 300 mm de 0 à 60,2 m Tube crépiné nervures repoussées de 60,2 à 100,2 m Trou nu de 100,2 à 176,0 m
Etat de l'ouvrage		Présence de concrétions et de perforations ; forage rebouché à 176 m
Remarques		-

Le forage est rebouché à 176 mètres de profondeur alors que sa profondeur initiale est de 300 mètres. Cela n'entraîne pas de baisse de production de l'ouvrage.



Figure 17 : Photographie de l'ouvrage P7 (SONDALP 2021)

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

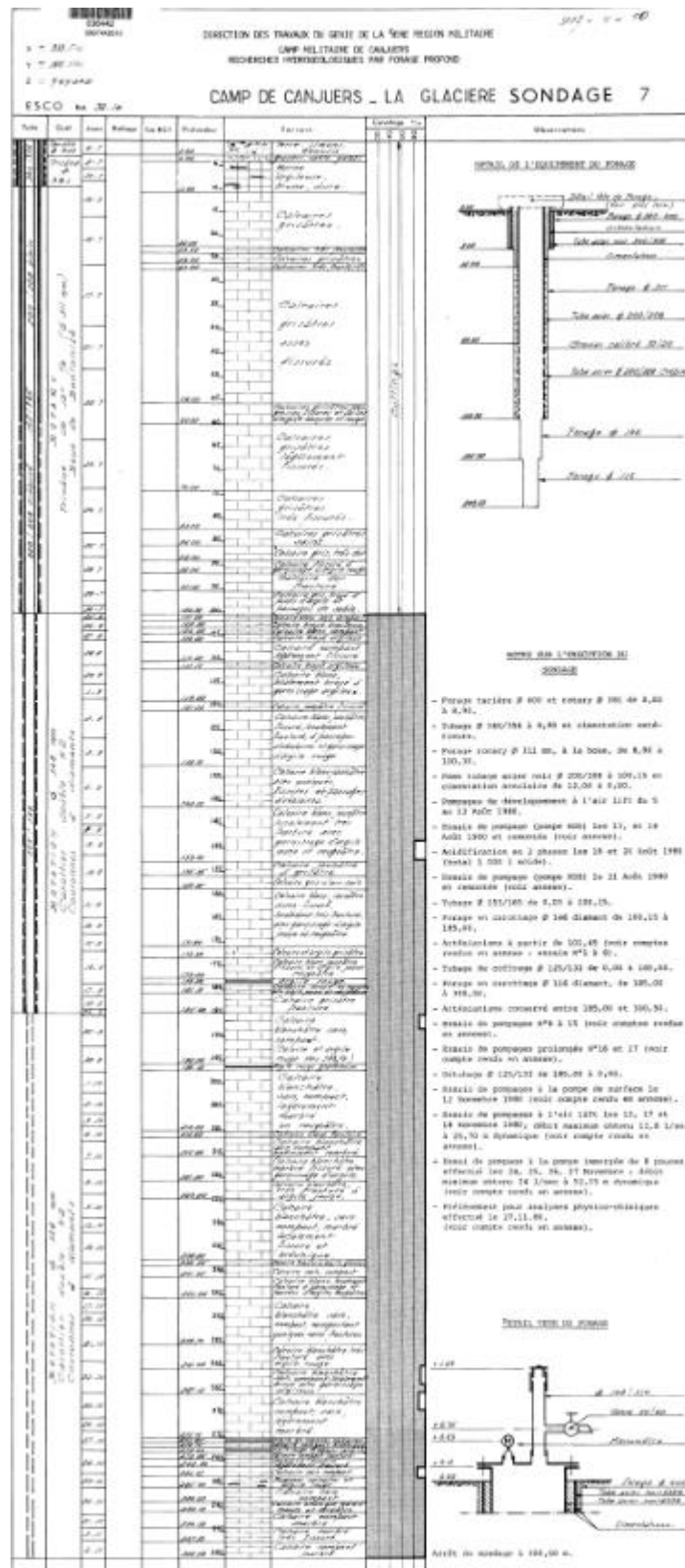
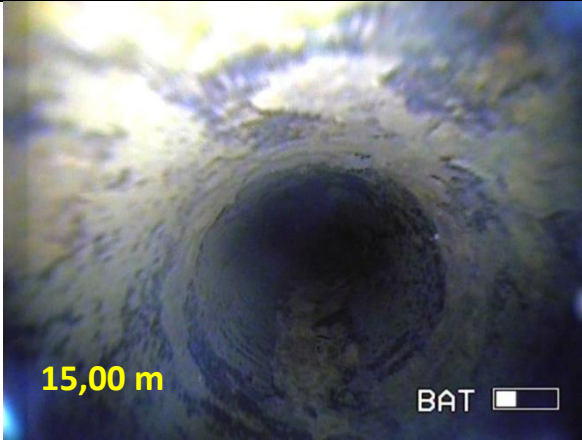


Figure 18 : Coupe géologique et technique de l'ouvrage P7

5.1.9 Ouvrages inconnus

5.1.9.1 P6 ?

Forage en acier de diamètre 160 mm, disposant d'un capot de protection. Le tubage dépasse de +25cm/sol.	
Vue axiale de l'intérieur du forage. Présence de nombreuses concrétions calcaires	
Vue axiale de l'intérieur du forage. La présence de concrétion calcaire s'intensifie, présence d'eau ?	

Vue axiale de l'arrivée sur la zone crépinée (crépinés de type trous oblongs de slot 2 mm). Présence d'un colmatage modéré	 20,00 m BAT 
Vue axiale de la zone crépinée	 24,00 m BAT 
Vue axiale sur le fond de l'ouvrage. Présence de dépôts sableux, colmatage de l'ouvrage ?	 40,10 m BAT 

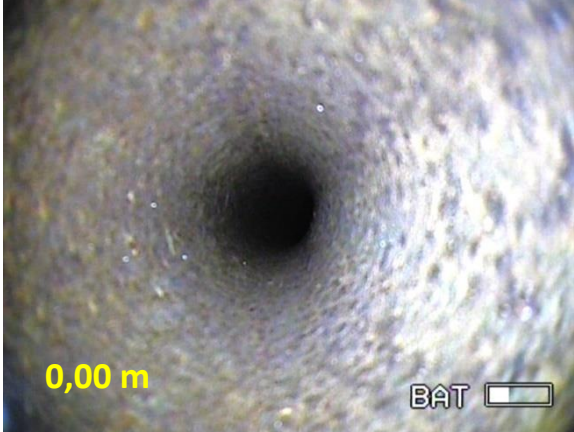
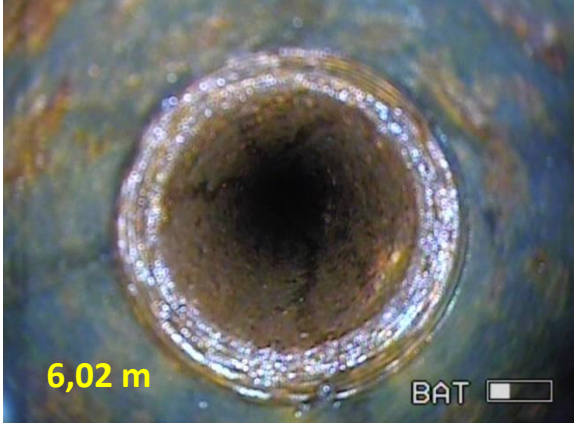
Commentaires et interprétations

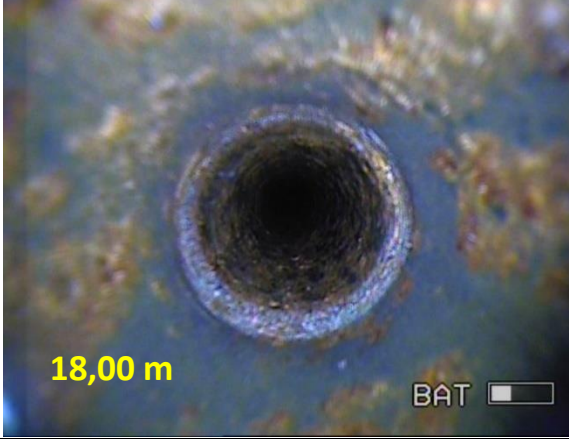
Cet ouvrage a été découvert récemment et nous ne disposons pas de données sur sa coupe géologique ou technique. Il est possible que cet ouvrage soit l'ouvrage P6 indiqué dans certains documents.

Cet ouvrage dispose d'une profondeur de 40 mètres. Nous observons de nombreux dépôts sableux sur le fond de l'ouvrage. Etant donné qu'il dispose d'une profondeur moindre par rapport aux autres ouvrages (40 mètres contre 100 mètres au minimum), il est possible que cet ouvrage ait subi un colmatage conséquent.

Nous observons la présence de concrétions calcaires sur toute sa hauteur. Même si aujourd'hui le forage est sec, cela est le signe qu'il y a eu de l'eau auparavant.

5.1.9.2 Piézomètre

	
Vue axiale de l'intérieur du forage	
Vue axiale du premier raccord vissé	

Vue axiale du deuxième raccord vissé	 12,01 m BAT 
Vue axiale du troisième raccord vissé	 18,00 m BAT 
Vue axiale des premières concrétions calcaires	 18,80 m BAT 
Vue axiale d'une grosse concrétion ne permettant pas le passage de la caméra	 20,30 m BAT 

Commentaires et interprétations

Les importantes concrétions de cet ouvrage n'ont pas permis le passage de la caméra en dessous de 20,30 mètres de profondeur.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence la présence de crépine.

5.2 FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE

5.2.1 Essais de pompage

5.2.1.1 P1

Les essais de pompage mené sur cet ouvrage 2023 n'ont pas pu être menés à terme et témoignent ainsi d'une très faible capacité de production.

5.2.1.2 P2

Les essais de pompage mené sur cet ouvrage en 2023 ont permis de mettre en évidence la présence d'un débit critique de l'ordre de 6 m³/h. Cette valeur très faible peut s'expliquer par l'importante présence de concrétion et du colmatage avancé de l'ouvrage. Bien que cet ouvrage soit meilleur que P1, il dispose d'une faible capacité de production.

L'essai de pompage n'a pas pu être mené à cause d'un rabattement non stabilisé.

5.2.1.3 P5

5.2.1.3.1 Pompage par paliers

La courbe caractéristique du forage P5 réalisée en 1984 est présentée dans la figure suivante. Nous avons fait le choix de ne pas représenter les courbes caractéristiques des pompages de 1984 et 2023 sur le même graphique étant donné les importantes différences de rabattements.

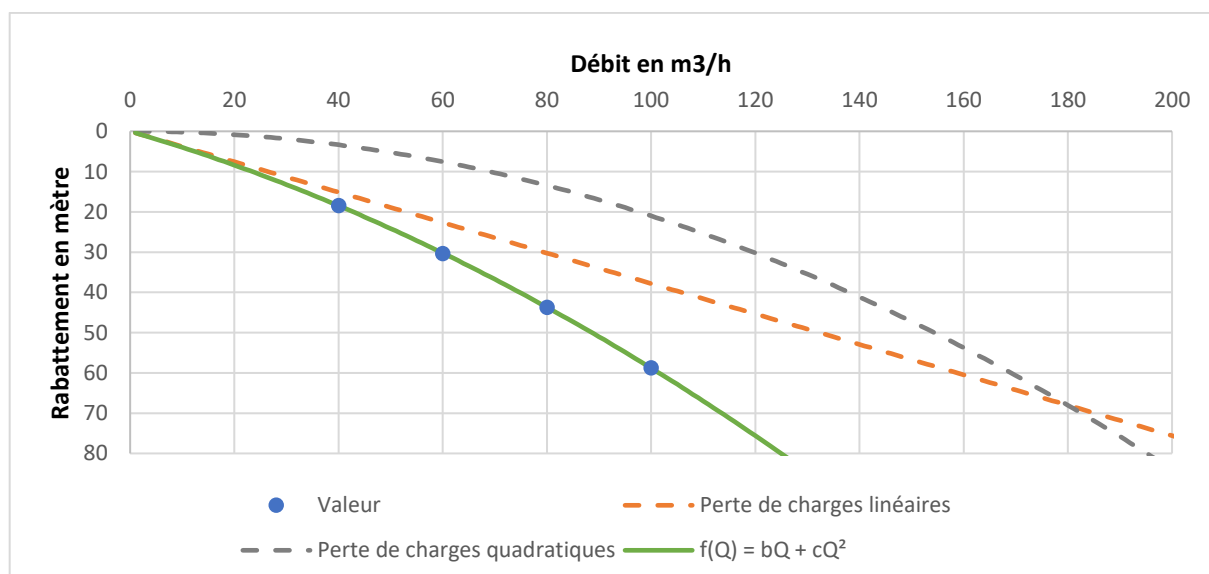


Figure 19 : Courbe caractéristique du forage P5 (essai de 1984)

La courbe caractéristique du forage P5 réalisée en 2023 est présentée dans la figure suivante :

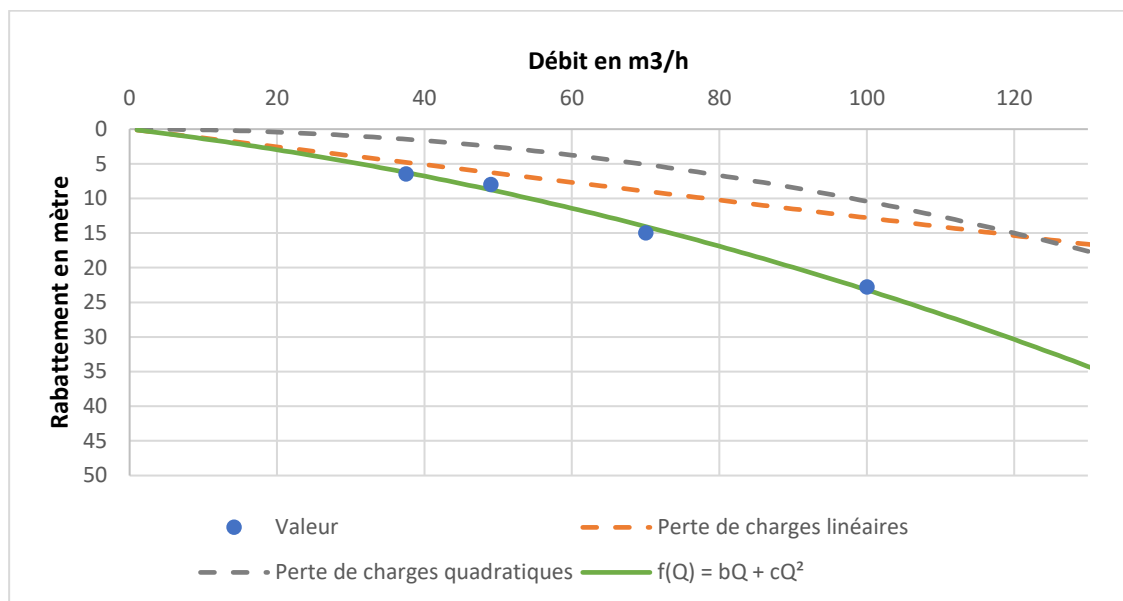


Figure 20 : Courbe caractéristique du forage P5 (essai de 2023)

Les différences de niveau entre les essais de 1984 et de 2023 peuvent être expliquées par le niveau d'eau dans le forage. En 1984, lors de la création de l'ouvrage, le forage présentait un artésianisme conséquent, tandis qu'en 2023, le niveau d'eau était de l'ordre de 50 m/sol.

5.2.1.3.2 Pompage longue durée

Les essais de pompage longue durée menés sur le forage P5, en 2023, ont permis de mettre en évidence une transmissivité de l'ordre de 0,00042 m²/s et un coefficient d'emmagasinement de 0,0004.

Le pompage mené sur une période de 72 heures à un débit de 95 m³/h montre une stabilisation du niveau d'eau dans le forage à un rabattement d'environ 32 m.

Cet ouvrage est en mesure de produire un débit de l'ordre de 100 m³/h.

