

GAEC DE LA JOLIETTE / SIMONDI Frères
LD La Joliette
04280 CERESTE

AVIS HYDROGEOLOGIQUE
RELATIF A LA REALISATION D'UN FORAGE D'EAU

par Jean-Paul SILVESTRE
Docteur en Géologie Appliquée – Diplômé d'Etudes Approfondies
en Hydrogéologie – Hydrogéologue-Expert et Hydrogéologue par passion

1. INTRODUCTION – RAPPEL HISTORIQUE

Le présent avis hydrogéologique a été établi à titre amical et bénévole au bénéfice de la famille SIMONDI, vieille famille du Pays d'Apt, en vue de réaliser de(s) sondage(s) de recherche d'eau au droit de 4 groupes de parcelles, dont la plupart est en pleine propriété, situés de part et d'autre du Calavon sur les communes de Céreste, Viens et Saint Martin de Castillon (fig. 1).

Ce projet de forage a été rendu nécessaire en raison de la demande des autorités administratives (notamment Syndicat de rivière, Parc Naturel Régional du Luberon et Police de l'Eau) relative à l'abandon des droits d'eau que la famille SIMONDI possède depuis la révolution française sur le Canal de la Viguière car cet ouvrage dérive une partie des eaux du Calavon depuis sa prise sous le pont de Céreste.

Rappelons que le Calavon n'est pas une rivière domaniale, propriété de l'Etat, ou des collectivités territoriales, mais une rivière « privée » dont le lit appartient pour moitié aux nombreux propriétaires terriens présents sur chacune des rives le long de son parcours.

Cette demande consiste à renforcer les débits d'étiages de la rivière en aval du pont de Céreste qui marque la limite entre départements du Vaucluse et des Alpes de Haute Provence.

En effet, les principales alimentations permanentes de la rivière en amont de ce pont concernent les débits de l'Enchrême, affluent principal de rive gauche, et la source artésienne de Château-Vert, captée par puits dans les alluvions du Calavon pour l'AEP de Viens au début des années 1980 (ce captage a été abandonné il y a peu à la suite de contaminations bactériennes récurrentes).

En amont de Château-Vert et des gorges d'Oppedette, la partie amont du bassin-versant de la rivière, située à la limite des Monts de Vaucluse et de la Montagne de Lure, ne participe pas, ou très peu, et de manière épisodique, à l'alimentation de la rivière car elle est directement drainée en sous-sol vers Fontaine de Vaucluse (cf. chapitres Géologie et Hydrogéologie).

En aval de la prise de la Viguière, la principale alimentation permanente du Calavon se situait au niveau du hameau des Bégudes au droit de sources artésiennes importantes qui sourdaient dans le lit mineur de la rivière sous ses alluvions.

Depuis le début du XX^{ième} siècle, ces émergences (Basses et Hautes des Bégudes) sont captées par puits peu profonds, d'abord en partie puis, à partir de la fin des années soixante, en totalité, pour l'AEP d'Apt et de Saint Martin de Castillon, notamment en raison de l'installation à Apt des

familles de militaires liée à la création de la base du 1^{er} GMS sur le plateau d'Albion.



Fig. 1. Localisation de la zone étudiée.

Ces prélèvements permanents de la totalité des débits artésiens ont ainsi accentué les assècs de la rivière et ont largement contribué à en faire définitivement une rivière sans eau sauf aux moments des crues et des décrues.

Au début des années 1980, le projet d'irrigation de la vallée du Calavon, mis en place par le Conseil Général de Vaucluse avec l'appui technique de la Société du Canal de Provence, a impliqué la réalisation complémentaire de retenues collinaires et de sondages de recherches d'eau pour l'irrigation de la vallée en amont d'Apt (la vallée en aval de cette ville étant desservie en gravitaire par la réserve d'eau de Bonnieux : son remplissage s'effectue par la galerie du Petit Luberon alimentée par pompage-refoulement à partir d'une prise sur le canal usinier EDF située en rive gauche de la Durance, au niveau de la Roque d'Anthéron).

La partie réalisation de sondages a alors été déléguée à une association locale créée pour l'occasion, l'ASADIC. A priori, les diverses réalisations effectuées dans cette partie amont du bassin-versant n'ont pas résolu la problématique liée à l'eau puisqu'en ce début de XXI^{ème} siècle, il est encore question de recourir aux retenues collinaires et aux sondages pour l'irrigation des cultures.

C'est dans ce contexte que se situe la recherche d'une ressource de substitution privée par forage(s) au droit de parcelles qui sont la propriété de la famille SIMONDI à travers la GAEC La Joliette.

Enfin, je rappellerai qu'en 1997, j'ai proposé à la ville d'Apt la réalisation de 2 forages profonds d'environ 650 m qui devaient venir en substitution complète de la source artésienne des Bégudes (200 à 350 m³/h) pour permettre notamment la ré-alimentation naturelle (sans pompage) du Calavon en amont immédiat et en aval d'Apt.

Si le forage de Fangas 1, exécuté en 1999, peut permettre une substitution complète des besoins en eau potable de la ville d'Apt en situation normale (exploitation possible à 250 m³/h avec un rabattement en pompage limité à 6-7 mètres), l'équipement choisi par la ville d'Apt ne permet pas actuellement de prélever un débit supérieur à 140 m³/h soit une « perte sèche » d'environ 2500 m³/jour.

Quant au forage Fangas 2 réalisé en 2007 et 2008 par la Communauté de Communes du Pays d'Apt (après avoir récupéré la compétence « eau ») sous maîtrise d'œuvre Safège, son résultat mitigé n'autorise qu'un débit de 140 m³/h avec un très fort rabattement (environ 70 m) et une dépense d'énergie beaucoup plus importante que sur F1, sous peine de dénoyage de la pompe immergée.

En résumé, contrairement au projet initial validé par la ville d'Apt en 1997, les 2 forages du Fangas n'ont pas permis in fine une substitution complète des besoins en eau en raison du changement de bureau d'études et des choix techniques opérés après 2001. Cette situation a obligé la collectivité à maintenir ses prélèvements sur la source des Bégudes et à prolonger ses capacités d'achats d'eau auprès de ses fournisseurs traditionnels en fonction de ses besoins soit d'une manière directe (Syndicat des eaux Durance-Ventoux, Syndicat des Eaux Durance-Plateau d'Albion), soit d'une manière indirecte via la Société Apt-Union qui a cessé de s'approvisionner auprès du syndicat des eaux communautaire au profit d'une station de potabilisation des eaux brutes de la Durance créée pour l'occasion par la Société du Canal de Provence (station de potabilisation de Salignan).

2. SITUATION GEOGRAPHIQUE

L'essentiel des parcelles maîtrisé par la famille SIMONDI se localisent dans le département des Alpes de Haute Provence sur la commune de Céreste, dans 2 secteurs différents (fig. 2 et 3) :

- autour de la ferme de la Joliette, de part et d'autre de la RD 900/D4100,
- sur le flanc Nord du Grand-Luberon, globalement au Sud du ruisseau du Marlençon.

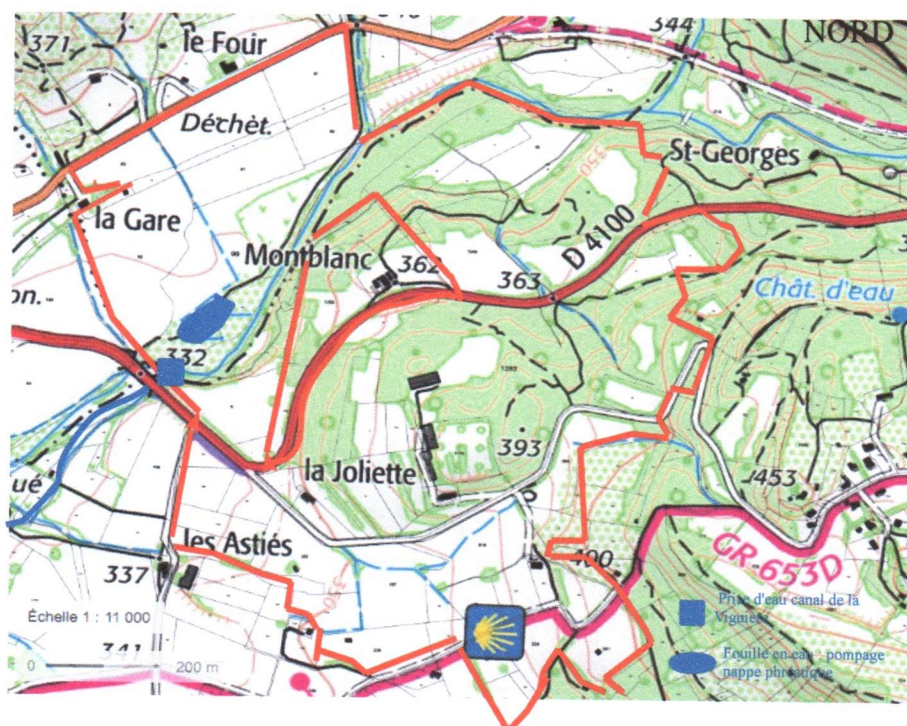


Fig. 2. Limite parcellaire secteur La Joliette Nord et Sud (trait continu rouge).

