

DEMANDEUR

Régie des eaux de la Provence Verte (REPV)

51, rue des déportés

83170 Brignoles

SITE D'ETUDE

Commune de Châteaufort

83670 Châteaufort

DOSSIER

**ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET TECHNICO-ECONOMIQUE POUR LA
REALISATION DE FORAGES DE RECONNAISSANCE SUR LA COMMUNE DE
CHATEAUFORT (83)**



Ingénierie du
développement des territoires
Eau - Energies renouvelables

INGENERIA_2025003			
Version	Date	Rédigé par	Vérifié par
1	29/01/2025	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	<i>Rappel du contexte</i>	4
2	<i>REcUEil des données – Synthèse bibliographique</i>	5
2.1	RecUEil des données	5
2.2	Synthèse bibliographique.....	6
2.2.1	L'eau potable de la commune de Châteauevert	6
2.2.2	Données de la BSS.....	7
3	<i>Etude géologique et hydrogéologique</i>	9
3.1	Geologie.....	9
3.1.1	Formations Jurassiques.....	12
3.1.2	Formations Triasiques.....	12
3.1.3	Formations alluviales quaternaires.....	14
3.2	Hydrogéologie	14
3.2.1	Porosité en grand : les systèmes karstiques de la zone d'étude	15
3.2.2	Porosité de fissure	15
4	<i>Proposition d'implantation de forage de reconnaissance</i>	16
4.1	Implantation par rapport à la géologie	16
4.2	Implantation par rapport à l'occupation des sols – Activités humaines.....	17
4.3	Implantation par rapport aux zones protégées	18
4.3.1	ZNIEFF	18
4.3.2	Natura 2000	19
4.4	Propriété des terrains	20
4.5	Proximités des réseaux	22
4.6	Accessibilité	23
5	<i>Cout d'accès à la ressource</i>	24
5.1	PARcelle B0022 (forage 1).....	24
5.2	PARcelle D0098 (forage 2).....	25
5.3	PARcelle B0027 (forage 3).....	26
5.4	Bilan financier	27
6	<i>Conclusion</i>	28

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation des ouvrages référencés à la BSS	8
Figure 2 : Carte géologique	10
Figure 3 : Profil stratigraphique des formations Triasiques	13
Figure 4 : Vitesse d'écoulement en fonction de la porosité.....	15
Figure 5 : Localisation des secteurs favorables d'un point de vue géologique	17
Figure 6 : Carte CORINE LAND COVER	18
Figure 7 : Localisation du projet vis-à-vis des ZNIEFF les plus proches	19
Figure 8 : Localisation du projet vis-à-vis des zones Natura 2000 les plus proches.....	20
Figure 9 : Proposition d'implantation des forages de reconnaissance	21
Figure 10 : proposition d'implantation des forages de reconnaissance (localisation cadastrale)	22

1 RAPPEL DU CONTEXTE

La commune de Châteauvert est alimentée en eau potable à partir du forage de Sanche. Cet ouvrage constitue l'unique ressource de la commune. Historiquement, la commune disposait d'un forage situé en rive droite de l'Argens, mais à cause d'une eau fortement dégradée d'un point de vue physicochimique, ce forage a été abandonné en 2022.

Le forage de Sanche ne donne pas entière satisfaction, à cause de pics de turbidité qui interviennent lors de fortes précipitations. Pour résoudre cette problématique, un système de filtration a été mis en place en 2023.

Pour diversifier et sécuriser son alimentation en eau potable, la REPV, souhaite réaliser un nouveau forage sur la commune de Châteauvert. Ce dernier devra capter une nouvelle ressource déconnectée de la ressource existante. La présente étude hydrogéologique va s'appuyer sur l'étude hydrogéologique de faisabilité pour la sécurisation de la ressource en eau réalisée en 2016 par ATEC HYDRO.

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

1. Réaliser une étude préalable à l'implantation de trois forages de reconnaissance
2. Réaliser un avant-projet technique comprenant : les travaux nécessaires à l'amenée de la machine de forage et leur coût, la coupe technique, la cote du niveau piézométrique attendue, la profondeur de foration, le coût estimé pour la réalisation du forage et son raccordement
3. Assurer une mission de maîtrise d'œuvre pour : accompagnement la commune dans la réalisation des trois forages de reconnaissance et déterminer la productivité de chacun, en quantité et en qualité, en vue de sélectionner le meilleur. Superviser et organiser la transformation du forage de reconnaissance sélectionné en forage test, y compris essais de pompage.

Le présent dossier correspond à l'étude géologique préalable

Cette étude comprend :

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

2 RECUEIL DES DONNEES – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 RECUEIL DES DONNEES

La liste des ouvrages et les bases de données consultées dans le cadre du recueil de données sont synthétisées dans le tableau suivant. Ces éléments permettent une bonne caractérisation de l'hydrogéologie du secteur et des infrastructures communales de production et de distribution d'eau potable.

	Titre	Auteur	Référence	Année
1	Carte géologique au 1 /50 000 et sa notice	BRGM	Draguignan n°1023	
2	Etude hydrogéologique du synclinal de Val-Vins	G.Durozoy et P. Jonquet	69 SGL 268 PRC	1969
3	Etude des ressources hydrologiques et hydrogéologiques du Sud-Est de la France (Fascicule 16 : Bassins côtiers)	BRGM	70 SGN 195 PRC	1970
4	Etude hydrogéologique du synclinal de Val-Vins ; Campagne de jaugeages 1969-1970 ; Essai de bilan	G.Durozoy et P. Jonquet	71 SGN 106 PRC	1971
5	Etude des ressources hydrologiques et hydrogéologiques du Sud-Est de la France (Fascicule 15 : Bassin de l'Argens)			
6	Banque du Sous-Sol : Sondages miniers ou pétroliers Carrières Cavités naturelles, sources Sondages et forages d'eau	BRGM	www.infoterre.fr	2018
7	Cartographie, occupation des sols et espaces naturels sensibles	IGN	www.géoportail.gouv.fr	2018
8	Inventaire des cavités du var	G.Gonzales	BRGM RP51151FR	2001
9	Evaluation des ressources hydrauliques ; alimentation en eau des départements du var et du Vaucluse	M. Albinet et G. Durozoy	75.SGN.423.PRC	1975
10	Cartographie, occupation des sols et espaces naturels sensibles	IGN	www.géoportail.gouv.fr	2016
11	Etude hydrogéologique de faisabilité pour la sécurisation de la ressource en eau	ATEC HYDRO	83R1-10-07Hy	2016
12	Compte rendu des essais de pompage du 18/10/1989 sur le forage communal			1989
13	Rapport officiel de l'hydrogéologue agréé concernant les périmètres de protection du forage	A. Gounon		1993
14	Dossier préparatoire à l'instauration des périmètres de protection	BPREC DDAF		1993
15	Compte rendu des travaux de recherche d'eau à la propriété Bagarèdes	Cellule Géol		1996
16	Recherche de ressources en eau alternatives – Etude préalable	Riou Consultant		2008

2.2 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.2.1 L'eau potable de la commune de Châteauvert

2.2.1.1 Captages historiques

Historiquement, la commune était alimentée par une source située dans le vallon au nord de la mairie. Cette ressource a été remplacée par l'acquisition en 1989 d'un forage à un particulier. Des essais de pompage ont été effectués en 1989, par la cellule géologique du Var, pour évaluer les caractéristiques quantitatives et qualitatives de l'ouvrage.

Bien que le débit de production de l'ouvrage soit relativement faible (environ 6 m³/h), le forage était largement suffisant pour subvenir aux besoins de la commune qui sont de l'ordre de 34 m³/j. Ce forage captant les alluvions de l'Argens doit être constitué d'alluvions fines moyennes productives. La minéralisation de l'eau était faible (environ 50 mg/l de chlorures et 70 mg/l de sulfates). C'est pourquoi il a été évoqué la nécessité de sécurisation de ce site par la réalisation d'un nouveau forage.

