

Document de synthèse

Etude de connaissance et de mobilisation d'un aquifère
karstique pour l'alimentation en eau potable
Système karstique drainé par la Gervanne

ACTION 1 : Analyse des données bibliographiques et modèle
conceptuel



Rapport n°134494/version A– 26/02/2025

Fiche signalétique

Etude de connaissance et de mobilisation d'un aquifère karstique pour l'alimentation en eau potable Système karstique drainé par la Gervanne

CLIENT	SITE
SMEDG, Syndicat des Eaux Drome Gervanne	Communes du Léoncel, du Chaffal, de Combovin, d'Ombrière, de Plan-de-Baix, de Beaufort-sur-Gervanne, de Montclar-sur-Gervanne, d'Eygluy, de Gigors-et-Lozeron, de Cobonne, de Suze et de Mirabel-et-Blacons
Mairie de Mirabel et Blacons, Place des Papeteries Latunes, 26400 Mirabel et Blacons	

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Emilie BROUILLOUX
Interlocuteur commercial	Emilie BROUILLOUX
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation de Lyon
Rapport n°	134494
Version n°	version A
Projet n°	RHAP240386

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Johan JUVES Amandine LABORDE Emilie BROUILLOUX Hubert CAMUS	Ingénieurs CENOTE et ANTEA GROUP	Février 2025	
Approbation	Emilie BROUILLOUX	Responsable d'équipe Eaux Antea Group	Février 2025	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	21/02/2025	28	1	Document initial

Sommaire

1. Le projet.....	5
2. Géologie et hydrogéologie des systèmes karstiques de la Gervanne et de la Sye.....	7
2.1. Stratigraphie et organisations des réservoirs karstiques.....	7
2.1.1. Contexte géologique régional.....	7
2.1.2. Organisation litho-stratigraphique des formations réservoirs.....	7
2.1.3. Organisation structurale des réservoirs.....	9
2.1.4. Compartimentation des réservoirs.....	10
2.2. Structuration karstique des réservoirs.....	13
2.3. Des unités hydrogéologiques en interaction.....	16
2.3.1. L'unité du Vellan.....	16
2.3.2. Unité de Bourne-Fontaigneux.....	16
2.3.3. Unités de la Sye.....	22
2.3.4. Les unités perchées du Turonien : Suze et Gigors.....	22
2.3.5. Des prolongations des unités réservoirs vers le sud ?.....	23
3. Programme d'investigations hydrologiques et hydrogéologiques (Action 2).....	24
3.1. Campagnes de jaugeages différentiels des cours d'eau pour la caractérisation des échanges eaux de surface / eaux souterraines.....	24
3.2. Mise en place de station de suivi en continu des débits, de la température et de la conductivité des cours d'eau.....	24
3.3. Campagne de mesures hydrogéochimiques.....	25
3.4. Propositions d'ajustements.....	26
3.4.1. Réalisation de piézomètres et suivis piézométriques.....	26
3.4.2. Investigation sur le forage de particulier existant (secteur Rieu-Sec).....	26
3.4.3. Campagnes de traçage(s).....	26

Table des figures

Figure 1 : Unités hydrogéologiques sur le territoire Gervanne-Sye. Les débits correspondent à ceux mesurés lors de la campagne de janvier 2025 (13 au 15/01/2025) en condition de moyenne eaux.	8
Figure 2 : Organisation litho-stratigraphique des formations réservoirs de la série Crétacé de la Gervanne, modifiée d'après Crochet et al. (1992)	9
Figure 3 : Coupes géologiques 1 à 4 à travers la zone d'étude des systèmes karstiques de la Gervanne et de la Sye.	12
Figure 4 : schéma conceptuel de l'évolution des niveaux de base et de la karstification dans la vallée de la Gervanne.	14
Figure 5 : Axe de drainage mis en évidence par les mesures in-situ dans le réseau de la Bourne, le Sarrier et les Fontaigneux. Voir légende Figure 1.	18
Figure 6 : Chronique CTD (conductivité, Température, Pression) acquises par le SMEDG sur les Fontaigneux et 3 stations dans le réseau de Bourne.	20
Figure 7 : Schéma conceptuel des écoulements et compartimentation de l'unité de Bourne-Fontaigneux.	21

Table des annexes

Annexe 1 : Liste bibliographique	30
--	----

1. Le projet

À Beaufort-sur-Gervanne, le complexe de la source des Fontaigneux et l'exurgence temporaire de Bourne constituent l'exutoire principal d'un vaste système karstique s'étendant sur la terminaison sud-ouest du Vercors. Cette ressource stratégique au débit soutenu ($Q_{\text{moy}} = 900 \text{ l/s}$ et $Q_{\text{min}} = 160 \text{ l/s}$) est actuellement exploitée par siphonage pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP), et sa sécurisation, de façon permanente pour le SMPAS Syndicat Intercommunal des Eaux et de façon temporaire pour les communes de Beaufort-sur-Gervanne et de Crest. Cette ressource en eau pourrait présenter un potentiel d'exploitation supplémentaire si les conditions de non-diminution des débits de la Gervanne et de la Sye en période d'étiage étaient réunies. Ce potentiel d'exploitation supplémentaire permettrait notamment une substitution de certains prélèvements dans les alluvions de la Drôme aval, prélèvements très impactant pour la ressource superficielle et la continuité écologique Drôme-Rhône.

Néanmoins, plusieurs imprécisions ou approximations perdurent sur la connaissance de cette ressource à la suite des études précédentes (Crochet et al., 1993; Crochet, 1998), notamment sur les modalités d'alimentation, de circulation et de restitution des eaux sur la Gervanne et la Sye. Les investigations complémentaires menées par ANTEA et le BRGM pour essayer de définir un schéma de mobilisation de ces réserves supposées n'avaient pas fait consensus sur le territoire et avaient été abandonnées en 2006.

Pour évaluer ce potentiel et dans la perspective d'assurer un approvisionnement en eau potable durable, le Syndicat Mixte des eaux de Drôme Gervanne (SMEDG), la Communauté de Commune du Val de Drôme (CCVD) et la Communauté de Commune du Crestois et du Pays de Saillans (CCCPS), ont lancé une étude de connaissance sur le karst de la Gervanne (2024-2027), suite aux préconisations d'actualisation des connaissances sur les ressources en eau sur le territoire du SCoT de la Vallée de la Drôme Aval (SCoT VDA) (BRLi and Hydrofis, 2022) ainsi que suite à l'étude des ressources stratégiques du parc du Vercors (IdéesEaux et al., 2017)

L'enjeu de cette étude porte ainsi sur la connaissance et l'évaluation de la ressource dans les séries carbonatées réservoirs du Barrémien-Aptien inférieur alimentant les exutoires des Fontaigneux et de Bourne dans la vallée de la Gervanne, en considérant les différents flux d'eau (Gervanne amont, vallée de la Sye, échanges karst-rivière-nappe), afin d'établir un bilan des modalités d'utilisation des eaux du karst et de leur potentiel à l'horizon 2050/2070, avec une analyse des impacts sur le/les cours d'eau ; et selon les résultats, des propositions d'adaptation du schéma de mobilisation des eaux souterraines.

Pour cela, l'étude est divisée en trois phases :

- Phase 1 de septembre 2024 à février 2025, visant à établir un bilan des connaissances, notamment sur les usages de l'eau sur le territoire, l'hydrogéologie du secteur, ainsi qu'à réanalyser la géologie et la karstologie afin de mieux appréhender l'organisation des réservoirs carbonatés et leur fonctionnement, et définir un programme d'actions et d'investigations visant à caractériser de la manière la plus fine possible le fonctionnement du/des aquifères et les ressources potentiellement exploitables ;
- Phase 2 de mars 2025 à février 2027, ayant pour but d'acquérir des mesures hydrogéologiques de terrain (mesures de débit, piézométrie, chroniques de conductivité-température-pressure, géochimie, isotopie, traçage, test de soutirage, etc.). Ces investigations permettront de mieux comprendre le fonctionnement du/des aquifère(s) et d'évaluer leur capacité vis à vis d'une sollicitation.

- Phase 3 de mars 2027 à août 2027 correspondant à une synthèse des données acquises pour permettre d'obtenir une connaissance la plus fine possible des flux d'eau en jeu, des interactions entre les réservoirs géologiques et des réserves dynamiques vs. statiques de manière à proposer un schéma de mobilisation et scénarios de gestion de la ressource, si possible, différents de l'actuel, en anticipant les impacts du changement climatique et avec comme contrainte essentielle le respect des règles en place pour le bon état écologique de la Gervanne et de la Sye.

La présente note de synthèse expose les principales avancées de la phase 1 en vue d'établir un programme d'action pour la phase 2. Cette étude repose sur (1) l'analyse de la géologie afin de mieux contraindre la géométrie en 3D notamment en profondeur des unités aquifères, (2) la caractérisation du fonctionnement hydrodynamique, et (3) la caractérisation de l'évolution karstique qui permet aujourd'hui à l'eau de converger vers un exutoire principal.

2. Géologie et hydrogéologie des systèmes karstiques de la Gervanne et de la Sye

2.1. Stratigraphie et organisations des réservoirs karstiques

2.1.1. Contexte géologique régional

Les systèmes karstiques de la Gervanne et de la Sye se développent dans les formations crétacées (Barrémien-Aptien) déformées par deux phases de tectonique régionale. Ce secteur enregistre à la fois les déformations liées à la formation des Alpes et, dans une moindre mesure, celles de la formation de la chaîne Pyrénéo-Provençale (Balansa et al., 2022). Il en résulte la formation de plis d'orientation Est-Ouest liés aux derniers effets de la déformation Pyrénéo-Provençale qui se mettent en place entre la fin du Crétacé Supérieur et l'Éocène (~85-38Ma), et la formation des grandes structures tectoniques d'orientation Nord/Sud (Synclinaux du Vellau, de Suze) liées à la formation des Alpes, et du Vercors à la fin du Miocène vers 8 Ma (Bilau et al., 2023; Kalifi, 2020).