5.2.1.4 P7

5.2.1.4.1 Pompage par paliers

La courbe caractéristique du forage P7, réalisée en 1984 est présentée dans la figure suivante :

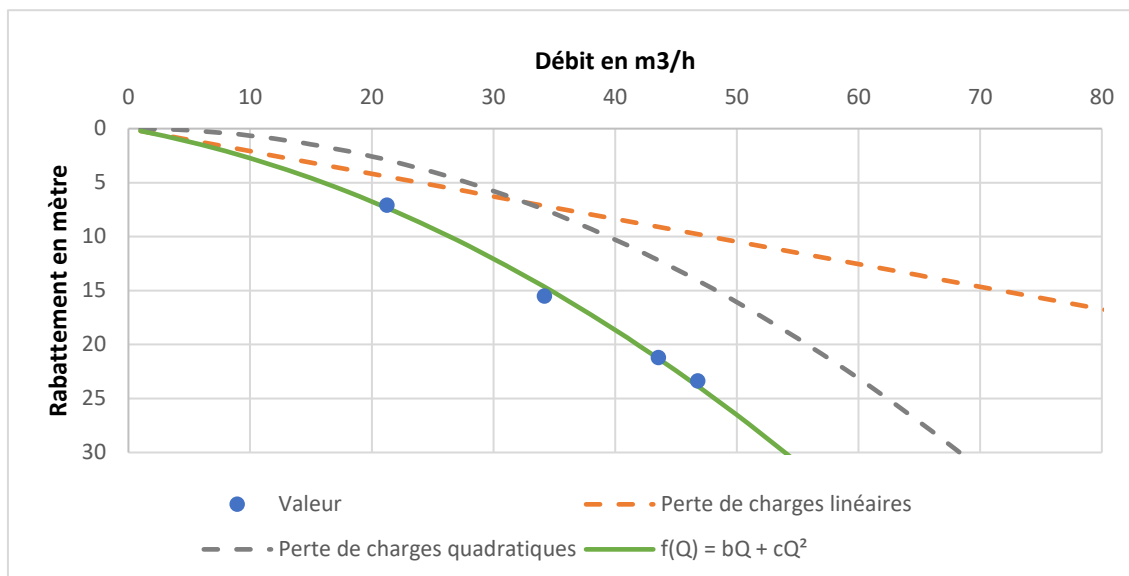


Figure 21 : Courbe caractéristique du forage P7 (essai de 1984)

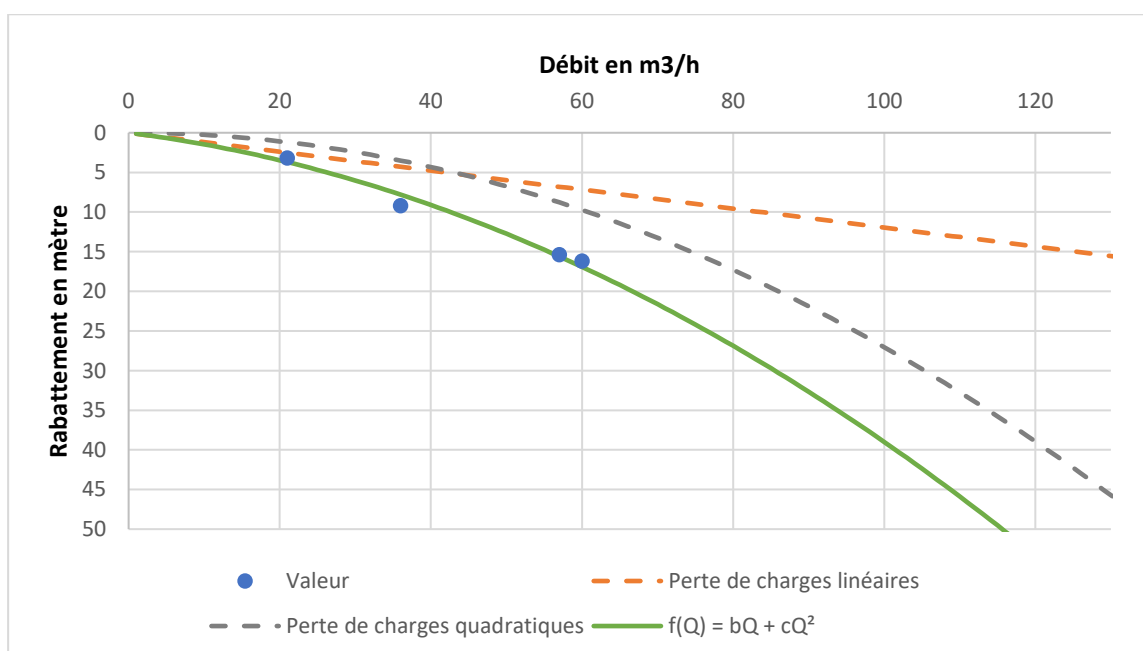


Figure 22 : Courbe caractéristique du forage P7 (essai de 2023)

Les différences de niveau entre les essais de 1984 et de 2023 peuvent être expliquées par le niveau d'eau dans le forage. En 1984, lors de la création de l'ouvrage, le forage présentait un artésianisme conséquent, tandis qu'en 2023, le niveau d'eau était de l'ordre de 50 m/sol.

5.2.1.4.2 Pompage longue durée

Les essais de pompage longue durée menés sur le forage P7, en 2023, ont permis de mettre en évidence une transmissivité de l'ordre de $0,00012 \text{ m}^2/\text{s}$ et un coefficient d'emménagement de $0,00002$.

Le pompage mené sur une période de 72 heures à un débit de $60 \text{ m}^3/\text{h}$ montre une stabilisation du niveau d'eau dans le forage à un rabattement d'environ 22 m.

Cet ouvrage est en mesure de produire un débit de l'ordre de $60 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.2.2 Aquifères captés par les ouvrages

5.2.2.1 Ouvrages P1 et P2

Les ouvrages P1 et P2 disposent d'une profondeur quasiment identique et sont distants de quelques dizaines de mètres. Ils captent, vraisemblablement, le même aquifère contenu dans les calcaires du Jurassique supérieur.

Les arrivées d'eau de P1 sont situées entre 683 et 662 NGF et 676 et 666 NGF pour l'ouvrage P2. Ces deux ouvrages ne sont pas impactés par le niveau de l'Artuby. Cette non-influence a pu être confirmée par la réalisation d'un traçage coloré au niveau de la station d'épuration de la commune de Comps sur Artuby.

Pourtant, lors des phases de pompage, les ouvrages ne s'impactent pas, cela peut être lié à la présence d'une compartimentation de l'aquifère ou bien d'un débit trop faible ne provoquant de cône de rabattement suffisant.

5.2.2.2 Ouvrage P7

L'ouvrage P7 dispose d'une zone crépinée entre 60 et 100 m de profondeur et dispose d'une profondeur de 300 mètres (identique à l'ouvrage P5).

Les essais de pompage réalisés sur cet ouvrage témoignent de son influence sur la source de la Glacière (aquifère calcaire du Jurassique Supérieur) et sur l'ouvrage P5 (aquifère calcaire du Bathonien), qui s'explique par sa conception.

5.2.2.3 Ouvrage P5

L'ouvrage P5 dispose d'un prétubage avec cimentation de l'espace annulaire de 0 à 111 mètres de profondeur. Cet ouvrage donc déconnecté des alimentations des ouvrages P1 et P2, il capte donc exclusivement l'aquifère contenu dans le calcaire du Bathonien.

Les essais de pompage réalisés sur cet ouvrage montrent une influence de cet ouvrage sur l'ouvrage P7.

5.2.3 Analyses chimiques

L'interprétation des analyses chimiques réalisées sur les ouvrages P1 et P7 permet de mettre en évidence la présence d'une signature chimique différente :

	P1	P7
pH	7,6	7,8
Conductivité	440	400
Calcium	86	47
Magnésium	4,8	21
Sulfate	10,7	5,32
Nitrate	4,59	0,95
TAC	25	190
Chlorure	3,46	2,62
Potassium	0,53	<0,5
Sodium	2	1,3

Les teneurs en calcium et en magnésium dans les eaux souterraines peuvent être expliquées par la dissolution des formations calcaires. L'apport de calcium est lié aux calcaires (carbonate de calcium) tandis que le magnésium est lié aux dolomies (carbonates de magnésium).

Les forages P5 et P7 capte les formations du Bathonien constitué de calcaires dolomités, tandis que les forages P1 et P2 captent les formations du Portlandien constitué essentiellement de calcaires. Ces différences d'horizons géologiques captés par les formations expliquent les valeurs de calcium et de magnésium.

Les nitrates dans les eaux souterraines disposent d'une origine purement anthropique témoignant d'une relation des forages P1 et P2 avec les eaux superficielles.

5.2.4 Fonctionnement global

Dans le cadre de la réalisation des périmètres de protection du champ captant de la Glacière, deux expériences de traçages ont été réalisées (campagne de traçage des eaux de rejet de la station d'épuration de Comps-sur-Artuby et des eaux de surface de l'Artuby à l'amont du champ captant de la Glacière JP. IVALDI 2006).

La première expérience a été réalisée en période d'étiage. Elle a consisté à tracer les eaux de rejet de la STEP de Comps-sur-Artuby située à une distance de 5 km du champ captant. Le traceur n'a été identifié avec certitudes qu'une seule fois dans les eaux de pompage du champ captant de la Glacière (forage P5), 4 jours après l'injection. La vitesse apparente de transfert selon la distance minimale est de l'ordre de 50 m/h.

Une deuxième expérience a été réalisée à partir du traçage des eaux de surface de l'Artuby, en période de hautes eaux. La fluorescéine a été mélangée aux eaux de surface au droit de l'ancienne parfumerie de Comps à l'amont de la STEP.

Bien que le traceur ait été observé dans la rivière au niveau du site de la station de pompage de la glacière le lendemain de l'injection, la recherche du traceur dans les forages P1, P2 et F5 F7 a été négative. Parallèlement une surveillance était effectuée au niveau des ouvrages d'alimentation en eau potable du SIHV (forage des Moulières à Bauduen). Là encore les résultats ont été négatifs.

Il en résulte que l'aquifère karstique exploité par les forages profonds P5 et P7 est rapidement atteint (4 jours) par un éventuel polluant.

Ces essais ont démontré en outre que l'aquifère exploité par les P1 et P2 est différent de l'aquifère exploité par les forages P5 et P7.

D'après la carte de vulnérabilité établie en 1997 par P. LEMPERIERE, le champ captant de la glacière est situé dans une zone très vulnérable caractérisée par :

- Sa lithologie (calcaires et dolomies fracturés et karstifiés)
- L'absence de formations superficielles et de sols pouvant assurer une filtration du polluant
- Une nappe libre à une profondeur de 300 ou 500 m
- Un temps de transit d'un éventuel polluant inférieur à 5 jours

5.2.5 Synthèse du suivi Well Watch

Le bilan d'utilisation de l'ensemble des forages est fourni dans le rapport WellWatch sur la période de janvier 2021 à janvier 2022 :

Synthèse	Etat DONNEES	Etat AQUIFERE	Performance CAPTAGE	Performance POMPE	Volume	Temps de marche	Débit moyen	HMT moyenne	Puissance consommée	Nombre de démarrages	Actions à mener
CANJUERS P1					541 m3	20 h	24 m3/h	38 mCE	15 kW	0,1 /j	Niveau statique en baisse sur la période de données disponibles (avril 2021 à janvier 2022) Rendement de la pompe très faible Recommandation : Réaliser un démarrage mensuel d'au minimum 1h afin de calculer plus d'indicateurs de performance
CANJUERS P2					792 m3	27 h	12 m3/h	47 mCE	15 kW	0,1 /j	Niveau statique en baisse sur la période de données disponibles (avril 2021 à janvier 2022) Rendement de la pompe très faible Recommandation : Réaliser un démarrage mensuel d'au minimum 1h afin de calculer plus d'indicateurs de performance
CANJUERS P5					130 541 m3	2153 h	116 m3/h	67 mCE	30 kW	4,0 /j	Niveau statique en baisse sur la période de données disponibles (avril 2021 à janvier 2022)
CANJUERS P7					687 m3	42 h	72 m3/h	-	24 kW	0,1 /j	Niveau statique en baisse sur la période de données disponibles (avril 2021 à janvier 2022) Recommandation : Réaliser un démarrage mensuel d'au minimum 1h afin de calculer plus d'indicateurs de performance

Seul l'ouvrage P5 assure l'alimentation en eau.

Sur l'ensemble des ouvrages, une baisse généralisée du niveau d'eau est observée de l'ordre – 25 mètres pour les ouvrages P1 et P2 et 9 m pour les ouvrages P5 et P7.

L'ouvrage P1 présente une particularité, le rabattement en pompage diminue au plus le niveau d'eau baisse dans le forage. Cela pourrait s'expliquer par la présence d'une perméabilité plus importante en profondeur.

Les rabattements observés dans le rapport WellWatch (compris entre 15 et 30 mètres) sont très différents des rabattements observés lors de l'essai de pompage en 1984 (90 mètres).

Malgré un suivi du niveau d'eau sur une faible période, nous observons une baisse significative du niveau général de l'aquifère, les forages ayant été artésiens lors de leurs réalisations, la baisse de niveau est encore plus importants. Cette baisse est-elle liée à l'exploitation de l'aquifère ou bien aux conditions climatiques.

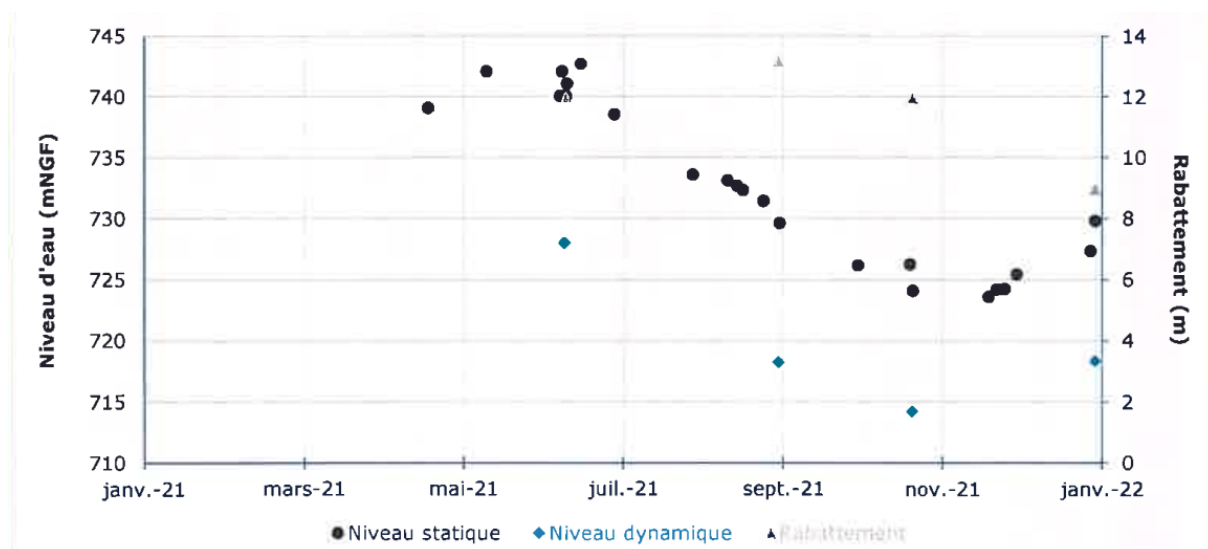
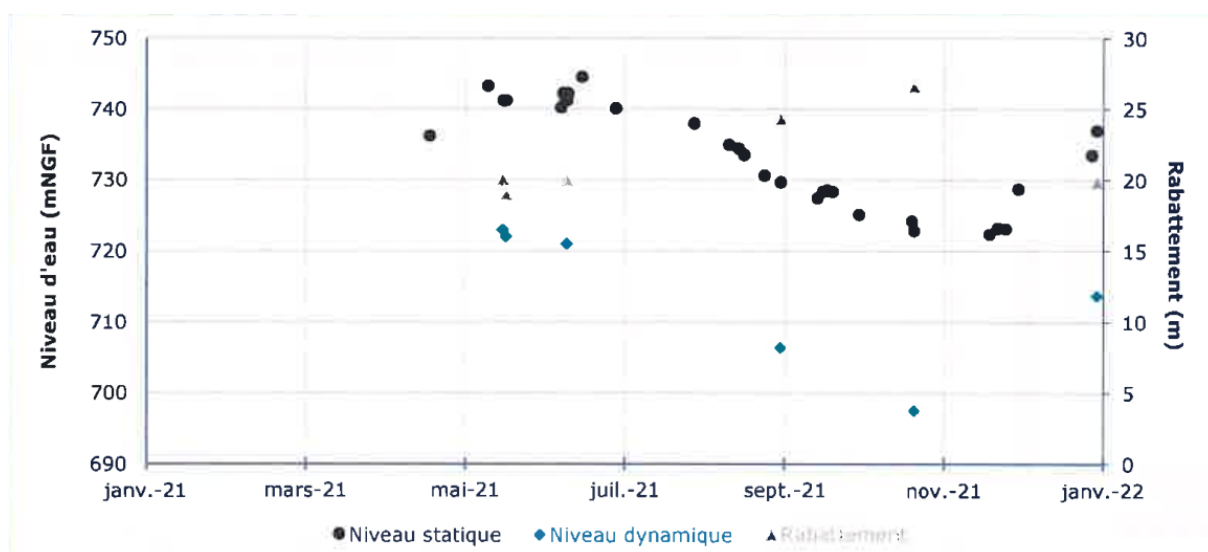