Depuis le début de l'exploitation du forage en 1989, les paramètres physico-chimiques se sont détériorés (la bactériologie restant relativement bonne), avec dépassement régulier des valeurs limites de qualité. Entre 2003 et 2007, le taux de chlorure était particulièrement important (valeurs comprises entre 350 et 650 mg/l avec une limite de qualité à 200 mg/l). La conductivité électrique de l'eau du forage est comprise entre 1340 et 1850 µS/cm et systématiquement supérieure aux valeurs de référence de qualité (1100 µS/cm). On note également la présence de nombreux dépassements sur le paramètre turbidité, qui est probablement due à l'équipement de l'ouvrage plus qu'à une dégradation de la qualité de l'eau souterraine.

En 1997, la commune de Châteauvert a sollicité les services de la cellule géologique du Var pour diversifier sa ressource en eau. Plusieurs propositions ont été faites pour effectuer des recherches d'eau par forage à partir du site de Bagarèdes (ou le département avait réalisé avec succès un forage l'année précédente), à proximité du réservoir haut de la commune, à partir du vallon de Jaumaresse ou encore dans le secteur de Guillemard. Aucune de ces propositions n'a fait l'objet de recherche d'eau.

2.2.1.2 Forage historique

Il n'y a que peu d'indications sur ce forage et sur les terrains qu'il traverse. L'ouvrage, tubé en PVC de 125 mm de diamètre, fait 22 m de profondeur. L'ouvrage, initialement destiné à l'alimentation en eau d'un camping, est un ouvrage de qualité très modeste. L'ouvrage est probablement vétuste et en partie colmaté.

L'ouvrage semble avoir été entièrement creusé dans les alluvions sablo-limoneuses, plus ou moins argileuses, de l'Argens. La vallée de l'Argens et son réservoir alluvial est relativement large en amont du pont de la RD 554. Le resserrement de la vallée au niveau des calcaires qui servent d'assises au pont a probablement provoqué un surcreusement de la vallée à ce niveau- là et dans la zone située en amont où a été réalisé le forage.

La qualité de l'eau exploitée par le forage est plus ou moins influencée par les eaux fortement minéralisées de la rivière. Au moment de la création du forage et dans les années qui ont suivi, la minéralisation des eaux souterraines était limitée. Elle a nettement augmenté par la suite, en particulier à la suite des périodes de sécheresse.

Cette évolution de la qualité des eaux est probablement significative d'une modification des équilibres entre les eaux minéralisées de la rivière et les apports de versant qui sont eux nettement moins minéralisés (eaux douces provenant des formations calcaires voisines). En période de sécheresse, les apports latéraux diminuent, mais les apports depuis la rivière restent présents (nappe en connexion avec la rivière). L'équilibre dynamique des eaux dans les alluvions est assimilable (toute proportion gardée) avec un biseau salé tel qu'on peut le rencontrer dans les plaines littorales. Une fois que l'extension de la zone « salée » a eu lieu, il est très difficile de repousser la limite de l'eau douce dans le terrain.

2.2.1.3 Forages de Sanche

Les problèmes récurrents observés sur le forage de la commune ont nécessité la réalisation d'une étude hydrogéologique pour diversifier l'alimentation en eau potable de la commune. Cette étude menée par le bureau d'études ATEC HYDRO en 2016 a permis de mettre en évidence 5 sites potentiellement favorables à la recherche en eau :

- Ancien captage commune
- Site du réservoir AEP de Sanche
- Site sous le château
- Site de Guillemard
- Site du Pré de lune (partie aval du vallon de Jaumaresse)

Suite à cette étude, il a été réalisé deux forages de reconnaissance et la transformation du meilleur sur le site de Sanche.

Le site a fait l'objet de deux forages de reconnaissance au sud du réservoir. Seul, le forage le plus intéressant a été conservé pour être transformé en forage d'exploitation. L'autre reconnaissance a été abandonnée après avoir été recouchée avec ses propres cuttings et cimentée en tête.

Les forages de reconnaissance ont permis de mieux connaître la succession géologique sous le plateau ; le forage transformé en forage d'exploitation a recoupé les terrains stratigraphiques du Jurassique. Une diagraphie a été réalisée en trou nu pour repérer les zones productives fracturées et décider de l'équipement avant l'alésage du futur forage d'exploitation. La partie improductive forée dans les sables dolomitiques ocre et des argiles rouges, entre 150 et 200 m a été remblayée. La zone productive se situe dans les calcaires beiges fracturés du Bajocien-Bathonien calcaire recoupé entre 75 et 150 m. Le niveau statique de la nappe s'établit à 72 m de profondeur, soit approximativement à la cote NGF 248 m.

Suite à de nombreux problèmes de turbidité observés sur le forage, une filtration a été mise en service en 2023.

La procédure de DUP de cette ressource est en cours pour une autorisation de prélèvement de 5 m³/h (débit journalier maximal : 90 m³/j, débit annuel : 21 900 m³/an).

2.2.2 Données de la BSS

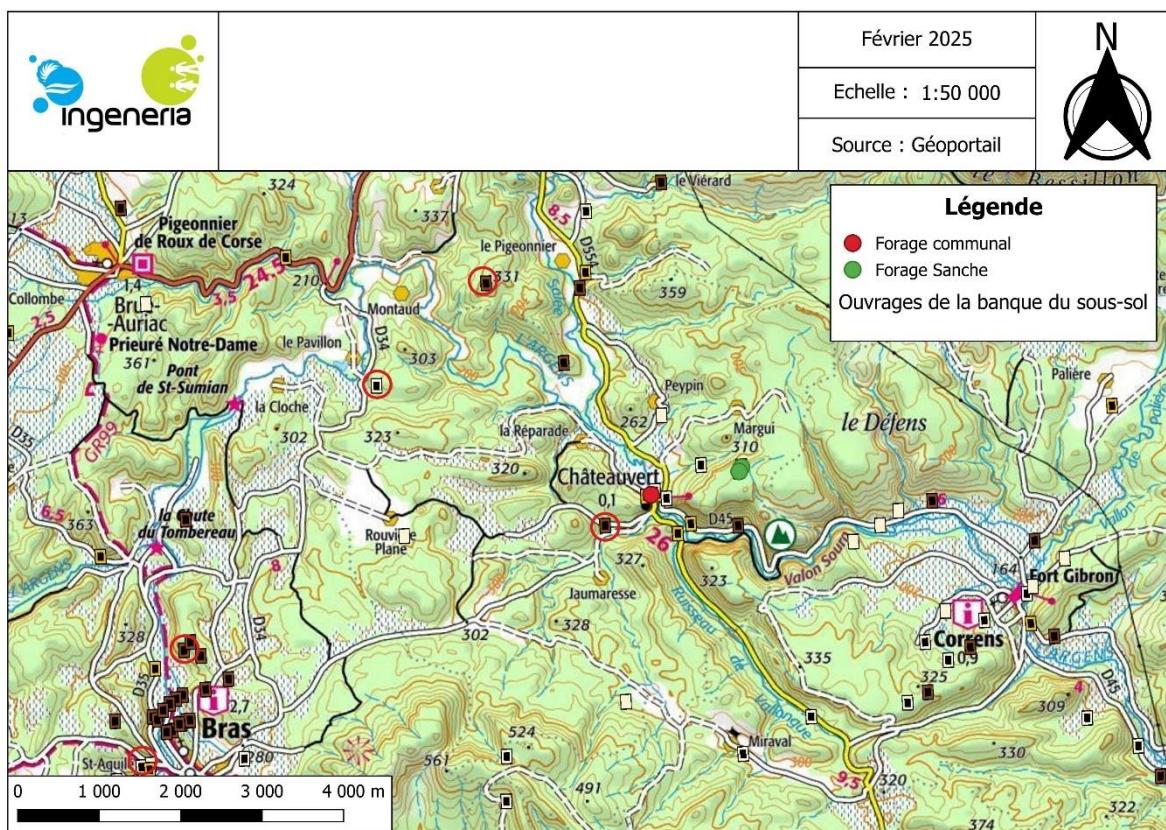


Figure 1 : Localisation des ouvrages référencés à la BSS

Les principales informations obtenues par l'intermédiaire de ces ouvrages sont les suivantes :