Du fait de sa situation à l'interface entre deux zones de déformation, et surtout de son éloignement du cœur des systèmes de déformation, la zone de la Gervanne/Sye est, à ce jour, très peu étudiée d'un point de vue structural.

2.1.2. Organisation litho-stratigraphique des formations réservoirs

Les formations sédimentaires du bassin de la Gervanne sont composées d'une série de roches carbonatées marines d'âge Crétacé (~135-90 Ma) (BRGM, 1974; Flandrin, 1968). Les dépôts sédimentaires les plus anciens observés dans la zone d'étude correspondent à une imposante série marno-calcaire du Valanginien – Hauterivien, qui constitue un niveau imperméable à la base du réservoir karstique de la Gervanne.

Les formations du Barrémien-Bédoulien (Aptien inférieur) constituent l'essentiel du réservoir karstique de la Gervanne et de la Sye. Elles présentent toutefois de fortes variations latérales de faciès et d'épaisseur. Le contexte paléogéographique existant lors du dépôt des séries sédimentaires est responsable de ces variations : au Crétacé, le secteur est à la transition entre un domaine marin de plateforme carbonatée peu profond et un bassin plus profond situé au Sud-Est, le bassin Vocontien (Ferry, 2017; Ferry et al., 2005). Dans la série du Barrémo-Bédoulien, cette transition latérale se traduit du Nord-Ouest vers le Sud-Est en distinguant (Figure 1 et Figure 2) :

- Une unité urgonienne, formée de calcaires massifs ou stratifiés de faciès urgonien, caractéristique d'un environnement de plateforme carbonatée. Cette unité affleure dans le secteur Nord-Ouest du bassin d'alimentation de la Gervanne et constitue le principal réservoir karstique.
- Des calcaires détritiques et bioclastiques, faciès caractéristiques de talus, en transition vers le bassin vocontien. À l'affleurement dans le secteur de Plan-de-Baix / Lozeron, ces formations sont karstifiables.
- Une alternance de marnes et de calcaires à dominance de plus en plus marneuse vers le Sud-Est (secteur Vaugelas, Les Berthais, Blacons), qui marque le passage vers le bassin vocontien, plus profond. En termes de réservoir, ces formations sont peu karstifiables.

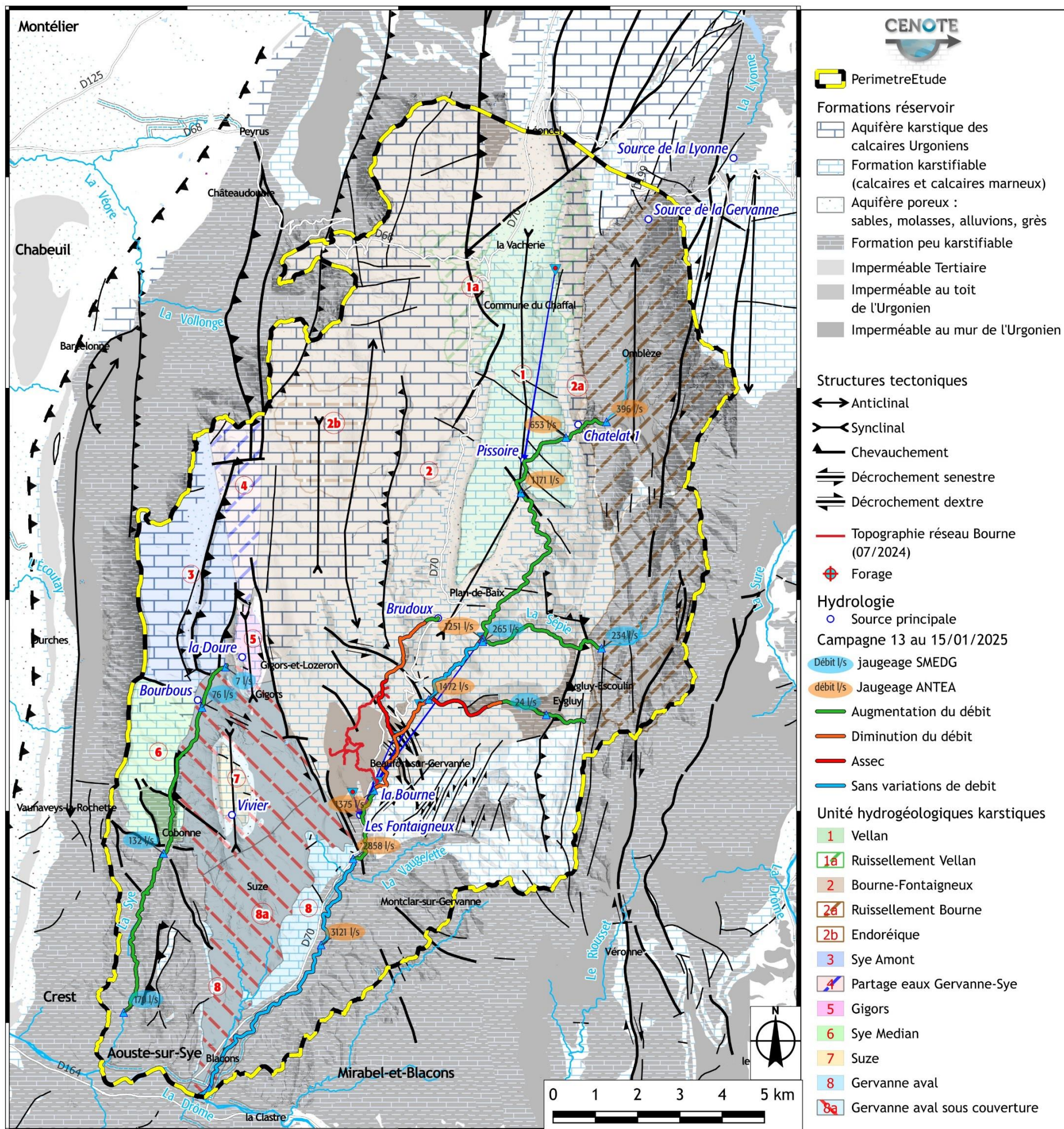


Figure 1 : Unités hydrogéologiques sur le territoire Gervanne-Sye. Les débits correspondent à ceux mesurés lors de la campagne de janvier 2025 (13 au 15/01/2025) en condition de moyenne eaux.

Outre une transition de faciès de plus en plus marneuse de la série Barrémo-Bédoulienne vers le Sud-Est, l'épaisseur varie également avec plus de 500m d'épaisseur vers Plan-de-Baix et seulement 150m vers Vaugelas. L'impact de méga-glissements des séries sédimentaires le long du talus vers les zones profondes du bassin vocontien est l'interprétation proposée pour expliquer ces variations (Ferry, 2017; Ferry et al., 2005)

Le réservoir karstique Barrémo-Bédoulien est surmonté d'un niveau imperméable composé des marnes bleues de l'Aptien-Albien le séparant des calcaires Cénomaniens-Turonien qui forment les reliefs des synclinaux perchés de Suze, de Gigors et du Vellan. Ce niveau marneux Aptien-Albien s'amincie pour disparaître vers le nord de la zone d'étude.

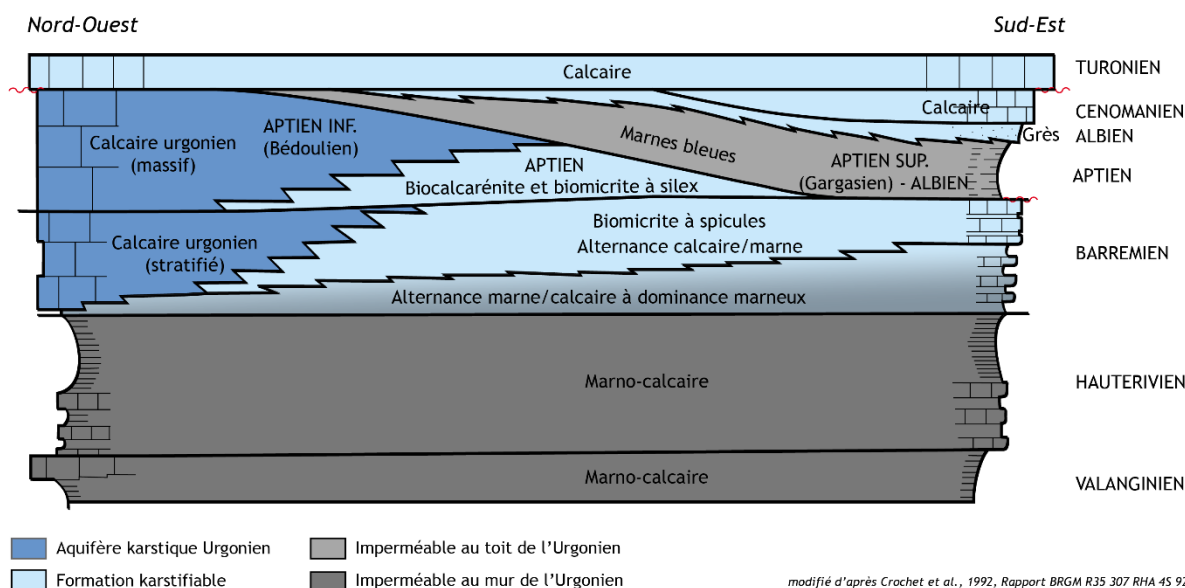


Figure 2 : Organisation litho-stratigraphique des formations réservoirs de la série Crétacé de la Gervanne, modifiée d'après Crochet et al. (1992)

2.1.3. Organisation structurale des réservoirs

Quatre coupes géologiques ont été construites afin de caractériser la structuration tectonique et l'organisation des réservoirs en profondeur (Figure 3). Ces coupes Est-Ouest (1 à 3) et Nord-Sud (4) ont été réalisées à partir de données relevées sur le terrain, d'analyse d'images satellites, de données Lidar HD et au regard des connaissances actuelles du cadre tectonique régional. Le peu de données structurales (BRGM, 1974; Crochet et al., 1993, 1992; Flandrin, 1968) et l'absence de forage profond rend difficile le calage précis des séries en profondeur. Les données d'épaisseur à l'affleurement renseignées par les notices des cartes géologiques permettent d'apporter une estimation quantifiée de l'épaisseur mais dans un secteur où des fortes variations latérales d'épaisseurs sont connues, il est important de garder un regard mesuré sur le calage en profondeur de ces séries sédimentaires. Des investigations supplémentaires seraient nécessaires afin de mieux contraindre les géométries tectoniques et/ou les épaisseurs des séries sur certains secteurs notamment où la zone est peu contrainte.