Figure 23 : Suivi des niveaux statiques et dynamiques dans le forage P1



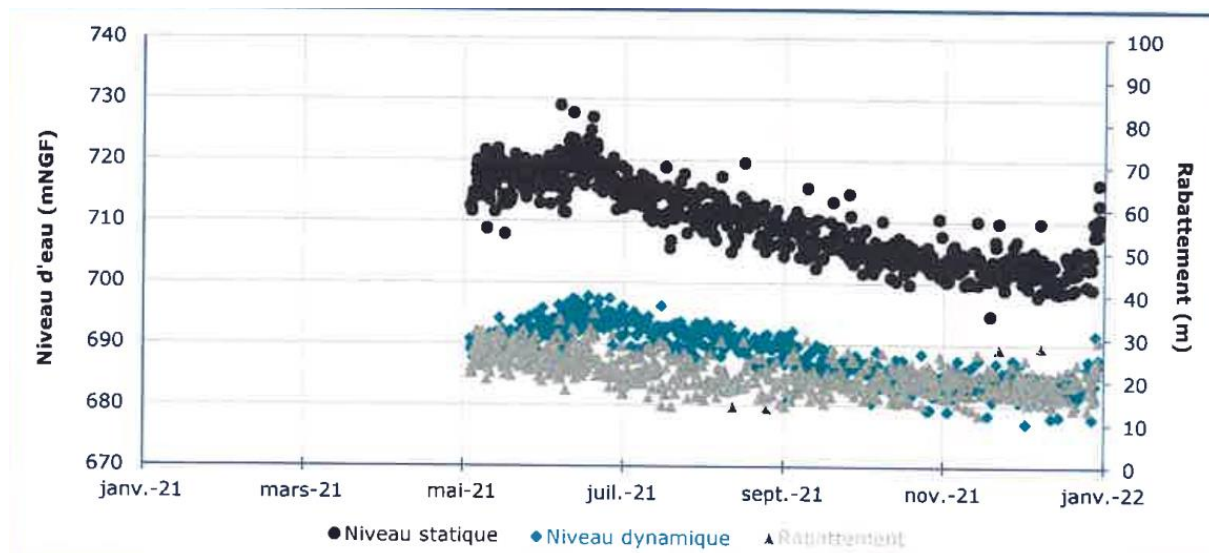


Figure 25 : Suivi des niveaux statiques et dynamiques dans le forage P5

5.3 PERIMETRE DE PROTECTION

Le champ captant de la Glacière, dispose de périmètre de protection instauré dans l'arrêté du 17 septembre 2009. La carte des périmètres de protection est la suivante :

Périmètres de protection du champ captant de la glacière

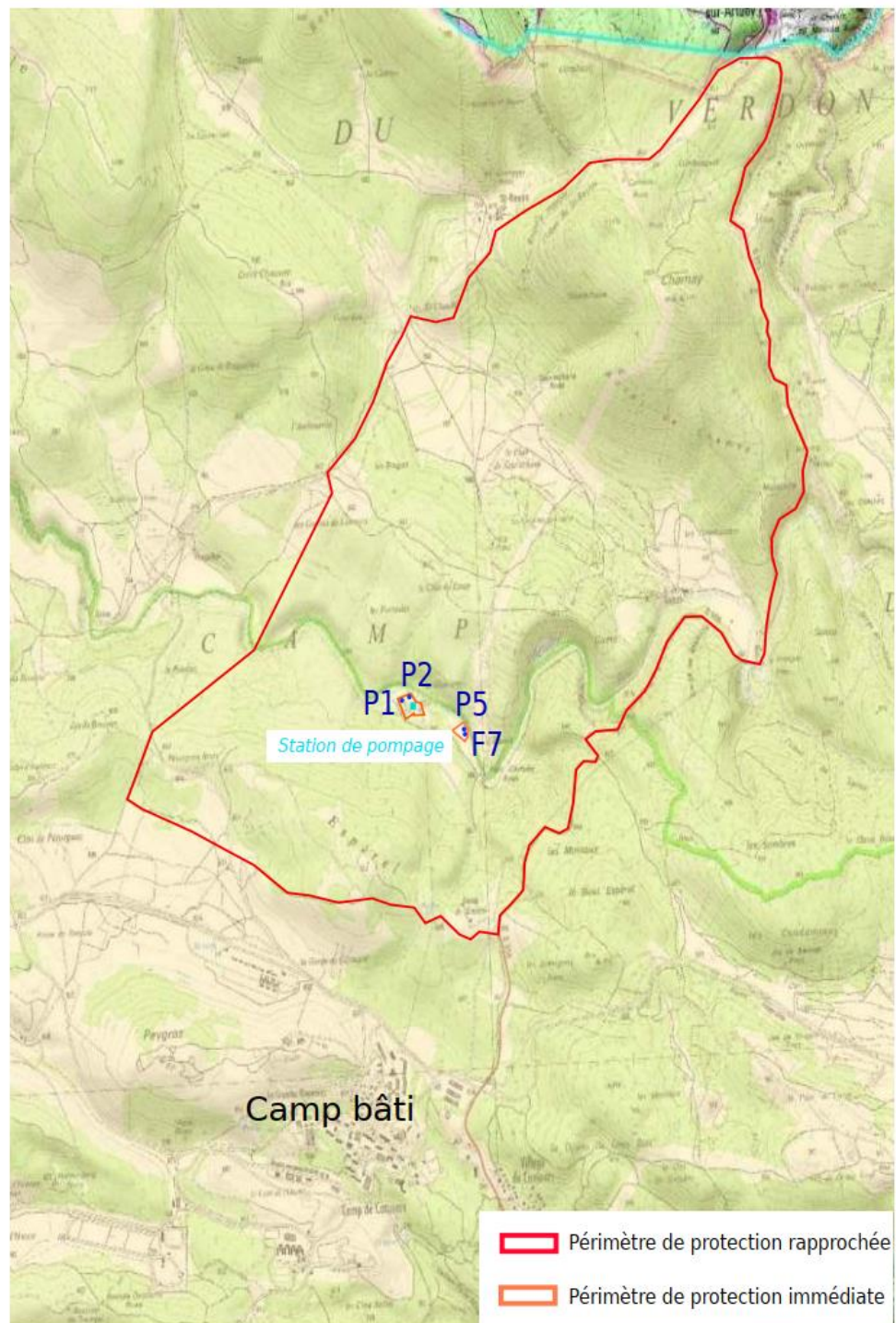


Figure 26 : Carte des périmètres de protection des forages de la Glacière

Les débits de prélèvements autorisés sont 160 m³/j pour P1, 200 m³/j pour P2, 700 m³/j pour P5 et 700 m³/j pour P7.

Dans ces périmètres de protection, plusieurs prescriptions techniques particulières doivent être respectées :

Dans le périmètre de protection immédiate

- Les périmètres de protection immédiate des P1, P2 P5 et P7 sont implantés sur la parcelle unique H1 du plan cadastral de la commune de Montferrat. Elle appartient en toute propriété à l'Armée.
- Ils sont matérialisés par une enceinte grillagée avec alarme anti-intrusion, dont l'accès est commandé par un portail fermant à clé
- Dans ces périmètres, tous les travaux, installation, activités, dépôts, ouvrage, aménagement ou occupation des sols sont interdits. Les têtes de puits doivent être protégées par un cuvelage muni d'un capot étanche fermant à clé.

Dans le périmètre de protection rapprochée

A l'intérieur de ce périmètre :

- Les puits ou forages abandonnés devront être obturés pour éviter une pollution des eaux de la nappe
- Toute création de carrières, d'exploitation de matériaux alluviaux et colluviaux ainsi que le remblaiement d'excavation naturelle ou artificielle seront interdits
- L'installation de réservoir souterrain de produits chimiques et d'hydrocarbures devra répondre aux normes requises (double enveloppe). Les réservoirs aériens seront munis d'un bac de rétention d'une capacité égale au plus gros volume stocké. La création de dépôts d'ordure ménagère et de décharges de toute nature sera interdite.
- La pacage des animaux pourra être toléré. La stabulation en revanche sera interdite et le stockage des fumiers, purins, déchets verts et autres produits des activités agricoles existantes interdites
- Tout incident qui pourrait intervenir dans le périmètre de protection rapprochée au cours de manœuvre, de mouvement de troupes (en particulier, fuite de carburant) ou de transport de matières diverses doit être impérativement signalé à l'autorité compétente.
- Un avis défavorable est émis à tout projet d'implantation de champ de tir dans le périmètre de protection rapprochée qui ne respecterait pas une gestion rigoureuse des déchets avec un objectif de zéro déchet dans l'environnement en raison de la nature karstique du massif, de la difficulté d'éliminer une éventuelle pollution chimique liée aux munitions et en raison de la rareté de la ressource en eau potable exploitable sur le camp.

6 ETUDE GEOPHYSIQUE

6.1 LOCALISATION DES PROFILS

La localisation des 3 profils géophysiques réalisés sur le site de la Glacière est présentée dans la figure suivante :

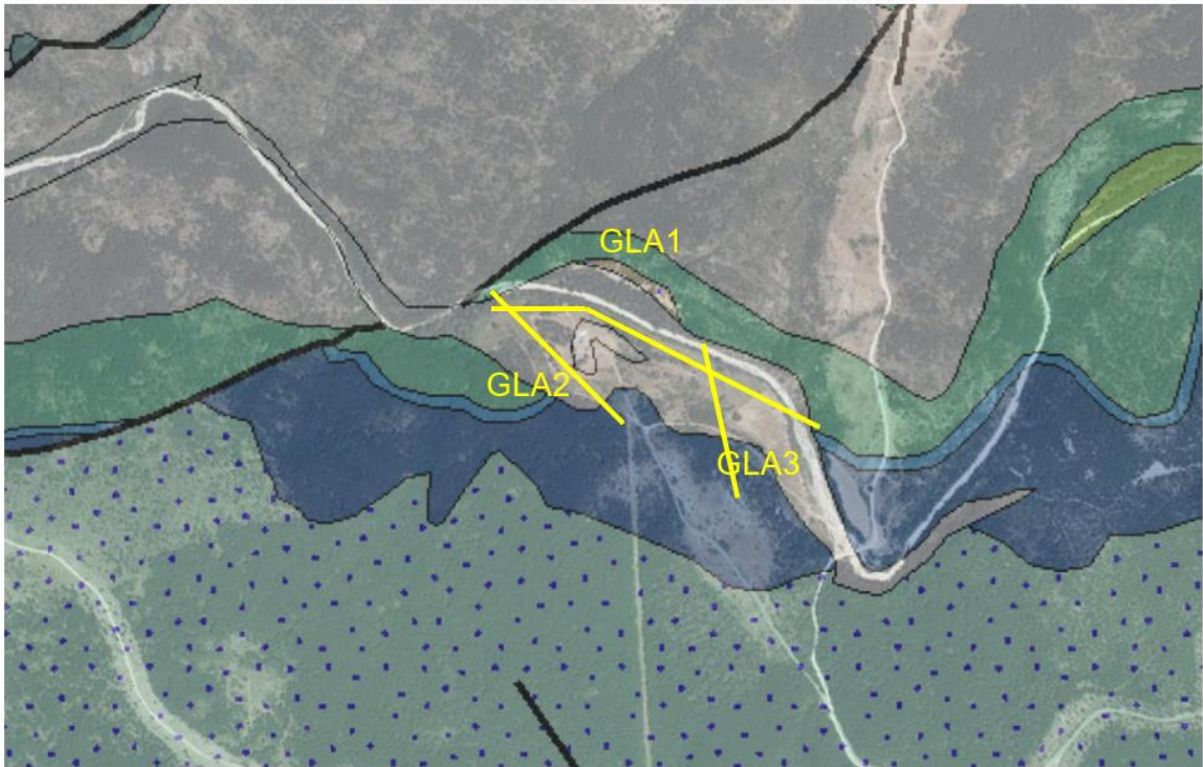


Figure 27 : Localisation des profils géophysiques (DPVA)

6.2 RESULTATS ET INTERPRETATION

6.2.1 Profils GLA1

Les résultats du profil géophysique GLA1 sont présentés dans la figure suivante :

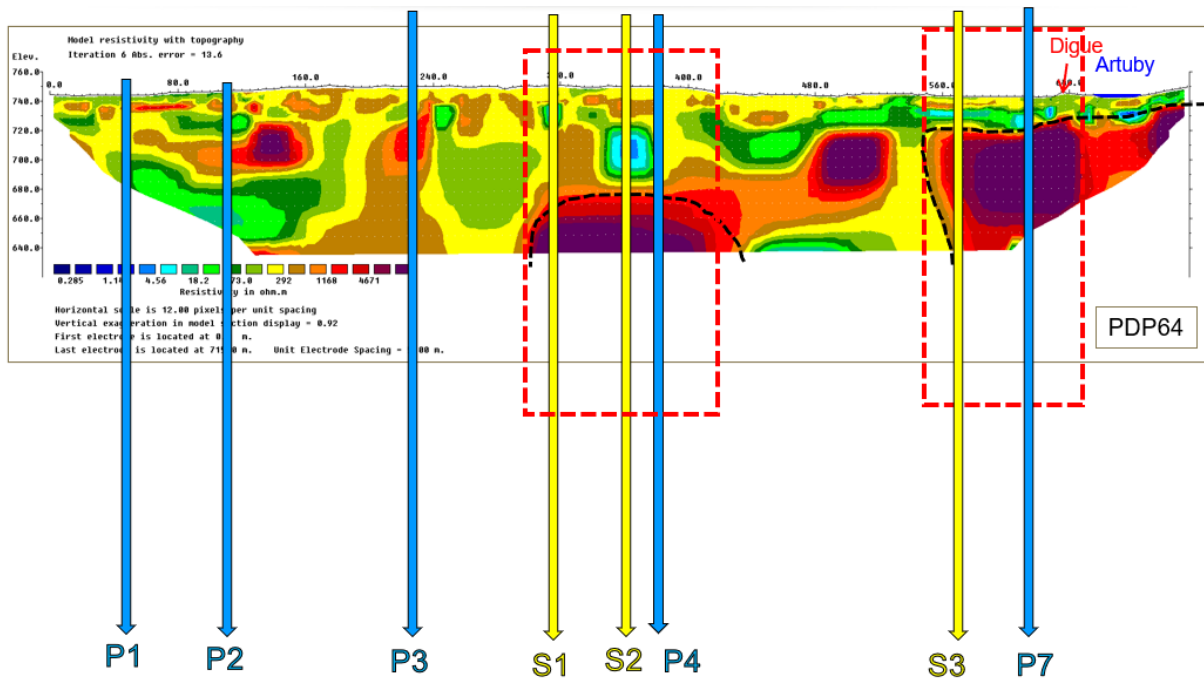


Figure 28 : Résultats du profil géophysique GLA1 (DPVA)

On peut noter la présence d'une structure fortement résistive située entre la distance 320 et 400 mètres à une profondeur d'environ 80 mètres. Cette structure a été recoupée par le forage P4, aujourd'hui abandonné. Malheureusement nous ne disposons pas de la coupe géologique de P4, toutefois, l'abandon de cet ouvrage témoigne probablement d'une faible capacité de production de l'ouvrage.

La structure résistante rencontrée entre la distance 560 et 620 mètres et qui est recoupée par le forage P7, semble être constituée de calcaire gris fissuré faiblement aquifère.

Plus superficiellement on note la présence de poches ovoïdes signalant a priori des cavités karstiques.

