

3- LES UNITES KARSTIQUES DU BAS-VIVARAIS

3.1. Stratigraphie - Lithologie

3.1.1. Stratigraphie du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens

Le Crétacé (-135 à -65 millions d'années) est la troisième et dernière période de l'Ere Secondaire. Le nom de « Crétacé » fait référence aux vastes dépôts crayeux marins retrouvés sur l'ensemble de l'Europe.

Dans notre zone d'étude, du fait de l'émergence des calcaires barrémo-bédouliens à faciès Urgonien, ceux-ci ne sont pas recouverts par des formations postérieures (Figure 63).

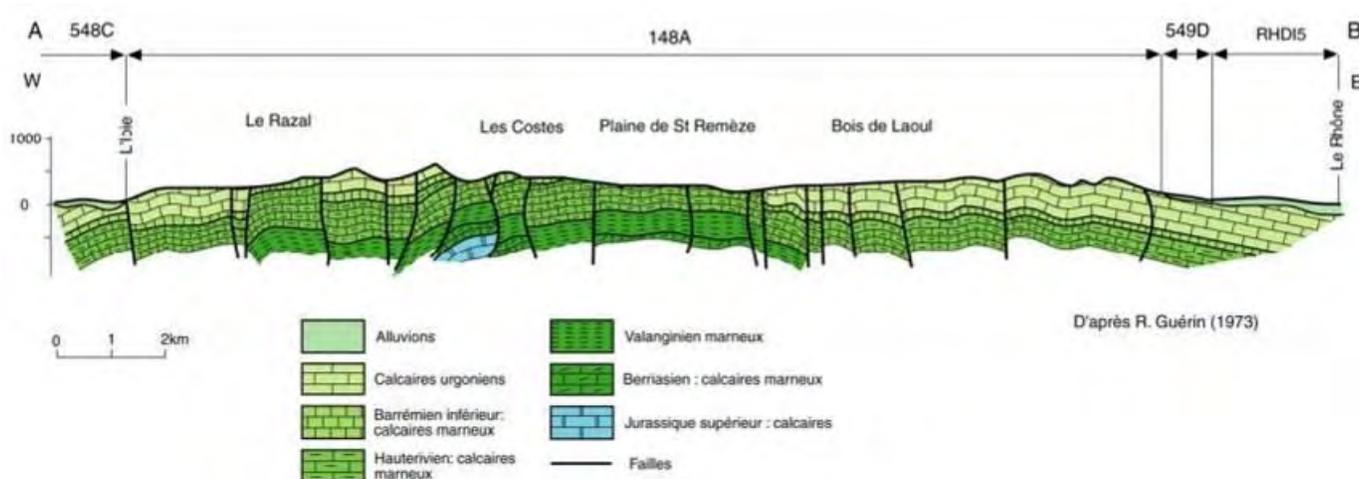


Figure 63 : coupe géologique Ouest-Est passant par le plateau de Saint-Remèze (GUERIN - 1973)

Les formations du Crétacé se résument donc aux calcaires du Crétacé inférieur et à quelques traces de formations postérieures érodées (Aptien, Albien, Sénonien) présentes à l'affleurement sur les bordures. Les calcaires du Crétacé inférieur correspondent au second cycle d'approfondissement et de comblement du bassin marin qui a produit une seconde série superposée comportant :

- la puissante série marneuse du Néocomien à la base,
- puis des formations calcaires issues des paléo-plateformes récifales, les calcaires du barrémo-bédouliens qui forment aujourd'hui, notamment sous le faciès Urgonien, le second réservoir karstique d'importance de l'Ardèche.

Le Crétacé inférieur (-135 à -100 millions d'années) est concordant avec le Jurassique. Son épaisseur varie de 360 m à plus de 1000 m. Il forme l'imposante masse de terrains carbonatés (300 km²) localisée de part et d'autre des gorges de l'Ardèche. Il est principalement composé par :

Le Néocomien (Valanginien et Hauterivien) qui est une puissante couche géologique de près de 1000 m d'épaisseur de terrains marneux.

Le Barrémo-Bédoulien (Barrémien inférieur à Bédoulien inférieur) qui est composé de formations carbonatées d'une épaisseur qui varie de 390 m à 460 m. Il est caractérisé par des faciès bioclastiques.

3.1.2. Lithologie du mur du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens

Le mur de l'ensemble karstique des calcaires barrémo-bédouliens est formé par les terrains marneux du Néocomien :

- Le Valanginien, rencontré dans un forage profond à Vallon-Pont-d'Arc sous la forme de 330 m de marnes calcaires noires à rares passées de calcaires argileux ;
- L'Hauterivien traversé intégralement sur 600 m dans le forage profond de Vallon-Pont-d'Arc et représenté par des calcaires argileux gris noirs, légèrement gréseux, alternant avec des marnes noires indurées et finement détritiques.

3.1.3. Lithologie du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens

Le réservoir karstique est formé par le Barrémo-Aptien à faciès Urgonien, paléo-plateforme récifale reposant sur les terrains plus marneux du bassin vocontien. On y distingue trois faciès : pélagique (marneux), hémipélagique (alternance de marno-calcaires et de calcaires argileux), urgonien (calcaire).

L'épaisseur généralement attribuée aux formations urgoniennes varie de 390 à 460 m et se répartie comme suit (Figure 64) :

- Barrémien inférieur : de 160 m à 200 m ;
- Barrémien supérieur, non reconnu dans son ensemble mais la partie visible atteint 120 m à Saint-Montant et 150 m au Serre de Tourre ;
- Bédoulien : 110 m.

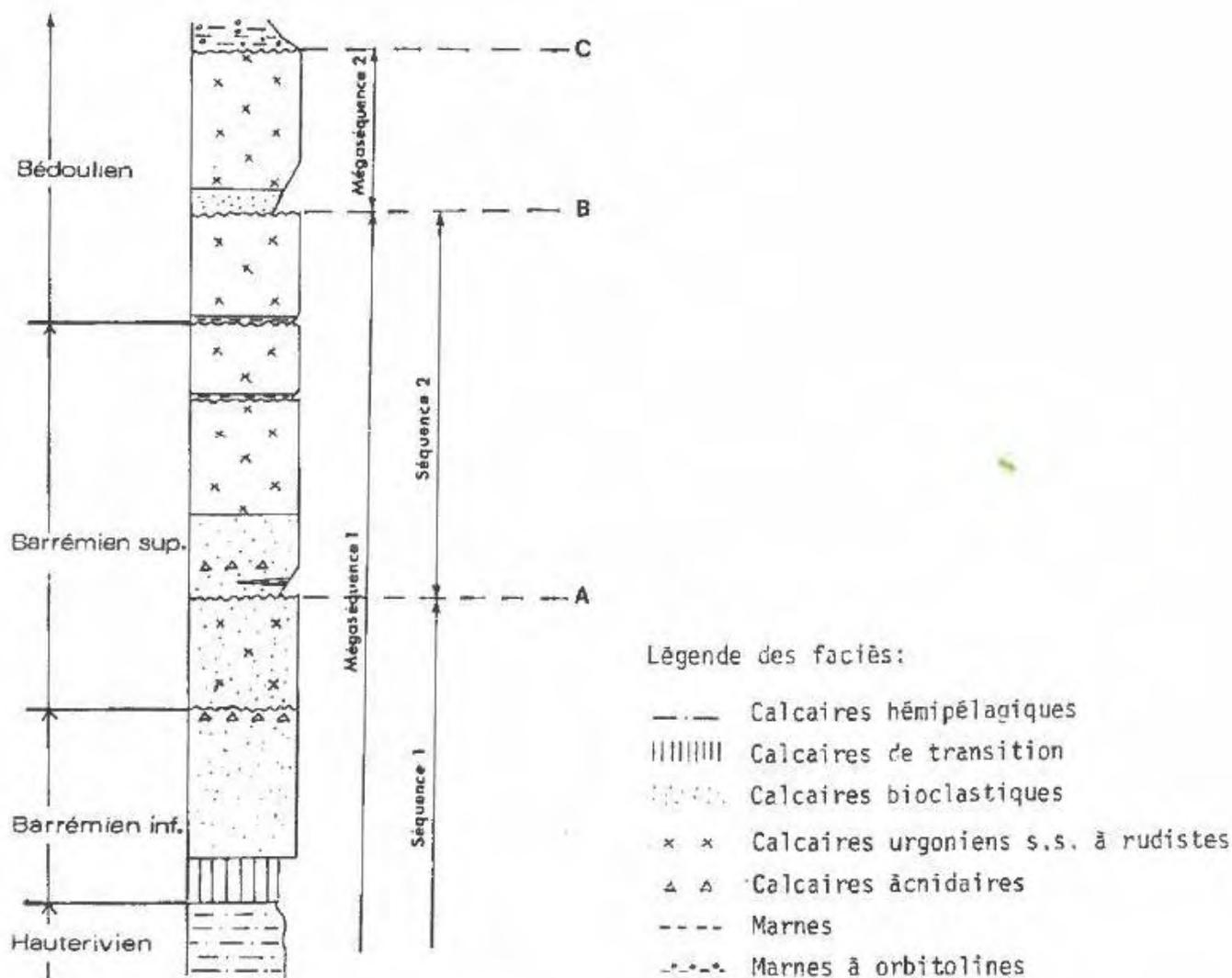


Figure 64 : colonne stratigraphique de l'Urdonien ardéchois

3.1.4. Lithologie du toit du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens

Du fait de l'émersion des calcaires urgoniens, ceux-ci ne sont pas recouverts par des formations postérieures au Crétacé sur le plateau de Saint-Remèze. Seules ses bordures présentent des traces de recouvrement plus ou moins fortement érodé.