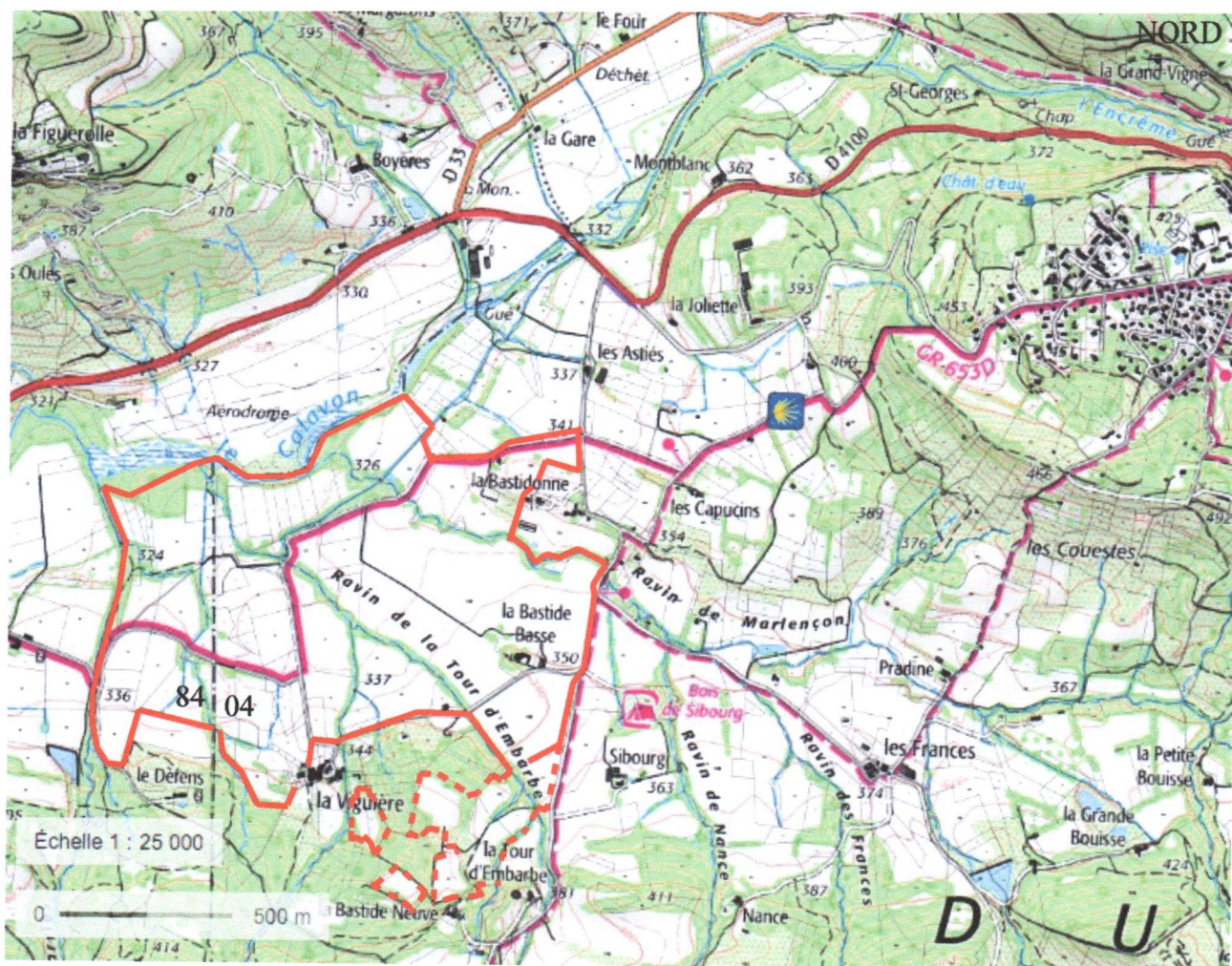


Fig. 3. Limite des parcelles au Sud du Marlençon et dans le département de Vaucluse.

Une autre partie, moins importante, se situe dans le département de Vaucluse :

- d'abord en rive droite de la rivière, au Nord du pont de Céreste, entre le Calavon et le RD 33 qui conduit à Viens et Oppedette, soit sur la commune de Viens,
- ensuite en rive gauche, au pied du Luberon, entre le ruisseau de Sarriès et la limite départementale 84/04, soit sur la commune de Saint Martin de Castillon.

Enfin, 14 hectares sont en location entre le hameau de la Viguière et la Tour d'Embarde, sur la commune de Céreste dans une zone collinaire surplombant la plaine (fig. 3, pointillés rouges).

D'un point de vue cadastral, le foncier maîtrisé concerne les parcelles suivantes (en noir, les parcelles en pleine propriété) soit un total foncier maîtrisé de 166 hectares **cultivables** :

- commune de Céreste (04), section E La Viguière, parcelles n° 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 16 à 21, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 33 à 36, 37 à 42, 43, 58, 61, 92, 93, 430, 59, 69, 70, 75, 84, 85, 86, 87, 351, 356, 361, 370, 384, 386, 395, 409, 411, 421, 423, 426 à 428, 431, 465, 484 ; section E La Tour d'Embarde, parcelles n° 127, 130, 406 et 506 ; section F Les Astiés, parcelles n° 121, 126, 132 à 137, 139, 145 à 148, 150, 159, 162, 163 ; section F La Joliette, parcelles n° 234, 235, 250, 252, 255, 1190 ; section F Pradine parcelles n° 391, 396 à 398,
- commune de Viens (84), section AO, parcelles n° 87, 88, 89, 96, 97 et 98,

- commune de Saint Martin de Castillon (84), section AM parcelle n°81; section AO n° 38, 41 42,44 à 47,51 à 54,58 à 60, 63,64,68,69,71,106,107,109 ; section AP, n°38 à 42,44 à 46.

3. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL

La dépression occupée par le Calavon, et son prolongement vers l'Est jusqu'à Volx, correspond à une structure géologique ancienne, d'extension pluri-kilométrique, de type synclinal, qui est interrompue (recoupée) à son extrémité par l'accident durancien (couloir de failles avec rejet vertical net d'environ 2000 m).

Ce synclinal, mis en place définitivement lors des toutes dernières phases alpines, est de type dissymétrique avec un versant Sud court, redressé (pendages des couches géologiques de 30 à 60° vers le Nord), formant le flanc Nord de la structure anticlinale du Luberon et un versant Nord étiré, qualifié de « monoclinal », à pente plus douce, s'étalant des Monts de Vaucluse au pied du Luberon et présentant des pendages de couches de l'ordre de 20° vers le Sud ou le Sud-Est.