Code BSS	Prof. (m)	Description géologique ou hydrogéologique
BSS002JRHK	140	Le forage a recoupé 120 mètres de calcaires dolomités et cagneulisés et 20 mètres de gypses entre 120 et 140 mètres de profondeur
BSS002JRHU	118	Le forage a recoupé 118 mètres de calcaires noirs du Trias, sans horizons gypseux. La première arrivée d'eau est située à 94 m et le niveau statique à 89 mètres de profondeur.
BSS002JRGX	85	Le forage a recoupé 85 m d'une alternance de calcaires beiges et de passage argileux ; le débit de production est de l'ordre de 1 m ³ /h
BSS004 CEMZ	273	Le forage a recoupé 180 m d'une alternance de marnes et de gypse, puis a recoupé 100 m de calcaires gris noir massifs fracturés ; débit de production de l'ordre de 7 m ³ /h ; niveau statique à 1,43 m/sol
BSS002JRHH	133	Le forage a recoupé 120 mètres de calcaires dolomités et cagneulisés et 20 mètres de gypses entre 120 et 140 mètres de profondeur

3 ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

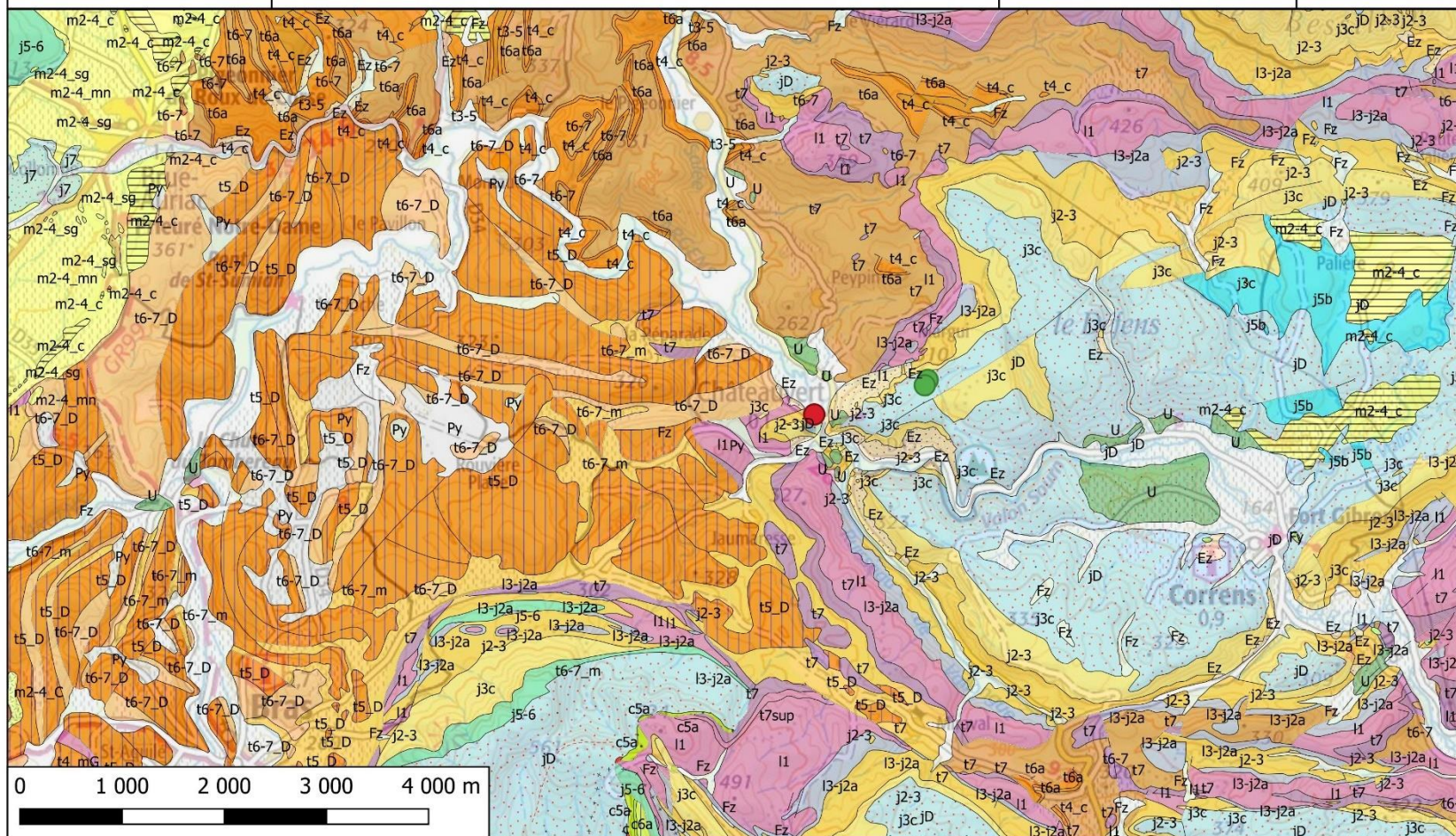
3.1 GEOLOGIE

La géologie de la zone d'étude est illustrée ci-après par un extrait de la carte géologique du BRGM au 1/25 000 :

Février 2025

Echelle : 1:50 000

Source : Géoportail



Légende

-  forage communal
-  Forage Sanche
-  Fz, Quaternaire : alluvions fluviales récentes (sables, limons, graviers, galets) - 5
-  Ez, Eboulis récents - 10
-  Fy, Würm : cailloutis, graviers, sables - 14
-  Py, Würm : épandages locaux, colluvions, cailloutis, limons - 15
-  U, Tufs anciens - 23
-  m2-4_C, Vindobonien : poudingues et galets - 34
-  m2-4_sg, Vindobonien : sables et galets - 36
-  m2-4_mn, Vindobonien : marnes noduleuses - 37
-  m2-4_c, Vindobonien : calcaires et marno-calcaires - 38
-  c6a, Maestrichtien inférieur : calcaires, marnes et marnes - 87
-  c5c, Campanien supérieur (Fuvélien) : marnes, calcaires marneux, grès grossiers - 89
-  c5a, Campanien inférieur : argiles, grès, calcaires - 90
-  ϕ , Bauxite - 130
-  jD, Jurassique dolomitique - 150
-  j7, Tithonien (Portlandien) : calcaires blancs - 157
-  j5-6, Oxfordien et Kimméridgien : calcaires sublithographiques en bancs minces riches en ammonites - 172
-  j5b, Oxfordien moyen (Argovien) : calcaires - 176
-  j3c, Bathonien supérieur : calcaires et calcaires oolithiques - 192
-  j2-3, Bajocien et Bathonien non différenciés : calcaires marneux, calcaires phosphatés - 196
-  l3-j2a, Lias moyen à Bajocien inférieur : calcaires à silex - 205
-  l1, Hettangien : dolomies blanchâtres ou gris cendré; calcaires, marnes - 211
-  t7sup, Rhétien supérieur : calcaires - 213
-  t7, Rhétien : calcaires en plaquettes, cargneules, marnes vertes réséda - 214
-  t6-7, Keuper : argiles rouges, gypse, dolomies, cargneules - 216
-  t6-7_m, Keuper : argiles et marnes bariolées - 217
-  t6-7_D, Keuper : calcaire dolomitique beige - 218
-  t6a, Keuper inférieur (Lenttenkohle) : dolomies - 219
-  t5_D, Muschelkalk supérieur : dolomies - 221
-  t4_c, Muschelkalk moyen : calcaires - 223
-  t4_mG, Muschelkalk moyen : marnes et évaporites - 224
-  t3-5, Muschelkalk : calcaires et dolomies - 227

3.1.1 Formations Jurassiques

A l'est du centre de Châteauvert affleurent des formations plus récentes, depuis le Rétien jusqu'à l'Oxfordien. Cet ensemble, principalement composé de formations dolomitiques et calcaire et globalement aquifère. Il est organisé en un vaste synclinal centré sur le village de Correns, à l'est de Châteauvert. La partie de la commune de Châteauvert concernée par ce synclinal se trouve en bordure ouest de celui-ci.

La succession de terrains jurassiques est organisée en cuvette qui penche vers l'est en direction de Correns. La base de cette cuvette repose sur les formations triasiques marneuses du Keuper qui est susceptible de contenir des évaporites.