Ainsi, en bordure du plateau urgonien, dans les vallées de l'Ibie et du Rhône, on trouve de l'Aptien à faciès argileux :

- 20 à 30 m de calcaires marneux et de marnes verdâtres attribuées au Bédoulien ;
- 50 m de grès et sables verts à gris, surmontés d'une mince couche de calcaires et de marnes bleues à ammonites pyriteuses (Gargasien) ;

L'Albien et le Sénonien existent en quelques affleurements très localisés.

Le Paléocène est en lacune totale. L'Eocène se rencontre sporadiquement.

L'Oligocène se développe essentiellement dans le bassin d'Alès, à l'exception des terrains suivants :

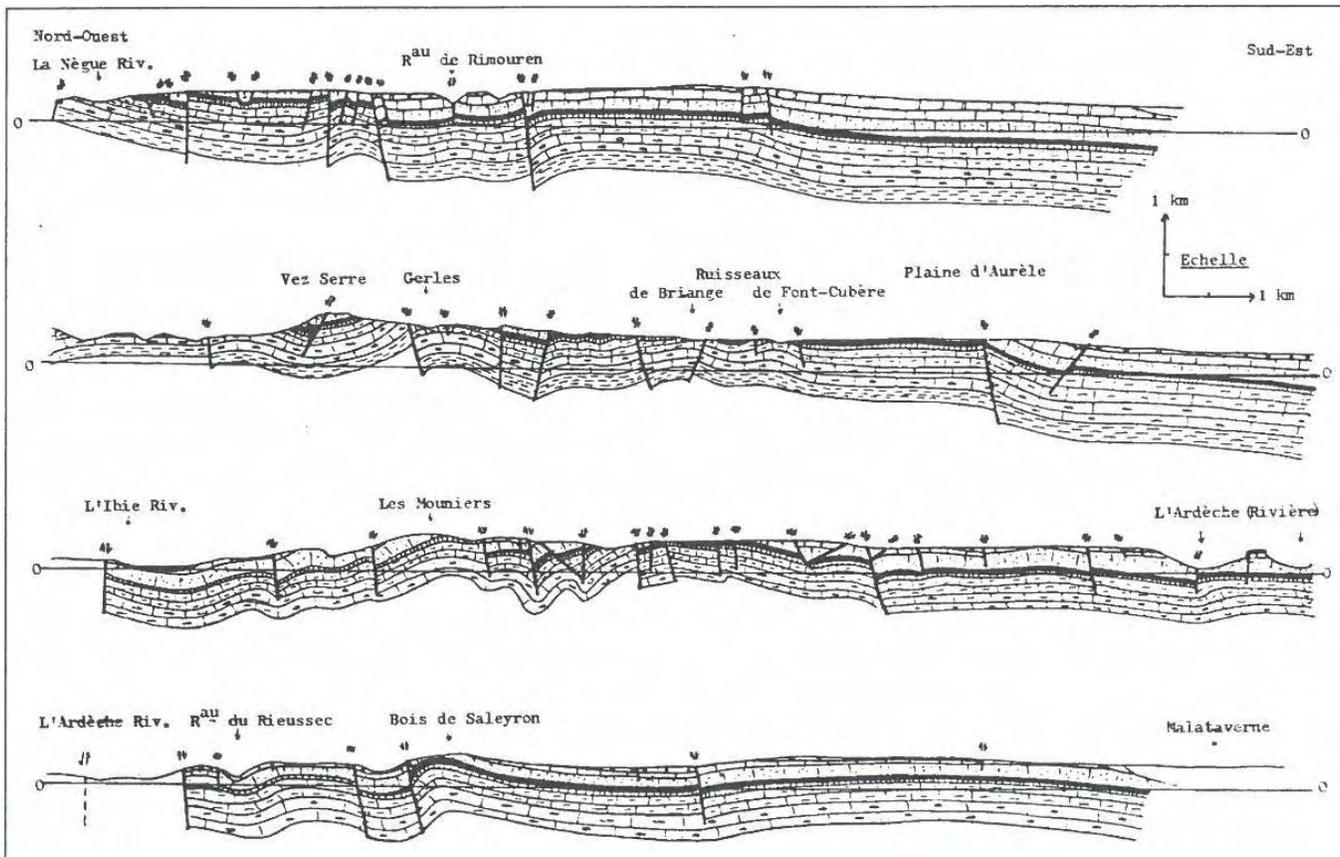
- Calcaires blancs en plaquettes du Sannoisien inférieur jusqu'à Barjac et Issirac ;
- Puissantes séries de calcaires marneux en petits bancs avec intercalations ligniteuses jusqu'à Vagnas ;
- Argiles rouges et marnes bariolées stampiennes au Sud de Salavas ainsi que sur quelques buttes témoins autour d'Issirac.

Enfin, les dépôts de la transgression du Miocène et les dépôts continentaux constitués après l'importante régression messinienne sont surtout localisés en vallée du Rhône sous forme de petits lambeaux à l'affleurement.

3.2. Tectonique

Situé au carrefour des influences pyrénéenne et alpine, le Bas-Vivarais a subi différentes phases tectoniques qui se sont conjuguées pour créer une vaste structure anticlinale faillée, le plateau de Saint-Remèze/Orgnac (Figure 63 et Figure 65).

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.



Légende :

ETAGE	FACIES	FIGURE
Terrains post-Urgonien		
Bédoulien supérieur		}
Bédoulien inférieur *	Calcaires massifs	
Barrémien supérieur *	Calcarénites et calcaires massifs	
Barrémien inférieur *	Calcarénites	
* Faciès Urgonien		

ETAGE	FACIES	FIGURE
Barrémien inférieur	Marnes et calcaires argileux	
Barrémien inférieur	Calcaires marneux	
Hauterivien supérieur	Marnes et marno-calcaires	
Hauterivien inférieur	Calcaires argileux	
Valanginien		

Figure 65 : coupes sériées à travers le plateau de Saint-Remèze (GOMBERT - 1988)

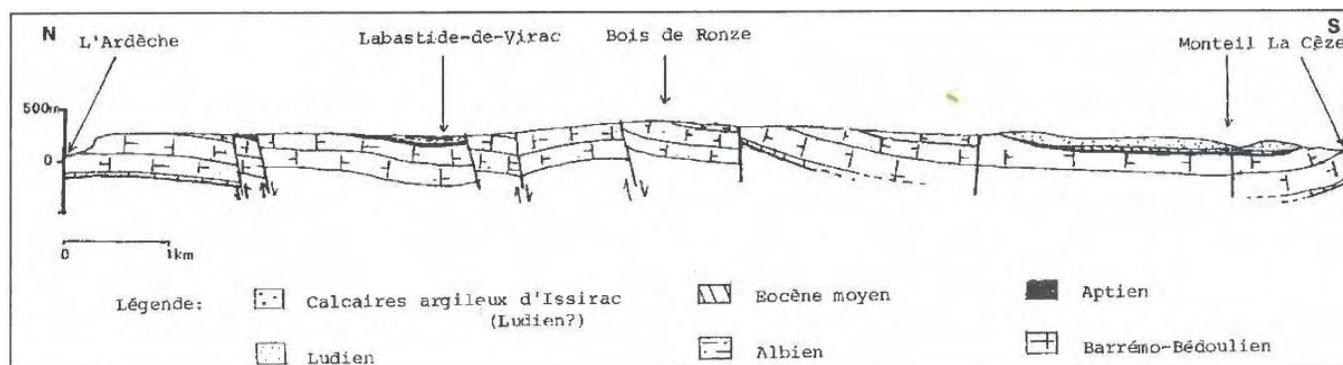


Figure 66 : coupe à travers le plateau d'Orgnac (BELLEVILLE - 1985)

3.2.1. L'orogénèse hercynienne

L'orogénèse hercynienne a affecté le socle du Bas-Vivarais et créé des accidents structuraux majeurs qui ont joué au cours des phases tectoniques postérieures, notamment le faisceau cévenol. Par l'ampleur de son développement et la direction de ses failles, il correspond à un accident majeur du socle qui pourrait avoir été une faille transformante durant la phase pyrénéo-provençale.

3.2.2. Les prémisses de l'orogénèse alpine

Les premières traces de tectonique attribuable au cycle alpin débutent à l'Albien avec certains indices entre Saint-Montan et Viviers qui témoignent de l'existence de mouvements anté-cénomaniens. Cependant, il ne s'agit que d'une instabilité et non d'une réelle phase tectonique, ce que tendrait à prouver l'absence de failles visibles résultant directement de ces événements. Ces mouvements sont également à mettre en relation avec la subsidence importante de la fosse vocontienne et les mouvements de surrection des hauts-fonds de la plateforme urgonienne ardéchoise.

Cette instabilité a également provoqué une différence de pendage entre l'Urgonien et le Lutétien, atteignant 20° dans la région de Laval-Saint-Roman.

D'après Guérin, il se pourrait que l'anticlinal du plateau de Saint-Remèze ait été ébauché lors de cette phase d'instabilité tectonique, ce qui aurait provoqué l'érosion du Crétacé supérieur et mis à nu les calcaires urgoniens, autorisant le développement d'un paléokarst dont les poches à remplissage d'argiles versicolores du Sénonien et/ou de l'Eocène inférieur sont les témoins.

3.2.3. La phase pyrénéo-provençale

Il s'agit d'une phase de compression datée du Bartonien (43 à 37 millions d'années) avec une direction de raccourcissement Nord-Sud, proche de l'horizontale. Le Bas-Vivarais, de par sa position très septentrionale par rapport à l'axe de la chaîne pyrénéenne, a été peu plissé durant cette période. Le seul pli d'importance est le synclinal d'Issirac qui existait déjà et a été accentué lors de la phase pyrénéo-provençale.

Les principales failles sollicitées sont les failles inverses Est-Ouest, les décrochements et glissements senestres NE/SW, les décrochements et glissements dextres NW/SE, les décrochements et failles normales Nord-Sud.

Les plis formés par la phase pyrénéo-provençale ont un axe moyen Est-Ouest, une longueur d'onde kilométrique et une amplitude variant de 10 à 150 m. Il existe également, dans les terrains moins massifs que l'Urgonien, des plis de plus petite longueur d'onde souvent liés à des décrochements.