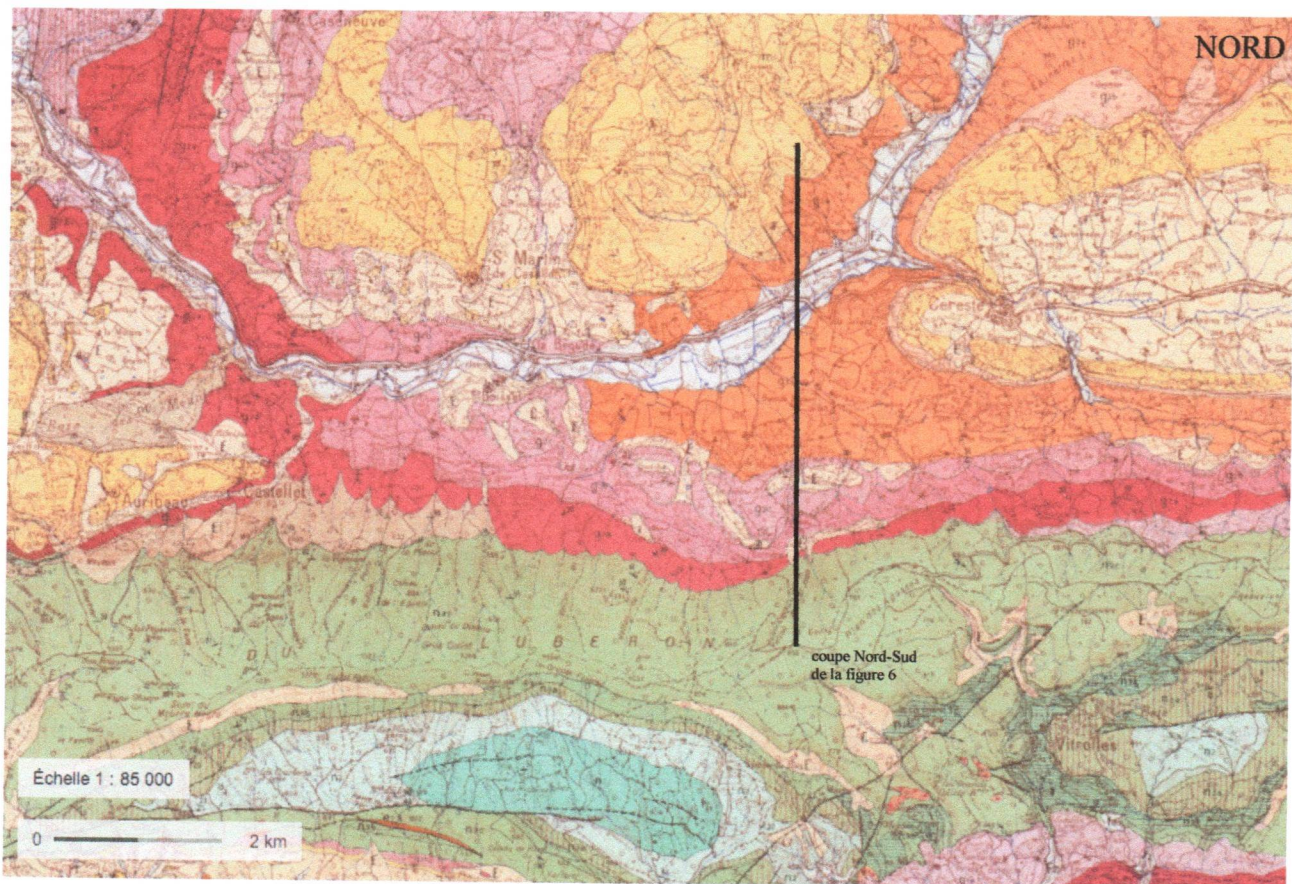


Fig. 4. Contexte géologique et structural régional.

Le cœur de ce synclinal a un âge tertiaire (terrains les plus récents représentés par une gamme de couleurs bistre, jaune, saumon, orange, rose et rouge sur l'extrait de la carte géologique au 1/50.000 de Reillanne reproduit en figure 4) dont l'axe coïncide ici, avec la petite vallée de l'Encreme. Cet axe correspond en profondeur à une discontinuité gravimétrique importante avec rejet vertical net.

Les terrains, empilés les uns sur les autres, reposent en auréoles discordantes sur ceux du Crétacé inférieur qui forment le Luberon et sont matérialisés par des couleurs beiges (Bois des Meuniers et

Sud de Glorivette à l'Ouest), vertes (versant Nord du Grand Luberon) à bleues (cœur anticlinal du Luberon déversé et chevauchant vers le Sud sur le Pays d'Aigues, visibles au bas de la figure 4).

Dans le cadre de cet avis, seuls seront examinés les terrains susceptibles d'être rencontrés en sondage sur l'ensemble du foncier maîtrisé par la GAEC La Joliette, soit du plus récent au plus âgé, et en fonction de la profondeur atteinte :

- éboulis, colluvions et alluvions du Calavon (âge Quaternaire, noté E, Fz, couleur bistre et bleu délavé),
- calcaires de Reillanne (âge Oligocène, étage Stampien/Chattien supérieur, noté g3b, couleur saumon clair),
- marnes rouges de Viens (âge Oligocène étage Stampien/Chattien supérieur, noté g3a, couleur orange),
- calcaires de Vachères (âge Oligocène, étage Stampien/Chattien moyen, noté g2c, couleur rose clair),
- niveau de Caseneuve (âge Oligocène, étage Stampien/Chattien inférieur, noté g2b, couleur rose foncé),
- calcaires de Campagne-Calavon ou de Montfuron (Oligocène, étage Sannoisien/Rupélien supérieur, noté g2a, couleur rouge),
- niveau de Pradengue ou de la Mort d'Imbert (Oligocène, étage Sannoisien/Rupélien supérieur, noté g1 e avec couleur mauve clair, affleure sous la route de Céreste à Vitrolles ou encore au Nord du Bois des Meuniers soit les lieux-dits Alezin-Fringants-Fangas,
- calcaires urgoniens ou hauteriviens (âge Crétacé inférieur, noté nU et n3c, couleur beige verte, affleurent au Bois des Meuniers et sur le versant Nord du Luberon, (Est d'Auribeau).