L'emplacement d'un forage de reconnaissance au niveau de S1 semble être opportun, étant donné la présence d'une structure résistive témoignant d'une zone fortement fissurée et dont le forage P4 n'a capté que le toit.

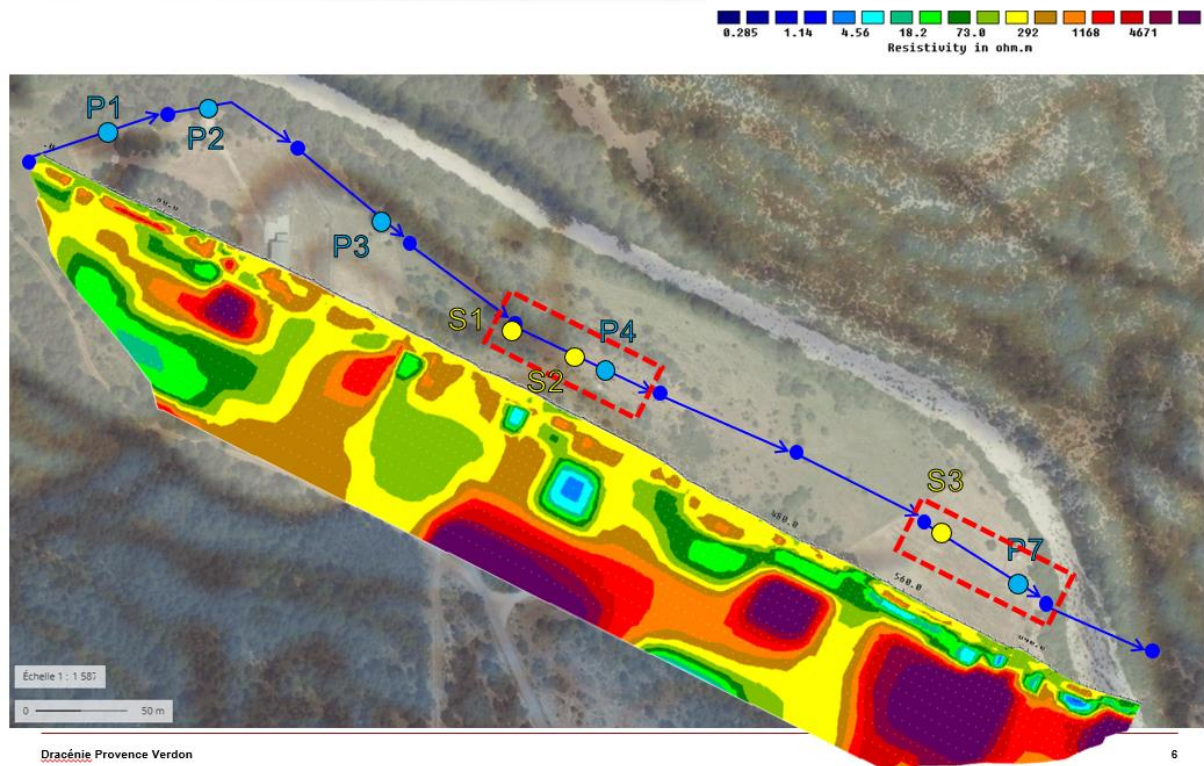


Figure 29 : Localisation détaillée du profil GLA1 (DPVA)

6.2.2 Profil GLA2

Les résultats du profil géophysique GLA2 sont présentés dans la figure suivante :

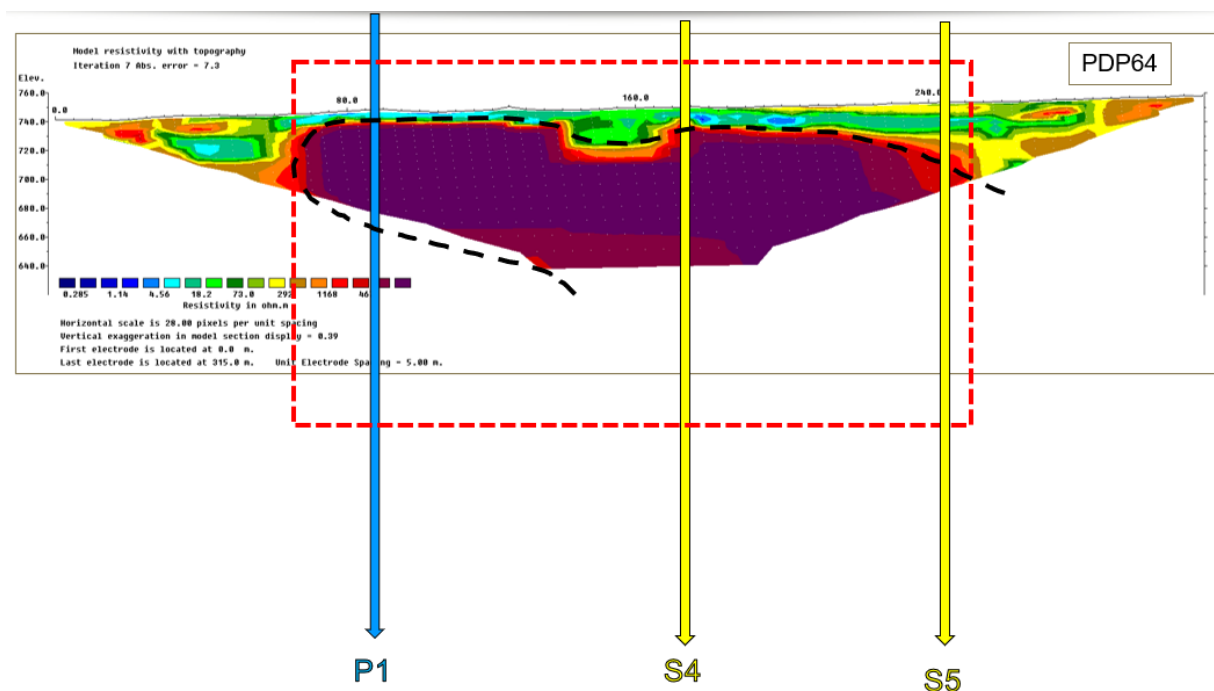


Figure 30 : Résultats du profil géophysique GLA2 (DPVA)

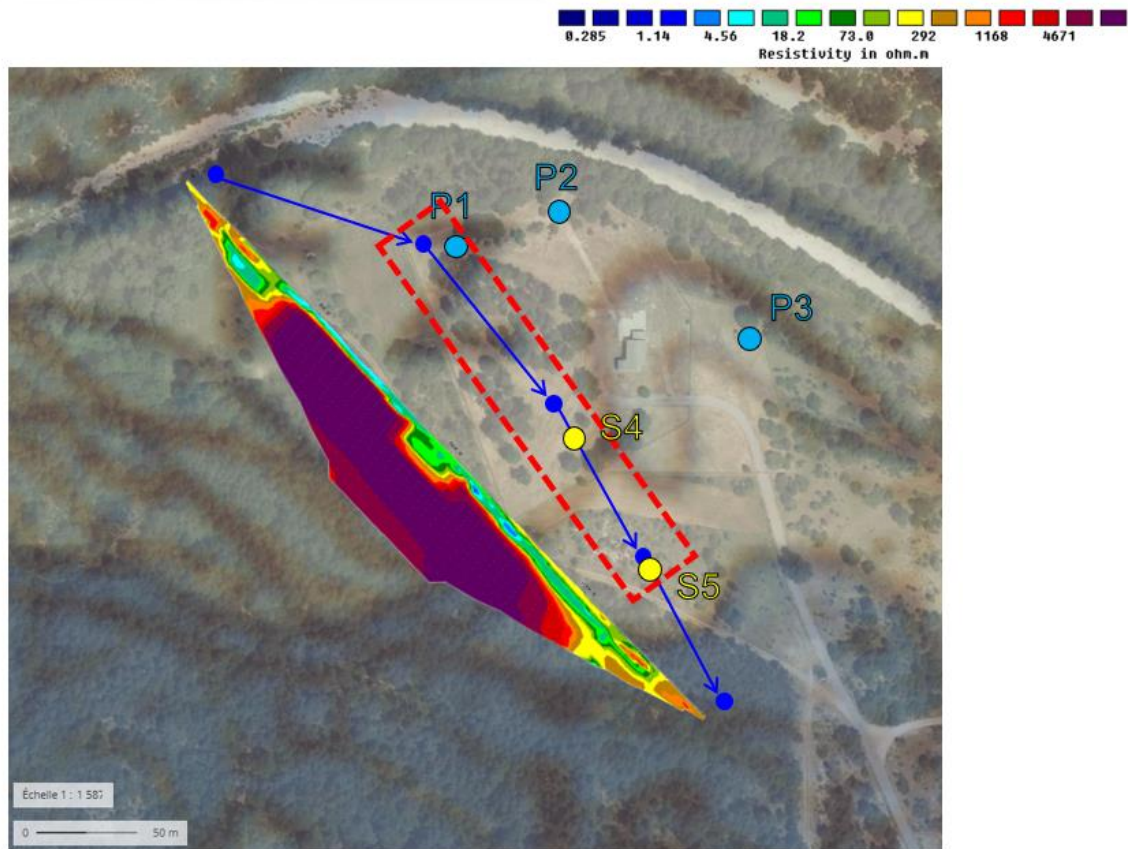


Figure 31 : Localisation détaillée du profil géophysique GLA2 (DPVA)

Une importante structure résistive a été rencontrée, sur ce profil, entre les distances 80 et 240 mètres et sur une épaisseur d'au moins 100 mètres. Cette structure est probablement constituée de calcaire fissuré disposant d'un potentiel aquifère.

L'emplacement d'un forage de reconnaissance au niveau de S4 semble être opportun, étant donné la présence d'une structure résistive témoignant d'une zone fortement fissurée.

6.2.3 Profil GLA3

Les résultats du profil géophysique GLA2 sont présentés dans la figure suivante :

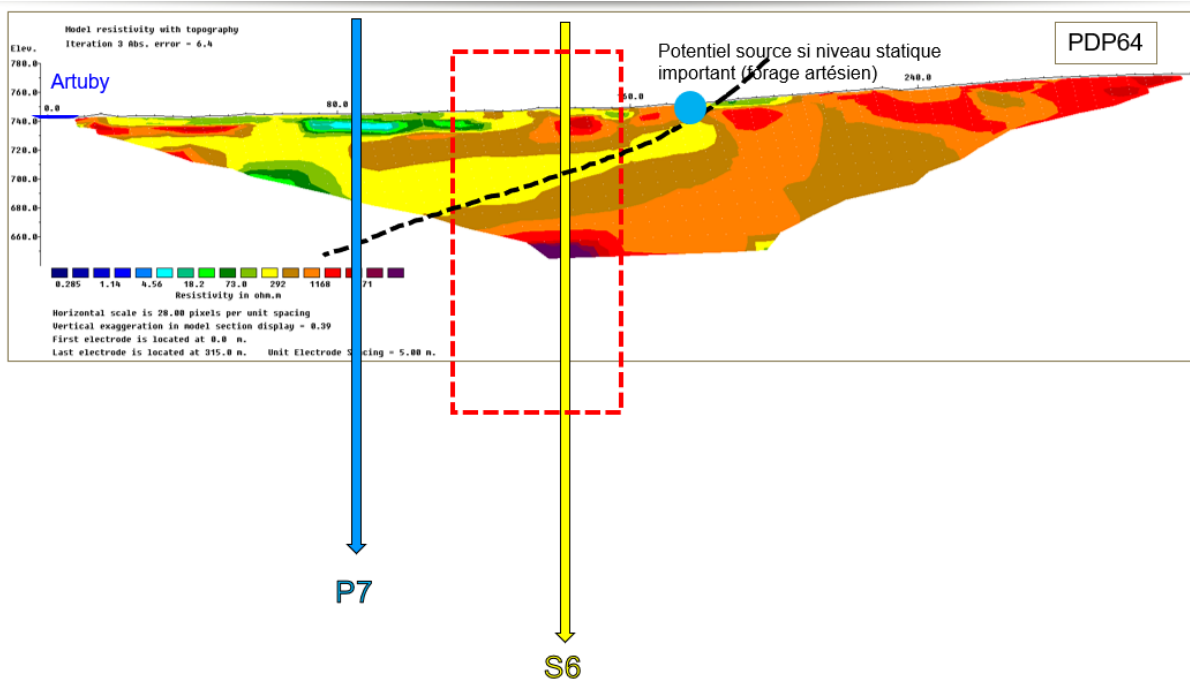


Figure 32 : Résultats du profil géophysique GLA3 (DPVA)

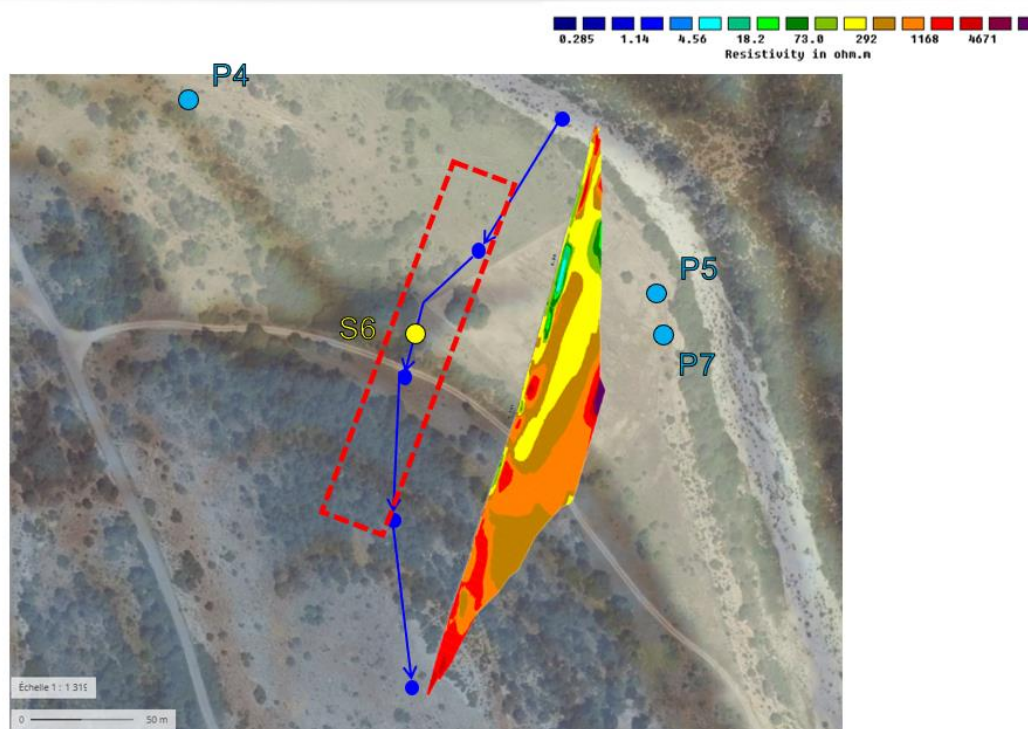


Figure 33 : Localisation détaillée du profil géophysique GLA2 (DPVA)

On note en particulier le passage d'une faille importante s'initiant en surface et altérant le substratum en profondeur entre 80 et 100 mètres. Cette dernière s'initie au niveau de la distance 190 mètres et plonge dans la direction Nord-Est.

L'emplacement d'un forage de reconnaissance au niveau de S6 semble être opportun, étant donné la présence d'une structure résistive témoignant d'une zone fortement fissurée.