3.2.4. La distension oligo-miocène

Cette phase de distension caractérisée par des alternances de maxima tectoniques et de périodes de rémission débute avec les failles synsédimentaires du Sannoisien et se termine lorsque les premières prémices de la phase alpine viennent changer les conditions de contraintes. Cette phase a surtout réutilisé le jeu normal des fractures antérieures sans créer de nouvelles familles de fractures mais en ouvrant probablement des failles parallèles aux anciennes directions.

3.2.5. La phase rhodanienne

cette phase de compression contemporaine des principales déformations des chaînes subalpines a une direction de raccourcissement Est-Ouest, proche de l'horizontale. Elle ne s'est traduite que par des fractures accompagnées de quelques plis. L'une de ses caractéristiques est d'avoir inversé le sens du jeu des décrochements cévenols, qui se sont trouvés en oblique par rapport à la direction du raccourcissement de chacune des deux phases de compression.

La phase rhodanienne de l'orogénèse alpine a duré de 10 à 2 millions d'années et a atteint son paroxysme du Pontien au Pliocène inférieur. Elle correspond à la phase dite moi-pliocène de l'ensemble karstique de la bordure du Massif Central, contemporaine du volcanisme basaltique des Coirons.

Les fractures qui ont rejoué au cours de cette phase sont essentiellement orientées Est-Ouest et Nord-Sud. Elles ont réagi selon leur pendage : rejeu nul s'il était sub-vertical et rejeu inverse si le pendage était plus faible.

On trouve des plis d'axe Nord-Sud, attribuables à cette phase tectonique, avec une longueur d'onde variant de 100 à 1000 m et une amplitude décamétrique.

La combinaison de deux phases de plissement successives et de direction perpendiculaire donne au plateau urgonien une allure de surface gondolée qui masque les quelques plis alpins. Le plateau de Saint-Remèze est ainsi brachy-anticlinal, c'est-à-dire un pli sans direction d'orientation privilégié.

3.2.6. La néotectonique

De nombreuses régions du sud de la France ont été soumises à une distension durant le Quaternaire du fait de la décompression des terrains consécutives à la disparition de l'état de contrainte alpin ; c'est notamment le cas du Languedoc, de la Camargue, du Bas-Rhône et des Coirons.

Dans le Bas-Vivarais, les traces de tectonique cassante sont exceptionnelles au Quaternaire et ne dépasse pas le Quaternaire ancien. Cependant une déformation à grand rayon de courbure se poursuit à notre époque et se caractérise par une activité sismique témoignant d'une tectonique discrète mais continue.

Une dizaine d'observations néotectoniques a été accumulée dans le Bas-Vivarais. Les directions de rejeu néotectonique possèdent une assez bonne homogénéité autour de la gamme Nord 30 – 60° dans laquelle s'inscrivent également des accidents à rejeu récent prouvé, ce qui serait en accord avec l'hypothèse d'une poursuite du mouvement d'effondrement des grabens au cours du Quaternaire.

3.2.7. Comportement tectonique

La conjonction du soulèvement du plateau de Saint-Remèze au cours des deux phases compressives et de l'effondrement de la vallée du Rhône et du fossé d'Alès pendant la phase distensive se traduit par l'apparition d'un vaste bombement faillé au cœur duquel affleurent les niveaux marneux du Barrémien inférieur.

Le rejeu de ces différentes familles de fractures a défini des zones structurales bien individualisées de part et d'autre du faisceau cévenol, structure tectonique dominante de la région :

- Au Nord-Ouest, la retombée occidentale du plateau avec des accidents majoritairement subméridiens ;
- Au centre, le faisceau cévenol avec orientation prépondérante des accidents autour du Nord 45 ;
- Au Sud-Est, la retombée orientale du plateau dominée par les accidents Nord 140 – 160°.

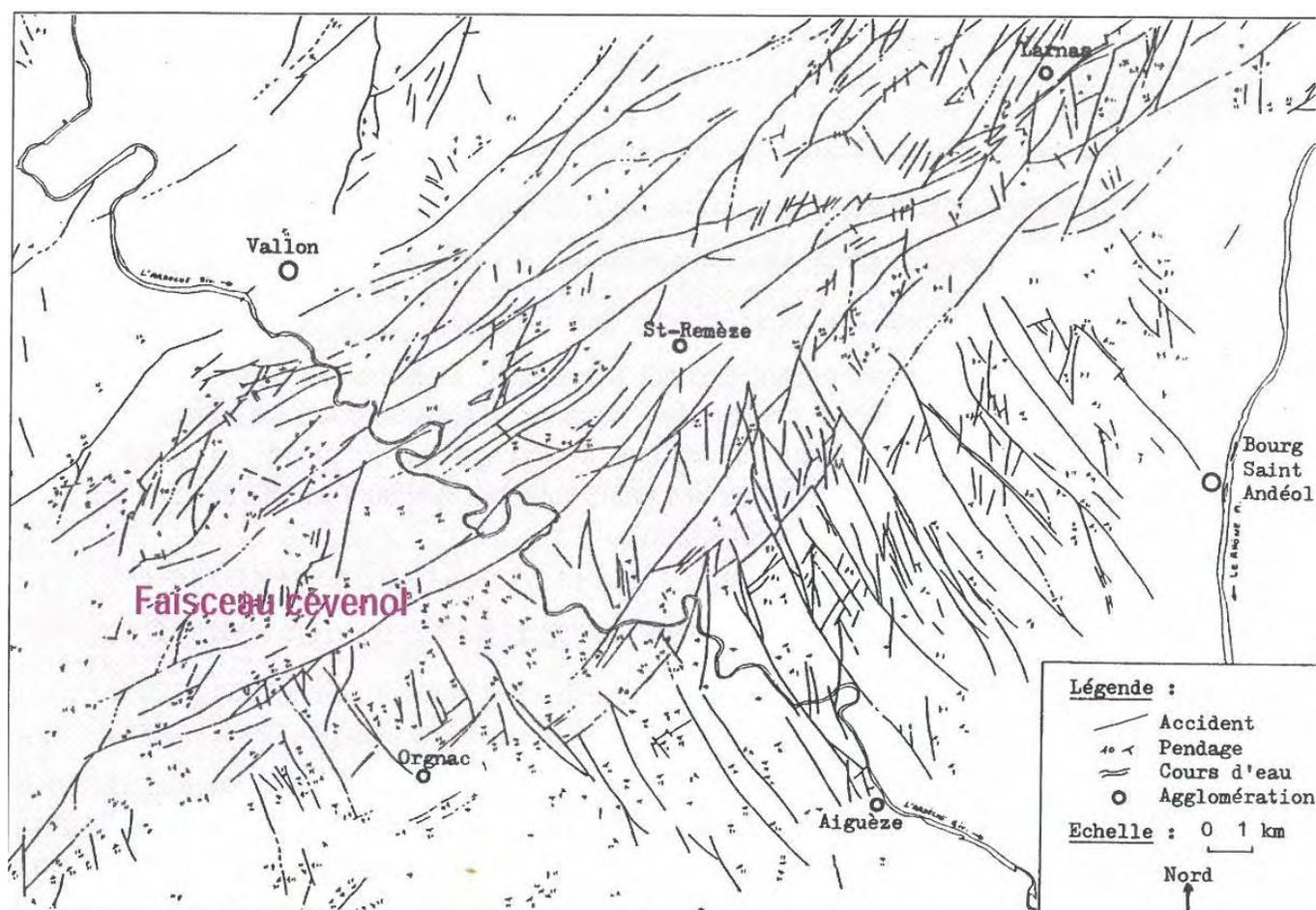


Figure 67 : schéma tectonique du Bas-Vivarais (GOMBERT - 1988)

3.3. Karstologie

Les principales phases de karstification du Bas-Vivarais sont au nombre de 4 depuis l'émergence des calcaires jurassiens à la fin du Crétacé.

- La phase de karstification visible la plus ancienne correspond aux réseaux verticaux tronçonnés par la surface supérieure d'aplanissement. Il s'agit actuellement d'avens fossiles ouverts sur les points hauts des plateaux de Saint-Remèze et d'Orgnac, au-delà de 340 m d'altitude. Cette phase de karstification serait datée de l'Oligocène ou du Miocène inférieur.
- La karstification reprend ensuite au Miocène supérieur, probablement au Tortonien, lors de l'établissement de la surface inférieure d'aplanissement, essentiellement de part et d'autre des gorges de l'Ardèche. Il s'agit également d'avens s'ouvrant à la surface du plateau en dessous de 310 m d'altitude ainsi que de paliers de creusement de galeries karstiques situées entre 240 m et 310 m d'altitude.

- Le creusement du canyon de l'Ardèche prend place lors de la régression messinienne et entraîne une reprise d'activité karstogénétique et un enfoncement des réseaux karstiques associés au Rhône et à l'Ardèche. Les nombreux avens profonds du plateau sont probablement à mettre en relation avec cette phase de karstification.
- Un palier de creusement se marque ensuite lors de la phase de remontée du niveau de base au Pliocène inférieur. Il engendre le développement de réseaux karstiques sub-horizontaux autour du niveau des premières terrasses villafranchiennes du Rhône et de l'Ardèche, soit entre 200 m et 240 m d'altitude.
- Enfin, la karstification actuelle continue mais au ralenti compte tenu de la faiblesse karstogénétique du climat méditerranéen. On assiste surtout au développement de petits réseaux actifs, difficilement pénétrables, situés au niveau des cours d'eau pérennes (notamment l'Ardèche) ainsi qu'à la réutilisation temporaire de réseaux fossiles en crue (exutoires étagés).