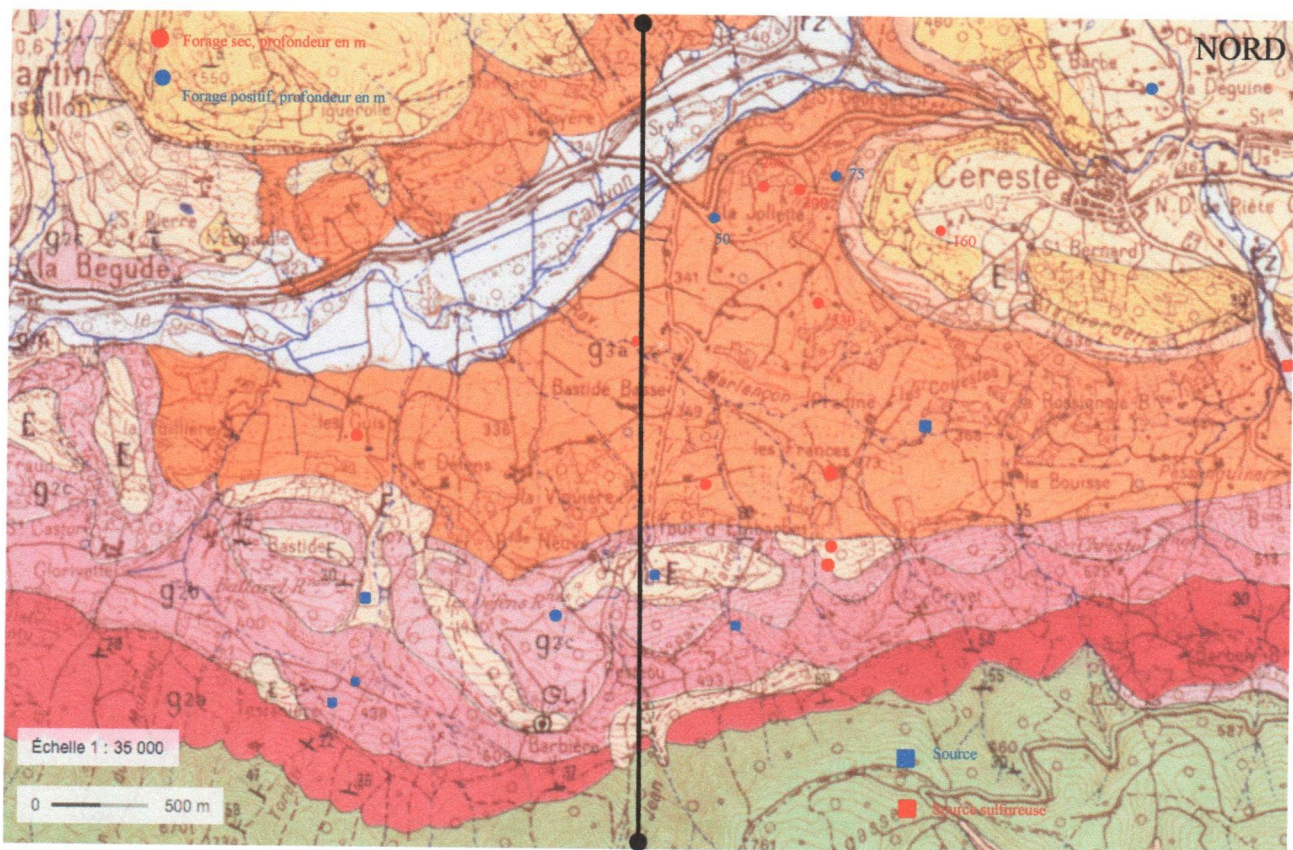


Fig. 5. Contexte géologique et structural local (zoom de la figure 4).

On notera que les niveaux notés g2b à n3c, sauf (g1e) qui est absent, ont été entièrement recoupés par le forage pétrolier de Grand-Luberon (GL1) profond de 5042 m (fig.6).

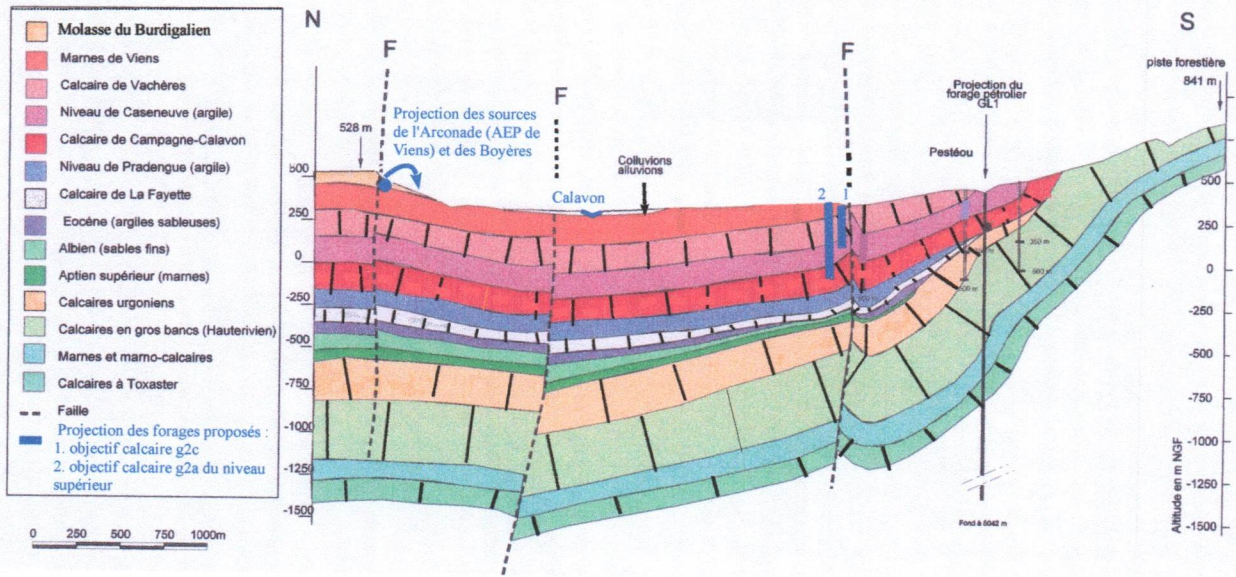


Fig. 6. Coupe géologique et structurale interprétative Nord-Sud traversant le secteur étudié (source rapport JPS/ANTEA n°A19184A de février 2000).

Au droit des parcelles concernées, hormis les dépôts alluvionnaires des lits mineur et majeur du Calavon (Fz) ainsi que les placages d'éboulis (E) issus du Luberon et de ses contreforts, les terrains constituant leur sous-sol immédiat sont représentés par 2 niveaux de l'Oligocène (Stampien / Chattien datés de 28 à 23 millions d'années) soit :

- le niveau g3a, correspondant aux marnes rouges sableuses de Viens, affleure largement dans la plaine du Marlençon et supporte la quasi totalité des parcelles. Ces marnes, parfois également vert clair, sont entrecoupées de niveaux lenticulaires de grès grossiers ou conglomératiques. Leur épaisseur réelle est de l'ordre de 100 à 150 m ce qui implique, qu'en fonction du pendage des couches, leur puissance apparente pourra être nettement plus importante;
- le niveau g2c, appelé « formation des calcaires de Vachères », correspond à un complexe de calcaires en petits bancs renfermant des silex jaunes ou noirs pouvant contenir quelques minces lits de lignite (cf. forage de Berdine à Saint Martin de Castillon) ainsi que des niveaux de marnes blanchâtres. Son épaisseur réelle peut avoisiner les 100 m et en fonction du pendage, l'épaisseur traversée en sondage pourra être plus importante,

Sous une apparente simplicité structurale illustrée par la carte géologique au 1/50.000^{ième} de Reillanne, l'examen détaillé du secteur fait apparaître une réelle complexité tectonique marquée par de nombreuses failles visibles à l'affleurement et/ ou déduites de l'analyse des photographies aériennes et des images satellitaires dont le MNT (fig. 7).

Ainsi, à une échelle très locale, le vallon de Sarriès, à l'Ouest de la zone étudiée, à la limite des 2 départements, est calé sur une faille qui se matérialise par des pendages et des directions de couches calcaires g2c complètement différents par rapport à la structure synclinale générale et il en est de même plus à l'Est au niveau du ravin de la Tour d'Embarde.