D'une manière générale, l'extrémité sud-ouest du massif du Vercors présente un grand nombre de structures tectoniques d'axe Nord-Sud issues d'un cadre tectonique régional, où la compression alpine prédomine par propagation de la déformation d'Est en Ouest (Bilau et al., 2023; Kalifi, 2020) :

- un ensemble de chevauchements d'axe Nord-Sud à vergence Ouest, jusqu'au front de chevauchement alpin actif, masqué à l'ouest sous les sédiments du Bassin de Valence ;
- des plis anticlinaux et synclinaux d'axe Nord-Sud : anticlinal d'Omlèze et de la Raye ; synclinaux du Vellan, Gigors et Suze.

Le secteur est également marqué par la présence de plusieurs failles décrochantes avec des mouvements de déplacement relatifs de part et d'autre principalement horizontaux. Sur certaines de ces failles décrochantes, un rejet vertical en extension (transtension) ou en compression (transpression), peut se surimposer :

- Le système de failles de Saillans borde l'Est de la zone d'étude. D'importance régionale, il accommode la déformation alpine en décrochement dextre (Billant, 2016) ;
- Les failles majeures d'orientation Nord-Ouest/Sud-Est en décrochement senestre entaillent le centre de la zone d'étude (Faille de Boussonelle). Le rôle de l'héritage structural (présence de failles préexistantes issues d'une phase tectonique plus ancienne) peut expliquer l'orientation et le rejeu en décrochement de ces structures obliques par rapport à l'axe de déformation alpin ;
- Des failles mineures d'orientation Nord-Est/Sud-Ouest en décrochement dextre accommodent la déformation (secteur de Vaugelas).

De façon plus atténuée, l'influence de la déformation Pyrénéo-Provençale s'observe par le léger bombement anticlinal qui fait remonter les séries Barrémo-Bédouliennes sous la Drôme (coupe 4) (Crochet et al., 1992). La phase de déformation Pyrénéo-Provençale s'observe de manière plus marquée dans le paysage, plus au sud de la zone d'étude, par le synclinal de Saou.

2.1.4. Compartimentation des réservoirs

Les coupes géologiques et les observations de terrain mettent en évidence une compartimentation des réservoirs avec (Figure 3) :

- **L'absence d'une zone saturée importante dans les séries du Turonien** sous le niveau d'émergence de la Pissoire ;
- **L'existence de zone réservoir sous le niveau d'émergence du système Bourne-Fontaigneux**, avec notamment les séries Barrémo-Bédouliennes dans l'axe du synclinal du Vellan, qui se développeraient sur une puissance d'environ 300 à 400 m sous le niveau d'émergence. Ceci indique l'extension du réservoir géologique en profondeur et, **potentiellement l'existence d'une zone saturée conséquente pouvant créer une réserve en eau**. Cependant les épaisseurs des séries sont peu contraintes dans cette zone, et cette épaisseur pourrait être plus ou moins importante ;
- Une **compartimentation de l'unité drainée par le système Bourne-Fontaigneux au niveau de l'anticlinal de la montagne de Lozeron** qui fait remonter l'imperméable de l'Hauterivien, créant ainsi une crête hydrogéologique en profondeur. Cet aspect pourrait expliquer les différentes alimentations en eau décelées dans le réseau de Bourne (cf.infra). De part et

d'autre de cet anticlinal, les écoulements en zone non saturée seraient préférentiellement dirigés soit vers l'Ouest, soit vers l'Est avant de rejoindre les exutoires ;

- Une **connexion possible des compartiments Bourne-Fontaigneux et Sye dans le secteur du synclinal de Gigors** et où la limite de partage des eaux en surface et en profondeur reste à déterminer (Figure 1 et Figure 3).
- Un **contrôle potentiellement fort des failles dans la compartimentation des réservoirs pouvant jouer un rôle de faille barrière du fait de leurs importantes recristallisations** (calcite drusique). C'est notamment le cas suspecté de la faille de Boussonelle, ou bien de la faille recoupant le Rieu-Sec et engendrant un niveau piézométrique sensiblement différent de part et d'autre de cette faille (piézométrie forage Verrier vs. Bourne-Fontaigneux), mais aussi des failles contrôlant la position des sources du Châtelat en amont des gorges d'Ombrière, ou encore de la faille passant par les Bourbous (Sye) et décalant l'axe des synclinaux de Suze et de Gigors.



Photographie 1 : Exemple de recristallisation de calcite dans le secteur de la Faille de Boussonelle

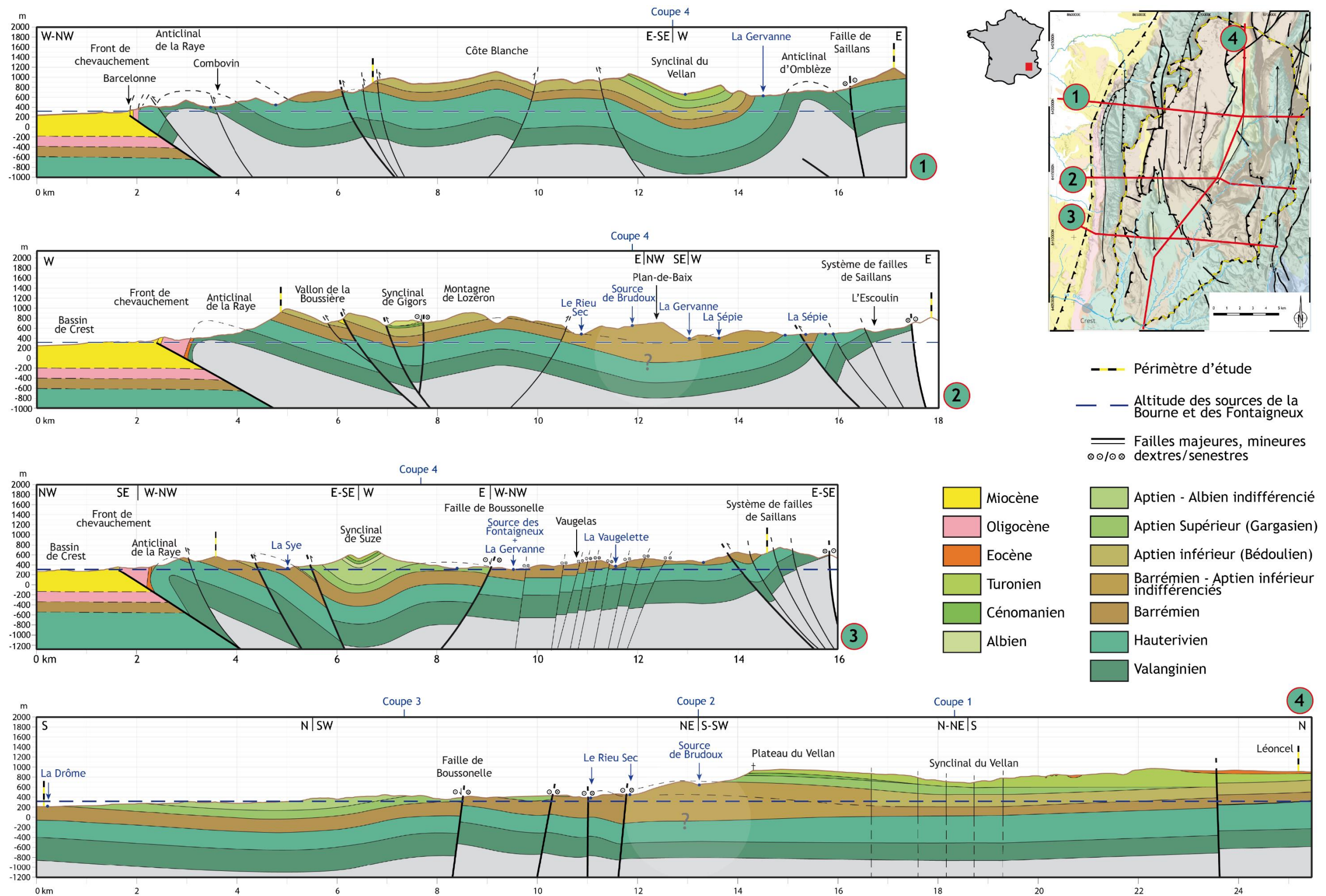


Figure 3 : Coupes géologiques 1 à 4 à travers la zone d'étude des systèmes karstiques de la Gervanne et de la Sye.