3.4. L'unité Vallée de l'Ibie

3.4.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité karstique « Vallée de l'Ibie » est caractérisée par un vaste affleurement calcaire du Crétacé et plus précisément d'une série qui va du Barrémien inférieur au Barrémien supérieur à faciès Urgonien. Ce système s'étend dans sa partie méridionale au Nord de Vallon-Pont-d'Arc, de Lagorce à la Dent de Rez. Sa partie septentrionale est plus étroite et borde, à l'Est, la vallée de l'Ibie jusqu'au Nord de Rochecolombe.

L'unité est limitée (Figure 69) :

- A l'Ouest par une grande faille régionale de direction cévenole NW-SE, la faille dite de « Lagorce-Rochecolombe » qui met en contact les formations barrémo-bédouliennes (n_4) avec les marnes du Valanginien (n_2).
- A l'Est et au Nord, par les affleurements de marnes néocomiennes de la région des Sallèles / Saint-Maurice-d'Ibie.
- Au Sud, par l'Ardèche, considérée à ce stade de l'étude, comme le niveau de base de cette unité.
- Au Sud-Est, par une limite encore incertaine qui relie la dent de Rez à l'ancien méandre de l'Ardèche au niveau du Pont d'Arc.

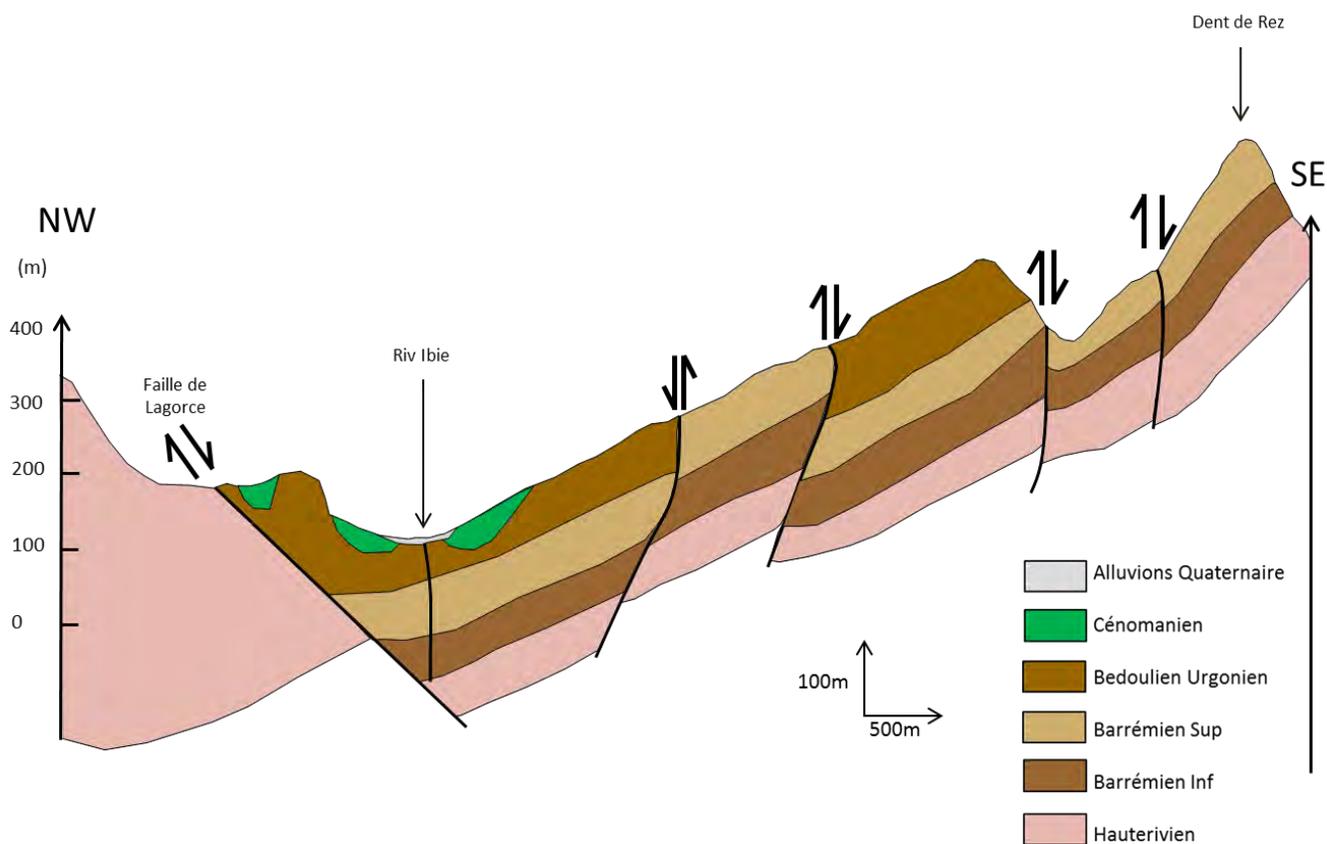
Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

Les couches présentent un pendage assez monotone vers l'Ouest qui s'inverse au contact de la faille Lagorce-Rochecolombe.

Dans sa partie Nord, cette unité est affectée par une famille de failles plurikilométriques de faibles rejets, orientées Nord-Sud, alors qu'au Sud, la direction de fracturation principale passe à Nord 45°, avec des rejets plus importants et des failles kilométriques. On y trouve également quelques accidents d'orientation N60-70°.

L'épaisse série marneuse valanginienne et hauterivienne forme un écran imperméable à la base des calcaires compacts de l'Urgonien qui affleurent sur toute la zone. Le Barrémien inférieur peut être également moins, peu ou pas affecté par la karstification.

La faille de Lagorce-Rochecolombe constitue à l'Ouest, une barrière également imperméable qui bloque les écoulements vers l'Ouest (Figure 68).



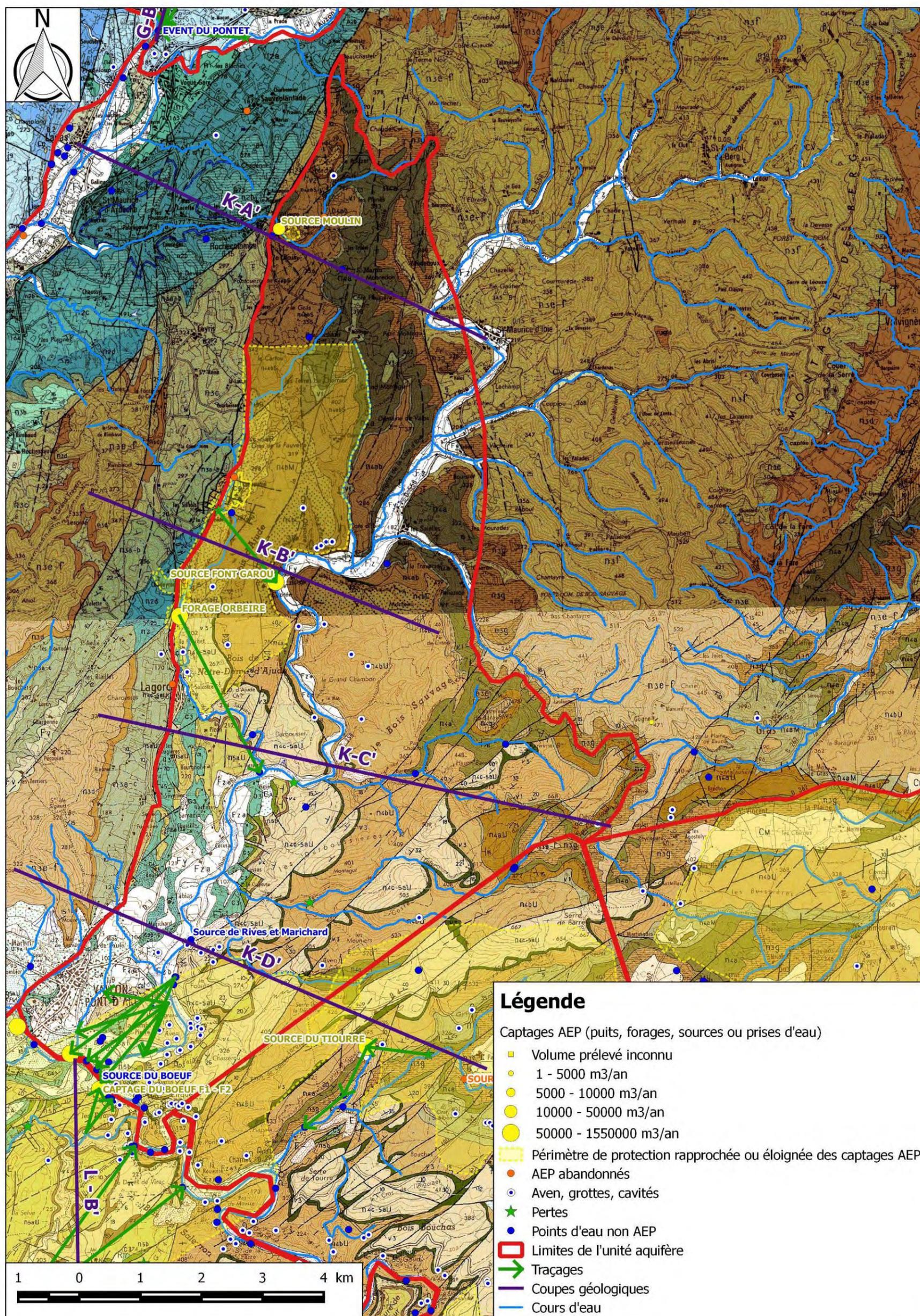


Figure 69 : limites de l'unité Vallée de l'Ibie sur fond géologique

3.4.2. Hydrogéologie

L'unité aquifère karstique « Vallée de l'Ibie » est drainée du Nord au Sud par l'Ibie. Cette rivière traverse ou longe le karst sur 11 km. De nombreuses grottes fossiles débouchent sur la vallée à des altitudes relativement élevées. Ces cavités sont situées sur le flanc Est de l'axe drainant et sont reliées à des réseaux fossiles qui correspondent à un stade ancien de l'évolution karstique.