7 PROPOSITION D'IMPLANTATION DE FORAGE DE RECONNAISSANCE

7.1 IMPLANTATION PAR RAPPORT A LA GEOLOGIE

Plusieurs zones ont été sélectionnées afin d'explorer de nouvelles ressources, dont le potentiel hydrogéologique serait suffisant pour le besoin de 160 m³/h (correspondant au débit de production actuel des forages P5 et P7). Dans chacune de ces zones sera réalisé à *minima* un forage de reconnaissance en faible diamètre (165 mm). 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 la Glacière, nous permettent 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. → Le forage P1 a rencontré les formations calcaires du Rhétien à partir de 95 mètres de profondeur → Il existe très peu d'affleurements de formation du Trias dans la zone d'étude. Les affleurements Triasiques sont situés au Sud du camp bâti.
2	Présente des indices reconnus ou supposés de karstification et/ou de fracturation	Toutes formations carbonatées	→ Privilégier les calcaires du Portlandien et du Bathonien-Bajocien qui présente une fracturation en grand marquée → Eviter les calcaires de l'Oxfordien-Argovien qui peuvent être considéré comme imperméable par rapport aux calcaires du Portlandien et du Bathonien-Bajocien → Eviter les calcaires du Keuper et du Muschelkalk qui dispose d'une faible fracturation en grand

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

			→Eviter les formations superficielles alluvionnaires
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 et du Bathonien-Bajocien qui présente une fracturation en grand marquée → Eviter les calcaires de l'Oxfordien-Argovien qui peuvent être considéré comme imperméable par rapport aux calcaires du Portlandien et du Bathonien-Bajocien →Eviter les calcaires du Keuper et du Muschelkalk qui dispose d'une faible fracturation en grand →Eviter les formations superficielles alluvionnaires
4	Forte présence de linéaments et/ou d'indice de karstification (dolines, avens, ...)	Ensemble des calcaires présentant une importante fracturation en grand	→ Privilégier les calcaires du Portlandien et du Bathonien-Bajocien qui présente une fracturation en grand marquée →Privilégier les zones de croisements des linéaments et/ou d'axe d'alignements des indices de karstification →Eviter les formations superficielles alluvionnaires

Les critères de sélection, présentés dans le tableau ci-dessus, ont permis de mettre en évidence qu'une très grande partie de la zone d'étude présente un potentiel aquifère, mais à une grande profondeur. En effet, les aquifères superficiels (formations alluvionnaires et formations calcaires inférieures à 100 mètres de profondeur) disposent d'une capacité de production limitée (forage P1 et P2).

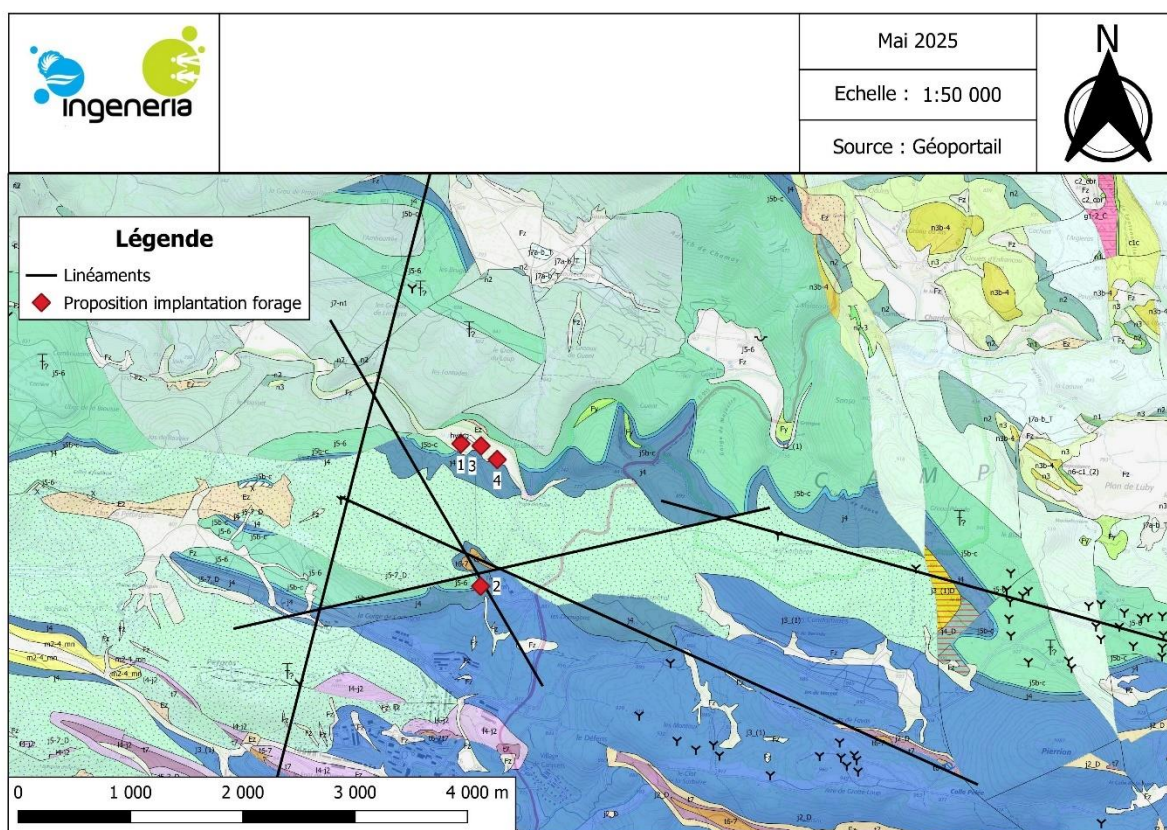


Figure 34 : Proposition d'implantation des forages de reconnaissance

Zone envisagée	Altitude	Profondeur estimative	Débit prévisionnel	Faisabilité
1	750 m NGF	300 m	160 m ³ /h	Bonne
2	890 m NGF	450 m	160 m ³ /h	Bonne
3	750 m NGF	300 m	160 m ³ /h	Bonne
4	747 m NGF	300 m	160 m ³ /h	Bonne

7.2 IMPLANTATION PAR RAPPORT A LA PIEZOMETRIE

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 500 mètres de profondeur constituent la limite à ne pas dépasser.

La réalisation d'un forage de plus de 500 mètres de profondeur, ainsi que d'un rabattement supérieur à 100 mètres seront des critères 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 : 750 m NGF Prof. Nappe (estimé) : 35 m/sol	Arrivée d'eau vers 250 mètres de profondeur Rabattement de l'ordre de 35 mètres	300 m	Bonne
2	Altitude : 890 m NGF Prof. Nappe (estimé) : 180 m/sol	Arrivée d'eau vers 390 mètres de profondeur Rabattement de l'ordre de 35 mètres	450 m	Moyenne
3	Altitude : 750 m NGF Prof. Nappe (estimé) : 35 m/sol	Arrivée d'eau vers 250 mètres de profondeur Rabattement de l'ordre de 35 mètres	300 m	Bonne
4	Altitude : 747 m NGF Prof. Nappe (estimé) : 35 m/sol	Arrivée d'eau vers 250 mètres de profondeur Rabattement de l'ordre de 35 mètres	300 m	Bonne

7.3 IMPLANTATION PAR RAPPORT A L'OCCUPATION DES SOLS – ACTIVITES 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 :

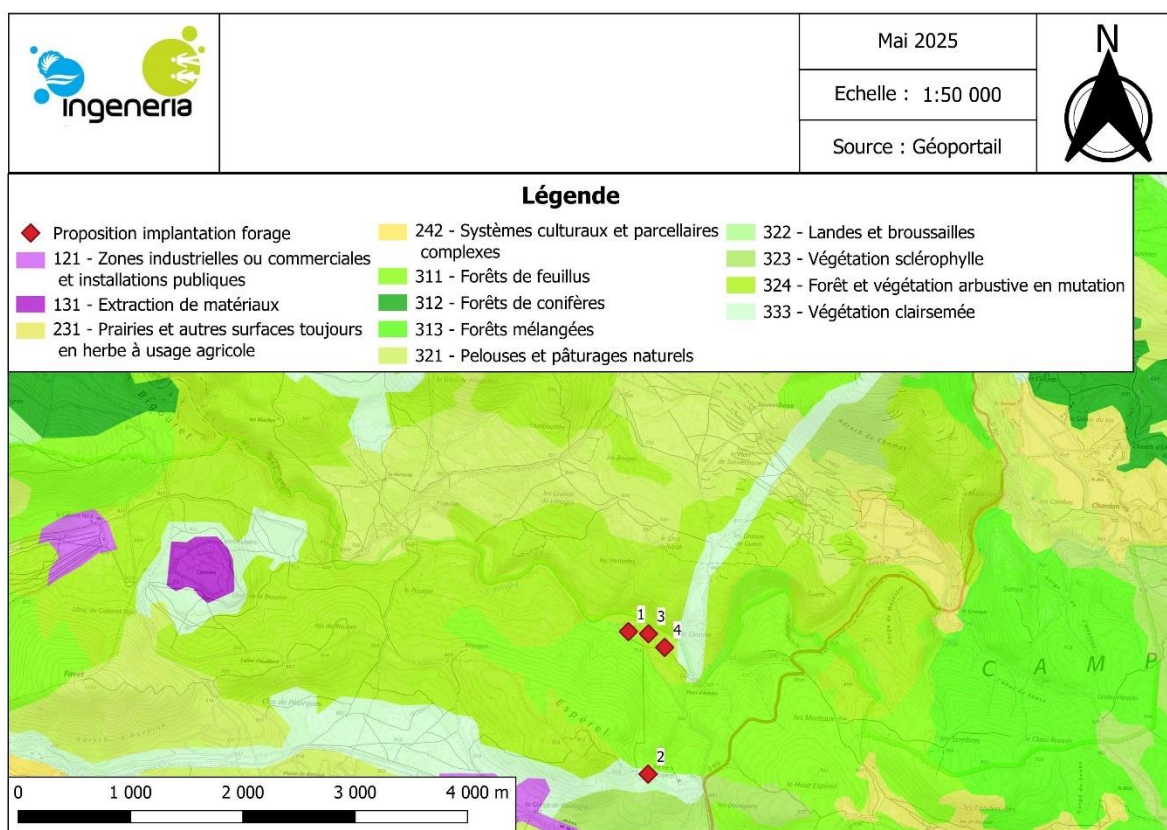


Figure 35 : Carte Corine Land Cover

Zone envisagée	Occupation des sols	Faisabilité
1	Terrains à dominance végétale (311,312,313,321 et 323)	Bonne
2		Bonne
3		Bonne
4		Bonne

7.4 IMPLANTATION PAR RAPPORT AUX ZONES PROTEGEES

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.

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

Zones envisagées	Zone protégée la plus proche	Distance du forage
1	ID : 930020508, ZNIEFF 2 Canjuers	A l'intérieur
	ID : 930020457, ZNIEFF 1 Collines d'Estelle – Bois de Siounet et de Fayet	1 600 m
	ID : 930020284, ZNIEFF 2 L'Artuby	120 m
2	ID : 930020508, ZNIEFF 2 Canjuers	A l'intérieur
	ID : 930020457, ZNIEFF 1 Collines d'Estelle – Bois de Siounet et de Fayet	3 200 m
3	ID : 930020508, ZNIEFF 2 Canjuers	A l'intérieur
	ID : 930020457, ZNIEFF 1 Collines d'Estelle – Bois de Siounet et de Fayet	1 700 m
	ID : 930020284, ZNIEFF 2 L'Artuby	70 m
4	ID : 930020508, ZNIEFF 2 Canjuers	A l'intérieur
	ID : 930020457, ZNIEFF 1 Collines d'Estelle – Bois de Siounet et de Fayet	1 900 m
	ID : 930020284, ZNIEFF 2 L'Artuby	110 m

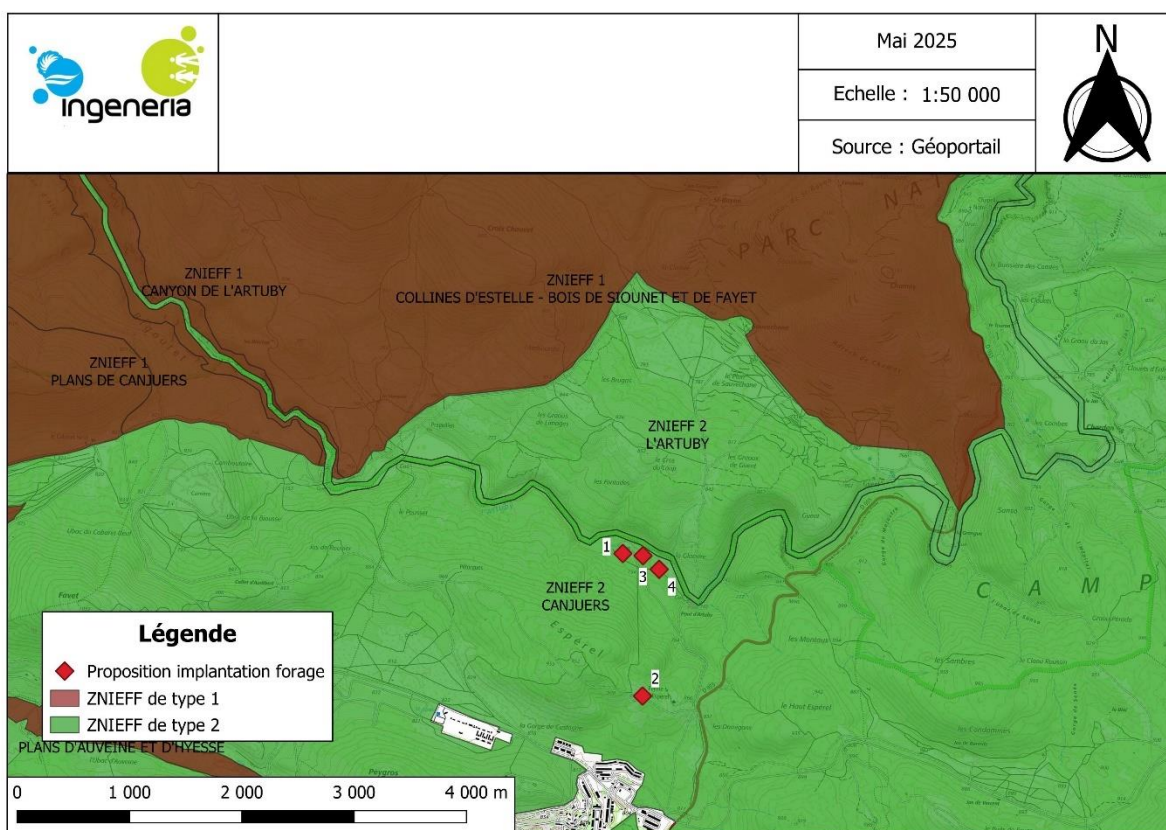


Figure 36 : Localisation des zones protégées par rapport aux forages de reconnaissance

7.5 PROXIMITE DES RESEAUX

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 mètres Électricité : <30 mètres	Bonne : faible coût de raccordement
2	Eau : environ 50 mètres Électricité : environ 800 mètres	Mauvaise : grande longueur de raccordement
3	Eau : environ 30 mètres Électricité : environ 250 mètres	Moyenne : grande longueur de raccordement
4	Eau : environ 80 mètres Électricité : environ 350 mètres	Moyenne : grande longueur de raccordement

7.6 ACCESSIBILITE

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	Rien à prévoir	Bonne : aucun aménagement à prévoir
Forage 2	Rien à prévoir	Bonne : aucun aménagement à prévoir
Forage 3	Rien à prévoir	Bonne : aucun aménagement à prévoir
Forage 4	Rien à prévoir	Bonne : aucun aménagement à prévoir

7.7 BILAN

7.7.1 Forage n°1

L'ouvrage se situe dans l'enceinte du PPI des forages P1 et P2 de la Glacière. Il s'agit d'une zone entretenue où l'accessibilité est bonne.

Ce forage a pour objectif de capter l'eau contenue dans les formations calcaires du Bathonien-Bajocien qui dispose d'une importante fracturation en grand. Les formations calcaires superficielles (captées actuellement par les forages P1 et P2) seront isolées, car ces dernières sont en relation avec la rivière et ont une faible capacité de production.

Les raccordements pour l'eau et l'électricité pourront se faire au niveau de la bâche et du local technique des forages de la Glacière.