2.2. Structuration karstique des réservoirs

Le diagnostic karstologique du bassin d'alimentation de la Gervanne et de la Sye a permis d'identifier plusieurs phases de karstification correspondant :

- À une puissante cryptoaltération sous une couverture sableuse qui a pu débiter à la charnière Crétacé-Tertiaire. Bien conservée sur les hauts plateaux, cette couverture altérétique repose en discordance sur les termes du Crétacé supérieur et sur les termes du Barrémo-Bédoulien à faciès Urgonien. Les indicateurs les plus anciens de cette altération de subsurface de subsurface peuvent être pris dans les structures tectoniques pyrénéo-provençales et alpines.
- Une karstification par altération profonde très développée dans les réservoirs du Turonien sous forme de couloirs de fantômisement (altération in situ transformant la roche saine en une altérite meuble), ainsi que dans le Barrémo-Bédoulien, sous forme de couloirs de fantômisement dans le réservoir exploité par le creusement du réseau de Bourne et sous forme de couloirs et de masses de brèches d'altération profonde plus ou moins cimentées qui affectent le réservoir Barrémo-Bédoulien. Les indicateurs les plus anciens de ces altérations profondes de subsurface peuvent être pris dans les structures tectoniques pyrénéo-provençales et alpines.
- Une karstification par remontées de fluides de type hypogène qui provoque la minéralisation des zones de faille et de certaines masses de brèches karstiques. Les indicateurs de cette phase hypogène soulignent la fracturation tectonique, mais aussi des masses de brèches ou des altérations profondes organisées en couloirs.
- Une karstification plus classique de type gravifique qui exploite les discontinuités karstiques précitées, notamment par la vidange des zones d'altération comme les couloirs reconnus dans le réseau de Bourne grâce aux plongées ou, dans une moindre mesure, comme les secteurs de cryptokarsts.

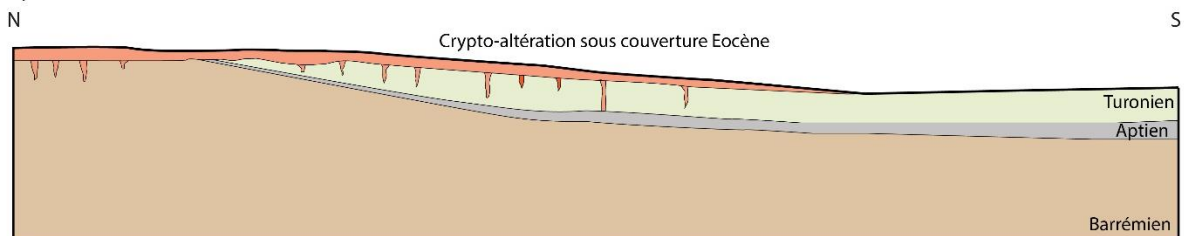
Ces phases de karstification s'expriment de façon différentielle en fonction de la variation du niveau de base au cours de l'évolution géomorphologique du massif :

- Sur les hauts plateaux la cryptoaltération est à l'origine du développement de vastes cryptokarsts ruiniformes propices à une infiltration diffuse et au soutirage de la couverture sableuse comme à la surface des synclinaux de Gigors, de Suze et de Vellan en ce qui concerne les calcaires du Turonien. Latéralement, ces cryptokarsts se prolongent au Nord du Savel dans le secteur du Col de Sagnol, ainsi qu'au Nord du Vellan au-delà du secteur de la Vacherie où se développe un petit karst à buttes au Nord du col des Limouches et jusqu'à la bordure NO du plateau. L'ensemble est tronqué par la surface sommitale
- Cette cryptoaltération se poursuit partout où la couverture sableuse altérée est conservée, ailleurs elle laisse la place à l'emboîtement de dépressions fermées de type poljés et méga-dolines qui s'impriment de cinquante à cent mètres dans la surface sommitale du haut plateau. Ces dépressions sont potentiellement drainées de façon assez concentrée vers le karst souterrain.
- En contrebas, une vaste zone dépressionnaire est en position centrale dans le secteur du plateau de Beaufort-sur-Gervanne. Plusieurs surfaces karstiques dites « pédimentaires » ou de « piémont » s'emboîtent dans cette dépression et indique une variation majeure du niveau de base par rapport à la surface sommitale, suivie d'une phase de stabilité prolongée de ce niveau

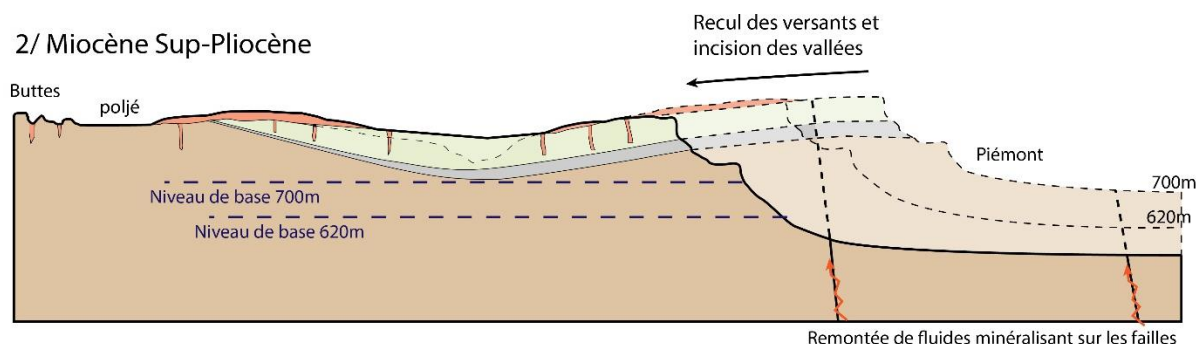
de base, probablement soutenue par une aggradation sédimentaire dans la partie aval, c'est-à-dire à la sortie de la vallée de la Drôme dans le bassin de Valence.

- Enfin, avec l'incision des vallées dans ces surfaces pédimentaires, se mettent en place de nouvelles zones de restitution des eaux qui correspondent au drainage du réseau de Bourne. Différents niveaux d'émergence se mettent successivement en place en fonction de l'établissement des terrasses fluviales qui sont plutôt des indicateurs d'oscillation du niveau de base et d'emboîtement. Cette dynamique permet d'expliquer la structure du réseau de Bourne qui possédait un axe de drainage initial provenant de l'Ouest (col des Lèches, Montagne de de Lozeron) avec un niveau de base intermédiaire correspondant à l'entrée de Bourne (noté FX1 sur la carte géologique). Puis une phase de recoupement souterrain en méandre alimenté par des pertes concentrées dans l'axe du Rieu Sec et dans le secteur de la confluence de la Gervanne et de la Fonteuse. Enfin, suite à la l'oscillation qui porte la nappe alluvionnaire FX2 en position de terrasse, une nouvelle zone de restitution des eaux s'établit au niveau de des Fontaigneux.

1/ Eocène à Miocène



2/ Miocène Sup-Pliocène



3/ Actuel

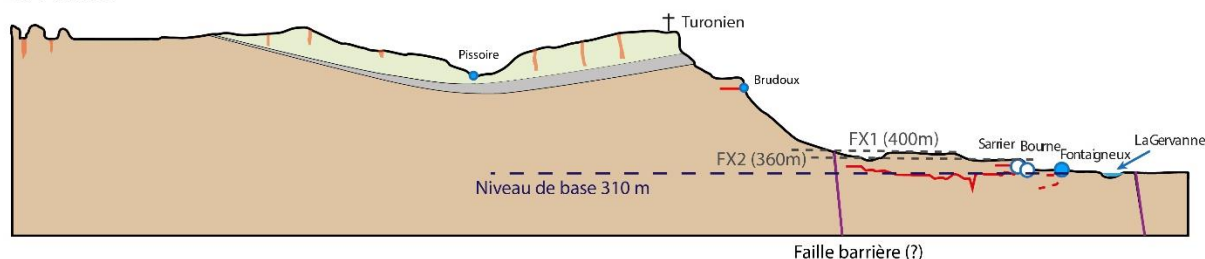


Figure 4 : schéma conceptuel de l'évolution des niveaux de base et de la karstification dans la vallée de la Gervanne.

Pour récapituler, on observe (Figure 4) :

- Une tranche de karstification dans la partie sommitale du bassin d'alimentation liée un vaste cryptokarst démantelé par la mise en place de poljés disposés en escalier et probablement drainés initialement directement vers le bassin de Valence à l'Ouest (paléolittoral miocène).

- Une tranche de karstification qui réoriente les infiltrations en direction d'une dépression centrale dont l'aval était représenté par la vallée de la Drôme et dont le niveau de base était soutenu par une ou plusieurs aggradations prolongées (Pliocène et Plio-Quaternaire ancien).
- Une tranche inférieure représentée par les différents stades de creusement du réseau de Bourne corrélée avec la mise en place des terrasses quaternaires.
- Un karstification profonde liée :
 - Aux altérations profondes assistée ou réactivées par les fluides hypogènes en amont drainage de la faille de Boussonelle pouvant représenter une réserve statique significative,
 - Une potentielle karstification par évacuation des altérations profondes par une boucle initiée par le recoupement du réservoir calcaire par le lit de la Drôme pouvant représenter une réserve statique en position captive sous les marnes de l'Albien du synclinal de Suze.

2.3. Des unités hydrogéologiques en interaction

Plusieurs unités hydrogéologiques karstiques en interaction occupent le territoire Gervanne-Sye (Figure 1). Ces unités sont définies sur la base des études antérieures (Couturier and Fourneaux, 1998; Crochet et al., 1993, 1992; Dörfliger and Ladouche, 2006; IdeesEaux et al., 2017; Lismonde et al., 2023), et sur les connaissances acquises au cours de cette première phase d'étude. L'objet n'est pas ici de détailler les limites de ces unités mais leur fonctionnement et leurs interactions.