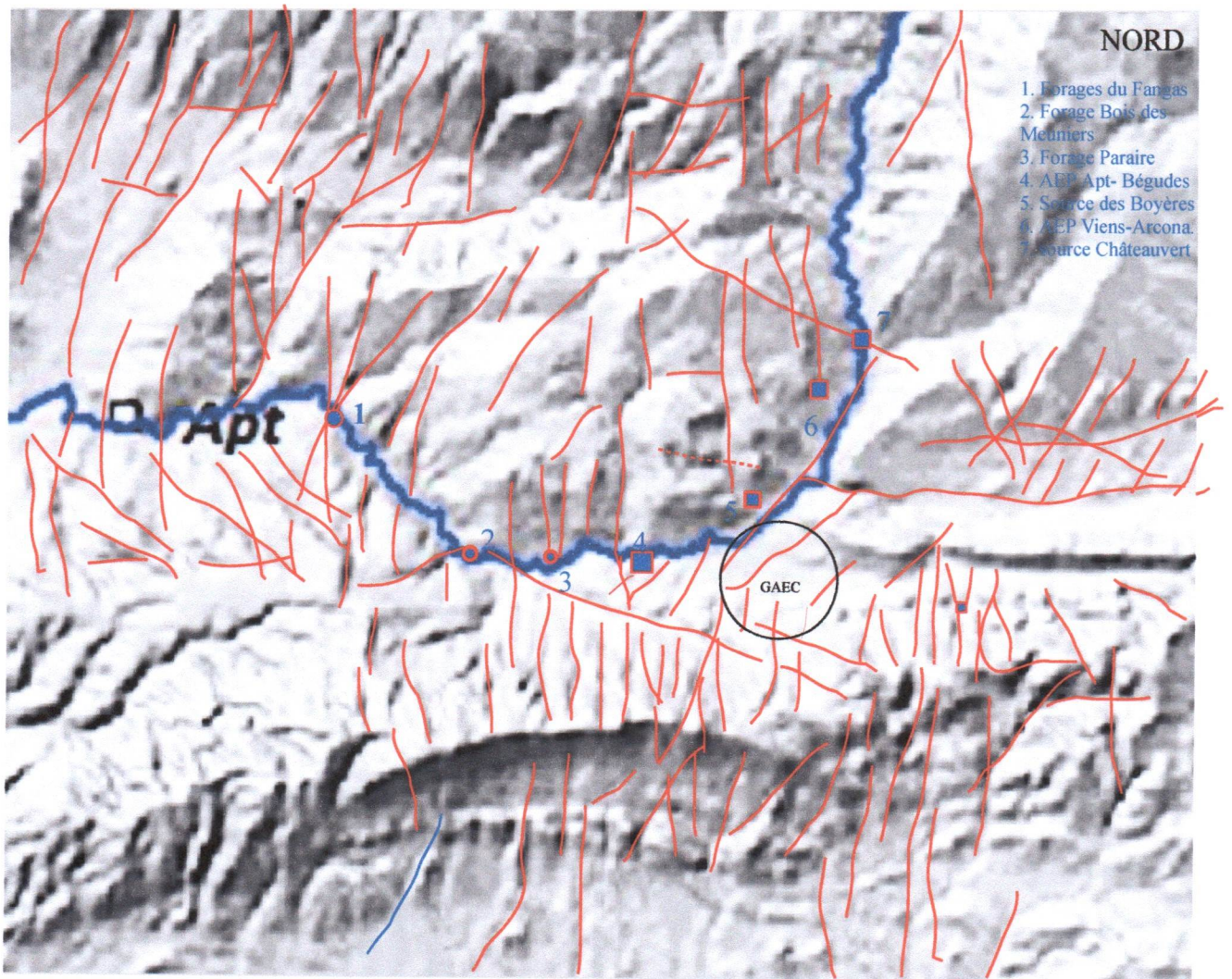


Fig. 7. Reconstitution du relief de la région étudiée à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT, source BRGM). Mise en évidence des réseaux de failles et fractures.

A une autre échelle, la structure synclinale dissymétrique de Céreste est faillée dans son axe et cette unité structurale bien individualisée ne se retrouve pas à l'identique en rive droite du Calavon ce qui implique que la vallée du Calavon entre Céreste et Viens est calée en profondeur, au niveau du substratum profond calcaire Crétacé inférieur, sur une faille régionale dont les rejeux tardifs ont permis une évolution différente des compartiments de rives droite et gauche.

Plus en aval, au niveau de Saint Martin de Castillon, une faille masquée de même âge et même origine est responsable du creusement du vallon de la Buye. Cette faille Nord-Sud est à l'origine de la disparition quasi-complète des marnes rouges de Viens à son Ouest comme l'atteste la réalisation de 2 forages situés de part et d'autre de ce vallon (dont celui de Berdine). L'analyse structurale à partir des photographies aériennes, des images satellitaires et du MNT (fig.7) montre que cette faille décroche la ligne de crêtes du Grand-Luberon, tout comme d'ailleurs celle du vallon de Sarriès qui nous intéressera plus particulièrement.

Enfin, autre exemple, le vallon de Chaix (Saint Martin de Castillon) qui descend de la crête du Luberon, est lui aussi calé sur une faille qui se prolonge en rive gauche de la rivière par le vallon du Jas (faille du Moulin de Chaix).

4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Il dépend évidemment étroitement des 2 précédents (géologie et structure).

La structure régionale synclinale correspond en surface à un aquifère multi-couche très épais d'âge tertiaire (Eocène, Oligocène, Miocène, Pliocène s'étalant de - 66 MA à - 3 MA) pouvant atteindre une puissance de 1000 à 1500 m dans lequel, chaque couche de terrain (fig. 6 et 7) :

- calcaire, gréseuse, sableuse ou molassique constitue un niveau aquifère potentiel de type fissuré discontinu et/ou poreux continu en ce qui concerne les sables et la molasse;
- marneuse, argileuse forme un niveau imperméable qui va arrêter ou translater vers la profondeur, suivant le pendage des couches et la présence de failles, les eaux d'infiltration puis souterraines.

Cet ensemble aquifère repose en profondeur (on dit alors qu'il est perché) sur un substratum calcaire fissuré, karstifié, de type aquifère discontinu, daté du Crétacé inférieur (Barrémien à faciès urgonien et Hauterivien dans le secteur étudié), qui forme à l'affleurement :

- au Nord, les monts de Vaucluse, le plateau de Saint Christol et la ligne de crêtes Mont Ventoux-montagnes d'Albion et de Lure,
- au sud, le massif du Luberon, de Robion à Manosque et à Volx.

Entre ces reliefs opposés, de mêmes lithologie et âge, qui se font face de part et d'autre du Calavon et du Largue, la continuité structurale et hydrogéologique est assurée par les calcaires crétacés dont la forme synclinale (en cuvette) a été vérifiée par l'exécution du forage de FANGAS 1, profond de 603 m, réalisé en 1999 (JP SILVESTRE / ANTEA).

Ce forage, profond de 603 m, que j'ai proposé à la ville d'APT en 1997, a atteint ces mêmes calcaires crétacés sous une couverture de terrains oligocènes et éocènes épaisse de 403 m, dans laquelle alternaient calcaires lacustres, marnes et argiles (fig. 4).

Les calcaires crétacés reconnus sur une épaisseur réduite de 202 m se sont avérés fortement karstifiés en raison de l'existence d'un chenal karstique ouvert sur fracture nette à 410 m et d'une grotte fossile non remblayée située entre 569 et 572 m de profondeur (prolongement vers l'Est du paléo-karst du Coulon qui affleure à la sortie Ouest d'Apt) soit des profondeurs comprises entre 160 et 322 m sous le niveau de la mer (côte au sol du forage F1 = + 250 m NGF).

La grotte traversée en sondage a montré un très fort potentiel aquifère, exploitable a minima en pompage à hauteur de 200-250 m³/h, avec un rabattement de niveau stabilisé à 6-7 m au bout de quelques secondes seulement (ce débit était fonction des diamètres de foration et d'équipement en tubages INOX ainsi que des caractéristiques de la pompe immergée 8 pouces mise en place lors des pompages d'essais de l'été 2000).

L'arrivée d'eau mise à jour dans la grotte est captive avec une pression de gisement comprise entre 42 et 55 bars (niveaux d'eau à l'équilibre dans le forage fluctuant entre 150 et 90 m sous le sol). De fait, la grotte se comporte comme une réserve (eau à 16-15°C) qui se vidange au fur et à mesure du pompage et se ré-alimente simultanément grâce à une rivière souterraine toute proche (eau à 13°C au lieu de 30 à 35 °C attendus par application du gradient géothermique, soit environ 3°/100 m).

La très forte pression de gisement implique que la couverture éocène-oligocène est étanche et que le

Calavon est globalement, dans cette partie de la vallée, une rivière perchée au dessus d'un aquifère profond.

La nature discontinue de ce réservoir aquifère calcaire, indiquée précédemment, peut être illustrée :

- par le second forage du Fangas réalisé par la CCPAL en 2007-2008 jusqu'à une profondeur de 611 m. Cet ouvrage a rencontré des arrivées d'eau diffuses moins productives entre 240 et 420 m, de minéralisation et température différentes de celle captée sur F1 entre 569 et 573 m mais équivalentes à celles de la première venue d'eau identifiée à 410 m sur fracture sur F1;
- par le forage du Rocher des Abeilles, réalisé au bord du Calavon pour la ville d'APT après la sécheresse de 1967 (côte au sol + 270 m NGF). Directement implanté dans les calcaires urgoniens karstifiés à l'affleurement, il a été arrêté à 187 m de profondeur (+ 83 m) en raison de calcaires peu fissurés et non aquifères.

De même, suite à une nouvelle sécheresse au début des années 1980, un forage profond de 180 m, implanté aux Gaudins (commune de Saint Martin de Castillon), a atteint les calcaires urgoniens vers 80 m de profondeur sans rencontrer la moindre venue d'eau, que ce soit dans l'horizon aquifère supérieur g2b ou les calcaires de Campagne-Calavon g2a sous-jacents qui reposent directement en profondeur sur les calcaires karstifiés (a priori, absence du niveau imperméable g1e).