D'après la carte géologique, la succession des terrains de ce synclinal est la suivante :

- Le Rétien : marne-calcaire de 20 à 30 m d'épaisseur (t10)
- L'Hettangien : dolomie de 100 à 200 m d'épaisseur (I2)
- Le Bajocien inférieur : calcaire à silex qui peut atteindre 200 m d'épaisseur (I4-ja)
- Le Bajocien supérieur et le Bathonien inférieur, horizon plutôt marneux qui peut atteindre 150 m d'épaisseur (j1b-2a)
- Le Bathonien supérieur calcaire d'environ 100 m d'épaisseur (j2bc)
- Le Jurassique dolomitisé, qui termine la série dans le synclinal au niveau de la commune de Châteauvert (jD)
- L'Oxfordien moyen, sous forme de calcaires blancs (j5), mais ils ne sont présents dans le synclinal qu'au nord de Correns.

L'ensemble de ces terrains peuvent être considérés comme aquifère. Ils le sont d'autant plus lorsque la karstification s'est manifestée en élargissant les fissures au sein des calcaires. Les alternances marnes / calcaires du Bajocien – Bathonien sont nettement moins perméables et compartimentent l'ensemble des terrains en deux aquifères plus ou moins connectés (probables phénomènes de drainance entre les deux parties. Ce niveau peu perméable est suffisant pour permettre l'existence de source de débordement sur le flanc ouest de la vallée.

L'aquifère supérieur s'étend largement vers l'est en direction de Correns. La surface de l'impluvium est vaste. Les écoulements se font principalement en suivant le pendage des couches géologiques, en direction des sources de Correns (source du pont de l'Argens) et vers l'Argens, en particulier au niveau du Vallon sourn. Il existe, en bordure du synclinal, au contact entre les calcaires et la dolomie avec les niveaux plus marneux du Bajocien / Bathonien, quelques sources de contre-pente. La source située sous la mairie et l'ancienne source communale située dans le vallon au nord de la mairie font partie de ces sources de contre-pente.

3.1.2 Formations Triasiques

Le contexte géologique de la commune est présenté sur la figure 2 ci-après. La commune de Châteauvert se trouve au niveau de la terminaison nord-orientale de l'Arc de Barjols. Cette vaste zone au relief chaotique est constituée d'un ensemble de formations calcaires, dolomitiques et marneuses datées du Trias.

Des niveaux d'évaporites (gypses, anhydrites), contenus dans ces roches, sont susceptibles d'apporter une très forte minéralisation aux eaux souterraines et superficielles qu'elles rencontrent. C'est en particulier le cas pour la rivière l'Eau salée qui rejoint l'Argens à environ 1 km en amont du pont. La minéralisation du fleuve est, au droit du pont et à proximité du forage actuel, très importante, à cause de la présence de ces évaporites dans le bassin versant de l'Argens.

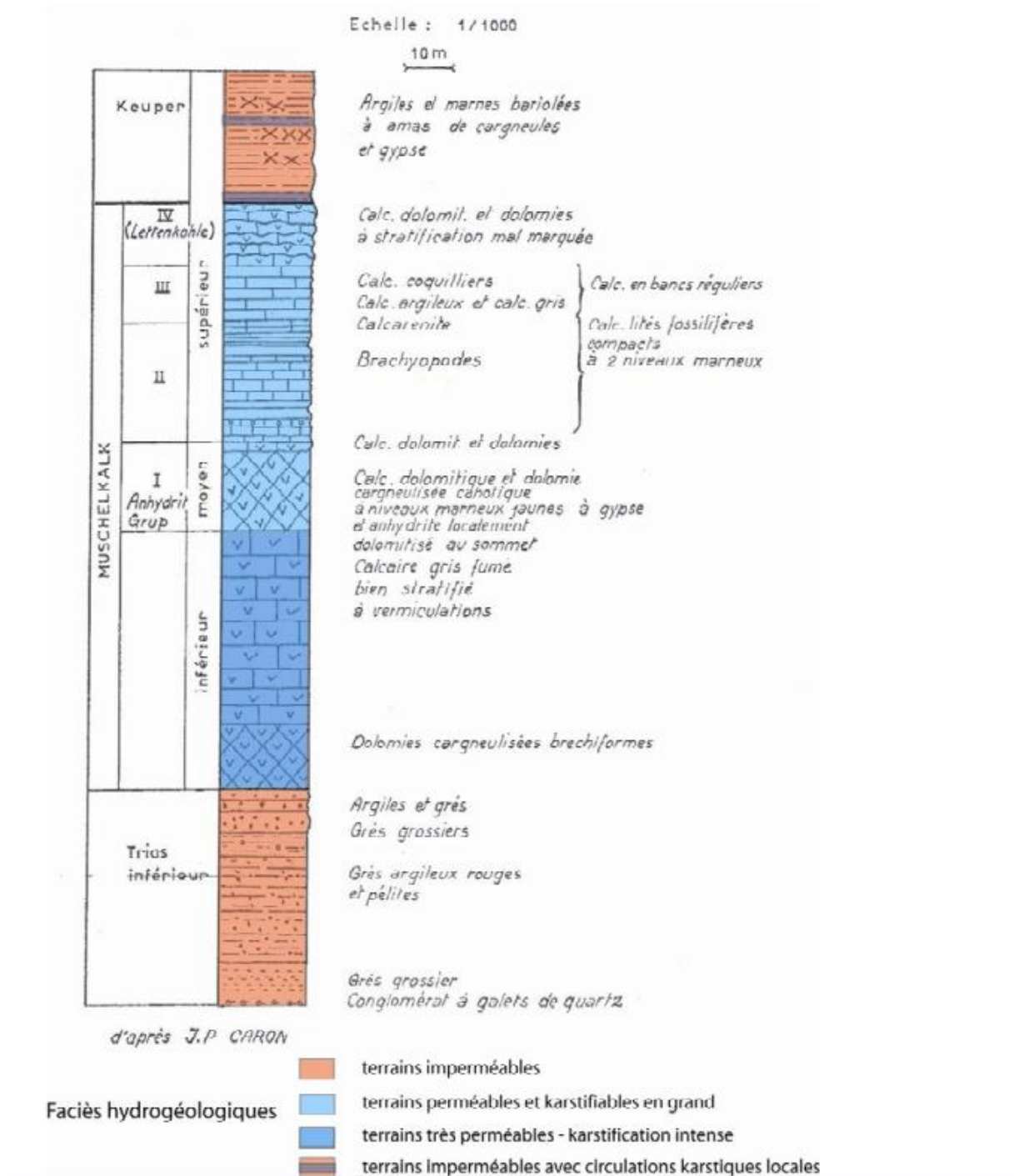


Figure 3 : Profil stratigraphique des formations Triasiques

Les formations du Muschelkalk inférieur peuvent être à l'origine d'aquifère important disposant d'une faible minéralisation. On peut noter la présence de plusieurs forages dans les communes avoisinantes qui captent ces formations.

3.1.3 Formations alluviales quaternaires

La vallée de l'Argens a entaillé plus ou moins profondément les formations marneuses et calcaires. Le remplissage alluvionnaire de la vallée est mal connu, y compris au niveau du forage actuel (ouvrage de particulier réalisé sans suivi hydrogéologique). Les essais par pompage réalisés en 1989 ont révélé la relativement faible transmissivité de la formation alluviale ($T = 8,8.10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$).

En l'absence de coupe géologique au droit du forage, il est possible de considérer que les alluvions rencontrées sur ce site sont probablement sablo-argileux ou limoneux. La productivité de l'ouvrage est cependant suffisante pour subvenir aux besoins de la commune.

Les alluvions de l'Argens sont susceptibles d'être suffisantes pour couvrir les besoins en eau de la commune. La productivité d'un nouveau forage dans les alluvions sera d'autant plus intéressante et sur que l'ouvrage sera implanté à la suite de reconnaissance géophysique (implantation en fonction de la forme du réservoir et de la qualité des alluvions).

La qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale est par contre variable. L'eau de la rivière étant trop minéralisée pour permettre la production d'eau potable de qualité, les alluvions ne peuvent être exploitées que s'il existe une alimentation en eau douce importante directement dans les alluvions. C'était le cas au niveau du forage actuel. Lors de la création de l'ouvrage, la minéralisation de l'eau exploitée était relativement limitée. Au cours de l'exploitation, cette minéralisation a augmenté, d'abord faiblement, puis fortement au cours de la période de sécheresse 2003-2007. Les apports latéraux ont dû alors fortement diminuer. L'eau « salée » de la rivière a pénétré dans les alluvions sous l'effet des pompages et sous l'effet d'une modification des équilibres de pression entre les eaux douces provenant du versant et les eaux plus salées provenant de la rivière.