2.3.1. L'unité du Vellan

En position « sommitale », l'unité du Vellan se développe dans les calcaires du Turonien. D'une superficie d'environ 14km², cette unité est drainée par la source de la Pissoire et la source du Bourboux (ou Pêcher) constituant l'exutoire de trop plein et se mettant en charge lors de périodes de hautes-eaux. Cette unité est alimentée à la fois par les précipitations tombant sur les terrains Turonien et à la fois par des petits bassins versants hérités à l'Est avec des ruissellements sur les marnes et grès de l'Albien et par les pertes du ruisseau de Comberoufle lorsque celui-ci rencontre les séries Turoniennes (Lismonde et al., 2023) (Lismonde, 2018). **Une zone saturée (sous le niveau d'émergence des sources) peut exister dans ce secteur, mais la ressource semble limitée compte tenu de l'extension du bassin d'alimentation et donc de sa recharge.**

Hydrogéologiquement, cette unité « sommitale », s'individualise de l'unité sous-jacente de Bourne-Fontaigneux par la présence des marnes bleues (niveau imperméable) des séries de l'Aptien Supérieur-Albien. Mais ces séries s'aminçissent vers le nord, et des communications pourraient exister dans le secteur de la Vacherie. Cette unité contribue également à l'alimentation de l'unité Bourne-Fontaigneux via l'écoulement des eaux depuis les différentes sources alimentées par le Turonien, l'écoulement dans la Gervanne, puis les pertes de celles-ci depuis la confluence avec la Sépie jusqu'au Pont Bossu, avec des zones de pertes variant en fonction du niveau dans l'aquifère.

2.3.2. Unité de Bourne-Fontaigneux

L'aquifère karstique de Bourne-Fontaigneux draine les terrains carbonatés du Barrémien-Bédoulien (Aptien Inférieur). Le système aquifère montre un fonctionnement karstique typique à deux composantes :

- une composante rapide qui génère des crues de forte intensité (>5 m³/s),
- une composante lente qui assure un débit d'étiage (de l'ordre de 200l/s) sur plusieurs mois avec de faibles précipitations.

La source des Fontaigneux (306.8 m NGF) constitue, avec les venues d'eau sous alluviales, l'exutoire pérenne du système. Son débit moyen est d'environ 900l/s et varie de 160 l/s en étiage sévère à 1300-1500 l/s en crue. Au-delà de ce débit, l'exutoire temporaire de Bourne (315 m NGF) situé environ 800 m en amont en rive droite de la Gervanne se met en charge, déborde jusqu'à atteindre un débit de l'ordre de 5 m³/s, au-delà duquel la grotte du Sarrier (327 m NGF) se met en charge et déborde à son tour.

Ce complexe de sources est ainsi en relation, et le fonctionnement de chaque exutoire dépend des conditions hydrodynamiques. Ces relations ont notamment été démontrées par des expériences de traçages effectués en 1985 et 1986 montrant des communications entre le déversoir de Bourne et la source des Fontaigneux, mais également entre les pertes de la Gervanne et la source des Fontaigneux. Cette zone d'exutoire draine un **bassin d'alimentation peu contraint, pouvant être estimé à 90 km²** à

partir de la géologie et de bilans hydrologiques (P_{eff} : 300 mm/ an à Beaufort, $Q_{\text{spé}}$: 9.5l/s/km² et Q_{moy} Fontaigneux = 850 l/s en retranchant les apports d'environ 50l/s de la Gervanne).

Dans la partie Est, le bassin versant de la Gervanne amont, de la Sépie et Fonteuse contribuent via des pertes à l'alimentation des Fontaigneux-Bourne. En hautes eaux, ces zones de pertes alimentent probablement la Gervanne du fait d'une mise en charge du réseau et d'un niveau piézométrique plus haut.

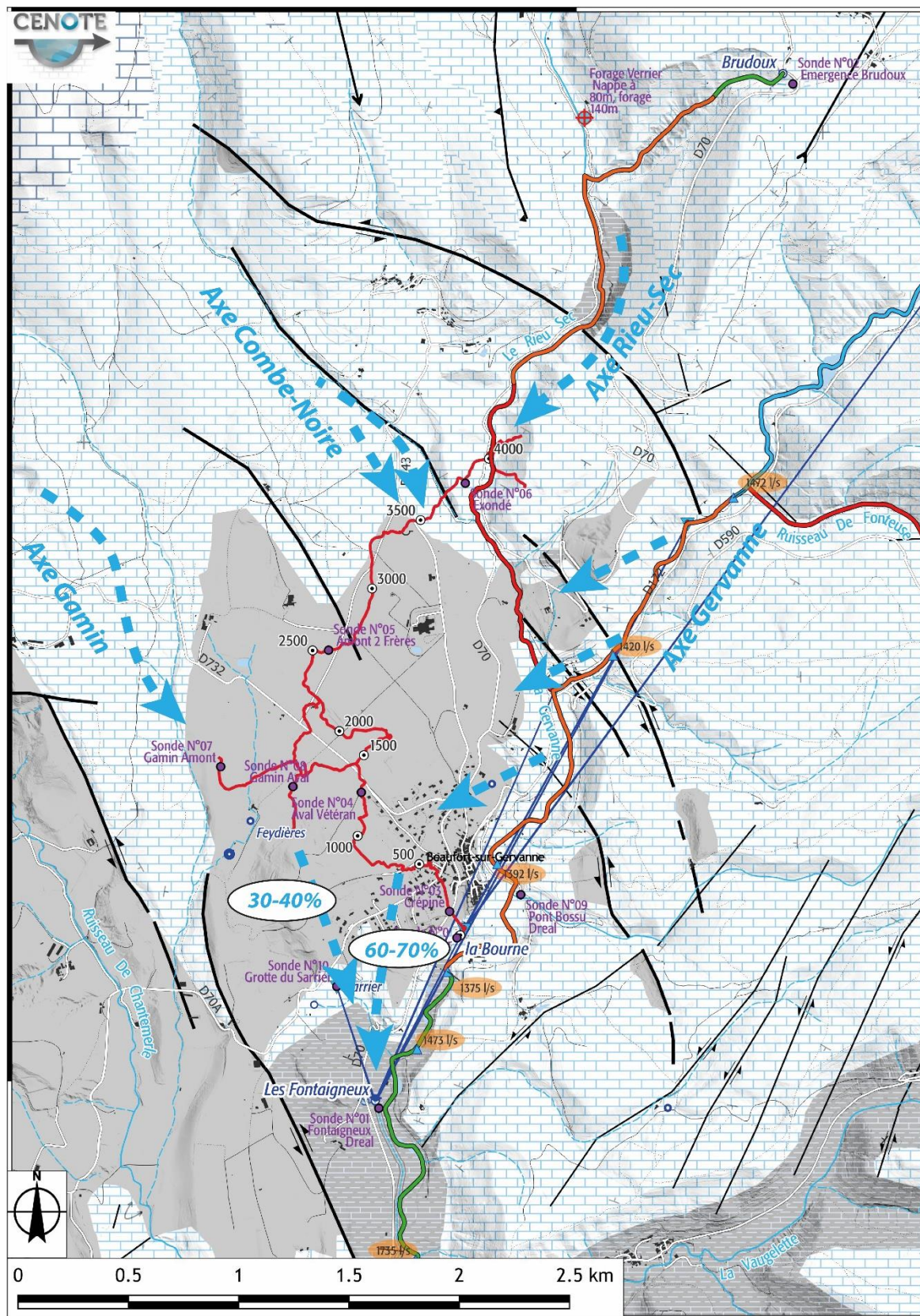


Figure 5 : Axe de drainage mis en évidence par les mesures in-situ dans le réseau de la Bourne, le Sarrier et les Fontaigneux. Voir légende Figure 1.

En 2024, l'association Les fils d'Ariane et le SMEDG ont mené plusieurs expérimentations dans le réseau noyé de Bourne exploré en plongée sur plus de 4km (jaugeages, mesure in-situ de paramètres CTD : conductivité température, pression), ont également instrumenté le réseau de 6 sondes CTD, ainsi que la source des Fontaigneux et la grotte du Sarrier (Labat et al., 2024; Labat and Meniscus, 2024). Ces données exceptionnelles par leurs conditions d'acquisition permettent une auscultation de l'hydrodynamique en vue de mieux comprendre l'alimentation et le fonctionnement de ce réservoir géologique, avec notamment une alimentation multiple du complexe Bourne-Fontaigneux selon (Figure 5 et Figure 7) :

- **Un axe NW-SE Boussonelle-Gigors alimentant le réseau des Gamins** connecté à la fois plus en profondeur et via la galerie principale du réseau de Bourne à la source des Fontaigneux. Suivant les conditions hydrologiques cet axe représenterait environ 30 à 40% du débit au Fontaigneux.
- **Un axe alimenté par la galerie principale de Bourne** (60 à 70 % du débit des Fontaigneux) où conflueraient plusieurs arrivées d'eau entre 3600 et 3800m de développement : des alimentations en rive droite sur axe Combe Noire (alentours de Lozeron) et une alimentation depuis les amonts explorés de la galerie principale sous le Rieu-Sec.
- Cette dernière alimentation apparaît directement **en lien avec la source de Brudoux sous Plan-de-Baix**, puisque les eaux se reperdent quelques centaines de mètres voire kilomètres en aval de la source. Il est à noter que la localisation et le fonctionnement de la source de Brudoux sont probablement hérités de haut niveau de base (anté-incision de la vallée) et favorisés par des discontinuités litho-stratigraphiques (niveau moins perméable permettant le maintien d'une nappe perchée).
- **Une alimentation par les pertes de la Gervanne** entre le Pont Bossu et la confluence avec la Sépie, mais également par les pertes des ruisseaux de rive gauche de la Gervanne (Fonteuse, Baches, Combe de la Bouse). Les mesures de débit réalisées dans la Gervanne suggèrent une alimentation de l'ordre de 50 à 100 l/s de l'unité Bourne-Fontaigneux par ces pertes en condition de moyennes – hautes eaux (Figure 1).

Les axes Boussonelle et Rieu-Sec pourraient notamment être liés à la structure de l'aquifère, où l'anticlinal de la montagne de Lozeron fait remonter la base du réservoir (Hautérivien) créant une ligne de partage des eaux en souterrain.