Ces forages ont ainsi montré que :

- en période de sécheresse, les terrains g2b et g2a peuvent être secs en fonction de leur position structurale et topographique (zone non saturée ou dénoyée, présence ou pas d'un niveau imperméable ou pas à leur base),
- les calcaires karstifiés peuvent être improductifs du fait d'une profondeur insuffisante (zone noyée non atteinte), de l'absence de fissures, de fractures ou de failles ouvertes.

Dans notre cas, seuls vont nous intéresser les niveaux aquifères de type fissuré et discontinu notés g2c, g2a (calcaires de Vachères et de Campagne-Calavon) dans lesquels s'intercalent les niveaux marno-argileux-sableux notés g3a (marnes rouges de Viens), g2b (niveau de Caseneuve) et g1e (niveau de Pradengue) formant pour chacun de ces aquifères soit un toit (g3a, g2b) soit un substratum imperméable (g2b, g1^e) en raison des différences de perméabilité.

De récents forages sur la commune de Saint Martin de Castillon ont montré que la formation des calcaires de Campagne-Calavon comportait un niveau de marnes grises intercalé jusqu'ici non signalé, pouvant atteindre, en fonction du pendage des couches, une épaisseur d'environ 60 m soit un niveau imperméable supplémentaire qui compartimente cette formation aquifère en son milieu.

Le niveau de Pradengue mérite une attention toute particulière car en son absence, les calcaires de Campagne-Calavon g2a seront directement drainés en profondeur par l'aquifère karstique, probablement vers le forage F1 du Fangas. Or, la carte géologique des figures 4 et 5 nous indique que ce niveau est absent à l'affleurement entre l'Est du Rocher des Abeilles et la verticale de Céreste, ce qui n'empêche pas qu'il soit présent en sondage dans un ouvrage implanté plus bas dans la plaine du Marlençon (absence due à un non dépôt ou à une érosion synsédimentaire ? cf. fig. 6).

On notera que les quelques sources du Nord-Luberon dans ce secteur se trouvent au contact des calcaires g2c et du niveau sablo-argileux de Caseneuve (g2b) qui sert de substratum à cet aquifère fissuré. Ces sources fonctionnent en débordement mais aussi en déversement lors des épisodes

pluvieux de recharge annuelle (localisation en figure 5). Ce sont des sources de faibles débits autrefois suffisantes pour alimenter en eau quelques rares fermes présentes en altitude sur cette partie du versant Nord du Luberon .

Sur les conseils d'un sourcier local, de très nombreux forages de recherches d'eau ont été exécutés sans grand succès dans la plaine du Marlençon où affleurent les marnes rouges de Viens, souvent à des profondeurs importantes (de l'ordre de 200 à 330 m), faute d'avoir une connaissance précise du sous-sol et en particulier de l'épaisseur de ce niveau marneux (position des principaux forages en figure 5 : les forages secs sont indiqués par un cercle rouge).

Néanmoins, la présence de niveaux lenticulaires sablo-grésos-conglomératiques au sein de ces marnes, matérialisés par de petits ressauts topographiques, peut donner naissance à quelques très rares sources de débordement. L'exemple type correspond à la source alimentant le Marlençon, sous le versant des Couestes, qui est située dans le prolongement du niveau conglomératique sur lequel est bâtie la ferme de la Bastidonne (fig 5).

5. IMPLANTATION DE(S) FORAGE(S) ET CHOIX D'UN AQUIFÈRE A CAPTER

Compte-tenu de ce qui précède, 2 sites de forages, situés aux 2 extrémités Sud du foncier maîtrisé par la GAEC La Joliette s'imposent pour des raisons :

- géologiques, structurales et hydrogéologiques,
- mais aussi pratiques (maîtrise du foncier, accès, réseau EDF proche, disposition % aux parcelles cultivées, irrigation en gravitaire possible),
- d'exécution d'ouvrage (épaisseur de marnes rouges à traverser réduites) et donc de coût.

Sur ces sites, l'objectif aquifère à atteindre est constitué prioritairement par le seul niveau g2c dénommé « calcaires de Vachères » pour limiter le coût de l'ouvrage lié à sa profondeur. L'approfondissement d'un tel ouvrage permettrait cependant d'atteindre, sous le niveau de Caseneuve, l'objectif aquifère calcaire du niveau supérieur de Campagne-Calavon g2a et de vérifier, au delà, la présence ou non à sa base du niveau imperméable g1e.

Le premier site se trouve au niveau du ruisseau et de la faille de Sarriès, à son entrée dans la plaine du Marlençon (fig. 8) soit sur la commune de Saint Martin de Castillon.

Le forage débutera dans les éboulis de surface et les altérites liées à la présence des marnes rouges sous-jacentes. Leur épaisseur sera de quelques mètres.

Sous ces terrains très superficiels, le forage rencontrera les marnes rouges de Viens plus ou moins indurées en fonction de leur état de saturation en eau. Leur épaisseur est difficile à appréhender sans études complémentaires coûteuses (sondages électriques ou petite sismique) mais sera réduite par rapport à un ouvrage effectué plus au Nord et situé plus bas topographiquement (quelques dizaines de mètre probablement, prévoyons 50 m).

Sous les marnes rouges qui constitueront un toit imperméable protecteur, l'aquifère calcaire fissuré g2c sera traversé de préférence sur toute sa hauteur de manière à atteindre le substratum imperméable formé par les marnes sableuses du niveau de Caseneuve g2b. L'épaisseur à traverser est d'environ 100 m.



Fig. 8 . Premier site du ruisseau de Sarriès : propositions d'implantation.

Dès l'entrée dans les calcaires, les premières arrivées d'eau significatives devraient se manifester.

En fonction des débits découverts et contrôlés à la foration, il sera possible d'arrêter le forage avant d'atteindre le substratum imperméable et permettre ainsi une économie de coût (forage plus court).

Sur ce site, 2 implantations sont proposées. La première ne nécessite aucun aménagement (parcelle n°AP 37 appartenant à la GAEC, côte au sol de + 349 m NGF, zone dégagée en bordure du chemin d'accès au Défends, pilonne EDF proche). La seconde impose un petit débroussaillage et l'aménagement d'un accès minimal pour la sondeuse (parcelle n° AP 37, côte au sol + 347 m).

Le second site se trouve en bordure du ruisseau de la Tour d'Embarde, également en entrée de la plaine du Marlençon (fig. 9) mais sur un terrain en location appartenant la Congrégation de l'Adoration,



Fig. 9. Second site du ruisseau de la Tour d'Embarde : propositions d'implantation.

Deux implantations sont proposées à la pointe Sud de la parcelle n° E 127, côte au sol voisine de + 360 m NGF, mais une troisième implantation peut être éventuellement proposée par défaut au coin SW de la parcelle voisine n° E 128 (propriété GAEC) avec une côte au sol de + 355 m (fig. 9).

Les avantages et inconvénients de ce second site, l'objectif aquifère à atteindre, ainsi que les conditions d'exécution sont similaires au site précédent pour les mêmes raisons que précédemment, hormis le fait que le niveau de marnes rouges devrait être plus épais.

6. QUALITE DES EAUX PROBABLE ET VULNERABILITE

Quelque soit le site choisi, les eaux souterraines identifiées à la foration (reconnaissance des terrains et position des arrivées d'eau sur fractures ou failles) auront un faciès bicarbonaté calcique avéré probablement sulfaté et, comme souvent en Provence, elles seront dures et incrustantes.

Leur température devrait être proche de la température moyenne de l'air soit 11 à 14°C, avec un pH (potentiel Hydrogène) voisin de 7 et une conductivité proche de 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ce dernier paramètre physique représente environ 98% de la minéralisation totale d'une eau).

Les teneurs en sulfates seront dues à la présence éventuelle de gypse (CaSO_4) dans différents

niveaux comme les marnes de Viens (g3a), les calcaires de Vachères (g2c) ou le niveau g1e de la Mort d'Imbert.

Les eaux identifiées en sondage devraient avoir la même composition chimique que celle de la source des Bégudes ou celle des eaux du forage du Fangas 1 (AEP de la CC Pays d'Apt-Luberon) puisque ces eaux souterraines traversent avant leur captage en profondeur la totalité des terrains tertiaires et notamment ceux de l'Oligocène riche en gypse (fig. 10).