La qualité des eaux souterraines exploitée par le forage actuel est susceptible de s'améliorer avec le temps en diminuant les prélèvements et si les apports latéraux d'eau douce dans la nappe sont importants. Même si une amélioration intervenait, la dégradation de la minéralisation des eaux souterraines peut réapparaître à la prochaine période de sécheresse. Cette situation est également susceptible de se reproduire sur d'autres sites de la plaine alluviale.

3.2 HYDROGEOLOGIE

La zone d'étude présente globalement un potentiel hydrogéologique moyen, un potentiel de production intéressant peut être retrouvé dans la nappe alluviale de l'Argens, mais sa forte minéralisation empêche son exploitation.

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

- **Porosité** = présence de vides. Ici on observe deux types de porosité : celle des galeries karstiques, aussi appelées « porosité en grand » et celles des fractures de la roche, aussi appelée « porosité de fissure ».
- **Perméabilité** = capacité de l'eau à circuler dans le terrain. Elle est liée bien entendu à la porosité, à condition que les « vides » soient reliés entre eux (sinon, l'eau reste « piégée » dans le terrain).

3.2.1 Porosité en grand : les systèmes karstiques de la zone d'étude

Sur la zone d'étude, il n'existe pas de preuve de présence de système karstique bien développé, l'importante tectonisation et la faible étendue des formations calcaires, provoquent une compartimentation. Il existe que très peu de source en bordure des massifs témoignant d'une faible infiltration des eaux météoriques.

Malgré cela des aquifères capables de subvenir aux besoins de la commune peuvent être présents.

Les formations du Muschelkalk peuvent être le siège de systèmes karstiques bien développés que l'on peut retrouver en centre Var. Toutefois, ces formations présentent une hétérogénéité marquée, et la géologie peut fortement varier en quelques dizaines de mètres. Dans le cas où le forage recoupe cette formation aquifère, les débits de production peuvent être très importants ($>50 \text{ m}^3/\text{h}$).

3.2.2 Porosité de fissure

Comme indiqué précédemment, elle correspond à la fracturation des roches, sans développement d'un réseau karstique.

Ce type de porosité est retrouvée essentiellement dans les formations alluvionnaires, ces formations ne sont que très peu représentées dans la zone d'étude et ne font l'objet de notre recherche en eau.

Dans le système karstique des formations jurassiques, les deux porosités (en grand et de fissure) coexistent. Afin de mobiliser le potentiel aquifère le plus important, l'ouvrage à créer doit idéalement mobiliser ces deux types de porosités.

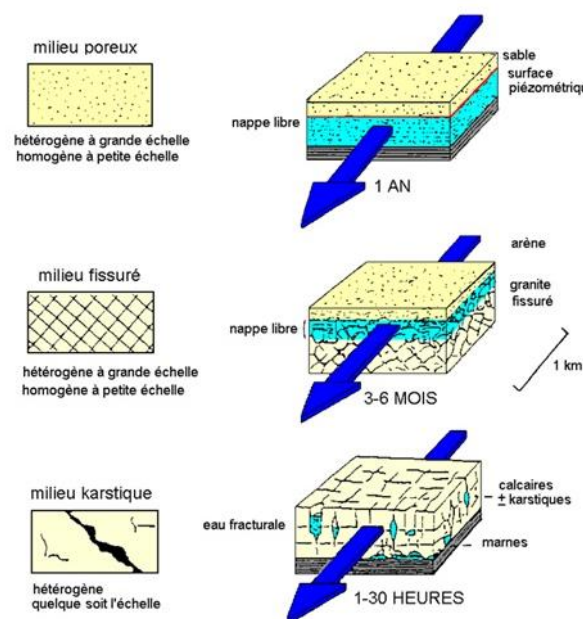


Figure 4 : Vitesse d'écoulement en fonction de la porosité

4 PROPOSITION D'IMPLANTATION DE FORAGE DE RECONNAISSANCE

4.1 IMPLANTATION PAR RAPPORT A LA GEOLOGIE

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, nous permettent de déterminer trois critères de sélection, comme exposé dans le tableau suivant :

	Critère	Type de formation	Zone géographique sur le territoire étudié
1	Terrains à dominante carbonaté <u>et</u> non sulfaté	Calcaires ou dolomies du Jurassique (J2b, I1, I2)	Une grande partie de la zone d'étude à l'exception des zones d'affleurement du Keuper et du Muschelkalk, ainsi que les zones alluvionnaires et gréseuses
2	Présentant des indices reconnus ou supposés de karstification et/ou de fracturation	Toutes formations carbonatées	L'ensemble des calcaires du Jurassique et du Lias
3	Terrains du du muschelkalk inférieur	Formations du du Muschelkalk inférieur	Ces formations peuvent avoir un potentiel de production intéressant sous recouvrement de formations évaporitiques

Les formations Jurassiques ont été explorées par les forages de Sanche, sans réelle réussite, d'un point de vue quantitatif et qualitatif. Nous proposons la réalisation de forage de reconnaissance dans ces secteurs géologiquement différents. Tout comme préconiser dans l'étude hydrogéologique d'ATEC HYDRO, nous préconisons la réalisation d'un forage de reconnaissance dans les secteurs :

- Secteur de Guillemard : La présence de Tufs dans ce secteur peut être la preuve d'une ancienne émergence des eaux Jurassiques. De plus le secteur se situe au croisement entre deux linéaments majeurs, pouvant faciliter les écoulements souterrains.
- Secteur de Pré de lune : se situe sous recouvrement alluvionnaire (qu'il faudra isoler) intéressera les formations jurassiques sous-jacentes.

Bien qu'en première approche, la réalisation d'un forage dans les formations Triasiques, semblent être impossible vis-à-vis d'une pollution par les sulfates contenus dans les gypses. Il existe, dans le muschelkalk inférieur à environ 150 mètres de profondeur, la présence d'un aquifère karstique contenu dans les dolomies qui peuvent être par endroit fortement altéré et présenter un potentiel aquifère très intéressant. Dans le cas d'un forage de reconnaissance positif, il sera possible de s'affranchir des formations gypseuses pour obtenir une eau de bonne qualité.