La zone d'exutoire des Fontaigneux-Bourne constitue ainsi une zone de confluence d'eau de différentes origines dont les proportions varient dans le temps en fonction des conditions hydrodynamiques. Les observations et les mesures des plongeurs en Niveau Haut (NH : sans débordement de Bourne) et en Niveau Très Haut (NTH : avec débordement de Bourne) suggèrent qu'en NH le réseau des Gamins participe en partie à l'alimentation de la galerie principale puis des Fontaigneux, alors qu'en NTH les circulations seraient indépendantes.

Les données CTD récemment acquises et récupérées dans le réseau de Bourne affinent ce schéma de fonctionnement (07/2024 à 01/2025, Figure 6) :

- En étiage, le système ne montre pas ou peu de réaction pour des pluies inférieures à 30 mm. Au niveau de la Crépine du captage de Bourne, la conductivité électrique (CE) et la température diffèrent des mesures effectuées en amont dans la vasque à la sortie du S1 (Vasque 3600). Ce sont les arrivées d'eau au droit de Combe Noire qui conditionnent les propriétés des mesures à la Crépine, signalant ici que l'alimentation majoritaire est probable par cet axe. Les mesures dans le réseau des Gamins aval suggèrent quant à elles une diminution de l'influence de ces

eaux au niveau de la Crépine du captage de Bourne et sur les Fontaigneux, et l'augmentation des températures au cours du temps (influence du gradient géothermique) questionne sur les flux dans cette partie du réseau (déconnexion des gamins amont ou de la galerie principale, débit en baisse ?).

- Lors d'une crue sans débordement le système se met en charge (0 à 5 m de mise en charge). Les variations de température et de CE en lien avec la pression signent une remobilisation d'eau plus minéralisée stockée dans le réservoir. Les eaux des Fontaigneux correspondent à un mélange des eaux des axes Gamins et Galerie Principale, avec des effets retard différents probablement en lien avec la répartition et l'intensité des pluies.
- Lors d'une crue avec débordement de Bourne (NTH) (> 5m de mise en charge) (cas de la crue des 24/12/2024), les signaux des gamins et des Fontaigneux sont fortement corrélés, signant probablement ici une plus grande influence des gamins dans le débit des Fontaigneux, alors que les signaux de la vasque 3600 et de la crépine sont fortement corrélés en intensité, mais probablement influencés par les arrivées d'eau dans la zone de Combe Noire.

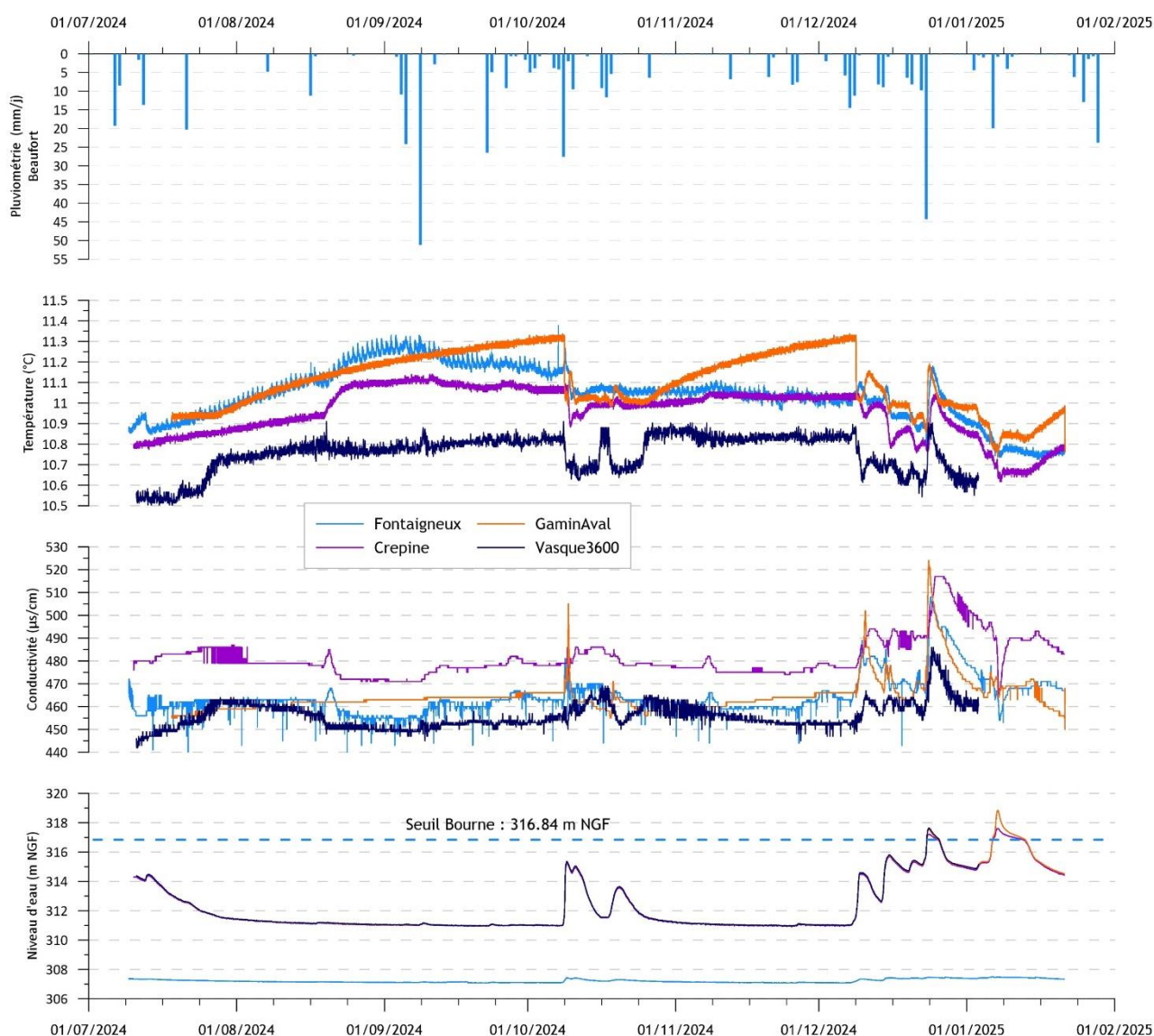
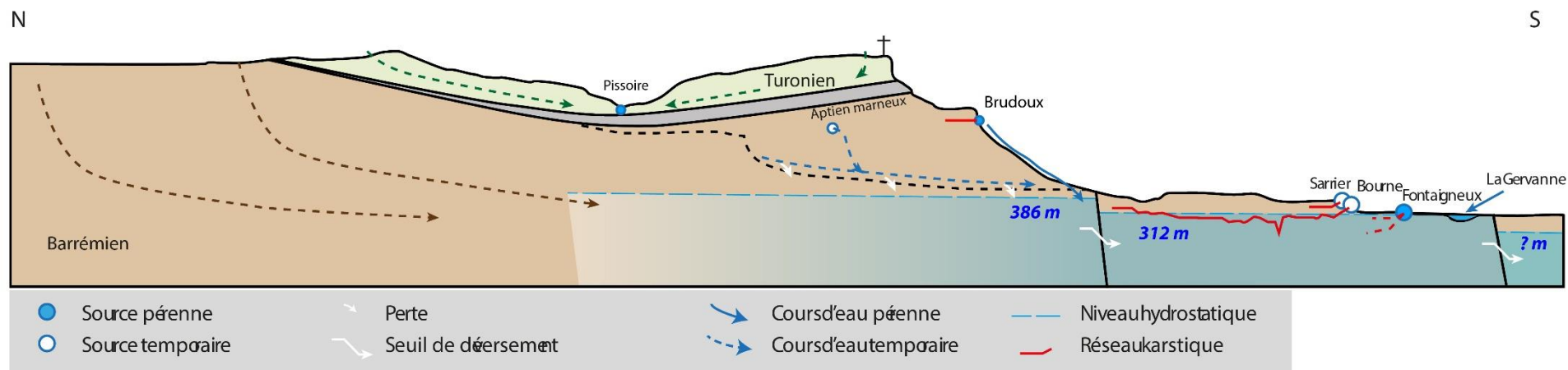


Figure 6 : Chronique CTD (conductivité, Température, Pression) acquises par le SMEDG sur les Fontaigneux et 3 stations dans le réseau de Bourne.

Le relevé futur des autres sondes du réseau permettra d'affiner la compréhension de l'hydrodynamique du réseau et la structuration de celui-ci. Néanmoins, les différents axes de drainage illustrent la compartimentation de l'aquifère en sous-systèmes. Cette compartimentation, en lien avec l'histoire géologique et géomorphologique de la vallée, est notamment suspectée en amont de la faille NW-SE recoupant le Rieu-Sec.

Un forage privé profond de 140 m aurait rencontré des venues d'eau en profondeur, et des relevés de piézométrie en période d'étiage montreraient un niveau piézométrique à environ 386 m NGF. Ce niveau serait d'environ 70 m plus haut que celui du compartiment Bourne-Fontaigneux, avec des mesures seulement distantes de 1.7km (Figure 7).



Un désamorçage du siphon de Bourne est-il possible ?