La minéralisation de l'eau du forage F2 du Fangas est moins importante que sur F1 car l'eau traverse des terrains tertiaires moins épais en raison du biseautage des couches géologiques en direction du Luberon (biseautage résultant des érosions successives lors des émergences-retraits de la mer au Tertiaire) et/ou carrément de l'absence de dépôts lors de ces périodes d'émergence.

D'un point de vue bactériologique, les eaux devraient être d'excellente qualité car :

- issues d'un aquifère captif (niveau g2c) protégé en surface par un niveau marno-sableux épais (g3a) qui sera isolé par tubage et cimentation lors de l'équipement du forage,
- éloignées de tout rejet d'assainissement autonome : pour F1, le plus proche se trouve à la ferme du Défends soit à environ 250 m ; pour F2, ils sont distants de 250 m (Sibourg), 300 m (Tour d'Embarde) et 400 m (la Bastide Neuve).

La dégradation du gypse en bout du processus chimique entrainera la formation d'eaux sulfureuses mais par réduction bactérienne, les sulfates pourront également donner des eaux sulfureuses (odeur d'œuf pourri plus ou moins prononcée) semblables à celles des sources sulfureuses de la Bastide du Bois à Céreste autrefois fréquentées et utilisées pour leur bienfait thérapeutique.

Enfin, la couleur rouge des marnes de Viens est due à la présence d'oxydes de fer qui sont à l'origine des eaux ferrugineuses mises à jour dans certains forages.

D'où l'intérêt d'éliminer en forage par tubage et cimentation l'intégralité de ces marnes afin d'éviter une pollution chimique par le haut qui rendrait ces eaux impropres à la consommation humaine voire à l'irrigation en cas de salinité trop élevée.

Compte-tenu de la profondeur de captage, les eaux exploitées devraient être exemptes, ou en deçà des seuils actuels de détection, de :

- métaux lourds hormis, probablement, à des teneurs extrêmement faibles, le fer, baryum, bore, voire le manganèse,
- micropolluants organiques,
- composés organo-halogènes volatils sous-produits de désinfection,
- composés organo-halogènes volatils,
- pesticides organo-chlorés,
- pesticides organo-phosphorés,
- pesticides triazines,
- plastifiants,
- hydrocarbures totaux et polycycliques,
- radio-activité naturelle.

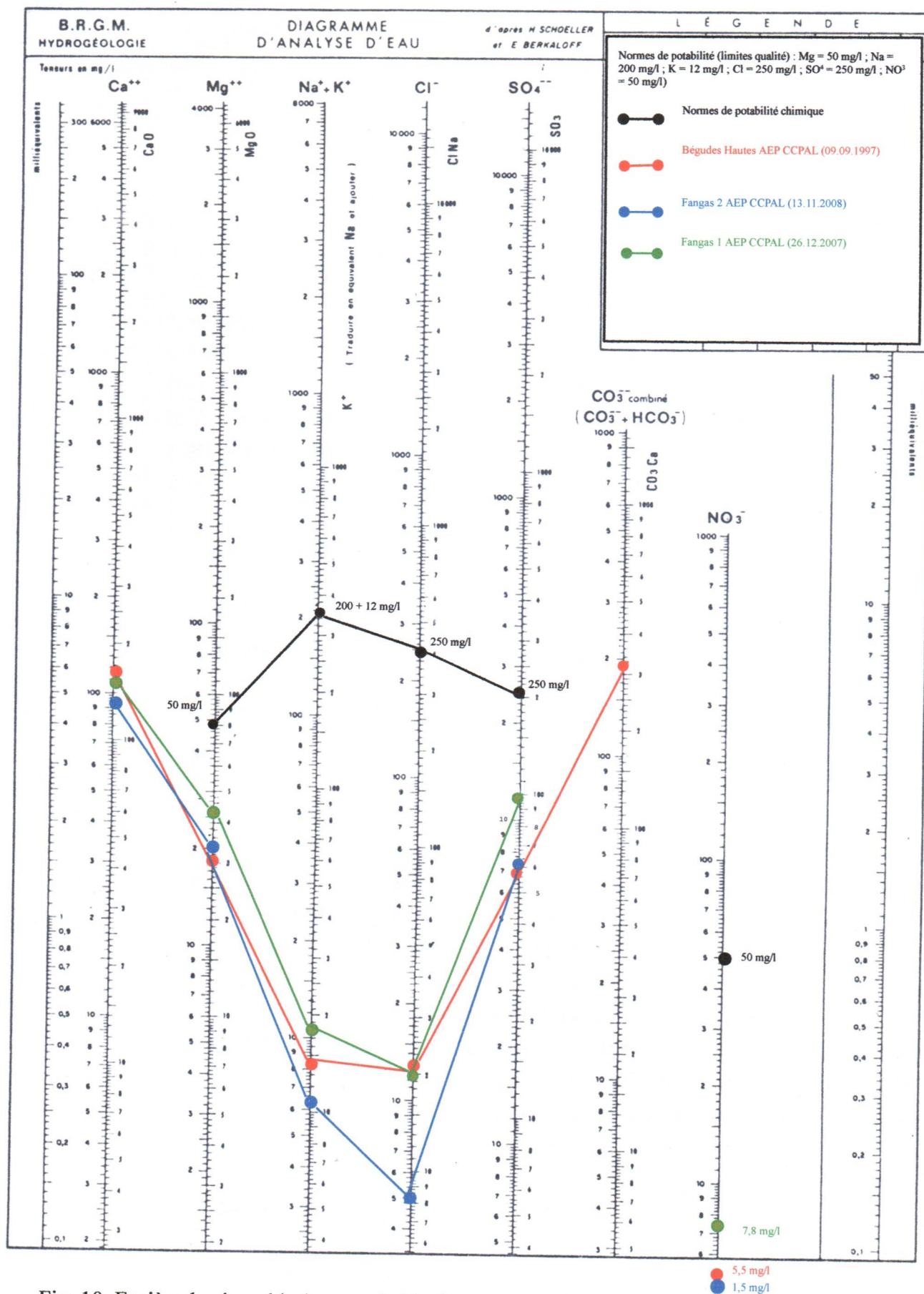


Fig. 10. Faciès physico-chimique probable des eaux à capter dans le(s) forage(s) SIMONDI.

7. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES FORAGES F1 ET F2 ENVISAGÉS

Le ou les forages devront être réalisés en 2 tranches de travaux : une phase de reconnaissance des terrains constituant une tranche ferme et une phase conditionnelle d'équipement par simple transformation du sondage de reconnaissance en ouvrage d'exploitation définitif en cas de succès à la foration (mise en évidence d'arrivées d'eau).

L'objectif du forage définitif étant la production, a minima, d'un débit d'exploitation de l'ordre de quelques m³/h à plusieurs dizaines de m³/h dans le meilleur des cas (20 à 40 m³/h?). Les diamètres de foration et d'équipement seront donc choisis pour permettre la mise en place d'une pompe immergée de 6 pouces.

7.1. Tranche ferme

La technique de forage utilisée sera la foration à l'air au Marteau Fond de Trou (MFT), technique de forage rapide et peu onéreuse comparée aux techniques traditionnelles classiques (forage carotté, rotary à la boue, fonçage)

Il est inutile de procéder au préalable à un sondage de reconnaissance en petit diamètre qui ne ferait que renchérir le coût de l'opération et ne permettrait pas d'apprécier à sa juste mesure la productivité de l'ouvrage envisagé (débit testé trop faible).

La profondeur de l'ouvrage sera comprise entre 100 et 150 m pour tenir compte des épaisseurs réelles et apparentes des terrains à traverser (terrains superficiels, marnes rouges g3a, calcaires g2c et éventuellement horizon marno-sableux g2b en fond d'ouvrage ou niveau supérieur calcaire de la formation g2a après approfondissement sur 50 à 100 m supplémentaires).

En surface, un avant-trou profond a minima de 6 m (respect de la réglementation forage) sera exécuté au diamètre minimum de 310 mm. Cette hauteur sera adaptée en fonction de l'épaisseur réelle des terrains superficiels de manière à pénétrer sur 3 à 6 m les marnes rouges g3a sous-jacentes (soit une longueur de tiges suivant la sondeuse utilisée).