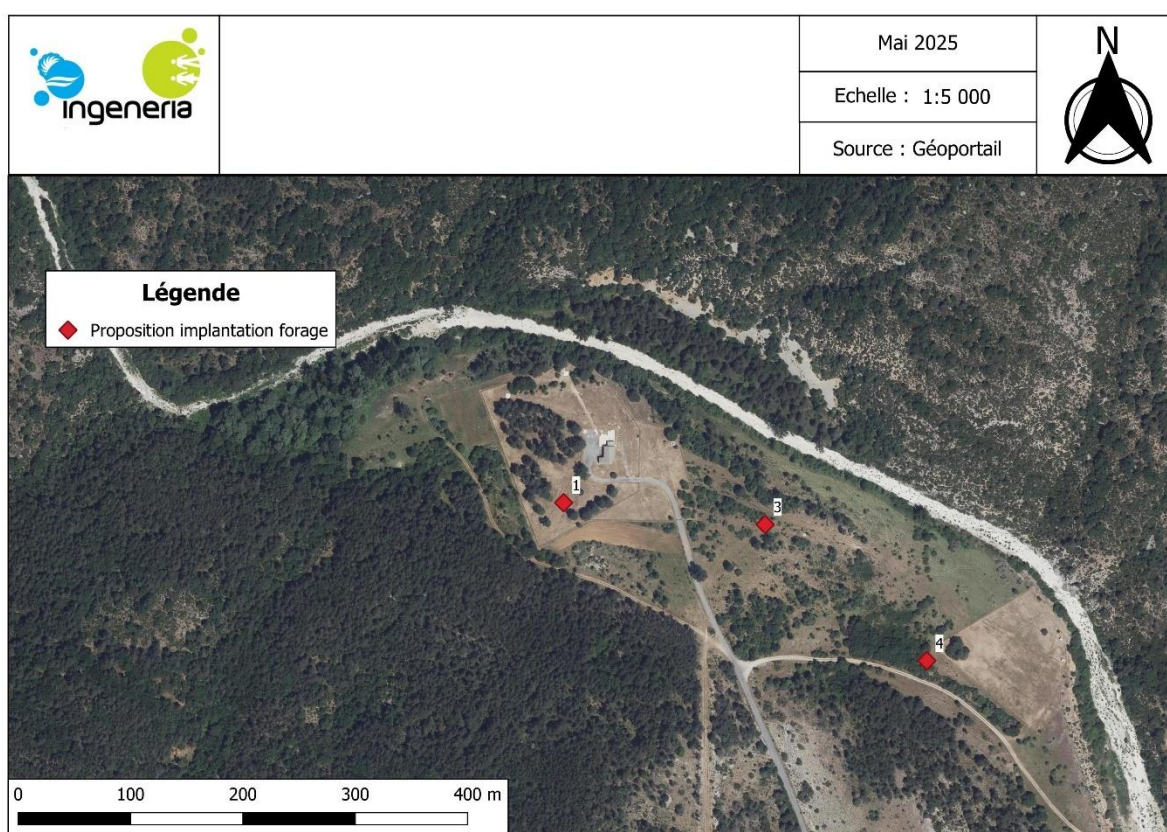


Figure 37 : Proposition d'implantation forage 1

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

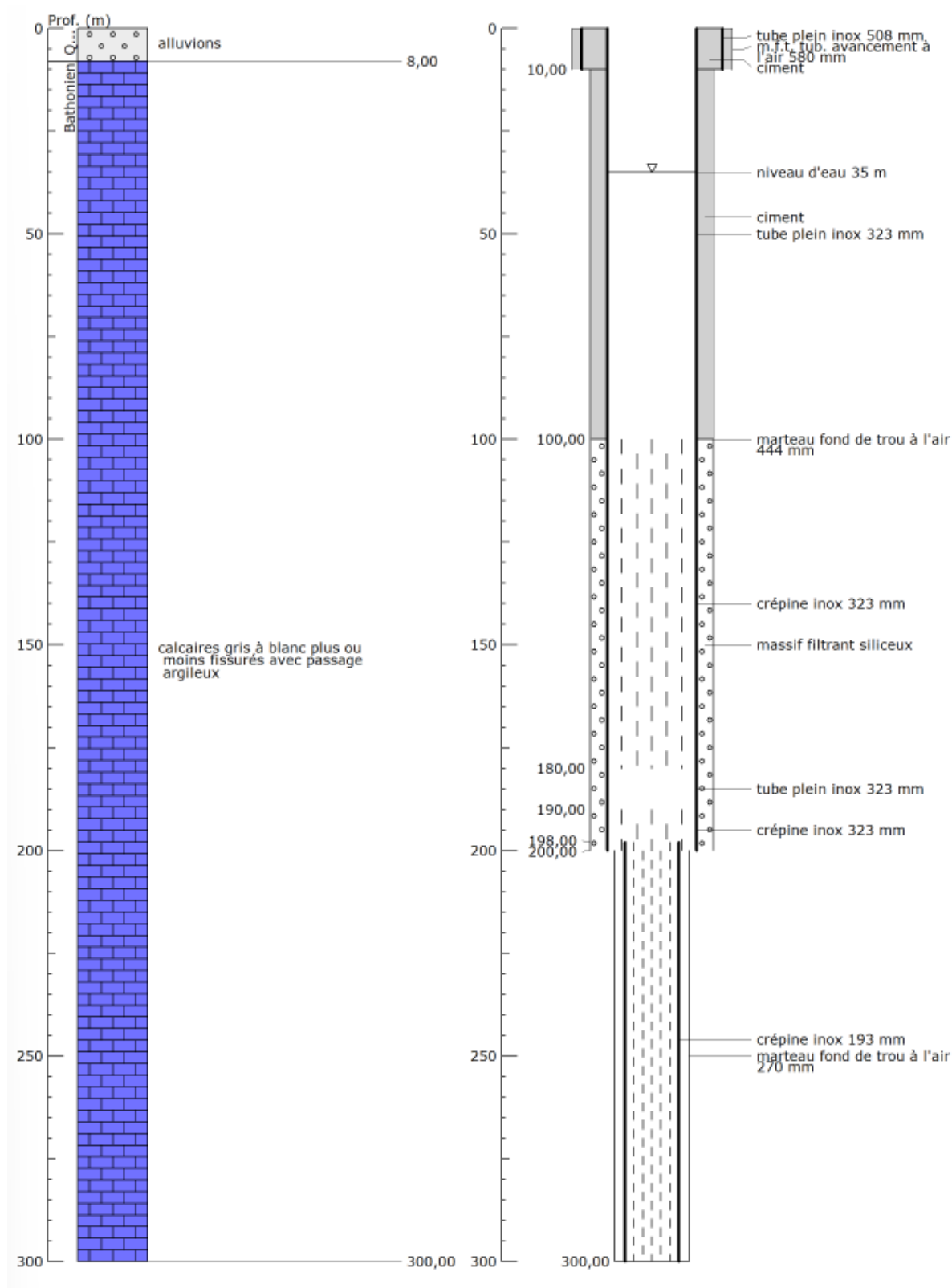


Figure 38 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 1 (200 m³/h)

7.7.2 Forage n°2

L'ouvrage se situe à proximité immédiate des réservoirs d'eau potable. Cette zone dispose d'une faible densité de végétation et d'une bonne accessibilité.

Ce forage a pour objectif de capter l'eau contenue dans les formations calcaires du Bathonien-Bajocien qui dispose d'une importante fracturation en grand.

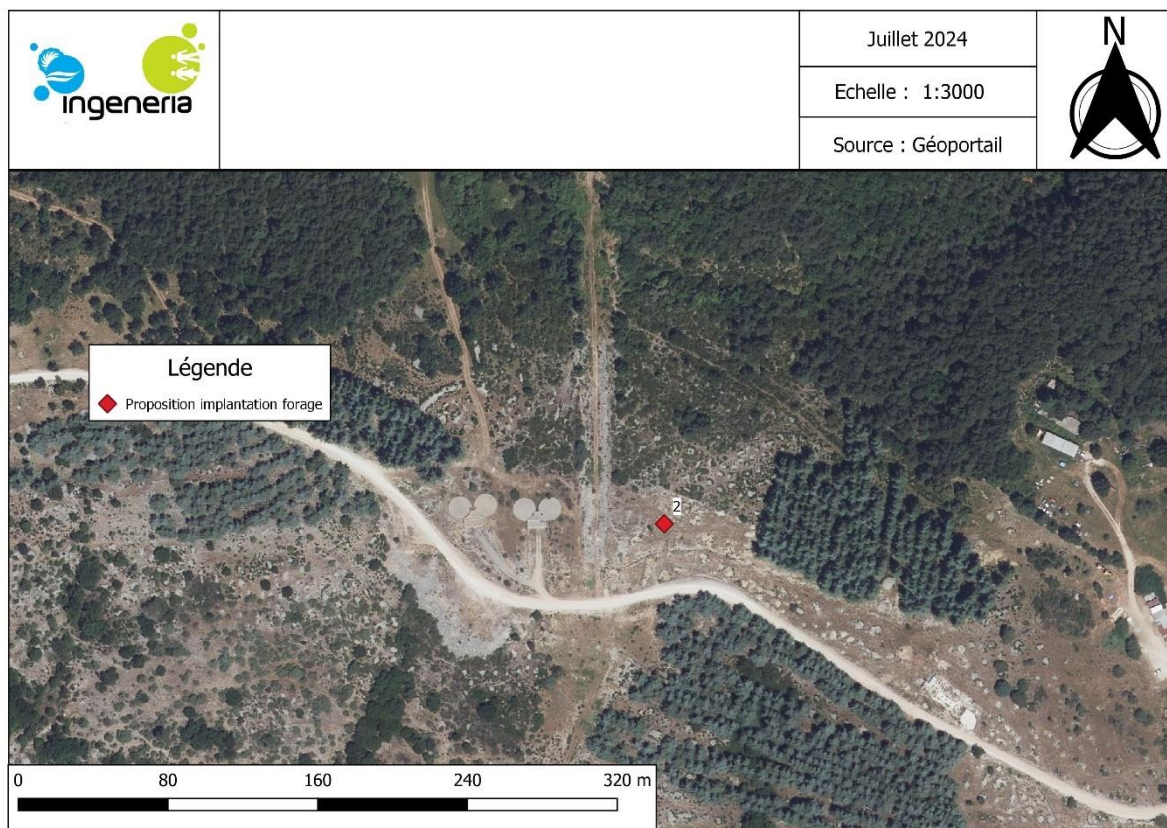


Figure 39 : Proposition d'implantation du forage 2

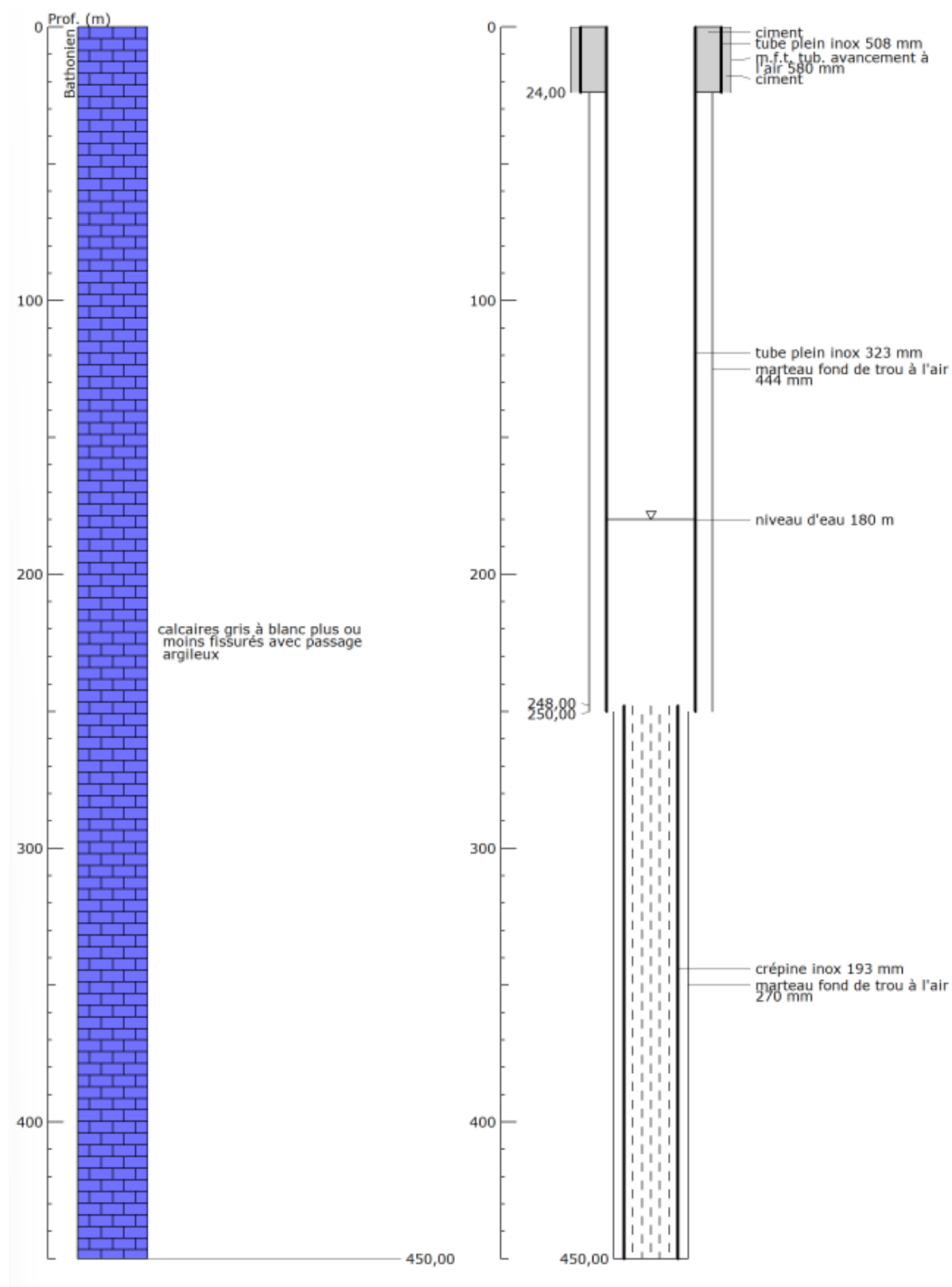


Figure 40 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 2 (200 m³/h)

7.7.3 Forage n°3

L'ouvrage se situe sur le chemin d'accès au site de la glacière. Cette zone dispose d'une faible densité de végétation et d'une bonne accessibilité.

Ce forage a pour objectif de capter l'eau contenue dans les formations calcaires du Bathonien-Bajocien qui dispose d'une importante fracturation en grand.