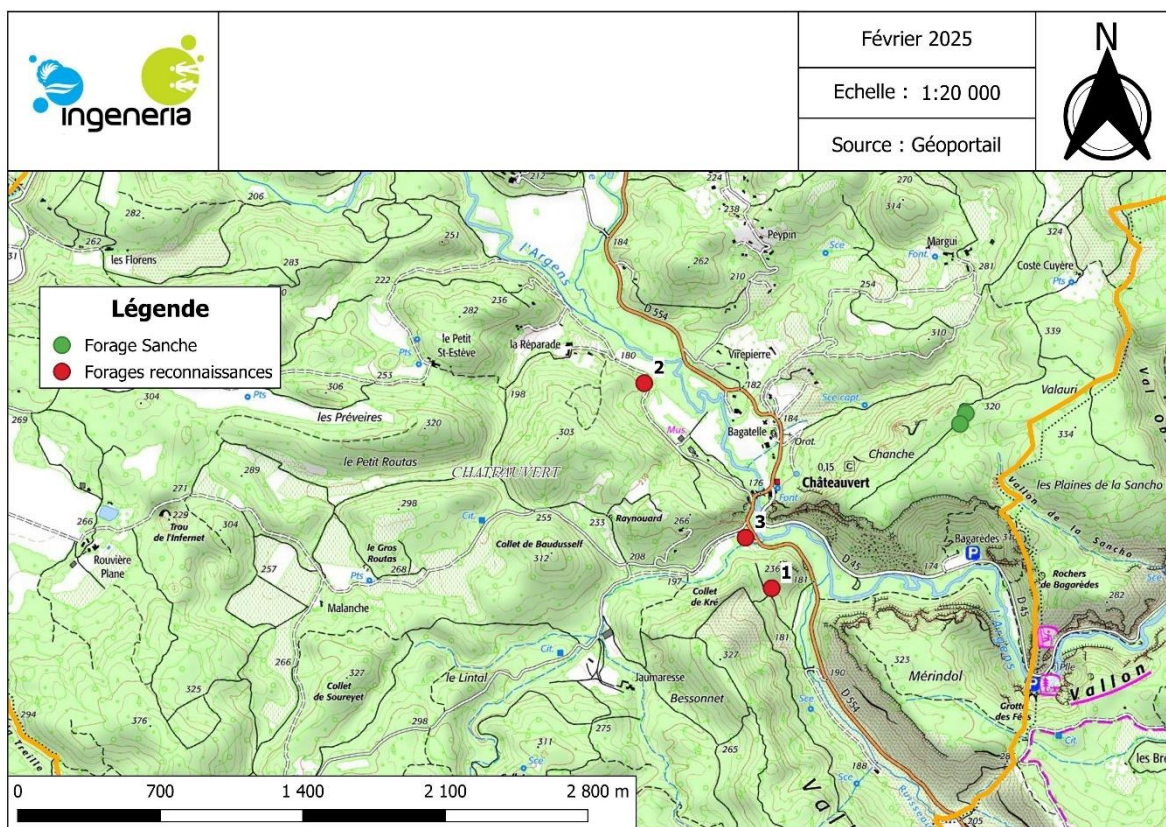


Figure 5 : Localisation des secteurs favorables d'un point de vue géologique

Secteur	Profondeur estimative	Volume Débit prévisionnel	Altitude moyenne	Faisabilité
1	Entre 80 et 100 m	10 m ³ /h	205 m	Bonne
2	Entre 150 et 200 m	10 à 20 m ³ /h	185 m	Bonne
3	Entre 50 et 80 m	10 m ³ /h	190 m	Bonne

4.2 IMPLANTATION PAR RAPPORT A L'OCCUPATION DES SOLS – ACTIVITES HUMAINES

L'étude de la carte CORINE LAND COVER montre que la zone d'étude est principalement composée de zones boisées.

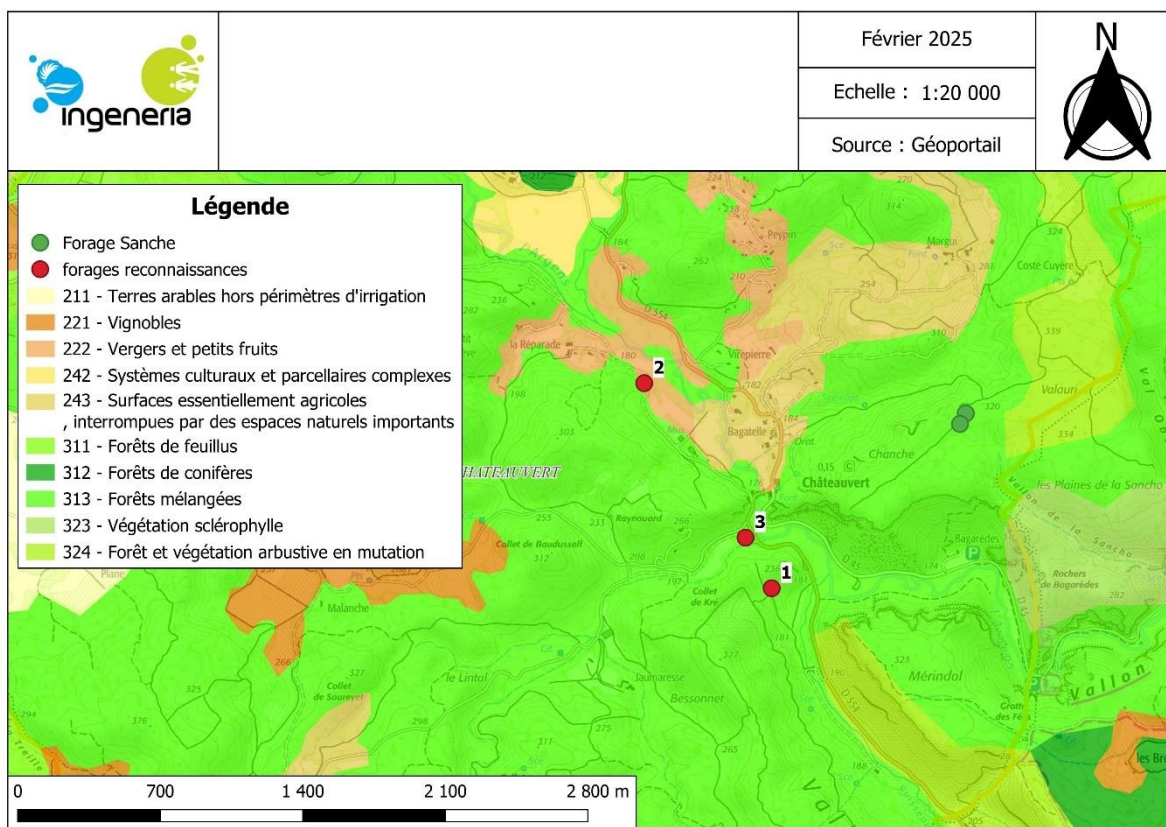


Figure 6 : Carte CORINE LAND COVER

Le critère d'occupation des sols n'est pas déclassant pour le projet

4.3 IMPLANTATION PAR RAPPORT AUX ZONES PROTEGEES

4.3.1 ZNIEFF

La présence de zones protégées peut être un frein dans l'obtention des autorisations nécessaires à la réalisation des forages. C'est pourquoi, et dans la mesure du possible, nous allons éviter la réalisation d'un forage dans ces zones protégées.

Le critère de ZNIEFF n'est pas déclassant pour le projet

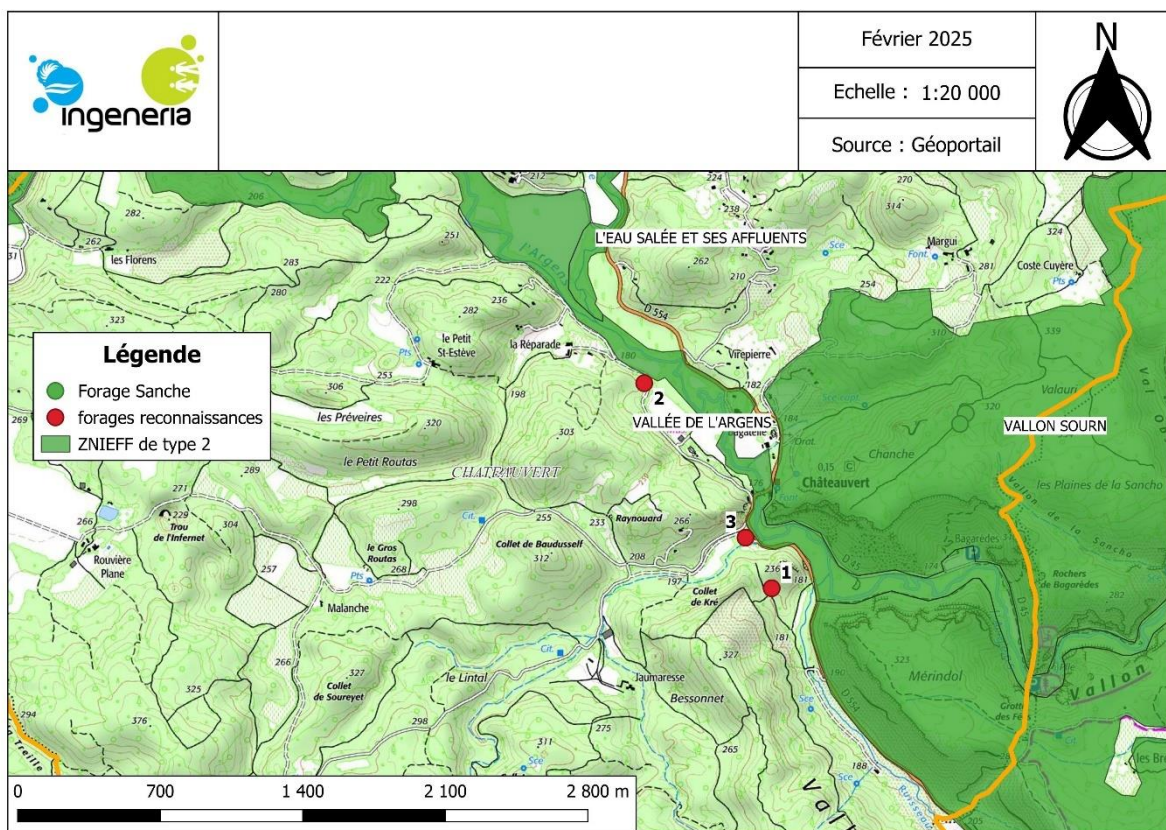


Figure 7 : Localisation du projet vis-à-vis des ZNIEFF les plus proches

4.3.2 Natura 2000

La présence de zones protégées peut être un frein dans l'obtention des autorisations nécessaires à la réalisation des forages. C'est pourquoi, et dans la mesure du possible, nous allons éviter la réalisation d'un forage dans ces zones protégées.