Le karst correspond à une structure organisée de réseau de drainage du fait de la dissolution des roches carbonatées (ou du moins soluble) par des eaux « agressives ». De manière simpliste, les conduits s'organisent d'amont en aval à la manière d'un chevelu hydrographique afin de drainer l'eau vers un point bas qui dépend des conditions géologiques/géomorphologiques définissant un niveau d'émergence à un instant donné (niveau de base). C'est ainsi tout un système de drainage souterrain (conduits karstiques, fracturation, porosité de la roche) qui est structuré pour drainer l'eau, et ce depuis plusieurs centaines de milliers d'années. Au fur et à mesure de l'incision des vallées, ce niveau de base s'enfoncé provoquant l'enfoncement des réseaux de drainage à l'intérieur des massifs, via des captures des chemins de drainage. Mais à la différence d'un réseau hydrographique de surface, un réseau karstique a un « toit » et est confiné. Cet aspect confiné fait que les réseaux se mettent en charge lors des crues (dépendant également du diamètre des conduits qui conditionnent le débit pouvant transiter) et se vidangent lors des périodes d'étiage. C'est ici le cas pour le réseau de Bourne-Sarrier, et du système de la Pissière dans les terrains du Turonien : à chaque épisode de crue les sources de trop-plein (ancien niveau) déversent via la communication et mise en charge de différents siphons, sans que ce phénomène ne s'arrête (à notre échelle de temps). C'est également le cas pour bon nombre d'autres sources de trop-plein dont l'exemple le plus marquant est celui du réseau de la Luire (dans le Vercors) avec plus de 400 m de mise en charge régulièrement. Il existe pourtant dans ces réseaux de conduits des points hauts et des points bas, pouvant créer des « bulles d'air ». Mais un massif carbonaté n'est pas étanche, en témoignent les écoulements souterrains ou la fracturation de la roche, et les « bulles d'air » ne peuvent ainsi pas s'accumuler, se comprimer et bloquer l'écoulement de l'eau.

Un désamorçage du siphon de Bourne impliquant une disparition de l'écoulement à long terme, s'avère simplement impossible dans la mesure où les réseaux sont organisés depuis des centaines de milliers d'années pour drainer les eaux tombant sur le massif, et naturellement ces eaux ne peuvent pas ressortir autre part, dans des centaines de milliers d'années voire des millions, peut-être...

2.3.3. Unités de la Sye

L'unité de la Sye amont est drainée via la source des Bourbous (410 m NGF) et les sources alimentant la Sye la bordure occidentale des plateaux du Vercors (Boussières, Bruchet) sur une superficie d'environ 10km². Actuellement peu de données hydrodynamiques permettent de caractériser cette unité mais celle-ci a été instrumentée au niveau du captage des Bourbous et plusieurs campagnes de mesure de débit sont prévues sur la Sye.

Les premières mesures de débit réalisées par le SMEDG suggèrent un débit croissant le long du cours d'eau, avec de probables alimentations par le compartiment médian de la Sye, puis par les petits affluents de rive gauche, en conditions de moyennes-hautes eaux.

2.3.4. Les unités perchées du Turonien : Suze et Gigors

Les deux unités de Suze et Gigors sont circonscrites aux affleurements du Turonien formant des systèmes perchés au-dessus des marnes de l'Aptien-Albien. Elles donnent naissance aux sources de la Doure et du Vivier au niveau des points bas des structures calcaires fonctionnant en karst unaire (uniquement alimenté par les pluies). Dans ces deux structures synclinales Turoniennes, il n'existe peu ou pas d'extension des ressources sous le niveau d'émergence des sources, mais le mode de karstification (crypto-altération) suggère un comportement « d'éponge » des terrains aboutissant à des fonctionnements tamponnés des sources.

2.3.5. Des prolongations des unités réservoirs vers le sud ?

Dans l'axe de la structure synclinale N-S Gigors-Blacons, les formations du Barrémien-Bédoulien se retrouvent en partie sous recouvrement des marnes Aptio-Albiennes jusqu'à la confluence avec la Drôme. Dans cette zone, les séries plus ou moins carbonatées pourraient constituer un réservoir.

L'existence ou non de ce réservoir serait à mettre en évidence par de mesures de débits sur les zones clés de la confluence Gervanne-Drôme et/ou par la réalisation d'un piézomètre notamment dans la zone « Les Jaux-Les Batailles » (commune de Suze) afin d'investiguer les calcaires marneux du Barrémien-Bédoulien. La profondeur d'investigation serait dépendante de la localisation mais devrait avoisiner les 100-150m.

3. Programme d'investigations hydrologiques et hydrogéologiques (Action 2)

Compte tenu de la complexité du système karstique de la Gervanne, il est nécessaire de mettre en place un programme d'acquisition de données de terrain (Action 2 de l'étude).

Ces mesures de terrain visent à améliorer les connaissances en matière de :

- Modalités de recharge,
- Modalités de transfert,
- Bilan du système aquifère,
- « Indépendance » hydrogéologique entre la vallée de la Gervanne et la vallée de la Sye.

3.1. Campagnes de jaugeages différentiels des cours d'eau pour la caractérisation des échanges eaux de surface / eaux souterraines

Des campagnes de jaugeages différentiels doivent être réalisées sur la Gervanne, la Sye et la Drôme dans le but d'une part, de quantifier les débits des pertes dans les zones identifiées, et d'autre part d'évaluer les débits des potentiels d'apports au cours d'eau.

Les débits d'étiage des cours d'eau seront caractérisés par l'intermédiaire de **4 campagnes de jaugeage différentiel réparties sur deux cycles hydrologiques et portant sur 19 stations**.

La première campagne a été réalisée en janvier 2025 (hautes eaux), les prochaines campagnes seront réalisées en basses eaux 2025 (septembre), hautes eaux 2026 et basses eaux 2026.

Les stations seront, dans la mesure du possible, identiques à celles retenues lors de la campagne de janvier 2025.

3.2. Mise en place de station de suivi en continu des débits, de la température et de la conductivité des cours d'eau

La mise en place de station de suivi hydrométrique en continu est envisagée afin de :

- Quantifier les apports du compartiment turonien à la Gervanne, d'estimer le débit du cours d'eau en amont des zones de pertes ;
- Approcher les dynamiques de restitution en distinguant les flux issus des Fontaigneux des venues sous-alluviales.

Trois stations hydrométriques sont ainsi identifiées :

- Sur la Gervanne en entrée des Gorges d'Ombrière,
- Sur la Gervanne en sortie des Gorges d'Ombrière,
- Sur la Gervanne au droit de la faille de la Boussonnelle, censée marquer la fermeture du système karstique.

Antea Group est en train d'échanger avec TETRAEDRE (société sous-traitante) à propos des contraintes identifiées sur site, afin de discuter des ajustements possibles.

Ce suivi se fera sur 36 mois (durée de l'étude).

3.3. Campagne de mesures hydrogéochimiques

Il était initialement prévu de réaliser 2 campagnes d'échantillonnage et d'analyses des eaux en contexte de moyennes eaux et de basses eaux visant 33 stations pré-identifiées.

4 prélèvements étaient à réaliser en galerie noyée par des spéléologues (prestation hors marché) :

- Galerie du Brudoux.
- Galerie du Sarrier.
- Galerie des Gamins amont.
- Galerie exondée 4 000 m.

29 prélèvements étaient à réaliser par Antea Group.

Les analyses physico-chimiques et isotopiques à réaliser sur les prélèvements seraient les suivantes :

- Eléments majeurs et traces métalliques : CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , F^- , PO_4^{3-} , Ca, Mg, Na, K, NH_4^+ , SiO_2 , Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Sb, Sr, Zn,
- Carbone organique dissous,
- Turbidité.
- **Isotopes du strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)** : Les variations du rapport isotopique du strontium dans un hydrosystème donnent des informations sur l'origine et potentiellement les proportions de mélange des différents types d'eau, ainsi que sur la nature et l'intensité des interactions eau-roche notamment liées à l'altération ou la dissolution ; au vu de la présence de trois unités aquifères composant le système karstique drainé par la Gervanne, les données de strontium pourront être interprétées en essayant de quantifier les apports respectifs des trois unités.
- **Isotopes de l'eau ($^{18}\text{O}/^2\text{H}$)** : Les isotopes stables de la molécule d'eau se comportent comme des traceurs conservatifs et permettent d'identifier et de quantifier le mélange des différentes recharges ayant alimenté les eaux souterraines considérées. Au vu de la forte variabilité d'altitude des impluviums, l'analyse des isotopes de l'eau semble pertinente pour essayer de définir les dynamiques de mélange des eaux infiltrées sur les trois unités aquifères composant le système karstique.

La première campagne sera réalisée à l'été 2025 (septembre). Néanmoins, le protocole est en cours de discussion, afin de cibler les points à retenir compte tenu de la meilleure connaissance du système karstique.

Concernant les isotopes, l'intérêt des analyses est en cours de discussion :

- L'analyse des isotopes du strontium a un coût très élevé et la campagne réalisée par le BRGM en 2006 ne permet pas de prédire si les résultats de campagnes à plus grande échelle auront un intérêt à la hauteur de l'investissement ;
- L'analyse des isotopes $^{18}\text{O}/^2\text{H}$, qui permet d'évaluer l'altitude moyenne des bassins d'alimentation des points prélevés ne montrera peut-être pas de différence dans le signal (altitude élevée de l'impluvium) ; il faudra prévoir une analyse de la pluie lors des campagnes de prélèvements.

3.4. Propositions d'ajustements

3.4.1. Réalisation de piézomètres et suivis piézométriques

La réalisation d'un piézomètre (forage en petit diamètre) apporte les informations suivantes :

- Reconnaissances géologiques,
- Ajustement des coupes géologiques (profondeur du substratum de l'aquifère),
- Évaluation des horizons productifs et niveaux piézométriques.

Des investigations au niveau du Rieu Sec semblent pertinentes et un forage de particulier a été identifié par le SMEDG (forage datant de 2003, de 144 m de profondeur, équipé en 80-90 mm, dont le niveau statique serait voisin de -80 m). Le niveau d'eau indicatif de ce forage montrerait une compartimentation par rapport au conduit karstique de Bourne.

Ce compartiment Rieu-sec apparaît particulièrement intéressant pour la réalisation d'un piézomètre. En effet, il se situerait dans un compartiment où le niveau piézométrique semble beaucoup plus haut que celui du compartiment Fontaigneux-Bourne, et donc potentiellement avec peu d'impact sur les axes de drainage Gamins, Combe Noire et Gervanne. Ce piézomètre permettrait en outre de préciser la géologie dans un secteur peu contraint d'un point de vue structural s'il atteignait le sommet de l'hauterivien. La profondeur d'investigation serait dépendante de la localisation, mais pour un terrain naturel à 440 m NGF, le niveau statique devrait se situer (sous réserve de confirmation des données du forage Verrier) à - 80 m, et la base du barrémien aux alentours de -250 m.