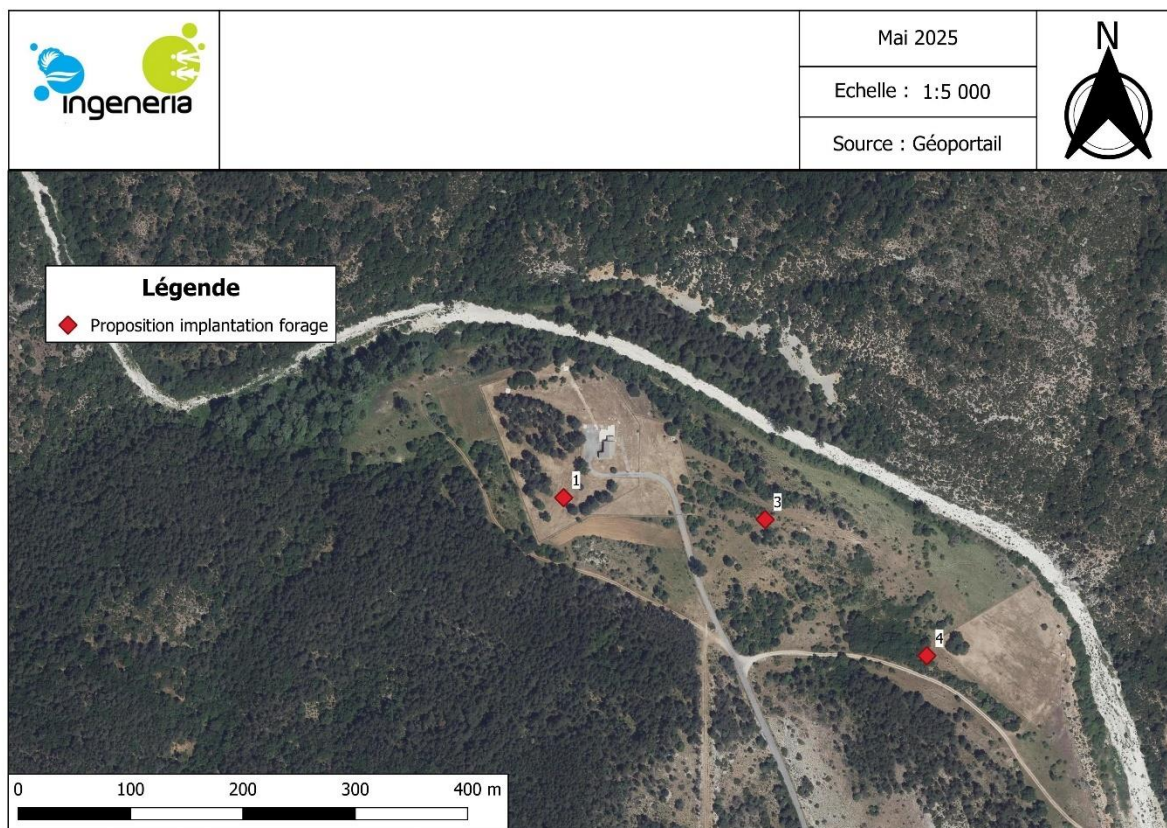


Figure 41 : Proposition d'implantation du forage 3

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

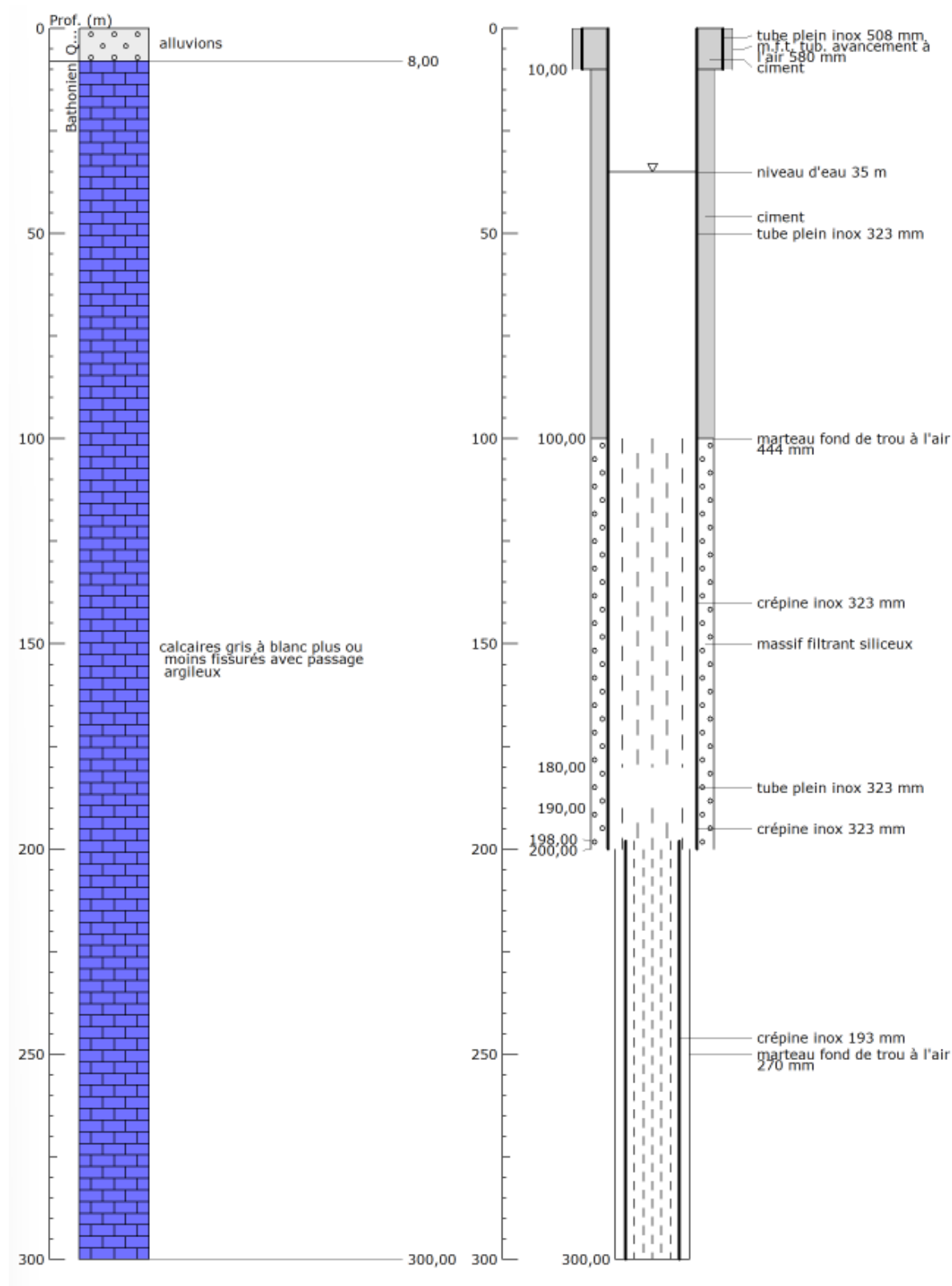


Figure 42 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 3 (200 m³/h)

7.7.4 Forage n°4

L'ouvrage se situe à proximité du PPI des forages P5 et P7. Cette zone dispose d'une faible densité de végétation et d'une bonne accessibilité.

Ce forage a pour objectif de capter l'eau contenue dans les formations calcaires du Bathonien-Bajocien qui dispose d'une importante fracturation en grand.

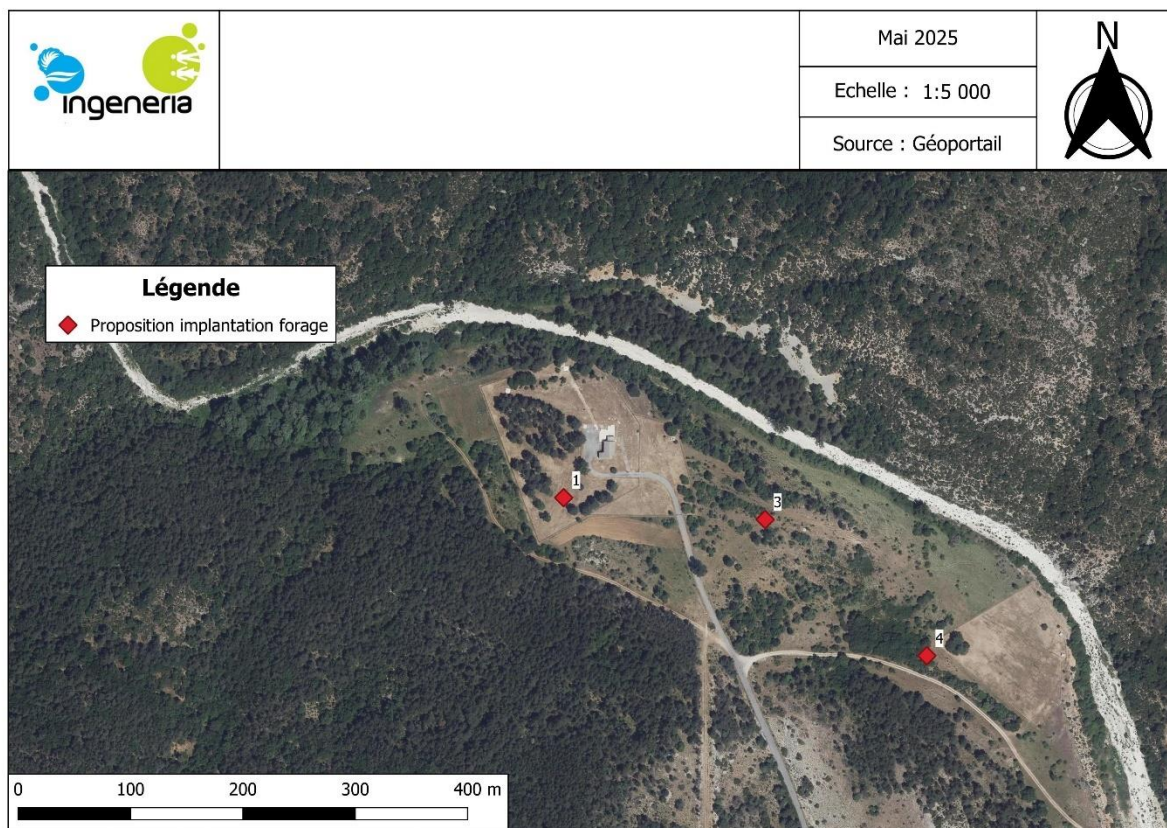


Figure 43 : Proposition d'implantation du forage 4

Dracénie Provence Verdon Agglomération (DPVA) – Alimentation en eau potable
Phase 1 : Etude hydrogéologique et technico-économique

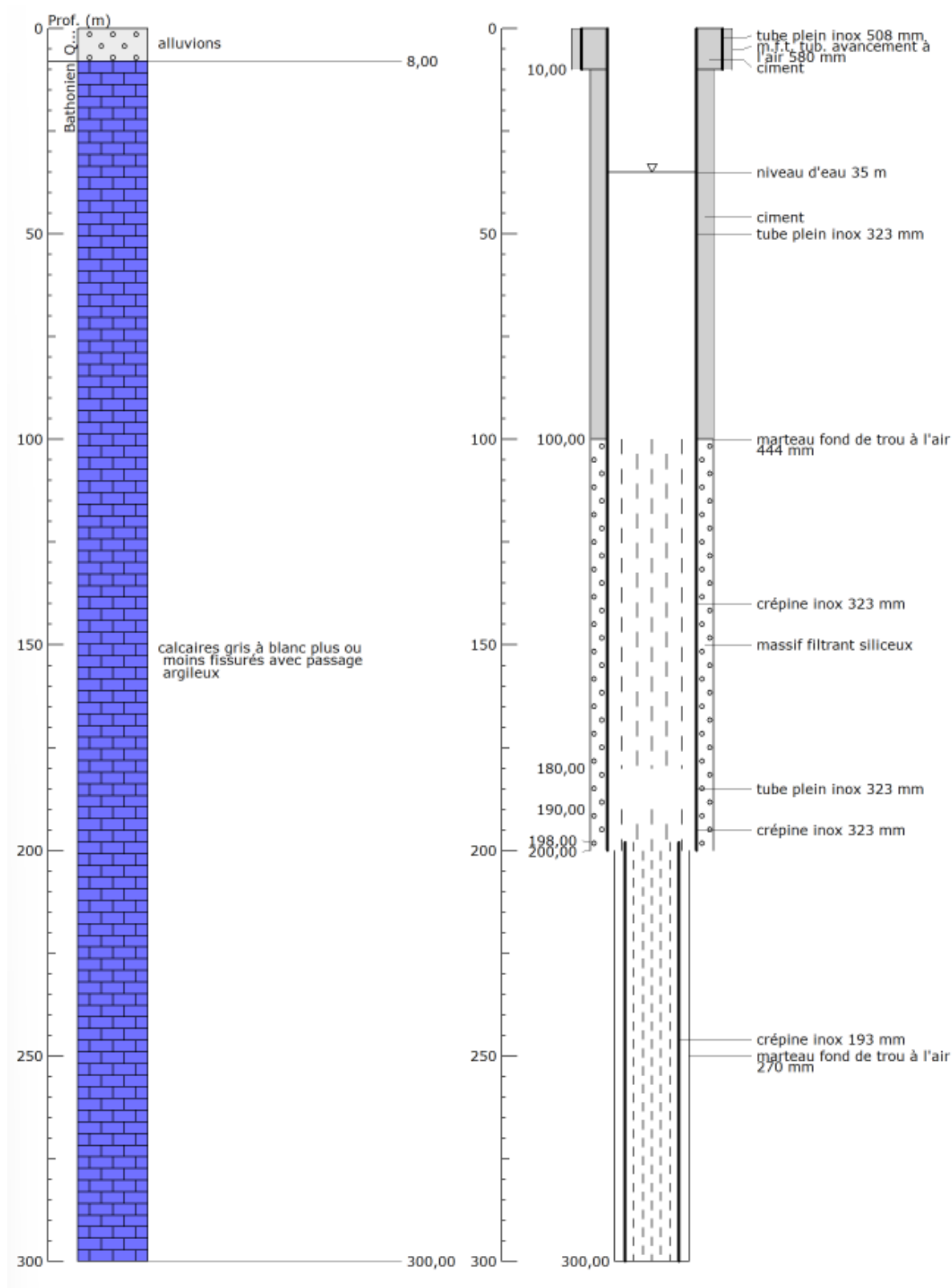


Figure 44 : Coupe géologique et technique prévisionnelle du forage 4 (200 m³/h)

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 :

	Zones potentielles de recherche				
	Critères	1	2	3	4
Faisabilité	Point de vue géologique	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
	Piézométrie	Bonne	Moyenne	Bonne	Bonne
	Activité humaine	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
	Distance par rapport aux réseaux existants	Bonne	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
	Accessibilité	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne

8 COUT D'ACCES A LA RESSOURCE

On rappelle que l'objectif est d'exploitation un forage à un débit compris entre 160 et 200 m³/h

8.1 ZONE POTENTIELLE DE RECHERCHE N°1

La reconnaissance sur ce secteur prévoit la réalisation d'un forage de 300 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 300 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe (niveau dynamique)	Cote réservoir	HMT
1	+ 750 NGF	+ 650 NGF	+ 750 NGF	150 m

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

Forage n°1 : Forage de reconnaissance

Désignation	U	Q	PU €HT	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	30 000,00 €	30 000,00 €
Réalisation de l'avant-trou sur 10 mètres ; foration 350 mm et mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	10	800,00 €	8 000,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 0 à 200 m	ml	197	60,00 €	11 820,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 200 à 300 m	ml	100	80,00 €	8 000,00 €
Test de l'ouvrage à l'air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Total phase de reconnaissance €HT				59 820,00 €

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.

Dans notre cas de figure, le diamètre de réalésage va différer en fonction des débits observés en cours de forage de reconnaissance :

- Pour un débit de l'ordre de $160 \text{ m}^3/\text{h}$ la mise en place d'un tubage en diamètre 273 mm est nécessaire
- Pour un débit supérieur à $160 \text{ m}^3/\text{h}$ la mise en place d'un tubage en diamètre 323 mm est nécessaire

Pour produire $160 \text{ m}^3/\text{h}$ pour une HMT de 100 mètres, il faudra une pompe de 63 KW et de 227 mm de diamètre.

Pour produire $200 \text{ m}^3/\text{h}$ pour une HMT de 100 mètres, il faudra une pompe de 75 KW et de 247 mm de diamètre.

Etant donné que la pompe nécessaire pour pomper $160 \text{ m}^3/\text{h}$ dispose d'un diamètre de 227 mm, nous allons donc mettre en place un tubage de 323 mm, quelque soit le débit de pompage, ce qui permettra d'avoir une certaine aisance dans la descente de la pompe.

Il est également possible de mettre en place un tubage acier ou inox quel que soit le débit d'exploitation du futur forage.

Forage n°1 : Transformation avec tubage définitif en diamètre 323 mm				
Désignation	U	Q	PU €HT	PT €HT
Foration en 580 mm avec tubage à l'avancement	ml	10	1 000,00 €	10 000,00 €
Tubage 508 mm	ml	10	300,00 €	3 000,00 €
Cimentation du 508	ml	10	200,00 €	2 000,00 €
Alésage au MFT en 445 mm	ml	190	580,00 €	110 200,00 €
Mise en place d'un tubage acier 323 mm plein	ml	100	250,00 €	25 000,00 €
Variante : tube inox 323 mm plein	ml	100	450,00 €	45 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 323 mm crépine	ml	100	300,00 €	30 000,00 €
Mise en place d'un tubage inox 323 mm crépine	ml	100	500,00 €	50 000,00 €
Cimentation de l'espace annulaire de 0 à 100 m	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Gravillonnage de 100 à 200 m	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Alésage au MFT en 254 mm	ml	100	300,00 €	30 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 193 mm	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Variante : mise en place d'un tubage 193 mm en inox 304L	ml	100	350,00 €	35 000,00 €
Installation double colonne (air lift) à 250 m de profondeur	forfait	1	7 000,00 €	7 000,00 €
Soufflage air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Installation d'un groupe de pompage à 250 mètres de profondeur ; pompe de 100 m ³ /h à 200 m de HMT	forfait	1	11 000,00 €	11 000,00 €
Heure de pompage	h	80	140,00 €	11 200,00 €
Réalisation d'une analyse de première adduction	forfait	1	2 800,00 €	2 800,00 €
Diagraphie de réception de l'ouvrage (ITV, micromoulinet, verticalité, contrôle cimentation)	forfait	1	12 000,00 €	12 000,00 €
Total phase de transformation option tubage acier				316 200,00 €
Total phase de transformation option tubage inox				371 200,00 €

8.2 ZONE POTENTIELLE DE RECHERCHE N°2

La reconnaissance sur ce secteur prévoit la réalisation d'un forage de 450 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 450 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe (niveau dynamique)	Cote réservoir	HMT
2	+ 890 NGF	+ 650 NGF	+ 895 NGF	245 m

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

Forage n°2 : Forage de reconnaissance

Désignation	U	Q	PU €HT	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	30 000,00 €	30 000,00 €
Réalisation de l'avant-trou sur 3 mètres ; foration 350 mm et mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	3	800,00 €	2 400,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 0 à 200 m	ml	197	60,00 €	11 820,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 200 à 300 m	ml	100	80,00 €	8 000,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 300 à 400 m	ml	100	120,00 €	12 000,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 400 à 450 m	ml	50	150,00 €	7 500,00 €
Test de l'ouvrage à l'air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Total phase de reconnaissance				73 720,00 €

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 160 m³/h pour une HMT de 240 mètres, il faudra une pompe de 147 KW et de 247 mm de diamètre. Etant donné la hauteur d'eau à remonter, il ne sera pas possible de pomper plus que 160 m³/h

Il est également possible de mettre en place un tubage acier ou inox quel que soit le débit d'exploitation du futur forage.