L'unité est entaillée par de nombreuses failles, fissures et diaclases qui représentent autant d'axe de circulation privilégié et explique la multiplicité des points de sortie en basse vallée de l'Ibie :

Au Nord, se sont développées de profondes vallées karstiques suivant les failles Nord-Sud (La Ceysette et La Salastre). Ces vallées sont souvent à sec et ne grossissent qu'à l'occasion de pluies importantes. L'eau météorique pénètre alors immédiatement et de manière diffuse dans le karst et ces ruisseaux superficiels ne servent que de trop-pleins temporaires[19].

Ce secteur accueille deux émergences captées pour l'AEP : la source du Moulin à Rochecolombe (débit d'étiage de 2 à 3 l/sec et débit supérieur à 1 m³/sec par grosses pluies), et la source de Font Garou sur la commune de Lagorce (10 l/sec à l'étiage et débit supérieur à 100 l/sec en crue).

La source du Moulin sort pratiquement au contact de la faille de Lagorce-Rochecolombe (Figure 70 et Figure 71) et doit probablement drainer toute la terminaison Nord du karst au-delà de Rochecolombe car elle est l'exurgence la plus septentrionale de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie ».

Cette source développe 700 m de conduit entièrement noyé, avec un point bas situé à -35 m. Cette morphologie témoigne de la présence d'une zone noyée dans le karst. Les plongeurs spéléologues qui ont exploré la cavité indiquent des différences de températures qui pourraient témoigner de différentes alimentations. Plus en amont, dans le ruisseau temporaire, on trouve la seule cavité importante : Baume Claire. Il s'agit d'une résurgence temporaire perchée avec la présence d'une partie active même à l'étiage. Mais les prolongements en amont y sont réduits par la géologie. La source du Moulin dispose des trois périmètres de protection réglementaires sur une surface totale de l'ordre de 6,5 hectares.

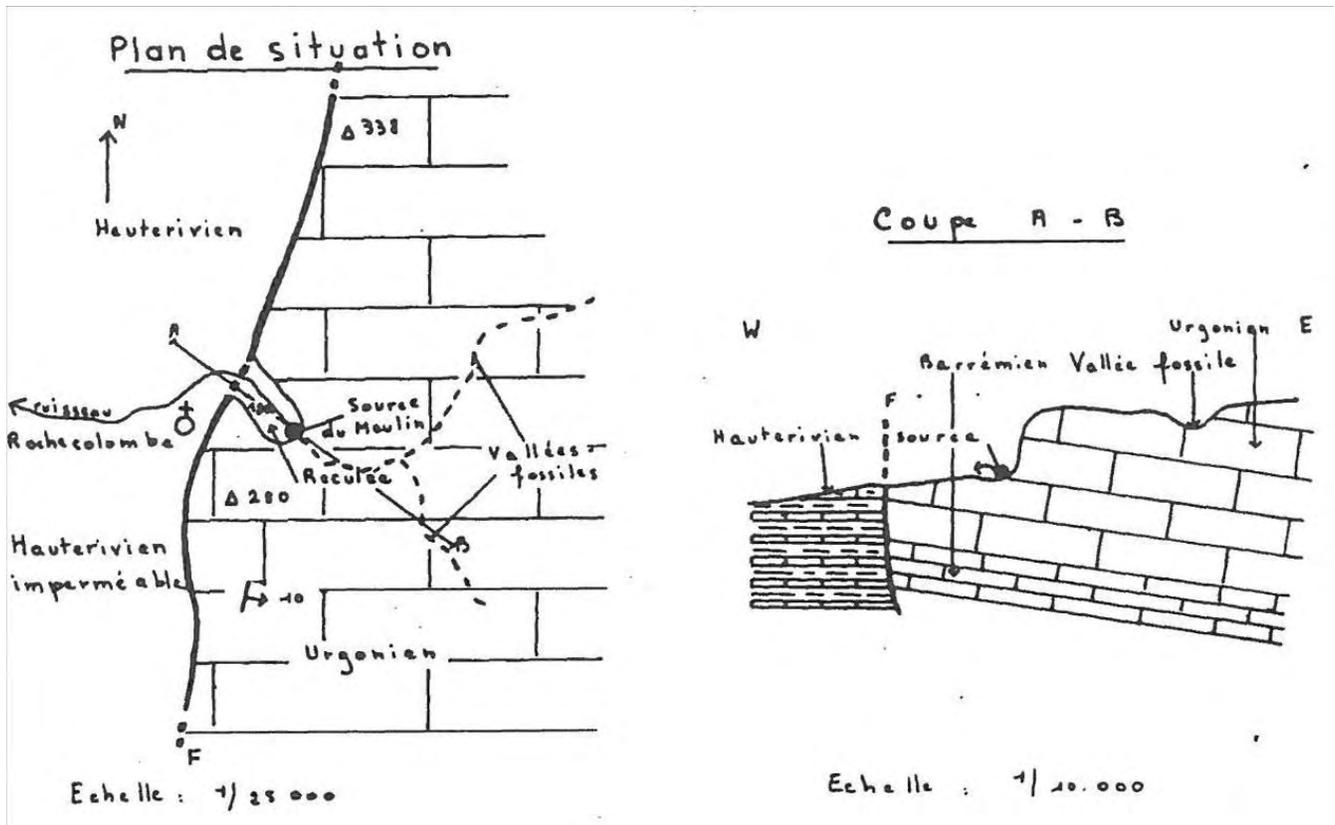


Figure 70 : plan et coupe de la source du Moulin (MAZELLIER - 1971)

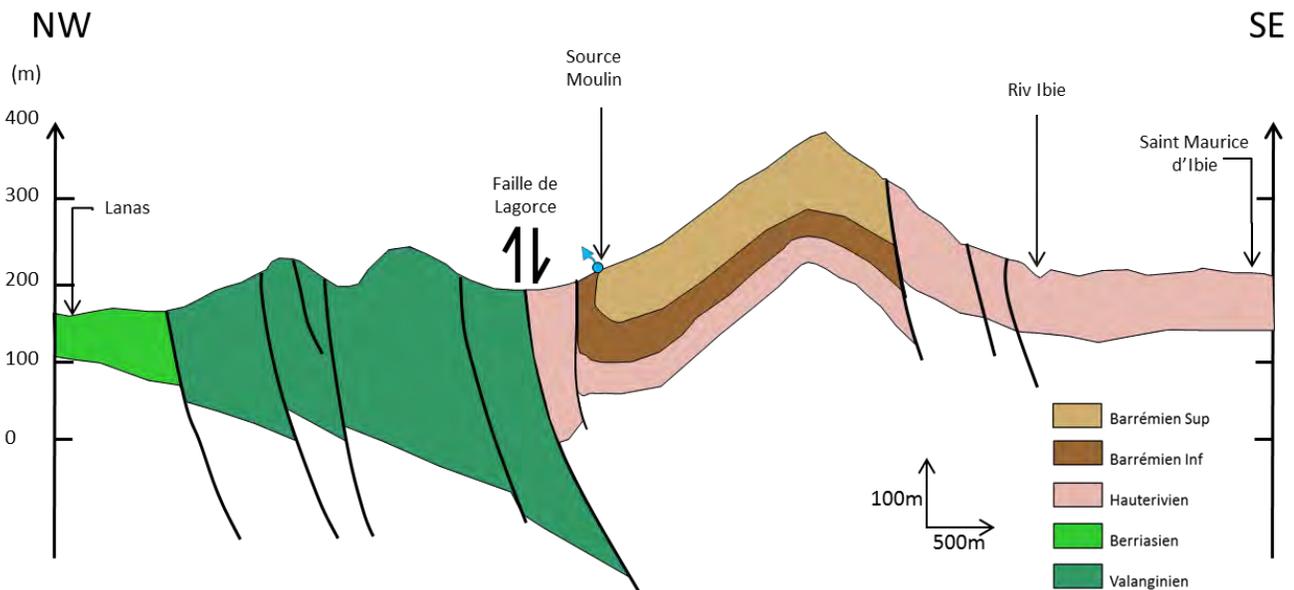


Figure 71 : coupe géologique KA' passant par le l'unité aquifère Vallée de l'Ibie au droit de la source du Moulin (IDEES-EAUX - 2015)

La source de Font Garou sort au contact entre l'Urgonien et le Barrémien (Figure 72 et Figure 73) qui semble avoir stoppé l'évolution du réseau karstique en profondeur. La source est « perchée » de par sa position altimétrique et drainerait une petite zone noyée située au droit du bois d'Ajude.