Les 3 forages de reconnaissances sont compris dans la zone Natura 2000 « Val d'Argens », cela ne constitue un critère déclassant du projet

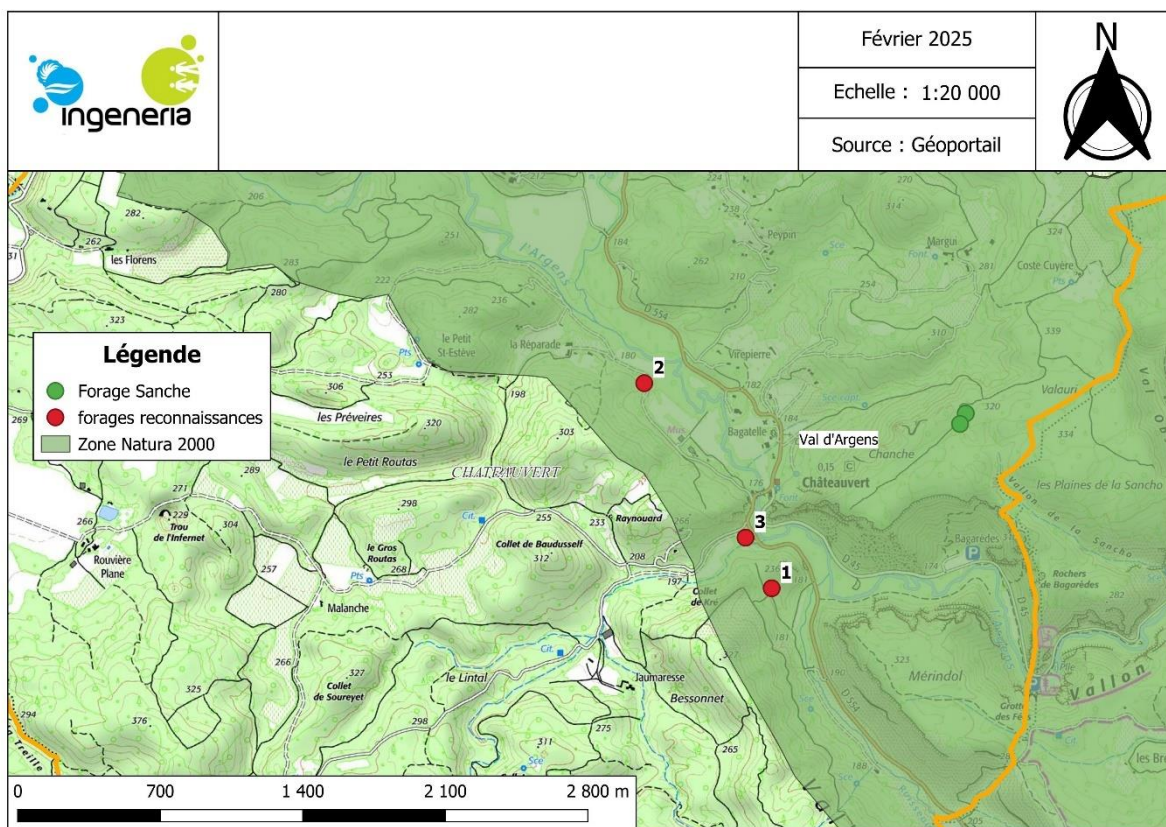


Figure 8 : Localisation du projet vis-à-vis des zones Natura 2000 les plus proches

4.4 PROPRIÉTÉ DES TERRAINS

La propriété des terrains est un critère pour définir les zones de recherche. Les secteurs 3 et 1 sont situés sur des parcelles privées, il n'existe pas de parcelle communale à proximité. Cela implique que la commune devra acquérir ces parcelles ou, a minima obtenir une convention avec le propriétaire pour la réalisation des forages de reconnaissance. Le forage de reconnaissance 2 sera implanté sur une parcelle communale.

Après l'étude multicritère, beaucoup de secteurs doivent être exclus, d'un point de vue administratif (périmètre de protection) ou environnemental (protection de la masse d'eau, zones protégées). Les zones favorables à l'implantation d'un forage de reconnaissance sont présentées dans la figure suivante :

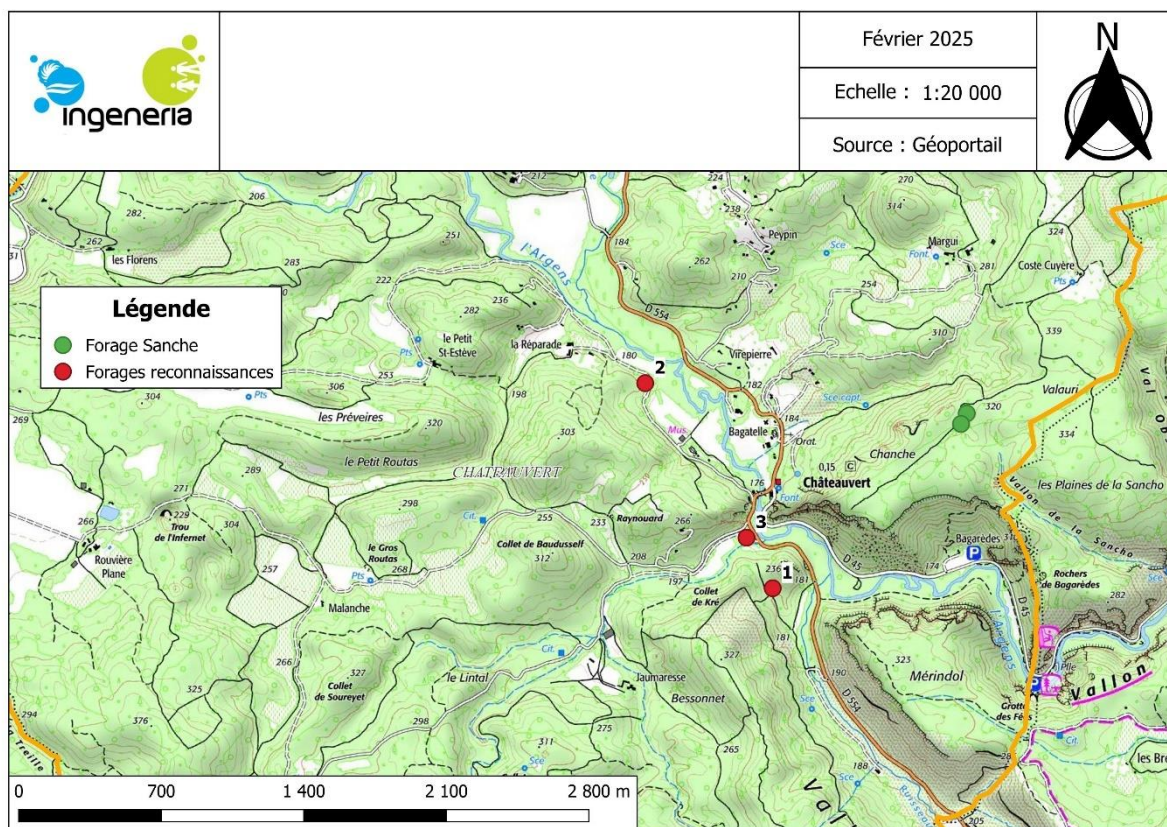


Figure 9 : Proposition d'implantation des forages de reconnaissance

Les forages de reconnaissance seront implantés soit sur des parcelles privées ou publiques :

N° Forage	Parcelle	Propriétaire
1	0B0022	Privé
2	0D0098	Commune
3	0B0027	Privé

4.5 PROXIMITES DES RESEAUX

L'analyse des zones de recherches identifiées selon le critère « proximité des réseaux » est présentée dans le tableau suivant :

Forage	Secteur	Raccordement aux réseaux d'adduction d'eau et d'électricité	Faisabilité
1	Parcelle B22	<u>Eau</u> : environ 400 m <u>Electricité</u> : environ 400 m	Bonne : faible coût de raccordement
2	Parcelle D98	<u>Eau</u> : environ 800 m <u>Electricité</u> : environ 800 m	Moyenne : grande longueur pour le raccordement
3	Parcelle B27	<u>Eau</u> : environ 250 m <u>Electricité</u> : environ 250 m	Bonne : faible coût de raccordement

4.6 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 à éviter pour permettre un accès facile à la zone de forage.