Forage n°2 : Transformation avec tubage définitif en diamètre 323 mm				
Désignation	U	Q	PU €HT	PT €HT
Foration en 580 mm	ml	24	800,00 €	19 200,00 €
Tubage 508 mm	ml	24	300,00 €	7 200,00 €
Cimentation du 508	ml	24	200,00 €	4 800,00 €
Alésage au MFT en 445 mm	ml	226	580,00 €	131 080,00 €
Mise en place d'un tubage acier 323 mm plein	ml	250	250,00 €	62 500,00 €
Variante : tube inox 323 mm plein	ml	250	450,00 €	112 500,00 €
Cimentation de l'espace annulaire de 0 à 100 m	ml	24	200,00 €	4 800,00 €
Alésage au MFT en 254 mm	ml	200	300,00 €	60 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 193 mm	ml	200	200,00 €	40 000,00 €
Variante : mise en place d'un tubage 193 mm en inox 304L	ml	200	350,00 €	70 000,00 €
Installation double colonne (air lift) à 250 m de profondeur	forfait	1	7 000,00 €	7 000,00 €
Soufflage air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Installation d'un groupe de pompage à 250 mètres de profondeur ; pompe de 100 m3/h à 200 m de HMT	forfait	1	11 000,00 €	11 000,00 €
Heure de pompage	h	80	140,00 €	11 200,00 €
Réalisation d'une analyse de première adduction	forfait	1	2 800,00 €	2 800,00 €
Diagraphie de réception de l'ouvrage (ITV, micromoulinet, verticalité, contrôle cimentation)	forfait	1	12 000,00 €	12 000,00 €
Total phase de transformation option tubage acier				375 580,00 €
Total phase de transformation option tubage inox				455 580,00 €

8.3 ZONE POTENTIELLE DE RECHERCHE N°3

La reconnaissance sur ce secteur prévoit la réalisation d'un forage de 300 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 300 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe (niveau dynamique)	Cote réservoir	HMT
3	+ 750 NGF	+ 650 NGF	+ 750 NGF	150 m

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

Forage n°3 : Forage de reconnaissance

Désignation	U	Q	PU €HT	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	30 000,00 €	30 000,00 €
Réalisation de l'avant-trou sur 10 mètres ; foration 350 mm et mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	10	800,00 €	8 000,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 0 à 200 m	ml	197	60,00 €	11 820,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 200 à 300 m	ml	100	80,00 €	8 000,00 €
Test de l'ouvrage à l'air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Total phase de reconnaissance €HT				59 820,00 €

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.

Dans notre cas de figure, le diamètre de réalésage va différer en fonction des débits observés en cours de forage de reconnaissance :

- Pour un débit de l'ordre de 160 m³/h la mise en place d'un tubage en diamètre 273 mm est nécessaire
- Pour un débit supérieur à 160 m³/h la mise en place d'un tubage en diamètre 323 mm est nécessaire

Pour produire 160 m³/h pour une HMT de 100 mètres, il faudra une pompe de 63 KW et de 227 mm de diamètre.

Pour produire 200 m³/h pour une HMT de 100 mètres, il faudra une pompe de 75 KW et de 247 mm de diamètre.

Etant donné que la pompe nécessaire pour pomper 160 m³/h dispose d'un diamètre de 227 mm, nous allons donc mettre en place un tubage de 323 mm, quel que soit le débit de pompage, ce qui permettra d'avoir une certaine aisance dans la descente de la pompe.

Il est également possible de mettre en place un tubage acier ou inox quel que soit le débit d'exploitation du futur forage.

Forage n°3 : Transformation avec tubage définitif en diamètre 323 mm				
Désignation	U	Q	PU €HT	PT €HT
Foration en 580 mm avec tubage à l'avancement	ml	10	1 000,00 €	10 000,00 €
Tubage 508 mm	ml	10	300,00 €	3 000,00 €
Cimentation du 508	ml	10	200,00 €	2 000,00 €
Alésage au MFT en 445 mm	ml	190	580,00 €	110 200,00 €
Mise en place d'un tubage acier 323 mm plein	ml	100	250,00 €	25 000,00 €
Variante : tube inox 323 mm plein	ml	100	450,00 €	45 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 323 mm crépine	ml	100	300,00 €	30 000,00 €
Mise en place d'un tubage inox 323 mm crépine	ml	100	500,00 €	50 000,00 €
Cimentation de l'espace annulaire de 0 à 100 m	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Gravillonnage de 100 à 200 m	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Alésage au MFT en 254 mm	ml	100	300,00 €	30 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 193 mm	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Variante : mise en place d'un tubage 193 mm en inox 304L	ml	100	350,00 €	35 000,00 €
Installation double colonne (air lift) à 250 m de profondeur	forfait	1	7 000,00 €	7 000,00 €
Soufflage air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Installation d'un groupe de pompage à 250 mètres de profondeur ; pompe de 100 m ³ /h à 200 m de HMT	forfait	1	11 000,00 €	11 000,00 €
Heure de pompage	h	80	140,00 €	11 200,00 €
Réalisation d'une analyse de première adduction	forfait	1	2 800,00 €	2 800,00 €
Diagraphie de réception de l'ouvrage (ITV, micromoulinet, verticalité, contrôle cimentation)	forfait	1	12 000,00 €	12 000,00 €
Total phase de transformation option tubage acier				316 200,00 €
Total phase de transformation option tubage inox				371 200,00 €

8.4 ZONE POTENTIELLE DE RECHERCHE N°4

La reconnaissance sur ce secteur prévoit la réalisation d'un forage de 300 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 300 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe (niveau dynamique)	Cote réservoir	HMT
4	+ 750 NGF	+ 650 NGF	+ 750 NGF	150 m

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

Forage n°4 : Forage de reconnaissance

Désignation	U	Q	PU €HT	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	30 000,00 €	30 000,00 €
Réalisation de l'avant-trou sur 10 mètres ; foration 350 mm et mise en place d'un tubage acier 273 mm	ml	10	800,00 €	8 000,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 0 à 200 m	ml	197	60,00 €	11 820,00 €
Foration de reconnaissance au MFT 165 mm de 200 à 300 m	ml	100	80,00 €	8 000,00 €
Test de l'ouvrage à l'air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Total phase de reconnaissance €HT				59 820,00 €

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.

Dans notre cas de figure, le diamètre de réalésage va différer en fonction des débits observés en cours de forage de reconnaissance :

- Pour un débit de l'ordre de 160 m³/h la mise en place d'un tubage en diamètre 273 mm est nécessaire
- Pour un débit supérieur à 160 m³/h la mise en place d'un tubage en diamètre 323 mm est nécessaire

Pour produire 160 m³/h pour une HMT de 100 mètres, il faudra une pompe de 63 KW et de 227 mm de diamètre.

Pour produire 200 m³/h pour une HMT de 100 mètres, il faudra une pompe de 75 KW et de 247 mm de diamètre.

Etant donné que la pompe nécessaire pour pomper 160 m³/h dispose d'un diamètre de 227 mm, nous allons donc mettre en place un tubage de 323 mm, quel que soit le débit de pompage, ce qui permettra d'avoir une certaine aisance dans la descente de la pompe.

Il est également possible de mettre en place un tubage acier ou inox quel que soit le débit d'exploitation du futur forage.

Forage n°4 : Transformation avec tubage définitif en diamètre 323 mm				
Désignation	U	Q	PU €HT	PT €HT
Foration en 580 mm avec tubage à l'avancement	ml	10	1 000,00 €	10 000,00 €
Tubage 508 mm	ml	10	300,00 €	3 000,00 €
Cimentation du 508	ml	10	200,00 €	2 000,00 €
Alésage au MFT en 445 mm	ml	190	580,00 €	110 200,00 €
Mise en place d'un tubage acier 323 mm plein	ml	100	250,00 €	25 000,00 €
Variante : tube inox 323 mm plein	ml	100	450,00 €	45 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 323 mm crépine	ml	100	300,00 €	30 000,00 €
Mise en place d'un tubage inox 323 mm crépine	ml	100	500,00 €	50 000,00 €
Cimentation de l'espace annulaire de 0 à 100 m	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Gravillonnage de 100 à 200 m	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Alésage au MFT en 254 mm	ml	100	300,00 €	30 000,00 €
Mise en place d'un tubage acier 193 mm	ml	100	200,00 €	20 000,00 €
Variante : mise en place d'un tubage 193 mm en inox 304L	ml	100	350,00 €	35 000,00 €
Installation double colonne (air lift) à 250 m de profondeur	forfait	1	7 000,00 €	7 000,00 €
Soufflage air lift	h	8	250,00 €	2 000,00 €
Installation d'un groupe de pompage à 250 mètres de profondeur ; pompe de 100 m3/h à 200 m de HMT	forfait	1	11 000,00 €	11 000,00 €
Heure de pompage	h	80	140,00 €	11 200,00 €
Réalisation d'une analyse de première adduction	forfait	1	2 800,00 €	2 800,00 €
Diagraphie de réception de l'ouvrage (ITV, micromoulinet, verticalité, contrôle cimentation)	forfait	1	12 000,00 €	12 000,00 €
Total phase de transformation option tubage acier				316 200,00 €
Total phase de transformation option tubage inox				371 200,00 €

8.5 BILAN FINANCIER

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

Réalisation d'un forage avec un tubage en 323 mm

	Forage 1	Forage 2	Forage 3	Forage 4
Forage de reconnaissance	59 820,00 €	73 720,00 €	59 820,00 €	59 820,00 €
Transformation en tubage 273 mm acier	316 200,00 €	375 580,00 €	316 200,00 €	316 200,00 €
Transformation en tubage 273 mm inox	371 200,00 €	455 580,00 €	371 200,00 €	371 200,00 €
Total forage acier 273 mm	376 020,00 €	449 300,00 €	376 020,00 €	376 020,00 €
Total forage inox 273 mm	431 020,00 €	529 300,00 €	431 020,00 €	431 020,00 €

9 BIBLIOGRAPHIE

- ABJEAN M. 1987 – La formation des « calcaires blancs de Provence » dans la région de l'arc de Castellane. Thèse de 3^e cycle, Université Aix-en-Provence Marseille
- ATROPS F. 1984 – Jurassique supérieur des chaînes subalpines – Synthèse géologique du Sud Est de la France
- ATROPS F. 1991 – Le Tithonique en Provence à la lumière de la datation par ammonites du gisement de Canjuers
- ATROPS F. 1994 – Présence d'ammonites du Tithonien inférieur dans les calcaires lithographiques de Canjuers – Conséquences stratigraphiques et paléogéographiques
- BALDY P. 1968 – Bilan des explorations et des essais réalisés à la source de Fontaine-l'Evêque d'août 1966 à novembre 1968
- BROIN F. 1994 – Données préliminaires sur les Chéloniens du Tithonien inférieur de Canjuers
- CABINET ETUDE RUBY – 1979 – Etude géologique détaillée du site de la Glacière
- CAMPREDON R. – 2007 – Rapport hydrogéologique – ressource en eau exploitée par le champ de captage de la Glacière
- COTILLON P. 1975 – Le passage du Jurassique au Crétacé dans les faciès néritiques de la Haute Provence Orientale
- COVA R. 1991 – Protection des points d'eau dépendants de l'aquifère des Plans de Canjuers
- DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET DU VAR – Hydrogéologie des Plans de Canjuers
- DPVA – 2023 – Dossier d'autorisation d'utiliser l'eau de la ressource du camp militaire de Canjuers à Montferrat en vue de la consommation humaine afin de secourir en eau potable la commune de Bargemon
- DPVA – Analyses d'eau des forages P1, P2, P5 et P7
- ENAY R. 1971 – Les zones du Jurassique en France
- FABRE J, BROIN F, GINSBRUG L, WENZ S – 1982 – Les vertébrés du Berrasien de Canjuers et leur environnement
- FABRE J. 1976 – Un nouveau Ptérodactylidae du gisement de Canjuers
- FABRE J. 1977 – Environnement paléosédimentaire du gisement « Berriasien » des

vertébrés de Canjuers

- FABRE J. 1981 – Les Rhynchocéphales et les Ptérosaures à crête pariétale du Kimméridgien supérieur d'Europe occidentale – Le gisement de Canjuers et ses abords
- Ginsbrug L., MENNESSIER G. 1970 – Découverte d'un important gisement de vertébrés dans le Jurassique supérieur du Petit Plan de Canjuers
- GINSBURG L. 1972 – Paléoécologie des calcaires lithographiques du Petit Plan de Canjuers
- GINSBURG L. 1972 – Un lagon en Provence, il y a 140 millions d'années.
- INGENERIA – Dossier d'étude préalable à la visite de l'hydrogéologue agréé – BH/CL/2016054/mars 2017
- INGENERIA – Dossier de DUP des captages de la source Vaumales, source des Chardes et des forages des Vernis - 2020
- INGENERIA – Dossier de DUP des forages des Moulières – 2021
- INGENERIA – Dossier préalable à la visite de l'hydrogéologue agréé – BH/CL/2017000/octobre 2017
- LEMPERIERE Paul – Géologie structurale – hydrogéologie et définition des zones sensibles
- MENNESSIER G. – 1959 – Etude tectonique des confins alpino-provençaux entre le Verdon et l'Argens
- POLVECHE J. 1989 – Rapport hydrogéologique – Forages des Moulières
- Rapport au conseil départemental d'hygiène du 09 juillet 1991 – Protection des points d'eau dépendants de l'aquifère des Plans de Canjuers – Direction départementale de l'agriculture et de la forêt du Var
- ROMAN J. 1991 – Echinoides et brachiopodes de la limite Jurassique Crétacé à Canjuers
- ROMAN J., 1991 – Le gisement Tithonique inférieur de Canjuers : état actuel des connaissances
- ROUSSET C. 1967 – Sur la nature et la genèse des minerais de fer du Haut Var : leurs relations avec la paléographie locale. Rapports et différences avec les formations bauxitiques et les « terra rossa »
- SONDALP – HYDROFORAGE 2022 – Note de synthèse annuelle Well Watch (Janvier 2021-Janvier 2022)
- SONDALP – HYDRPFORAGE 2021 – Compte rendu de diagnostic de l'ouvrage P1

- SONDALP – HYDRPFORAGE 2021 – Compte rendu de diagnostic de l'ouvrage P2
- SONDALP – HYDRPFORAGE 2021 – Compte rendu de diagnostic de l'ouvrage P5
- SONDALP – HYDRPFORAGE 2021 – Compte rendu de diagnostic de l'ouvrage P7
- Syndicat intercommunal du Haut Var – 1994 – Périmètres de protection des forages des Moulrières – Compte rendu de réunion du 30 juin 1994
- Syndicat intercommunal du Haut Var pour l'utilisation des eaux du Verdon – 1978 – Renforcement des ressources en eau depuis 1978
- Syndicat intercommunal du Haut Var pour l'utilisation des eaux du Verdon – 1988 – Compte rendu sommaire des travaux de recherche d'eau au quartier des Moulrières à Bauduen
- Syndicat intercommunal du Haut Var pour l'utilisation des eaux du Verdon – 1978 – Renforcement des ressources en eau – Rapport géologique
- TEMPIER C. – 1972 – Les faciès calcaires du Jurassique Provençal
- THERON R. – 1973 – Recherche sur l'étanchéité des lacs de barrage en pays karstique