Source de Font Garou

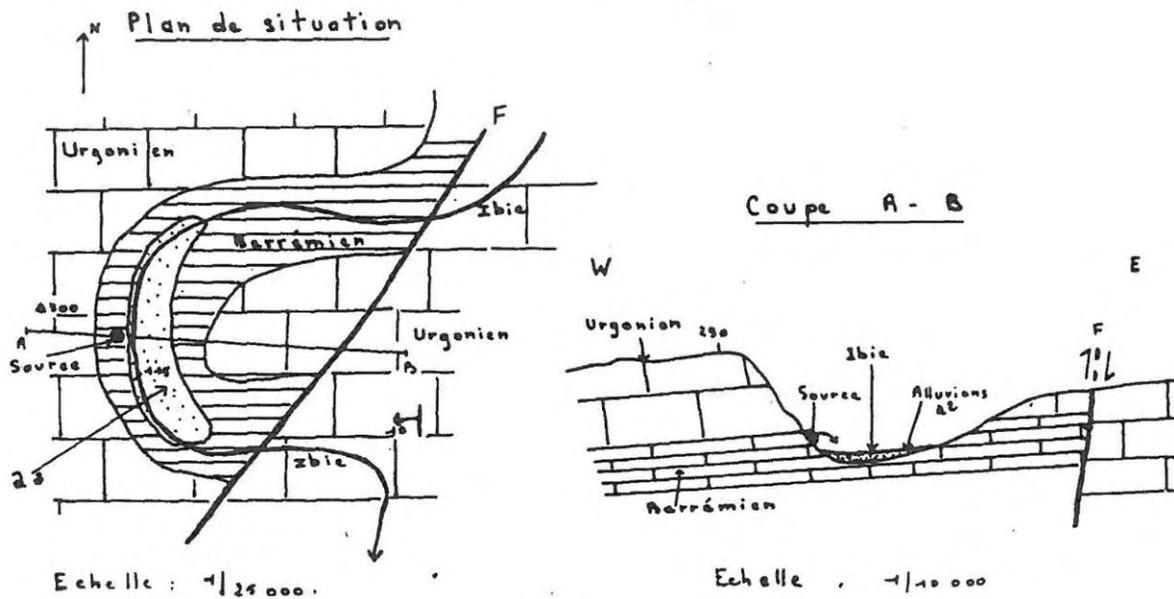


Figure 72 : plan et coupe de la source de Font-Garou (MAZELLIER - 1971)

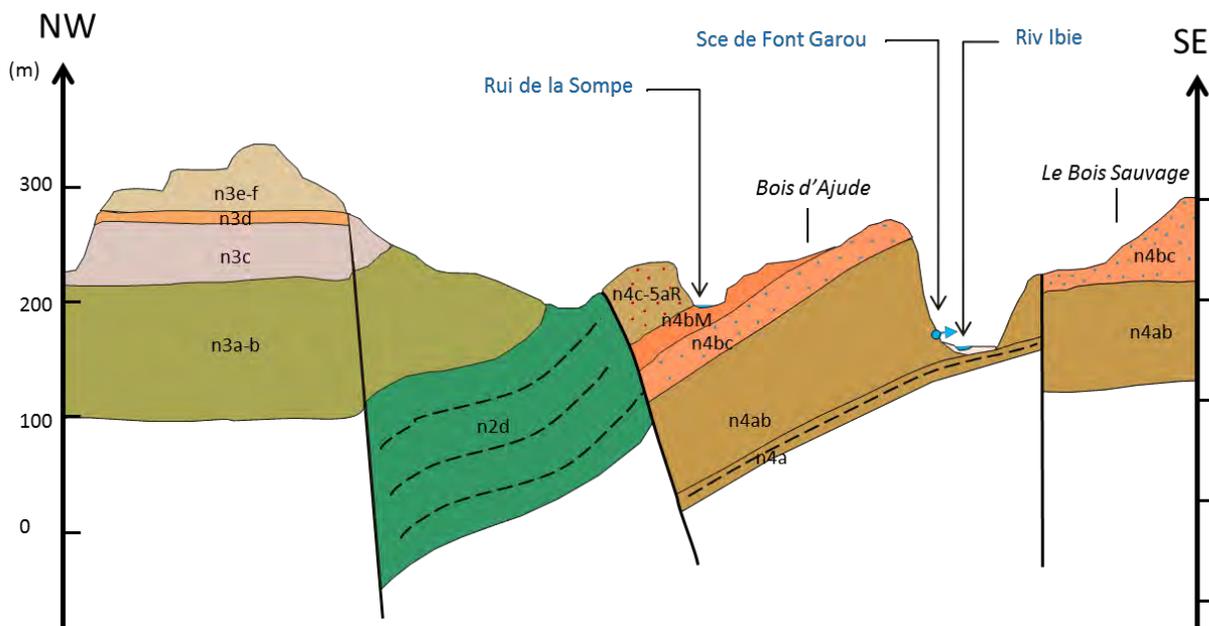


Figure 73 : coupe géologique KB' passant par l'unité Vallée de l'Ibie au droit de la source de Font Garou - pentages et épaisseurs exagérés (IDEES-EAUX - 205)

Ce secteur accueille également une résurgence non captée, la source du Torrent, située au bord de l'Ibie et qui présente un débit d'étiage de l'ordre de 2 l/sec et des débits de crue de l'ordre de 500 l/sec. Cette source pourrait finalement correspondre à l'exutoire des pertes du ruisseau du Salastre, et a sans aucun doute un lien avec le forage d'Orbeire second captage AEP de la commune de Lagorce situé à l'Ouest de la source de Font Garou, puisque depuis la mise en exploitation de celui-ci, le débit de la source est semble-t-il influencé.

Le forage d'Orbeire, profond de 107 m, est installé au bord du Salastre, il capte une grosse fracture dans les calcaires urgoniens entre 97 et 99m de profondeur rencontrés à partir de 30m de profondeur sous des conglomérats gréseux du Cénomaniens. Des essais de pompage menés en 2009 par le BE RABIN ont montré que l'ouvrage était en mesure de fournir un débit de 50 m³/h avec un rabattement de l'ordre de 35m, mais son débit d'exploitation a été limité à 30 m³/h en raison de l'apparition de turbidité. Ces essais ont également permis de déterminer une transmissivité calculée à $4,7.10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$.

Sur le versant occidental de la dent de Rez, en rive gauche de l'Ibie, les écoulements de surface sont quasi-inexistants, les quelques vallées sèches qui sillonnent cette retombée anticlinale à fort pendage (30°) donnent lieu à des écoulements temporaires principalement en période de fortes précipitations. On peut citer la source du Baravon et la source de l'Eyrole dont les eaux se perdent plus ou moins rapidement après l'émergence (écoulements en moyennes et hautes eaux uniquement d'après le CDS07, mais débit d'étiage estimé respectivement à 0,1 et 1,5 l/sec par MAZELLIER dans les années 1970[19]).

Les possibilités d'infiltration sont donc multiples sur l'ensemble des affleurements calcaires situés du Nord à l'Ouest de l'unité, avec un impluvium marneux important à l'amont qui confère le type binaire à cet aquifère karstique.

Dans sa partie méridionale, la fracturation principale orientée Nord 45° draine les écoulements vers la vallée de l'Ibie et les accidents Nord 60-70° semblent également jouer un rôle prépondérant dans la localisation des émergences.

Quelques résurgences karstiques y sont présentes (Event de Rives-Marichard, Event des Fées). L'évent de Rives, situé à proximité du lit mineur de l'Ibie en rive gauche correspond à un entonnoir de quelques mètres creusé dans les alluvions jusqu'au bed-rock urgonien. Il en sort une rigole naturelle qui rejoint l'Ibie. Lors de sa mise en charge, qui peut durer tout l'hiver, l'eau emprunte cette rigole pour se déverser dans l'Ibie. Au-dessus, sur la berge et légèrement en aval l'évent donne accès à une galerie de 40 m stoppée sur un siphon.

A 150 m en amont se trouve l'évent de Marichard. Perché au-dessus du précédent, il constitue son trop-plein à écoulement exceptionnel.

Plus à l'aval, à l'entrée du défilé de l'Ibie, s'ouvre un réseau vertical de près de 100 m de profondeur qui débouche par l'évent des Fées, émergence temporaire qui peut présenter de forts débits en crue.

Le niveau de base principal semble correspondre à l'Ardèche au Sud. L'Ibie s'infiltré en effet au niveau de plusieurs zones de pertes situées le long de son parcours, qui la plupart du temps créent des

écoulements sous-alluviaux. En période d'étiage, le cours disparaît complètement, d'une part, entre l'aval de la source de Font-Garou (500m de distance à l'aval du pont situé sous "Champ Serrier" au niveau d'un accident Nord 10-20°) et d'autre part au niveau du lieu-dit "Treinière" avant la confluence de l'Ibie avec le Salastre qui la remet en eau momentanément sur quelques centaines de mètres. Cette seconde zone de perte ne semble pas correspondre à une perte karstique mais plutôt au cours de l'Ibie qui disparaît momentanément sous un épais dépôt alluvial.

A l'extrémité Sud de l'unité karstique, l'Ardèche est jalonnée en rive gauche de plusieurs zones d'émergences plus ou moins diffuses, sous-alluviales ou qui arrivent directement dans les calcaires qui forment le lit de la rivière : source de la confluence Ibie/Ardèche (au moins 3 émergences situées en rive droite de l'Ibie, 30m avant la confluence), plusieurs émergences diffuses du Pont de la Combe (rive droite de l'Ibie), source du carrefour et Pracoutel (écoulements temporaires en fossé), source camping de l'île (sortie diffuses sous alluviales de plus faible débit)...

Les principaux phénomènes karstiques de l'unité vallée de l'Ibie sont résumés ci-après (Tableau 22) d'après les données du comité départementale de spéléologie de l'Ardèche. Les coupes correspondantes sont portées en annexe.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Écoulement	Fonctionnement	développement (m)	dénivelé (m)
Marichard (événement de)	Lagorce	OUI	temporaire	source	40	-30
Rives (événement de)	Lagorce	OUI			60	-18
Font Garou (exurgence captée de)	Lagorce		permanente	exurgence	0	
Ibie (perte de l')	Lagorce			perte	3	-3
Sompe (aven de la)	Lagorce	OUI			-25	25
Torrent (source du)	Lagorce			source	61	-2/+7
Vieille (grotte de la)	Lagorce	OUI			1100	-60/10
Rocher de la Lune (grotte du)	Lagorce	OUI	temporaire	trop-plein	250	-6/32
Saint Jean (exurgence de)	Lagorce		permanente	résurgence	0	
Baravon (source de)	Lagorce		temporaire	source	0	
Eyrolles (source d')	Lagorce			source	0	
Vitalie (aven)	Lagorce		temporaire	perte	212	-212
Enfer (perte de l')	Lagorce		permanente	perte	5	
Sompe (perte de la)	Lagorce			perte	0	
Claire (Baume)	Rochecolombe	OUI			100	-10/10
Vendoule (source captée de)	Rochecolombe	OUI	pérenne	résurgence	690	-35
Chazot (aven de)	Vallon Pont d'Arc				300	-55
Châtaigniers (grotte des)	Vallon Pont d'Arc	OUI			1100	40/12
Ebbou (grotte d')	Vallon Pont d'Arc	OUI			750	-15/4
Tiourre (source du)	Vallon Pont d'Arc	OUI	pérenne	résurgence	1270	-30
Pradier (grotte)	Vallon Pont d'Arc	OUI	temporaire	résurgence	1200	-11/35
Cheyrol (source captée du)	Vallon Pont d'Arc			source	0	
Ibie (événement d')	Vallon Pont d'Arc	OUI		résurgence	1500	12
Bas Moulin (source du)	Vallon Pont d'Arc		pérenne	exurgence	0	
Minoterie (source de la)	Vallon Pont d'Arc		pérenne	exurgence	0	
Inconnu (aven)	Vallon Pont d'Arc				0	
F2 (forage traçage)	Vallon Pont d'Arc				0	
Pont de la Combe (sources du)	Vallon Pont d'Arc			résurgences	0	
Combe Saint Pierre (forage de la)	Vallon Pont d'Arc			source		-30
Ratière (forage de la)	Vallon Pont d'Arc			forage		-70
Confluent Ardèche Ibie (source du)	Vallon Pont d'Arc			source	0	
Raid (grotte du)	Vallon Pont d'Arc	OUI			1200	73
Charlemagne (source du)	Vallon Pont d'Arc		pérenne	source		