Au droit du forage, il faut un espace dégagé pour implanter la foreuse avec un recul suffisant pour installer les tiges de forage. Il faut 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 ...). La foreuse doit être installée à plat : un terrain pentu nécessite un terrassement préalable.

En synthèse, un espace plat d'une superficie minimum de 100 m² est nécessaire pour implanter un atelier de forage.

5 COUT D'ACCES A LA RESSOURCE

On rappelle que l'objectif est d'exploiter un forage capable de produire 10 m³/h.

5.1 PARCELLE B0022 (FORAGE 1)

La reconnaissance sur ce secteur prévoit une profondeur de 100 mètres maximum, 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'arrivée d'eau avant la côte estimée entraînera la diminution de la profondeur finale. Inversement, si le débit à 100 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant, il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe	HMT
Parcelle n°B0022	+ 205 NGF	+ 174 NGF	80 m

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

Coût estimatif pour un forage de reconnaissance – Parcelle B0022	
Frais d'amenée et d'installations sur site (terrain accessible, préalablement dégagé et défriché sur 100 m ²)	7 000 €
Creusement d'un ouvrage de reconnaissance en diamètre 165 mm jusqu'à 100 m, y compris passage de terrains fracturés	5 000 €
Test de pompage par soufflage	1 200 €
Total forage de reconnaissance (HT)	13 200€

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

Pour produire 10 m³/h pour une HMT comprise entre 85 et 100 m, il faudra une pompe de 4 KW et de 95 mm de diamètre.

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

Coût estimatif pour la transformation en ouvrage Test – Parcelle B0022	
Mise en place d'un prétubage de 0 à 12 m	3 600 €
Alésage en diamètre 193 mm de 0 à 100 m	5 000 €
Tubage 168 mm acier plein de 0 à 50 m	5 500 €
Tubage 168 mm acier crépiné de 50 à 100 m	6 000 €
Cimentation annulaire de 0 à 20 m	1 200 €
Air Lift de nettoyage 8 heures	2 880 €
Mise en place de l'atelier de pompage (pompe 10 m ³ /h sous 50 HMT)	1 200 €
Essai par paliers	800 €
Pompage longue durée (72 heures)	7 920 €
Capot cadénassé	500 €
Réalisation analyse de première adduction	2 800 €
Total transformation en ouvrage test (prix HT)	37 400 €

5.2 PARCELLE D0098 (FORAGE 2)

La reconnaissance sur ce secteur prévoit une profondeur de 200 mètres, 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'arrivée d'eau avant la côte estimée entraînera la diminution de la profondeur finale. Inversement, si le débit à 200 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe	HMT
Parcelle n°D0098	+ 185 NGF	+ 180 NGF	70 m

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

Coût estimatif pour un forage de reconnaissance – Parcelle D0098	
Frais d'amenée et d'installations sur site (terrain accessible, préalablement dégagé et défriché sur 100 m²)	7 000 €
Creusement d'un ouvrage de reconnaissance en diamètre 165 mm jusqu'à 200 m, y compris passage de terrains fracturés	10 400 €
Test de pompage par air lift	1 500 €
Total forage de reconnaissance (HT)	18 900€

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

Pour produire 10 m³/h pour une HMT de 70 m, il faudra une pompe de 4 KW et de 95 mm de diamètre.

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

Coût estimatif pour la transformation en ouvrage Test – Parcelle 058	
Mise en place d'un prétubage de 0 à 12 m	3 600 €
Alésage en diamètre 219 mm de 0 à 150 m	7 500 €
Tubage 168 mm acier plein de 0 à 150 m	15 000 €
Cimentation sous pression par canne d'injection	5 000 €
Nettoyage du fond de l'ouvrage	2 500 €
Air Lift de nettoyage 8 heures	2 880 €
Mise en place de l'atelier de pompage (pompe 10 m³/h sous 100 HMT)	1 200 €
Essai par paliers	800 €
Pompage longue durée (24 heures)	7 920 €
Capot cadernassé	500 €
Réalisation d'une analyse de première adduction	2 800 €
Total transformation en ouvrage test (prix HT)	49 700 €

5.3 PARCELLE B0027 (FORAGE 3)

La reconnaissance sur ce secteur prévoit une profondeur de 80 mètres, 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'arrivée d'eau avant la côte estimée entraînera la diminution de la profondeur finale. Inversement, si le débit à 80 mètres de profondeur n'est pas satisfaisant il pourra être décidé d'approfondir la reconnaissance.

Secteur	Altitude	Cote nappe	HMT
Parcelle n°B0027	+ 190 NGF	+ 170 NGF	70 m

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

Coût estimatif pour un forage de reconnaissance – Parcelle B0027	
Frais d'amenée et d'installations sur site (terrain accessible, préalablement dégagé et défriché sur 100 m²)	7 000 €
Creusement d'un ouvrage de reconnaissance en diamètre 165 mm jusqu'à 80 m, y compris passage de terrains fracturés	4 000 €
Test de pompage par air lift	1 500 €
Total forage de reconnaissance (HT)	12 500€

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

Pour produire 10 m³/h pour une HMT de 70 m, il faudra une pompe de 4 KW et de 95 mm de diamètre.

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

Coût estimatif pour la transformation en ouvrage Test – Parcelle B0027	
Mise en place d'un prétubage de 0 à 12 m	3 600 €
Alésage en diamètre 193 mm de 0 à 80 m	4 000 €
Tubage 168 mm acier plein de 0 à 50 m	5 500 €
Tubage 168 mm acier crépiné de 50 à 80 m	3 600 €
Cimentation annulaire de 0 à 20 m	1 200 €
Air Lift de nettoyage 8 heures	2 880 €
Mise en place de l'atelier de pompage (pompe 10 m³/h sous 50 HMT)	1 200 €
Essai par paliers	800 €
Pompage longue durée (72 heures)	7 920 €
Capot cadénassé	500 €
Réalisation analyse de première adduction	2 800 €
Total transformation en ouvrage test (prix HT)	34 000 €

5.4 BILAN FINANCIER

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

Site	Forage de reconnaissance + transformation		
	Reconnaissance	Transformation	Total
1	13 200 €	37 400 €	50 600 €
2	18 900 €	49 700 €	68 600 €
3	12 500 €	34 000 €	46 500 €

6 CONCLUSION

L'étude hydrogéologique réalisée sur l'emprise de la commune de Chateauvert a mis en évidence la présence d'un potentiel hydrogéologique moyen de part la nature géologique qui ne permet pas une circulation des eaux souterraines de manière optimale. Toutefois, les débits recherchés restent relativement faibles de l'ordre de 10 m³/h et sont en adéquation avec le potentiel du secteur.

Comme tout travaux de forage, il y a une part d'incertitude aux projets de recherche en eau, en particulier dans des zones fortement tectonisées.

Nous préconisons donc d'intervenir de la façon suivante :

- Réalisation du forage n°1 qui dispose d'un bon potentiel aquifère et qui présente le meilleur rapport potentiel et prix des travaux (transformation de l'ouvrage et équipement)
- En cas de résultats insuffisants déplacement sur le forage n°1 qui dispose du meilleur potentiel aquifère bien que son soit le plus onéreux
- En cas de résultats insuffisants, déplacement vers le forage n°3

Il appartiendra au maître d'ouvrage de se prononcer sur la zone qui lui semblera la plus intéressante en prenant en compte l'aspect finance et de raccordement ultérieur.

Fait à Aix-en-Provence
Le 11/02/2025
Cyrille LASCOMBES
HYDROGEOLOGUE
INGENERIA