La foration étant arrêtée, on procédera à la mise en place d'un tubage de travail en acier Ø 210-219 mm qui sera ensuite cimentée (coulis de ciment de densité a minima 1,8) de préférence sur toute sa hauteur, ou a minima sur 2 à 3 m à sa base, pour empêcher :

- toutes infiltrations d'eaux superficielles (top tubage à + 0,50 m % au sol),
- l'éboulement des parois et l'invasion du fond du forage par les sables argileux du niveau g3a.

Dans l'absolu, la foration reprendra jusqu'à la base du niveau calcaire g2c en Ø 200 mm et pénétrera de quelques mètres, soit environ 2 à 3 tiges, dans le substratum imperméable g2b pour constituer un tube à sédiments.

Le foreur prendra soin de récupérer à chaque mètre foré au moins 70% des débris de roches ou cuttings remontant vers la surface, de noter la position des éventuelles arrivées d'eau ainsi que leur couleur (la turbidité renseigne sur l'état de colmatage des fractures aquifères et la couleur des terrains traversés) puis de contrôler le débit air-lift à chaque fin de tige pour faciliter la définition de(s) la zone(s) à crépiner.

En fin de foration, le niveau d'eau au repos (niveau statique) sera contrôlé et noté.

Les échantillons de terrain seront disposés par rangées de 10 m sur une bâche de propreté et, le cas échéant, recouverts en cas de pluies pour permettre l'établissement d'une coupe géologique aussi précise que possible nécessaire à la définition d'un schéma d'équipement.

7.2. Tranche conditionnelle

Elle sera mise en œuvre si le débit contrôlé en fin de foration est jugé suffisant par le maître d'ouvrage. Dans le cas contraire, le forage sera rebouché avec ses propres cuttings puis bloqué en surface par un bouchon de ciment d'environ 1 m.

L'aquifère à capter étant calcaire et de type fissuré, les venues d'eau identifiées et contrôlées à la foration devraient être ponctuelles plutôt que diffuses. Leur nombre et leur position détermineront la mise en œuvre du schéma d'équipement : le(s) zone(s) crépinée(s) seront positionnée(s) face aux arrivées d'eau et pourront être placées soit en alternance avec des tubes pleins soit former une seule colonne captante en cas de venues diffuses.

Compte-tenu de la nature calcaire du terrain à capter, la pose de massif de gravier filtrant derrière les crépines ne sera pas nécessaire sauf si des zones fracturées « boulangères », instables, sont traversées (d'où l'importance des observations faites à l'avancement de la foration notamment le contrôle d'éventuelles retombées).

La colonne d'équipement se terminera par un tube à sédiments muni d'un bouchon de pied. Ce dispositif sera chargé au cours de la vie du forage de récupérer les fines (sédimentation en fond de forage équivalente à celle d'un bassin de stockage classique à l'air libre).

En fin d'équipement, le niveau d'eau sera de nouveau contrôlé puis un soufflage air-lift (minimum 2 heures de développement-nettoyage) sera engagé jusqu'à obtention d'eau claire et d'une « tâche de sable » en fond de seau de 12 litres inférieure ou égale à 1 cm de diamètre.

En absence de pompage à la pompe immergée complémentaire pour des limitations de coût (tests de débit par paliers et simulation d'exploitation d'au moins 24 h), le pompage air-lift initial pourra tenir lieu de réception des travaux. Le forage sera alors fermé provisoirement par une bride acier soudée sur le tubage de tête Ø 310 mm puis munie d'une plaque acier boulonnée.

L'aménagement en surface de la tête d'ouvrage et sa protection seront le fait du maître d'ouvrage (voir les consignes de protection données dans la réglementation forages) ainsi que l'achat et la mise en place de la pompe immergée.

Lors de la mise en place de la pompe immergée, on veillera à ne pas positionner sa crépine face à une crépine de l'ouvrage ni à la placer en fond de trou dans le tube à sédiments sous peine d'aspirer des fines préjudiciables à la longévité de la pompe ainsi qu'à ses performances (nombreuses pompes « grillées » ou hélices usées en cas de non respect de ces consignes).

Des consignes définitives d'exploitation seront données en fin de chantier soit, a minima, en absence de pompes d'essai : niveau d'eau au repos, débit d'exploitation possible, position et caractéristiques de la pompe immergée, temps de pompage, mise en place d'une sonde de niveau bas, installation d'un compteur d'eau et d'un robinet de prélèvement supportant les flambages en sortie d'exhaure, etc...).

8. REGLEMENTATION FORAGES

La réalisation de forage est soumise à (au) :

- déclaration au titre du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT),
- déclaration ou autorisation au titre du Code de l'Environnement en fonction de l'usage et de des débits prélevés,
- Code Minier avec inscription à la Banque des données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM,
- Code de la Santé Publique, en cas d'utilisation dans un réseau de distribution d'eau potable collectif privé type chambres d'hôtes, gîtes, campings, locations meublées ou non, locataires permanents ou saisonniers type ouvriers agricoles.

Concernant les travaux de forage(s) envisagé(s), prévus pour un seul usage agricole (irrigation), ils seront redevables :

- d'une déclaration préalable de travaux en mairies de Saint Martin de Castillon ou de Céreste au titre du CGCT (imprimé Cerfa n° 13837*01), équivalente à celle effectuée pour un ravalement de façade ou une réfection de toiture,
- d'une déclaration commune au titre des Codes de l'Environnement et minier.

9. CONCLUSION – RECOMMANDATION

En vue de trouver une alternative de substitution aux prélèvements d'eau de surface dans le Calavon à partir du canal de la Viguière, la GAEC de la Joliette (famille SIMONDI) envisage de réaliser 1 ou 2 forages d'eau à but agricole (irrigation) dans la plaine du Marlençon sous la pression des autorités administratives qui cherchent à renforcer les débits d'étiage de cette rivière dans ce secteur du bassin-versant de la rivière (communes de Céreste et Saint Martin de Castillon).

Après avoir examiné la situation géologique, structurale et hydrogéologique de cette partie de la vallée du Calavon, il apparaît que le seul réservoir aquifère susceptible de fournir les débits adéquats, **pour un coût raisonnable**, est représenté par les barres calcaires fissurés de la formation des calcaires de Vachères (g2c) qui affleurent sur la bordure Sud de la plaine et se développent sous celle-ci dans les 3 autres directions de l'espace souterrain.

Cet aquifère sub-profond s'intercale entre les marnes rouges de Viens à son toit (g3a) et le niveau argilo-sableux de Caseneuve à son mur (g2b). Cette disposition structurale implique un aquifère captif « en pression » voire éventuellement très faiblement artésien ce qui est un atout majeur au niveau de la protection de la ressource.

2 secteurs d'implantation de forage(s) ont été définis aux 2 extrémités Ouest et Est de la plaine avec le même objectif aquifère soit des ouvrages d'une profondeur de 100 à 150 m (la profondeur exacte sera adaptée aux résultats de la foration et l'ensemble des travaux sera réglé au pro-rata des quantités réellement exécutées).

Le premier secteur se situe sur la commune de Saint Martin de Castillon, en entrée du vallon de Sarriès dans la plaine du Marlençon. Ce vallon se positionne au droit d'une faille SSW / NNE qui affecte la série oligocène mais aussi le substratum calcaire hauterivien (Crétacé inférieur). 2 sites de forage ont été localisés et proposés au choix du maître d'ouvrage.

Le second secteur se trouve à l'opposé Est du foncier maîtrisé soit en entrée du ruisseau de la Tour d'Embarde dans la plaine. Sur ce secteur, 3 implantations sont proposées.

Pour éviter d'éventuels impacts à moyen et long termes sur les ouvrages existants les plus proches déclarés en BSS (sources et forages), il est recommandé d'exécuter 2 sondages, 1 sur chacun des sites identifiés, afin de limiter les prélèvements par secteur.

De la même manière, dans la mesure du possible, il est conseillé d'approfondir les forages au delà de la formation g2c pour ne capter que la partie supérieure des calcaires g2a a priori non atteinte par les forages les plus proches (Sibourg et les Guys).