Tableau 22 : phénomène karstiques de l'unité Vallée de l'Ibie

L'Ardèche est également jalonnée en rive droite par les sources du Bœuf ainsi que les deux forages AEP du même nom. Les sources du Bœuf, au nombre de trois émergences minimum) se situent en face, en rive droite, au niveau de la confluence avec l'Ibie. Les captages qui captent la même émergence pourraient être aussi en relation avec la rive gauche et la basse vallée de l'Ibie (BURGEAP – 1991[20]).

Au Sud-Est, et en limite de l'unité karstique « vallée de l'Ibie », une autre émergence pérenne est captée pour l'AEP : la source du Tiourre (2 l/sec à l'étiage et débit supérieur à 100 l/sec en crue) qui alimente en eau potable la commune de Vallon-Pont-d'Arc au débit constant de 19 m³/h car régulé en aval par une vanne. Cette source vauclusienne originale est située au fond d'une reculée de 2,5 km et à 200m au-dessus de l'Ardèche (

Figure 74 et Figure 75). Son altitude élevée est expliquée par la karstification qui n'a pas pu s'enfoncer davantage car elle a atteint les marno-calcaires hauteriviens imperméables. La source du Tiourre est une sortie perchée et pérenne du ruisseau temporaire de Pissevielle (BELLEVILLE - 1985). D'un

développement supérieur à 1 km pour un point bas noyé situé à -22 m. Les développements de cette source semblent contraints par la géologie qui réduit ici le bassin d'alimentation de cette source et de fait son potentiel hydrogéologique stratégique.

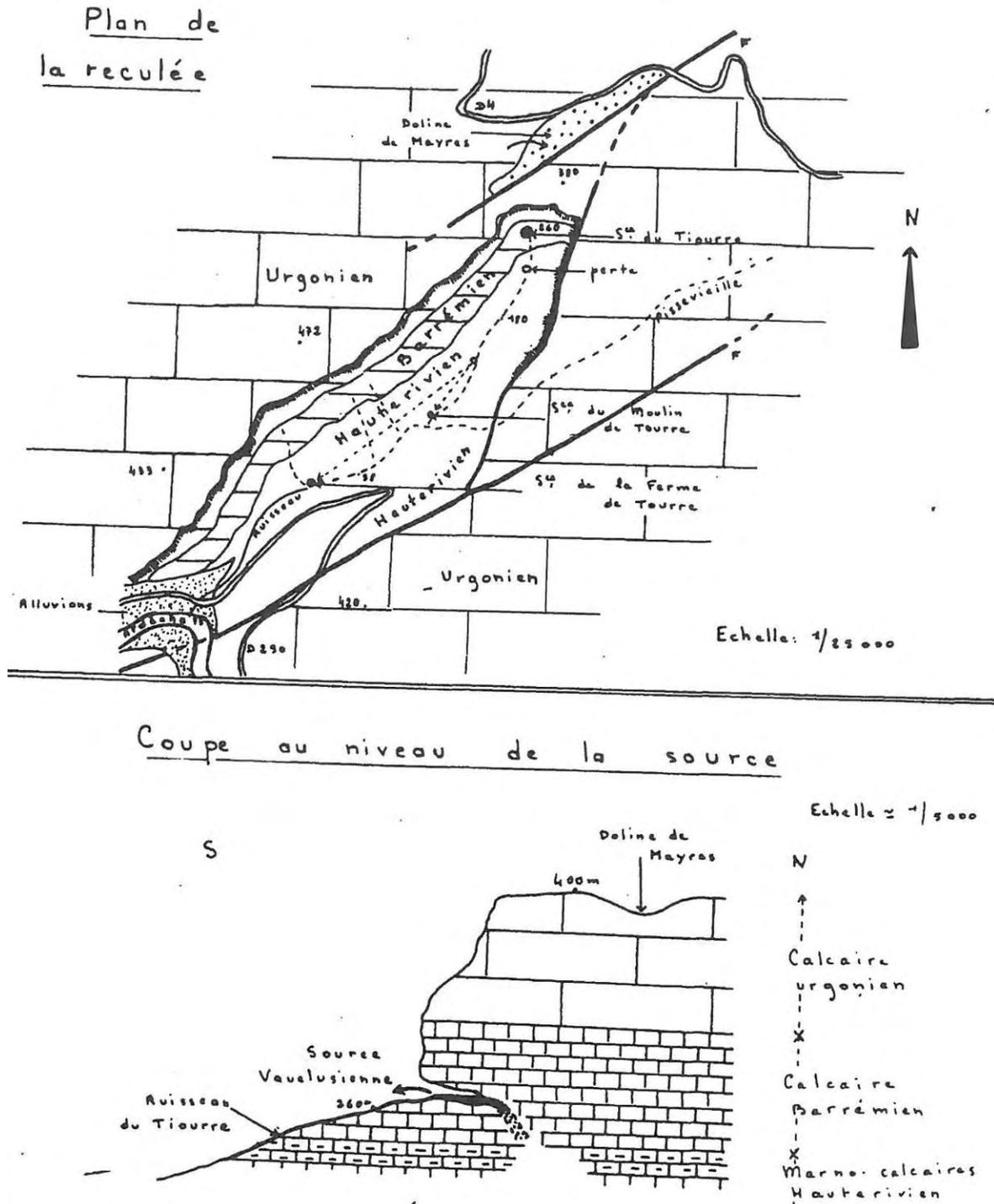


Figure 74 : plan et coupe de la source du Tiourre (MAZELLIER – 1971)

Il est impossible pour le moment de savoir si cette source doit être rattachée à l'unité karstique « Vallée de l'Ibie » ou à sa voisine « Gorges de l'Ardèche – rive gauche » car il est nécessaire de préciser les limites de son bassin d'alimentation qui pourraient s'étendre sur une large superficie du plateau calcaire jusqu'au Sud de la dent de Rez.

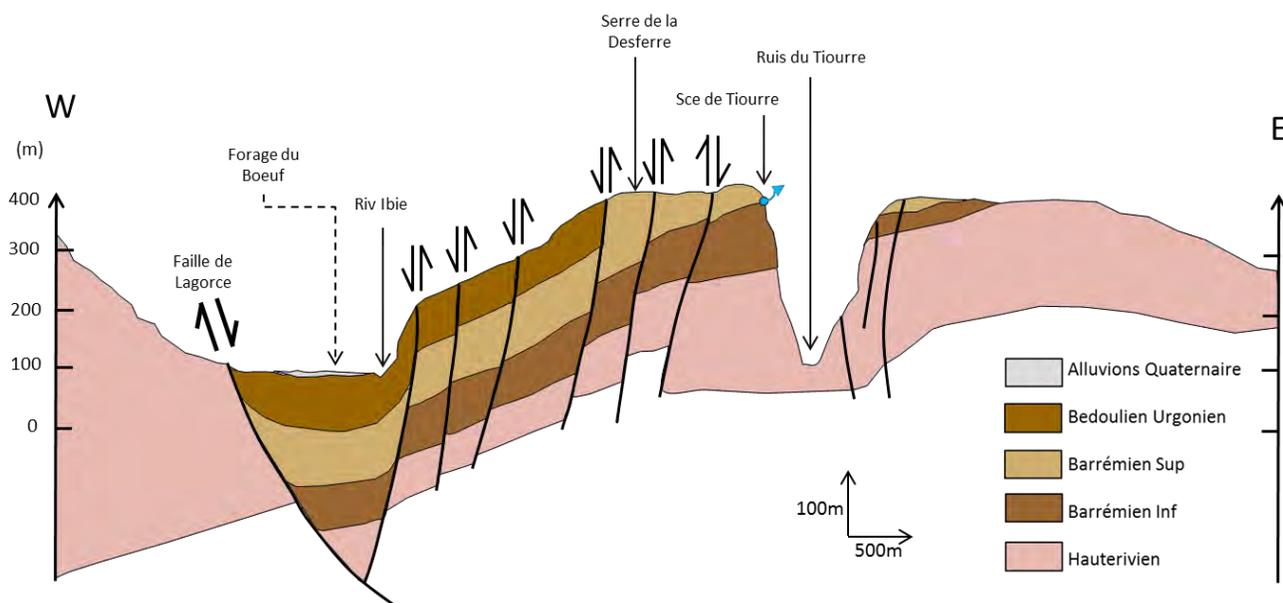


Figure 75 : coupe géologique KD' passant par l'unité Vallée de l'Ibie au Nord de Vallon-Pont-d'Arc (IDEES-EAUX – 2015)

On note enfin, au niveau de Chames et à la base des calcaires, l'évent d'Ibie. Cette source temporaire d'un développement supérieur à 1 km semble drainer malgré son nom, uniquement la lanière calcaire située entre le ruisseau du Tiourre et la vallée perchée du ravin de Combe Longue. L'évent d'Ibie ne comporte que quelques points d'eau non encore explorés en plongée. La cavité ne présente pas d'écoulement à l'étiage, mais des débits importants en hautes eaux.