La réalisation d'un piézomètre en aval de la faille de la Boussonnelle serait également intéressante pour compléter le diagnostic géologique (relation nord-sud) mais la connaissance d'un forage sec de 110 m de profondeur au niveau de la pisciculture n'est pas encourageante.

La réalisation d'un piézomètre dans les formations du Turonien est abandonnée car ce réservoir est moins puissant et permettrait uniquement de vérifier l'existence d'une zone noyée.

Si des piézomètres sont réalisés, ceux-ci seront équipés de sondes de suivi enregistrant le niveau d'eau, la température et la conductivité, pour la durée de l'étude.

3.4.2. Investigation sur le forage de particulier existant (secteur Rieu-Sec)

L'existence d'un forage de particulier sur le secteur du Rieu-Sec est particulièrement intéressante. Il serait possible de prévoir des reconnaissances sur l'ouvrage (passage caméra pour vérifier l'équipement du forage et éventuellement diagraphie Gamma-Ray).

Le SMEDG étudie la possibilité (délicate car ouvrage en petit diamètre et équipé d'une pompe) de mettre en place un capteur de niveau d'eau, température et conductivité.

3.4.3. Campagnes de traçage(s)

Concernant la réalisation de campagnes de traçages, trois protocoles sont envisageables afin de compléter les connaissances sur les sens d'écoulement locaux :

- Une multi-traçage (3 points d'injection) depuis le secteur nord du plateau du Savel (zone 4 sur la Figure 1) qui permettrait d'étudier les transferts entre vallée de la Sye et vallée de la Gervanne ;
- Un traçage simple depuis la vallée du Rieu Sec permettrait d'observer les temps de transfert et modalités de restitution entre ce compartiment géologique et le compartiment de Beaufort-sur-Gervanne ;
- Un traçage depuis le col des Limouches apporterait des informations sur la limite nord du système mais l'enjeu de l'étude ne porte pas réellement sur ce point.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



ANNEXES

Annexe 1 : Liste bibliographique

Liste bibliographique relative au système karstique de la Gervanne

Année	Auteur(s)	Titre
-	BRGM	Carte géologique au 1/50 000 BRGM, feuille de Die, Crest et Charpey
2024	Labat, F., Meniscus, X.,	Mesures de débit par dilution au sel.
2024	Labat, F., Meniscus, X., Benistant, Claude	Interaction entre la galerie principale et celle des Gamins grâce à des profils CTD dans le karst.
2023	Lismonde B., Bergier R., Labat F., Pinna J.C., Meniscus X.	Les mystères de l'eau en pays de Gervanne, entre l'émergence de Bourne et les Fontaigneux. Ouvrage collectif édité par le CDS de l'Isère, la commune de Beaufort-sur-Gervanne et l'association les Fils d'Ariane. 141 p.
2023	Labat et Duval	Bassin versant de la Gervanne. Réflexions sur les échanges karst-rivière. Note technique, 12 p.
2023	Joly B.	Attendus PNRV
2023	Bilau, A., Bienveignant, D., Rolland, Y., Schwartz, S., Godeau, N., Guihou, A., Deschamps, P., Mangenot, X., Brigaud, B., Boschetti, L., Dumont, T.	The Tertiary structuration of the Western Subalpine foreland deciphered by calcite-filled faults and veins. Earth-Sci. Rev. 236, 104270. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104270
2022	Balansa, J., Espurt, N., Hippolyte, J.-C., Philip, J., Caritg, S.	Structural evolution of the superimposed Provençal and Subalpine fold-thrust belts (SE France). Earth-Sci. Rev. 227, 103972. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.103972
2022	Lismonde B.	Mesures des températures à Bourne et modélisation des débits de 2018 à 2021. Note technique 8 p.
2022	BRLi & HYDROFIS	Bilan besoins – ressources en eau potable du SCOT de la vallée de la drome aval. Volet 1 & 2.
2021	SMRD	Bilan du plan de gestion de la ressource en eau du bassin de la rivière Drôme. Version finale. 48 p.
2021	SMRD	Bilan du plan de gestion de la ressource en eau du bassin de la rivière Drôme. Synthèse opérationnelle. 3 p.
2020	Kalifi, A.	Caractérisation sédimentologique et distribution des dépôts syn-orogéniques miocènes des Chaînes Subalpines (Royans-Vercors-Chartreuse-Bauges), du Jura méridional et du Bas-Dauphiné: cadre chronologique et tectonostratigraphique (Science de la Terre). Université de Lyon.
2019	CDS 38	Note sur le calage altimétrique de l'émergence de Bourne. 5 p.
2018	Lismonde B.	Deuxième traçage de Comberoufle
2017	Ferry, S.	Summary on Mesozoic carbonate deposits of the Vocontian Trough (Subalpine Chains, SE France). Carnets Géologie Noteb. Geol.
2017	Idées Eaux, CDS38 et ACTEON	Identification des ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable en vue de leur protection sur le massif du Vercors. Phase 1 : bilan de l'alimentation en eau potable et des besoins futurs ; pré-identification des ensembles karstiques à fort enjeu pour l'AEP. Rapport technique, 311 p.
2017	Idées Eaux, CDS38 et ACTEON	Identification des ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable en vue de leur protection sur le massif du Vercors. Phase 2 : acquisition des données environnementales et prospective d'aménagement. Rapport technique, 193 p.

Année	Auteur(s)	Titre
2017	Idées Eaux, CDS38 et ACTEON	Identification et préservation des ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable sur le périmètre du SAGE Bas Dauphiné Plaine de Valence. Phase 1 : bilan de l'alimentation et pré-identification des zones stratégiques. Rapport technique, 103 p.
2016	Billant, J.	Caractérisation de la déformation tectonique récente du système de failles de Belledonne et de l'avant pays alpin (vallée du Rhône) : apports d'une approche pluridisciplinaire (PhD Thesis).
2016	ZABR	Evaluation des échanges nappe-rivière et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau et zones humides). Instrumentation, application à la basse vallée de la Drôme 2013-2016. Rapport technique, 194 p.
2012	Artélia	Etude d'estimation des volumes prélevables globaux. Sous bassin versant de la Drôme. Rapport final. 526 p.
2012	Artélia	Etude des volumes prélevables. Investigations complémentaires à l'aval de Livron-Loriol. Note complémentaire, 28 p.
2006	Département 26	Courrier abandon forage
2006	Dorfliger N., Ladouche B.	Karst de la Gervanne – Analyses hydrochimiques préliminaires aux essais de pompage de l'été 2007. Note technique pour le compte du Conseil Général de la Drôme. 34 p.
2005	Ferry, S., Atrops, F., Backert, N., Lozano-Garcia, F., Savary, B.	Systèmes turbiditiques calcaires du Tithonien et du Barrémo-Bédoulien subalpins (SE de la France) (1-3 septembre 2005). Excursion Groupe Fr. Crétac. Série "Excursion", 44 p.
2001	Crochet P.	Système karstique de la Gervanne (Beaufort-sur-Gervanne, Drôme). Essai de pompage sur le forage de reconnaissance en amont de la source des Fontaigneux (1998)
1998	BRGM	Plaine de la Valdaine, Drôme. Bilan des connaissances sur le potentiel aquifère des calcaires barrémo-bédouliens. Rapport BRGM RR-40369-FR, 28 p.
1998	Crochet P.	Système karstique de la Gervanne. Essai de pompage sur le forage de connaissance en amont de la source des Fontaigneux. 8 p.
1998	Couturier et Fourneaux	Les relations karst rivière dans les calcaires barrémo-bédouliens du Diois (Drôme - France). Exemple de la Gervanne
1995	Crochet P. Marsaud, B.	Système karstique de la Gervanne. Test de mobilisation de la ressource par pompage d'essai sur un forage. Rapport ANTEA, 29 p.
1993	Crochet P., Marsaud B., Razin P.	Etude des systèmes karstiques de la moyenne vallée de la Drôme. Etude reconnaissance du système karstique de la Gervanne. Rapport BRGM RHA4S93, 47 p.
1992	Crochet P., Marsaud B., Razin P.	Approche de la structure et du fonctionnement du système karstique du Glandasse. Rapport BRGM RR-34392-FR, 89 p.
1992	Crochet P., Marsaud B., Razin P.	Approche de la structure et du fonctionnement du système karstique de la Gervanne. Rapport BRGM RR-35307-FR, 68 p.
1992	Crochet P., Marsaud B., Razin P.	Approche de la structure et du fonctionnement du système karstique de la Forêt de Saou. Rapport BRGM RR-35308-FR, 46 p.
1992	Crochet P., Marsaud B.	Etude des systèmes karstiques de la moyenne vallée de la Drôme. Synthèse de la première phase et propositions complémentaires. Rapport BRGM RR-35892-FR, 28 p.
1987	Tardieu	Additif à la synthèse hydrogéologique des Fontaigneux à Beaufort-sur-Gervanne. Rapport de synthèse. 19 p.
1985	Tardieu	Système hydrogéologique des Fontaigneux à Beaufort-sur-Gervanne. Rapport de synthèse. 13 p.

Année	Auteur(s)	Titre
1974	BRGM	Notice de la Carte géologique de la France 1/50000. Charpey.
1968	Sarrot-Reynaud	Actes du colloque sur l'hydrogéologie karstique du massif du Vercors. Grenoble, 180 p.
1968	BRGM	Notice de la Carte géologique de la France 1/50000. Die.



Acteur majeur de l'ingénierie de l'environnement
et de la valorisation des territoires



Références :