3.4.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge naturelle de l'unité karstique « vallée de l'Ibie » se fait :

- Par infiltration directe des précipitations sur les affleurements du Barrémien – Urgonien ;
- Lors des périodes de fort ruissellement, d'une part, par perte dans les avens situés sur la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze, et d'autre part, par perte partielle ou totale au droit des différents ruisseaux qui entaillent le Barrémien au Nord (La Ceysette – Le Salastre) et le plateau de Saint-Remèze à l'Est (ruisseaux de l'Eyrole, du Baravon, de l'Enfer...);
- Par les pertes de l'Ibie en aval de Font-Garou.

Il s'agit d'un système binaire dont la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze, affecté par un découpage en lanière par les nombreuses fractures d'orientation Nord 45°, est le siège d'un karst non mature avec des circulations profondes au profit des fractures multiples qui drainent les écoulements vers autant de point de sortie visibles ou non visibles.

En effet, la vallée de l'Ibie représente au sud des Sallèles une unité particulière : la rivière subaérienne est à sec en période sèche (à l'exception de la partie Font-Garou – trou de la Lune du fait d'une partie du collecteur à l'Ibie), ce qui fait que les éventuelles sorties d'eau karstiques sont pour la plupart invisibles car les réseaux souterrains ont été parfois pénétrés à une altitude bien inférieure à celle du lit de l'Ibie.

Les cavités actives ne montrent donc que des regards sur une nappe d'eau souterraine sans courant visible hors la grotte de la vieille, voire peut-être la grotte du Raid.

3.4.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Une esquisse piézométrique de la terminaison nord orientale a été tracée [21] en se basant sur l'hypothèse d'une nappe unique et continue hébergée par les calcaires et marno-calcaires ayant comme unique niveau de base l'Ardèche à l'Ouest (137 – 138 m NGF et l'Ibie à l'Est (176 m à Font-Garou) (Figure 76).

En dehors de ce secteur les quelques points d'accès à l'aquifère karstique n'ont jamais été nivelés, ils permettraient de fournir un sens d'écoulement général de la nappe.

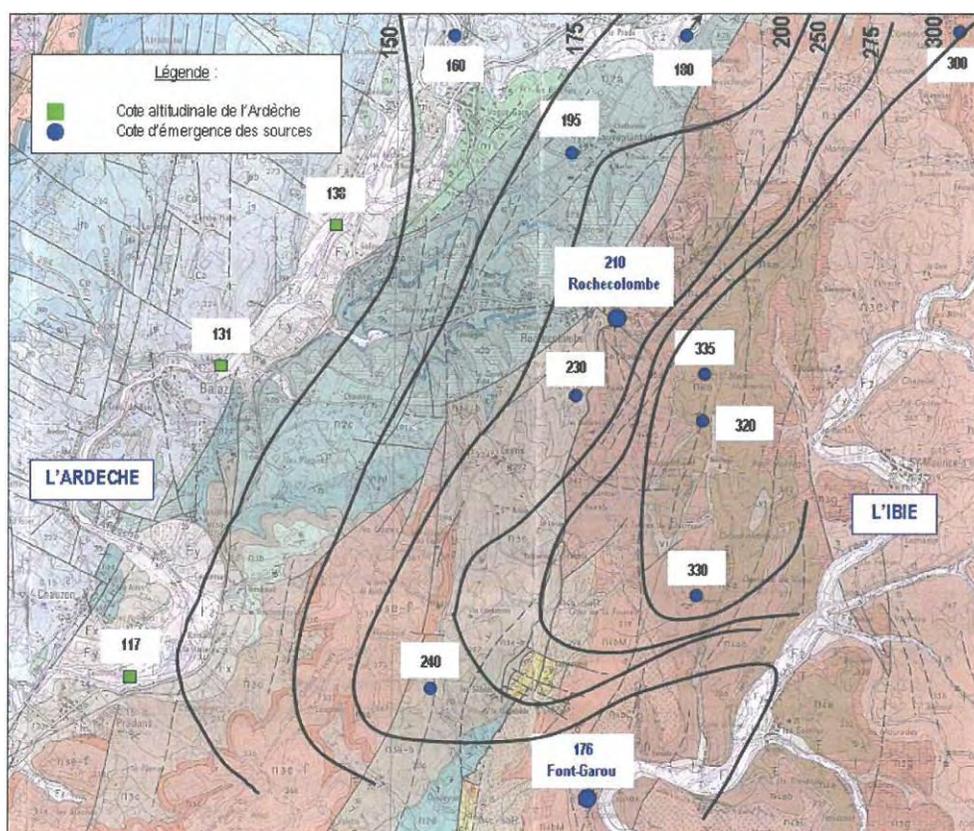


Figure 76 : esquisse piézométrique de la terminaison nord orientale du Bas-Vivarais

3.4.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

On rappellera qu'à l'issue des essais de pompage réalisés sur le forage d'Orbeire, Gille RABIN évalue la transmissivité des calcaires fracturés à $4,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$ [22].

Trois expériences de traçages ont été mises en œuvre sur l'unité « Vallée de l'Ibie » :

- En mai 1983, Belleville injecte 220g d'uranine à l'amont de la perte du ruisseau de Pissevieille qui draine la partie méridionale de la dépression de Saint-Remèze. La source de Tiourre est très rapidement positive au traceur avec une vitesse d'arrivée supérieure à 100 m/h. La source de la Minoterie, située au milieu de la reculée de Tiourre, est également positive, mais la décroissance simultanée par rapport à la source de Tiourre semble indiquer une alimentation indirecte par les pertes du ruisseau de Tiourre. La source du Bas-Moulin située dans le tiers aval de la reculée montre également une vitesse de transfert proche de 100 m/h. En revanche la petite source de l'Aiguille situé au débouché du vallon de l'Ardèche est négative.
- En février 1991, dans le cadre des études préliminaires pour la mise en place de la station d'épuration de Vallon-Pont-d'Arc, BURGEAP injecte :
 - 10kg de fluorescéine dans le forage F2, piézomètre créé spécialement pour l'étude (calcaires urgoniens peu fracturés ($1 \text{ m}^3/\text{h}$ injectable) jusqu'à 41 m de profondeur sous 4 m de recouvrement alluvial.
 - 50kg d'iodure de sodium (42kgs d'iode) dans l'aven du Pont (le traceur a dû être poussé par de l'eau à cause de la faible capacité d'absorption de la fissure rencontrée sur ce point d'eau).
 - Les traceurs sont suivis :
 - Sur l'un des deux forages de la Ratière (Cénomaniens) réalisés en vue de renforcer l'AEP de Vallon-Pont-d'Arc mais non utilisés en raison d'un débit trop faible : l'iode y est détectée nettement 24 heures après l'injection mais pas la fluorescéine ;
 - Sur le forage de la Combe Saint-Pierre, forage privé atteignant le karst, l'iode y est également détectée nettement en 24 heures de manière moins régulière mais pas la fluorescéine ;
 - Sur 2 résurgences karstiques situées en rive gauche de l'Ibie à l'aval immédiat du Pont de la Combe, l'autre dans le lit de l'Ibie à l'amont immédiat de la confluence avec l'Ardèche ; cette dernière ne serait pas une résurgence karstique, mais une sortie du remplissage alluvial. La première est atteinte nettement par l'iode en 24 heures et la fluorescéine y apparaît au bout de 18 jours tout aussi nettement après 60mm de pluie survenue début mars. La seconde n'est pas tracée par l'iode mais la fluorescéine y apparaît de manière nette au bout de 30 jours.

- Sur la source du carrefour de la déviation au contact alluvions-karst ; l'iode y apparaît deux fois de manière faible à 14 jours et 31 jours et la fluorescéine n'est pas détectée ;
- Sur les écoulements de surface de l'Ibie en amont du Pont de la Combe ; l'iode y est détectée en faible quantité au bout de 3 jours puis une nouvelle fois au bout de 43 jours. La fluorescéine y apparaît au bout de 25 jours de façon nette, soit 7 jours après la détection sur la résurgence du Pont de la Combe située un peu plus à l'aval ;
- Sur trois sources situées en rive gauche sur la bordure du lit de l'Ardèche : source du castor canoë, source de la barque et source du camping de l'île : 2 contrôles positifs d'iodures sont enregistrés faiblement à 8 et 52 jours à la source du canoë, la fluorescéine est détectée en quantité faible à la source de la Barque au bout de 40 jours, et rien n'est décelé sur la source du camping de l'île.
- Sur le puits des castors (AEP Vallon) en rive gauche de l'Ardèche, aucun des deux traceurs n'est retrouvé ;
- Sur le captage de la source du Bœuf, en rive droite de l'Ardèche, 2 contrôles positifs sont enregistrés en iodure (8 et 52 jours) mais avec des concentrations voisines du seuil de détection.

Ce qu'il faut également retenir de ce traçage c'est qu'au moment de l'injection, le cours de l'Ibie était sec au droit du site, mais actif 500 m en amont (50 l/s) et redevenait actif en amont du Pont de la Combe (10l/s) ;

Le niveau d'eau dans le forage d'injection se trouvait à 4,7 m du sol, soit 70 cm sous le contact alluvions calcaire. En revanche, sous le lit à sec de l'Ibie, les alluvions étaient quasiment entièrement saturées.

Les différentes restitutions obtenues pour la fluorescéine tendraient donc à faire l'hypothèse d'une « coloration forcée du karst » mais surtout d'une coloration du remplissage alluvial de l'Ibie.

- Enfin en août 2002, GEOPLUS établit une relation par coloration entre le Goul de la Sompe et la source de Font-Garou (arrivée du traceur en faible quantité 22h30 après l'injection).

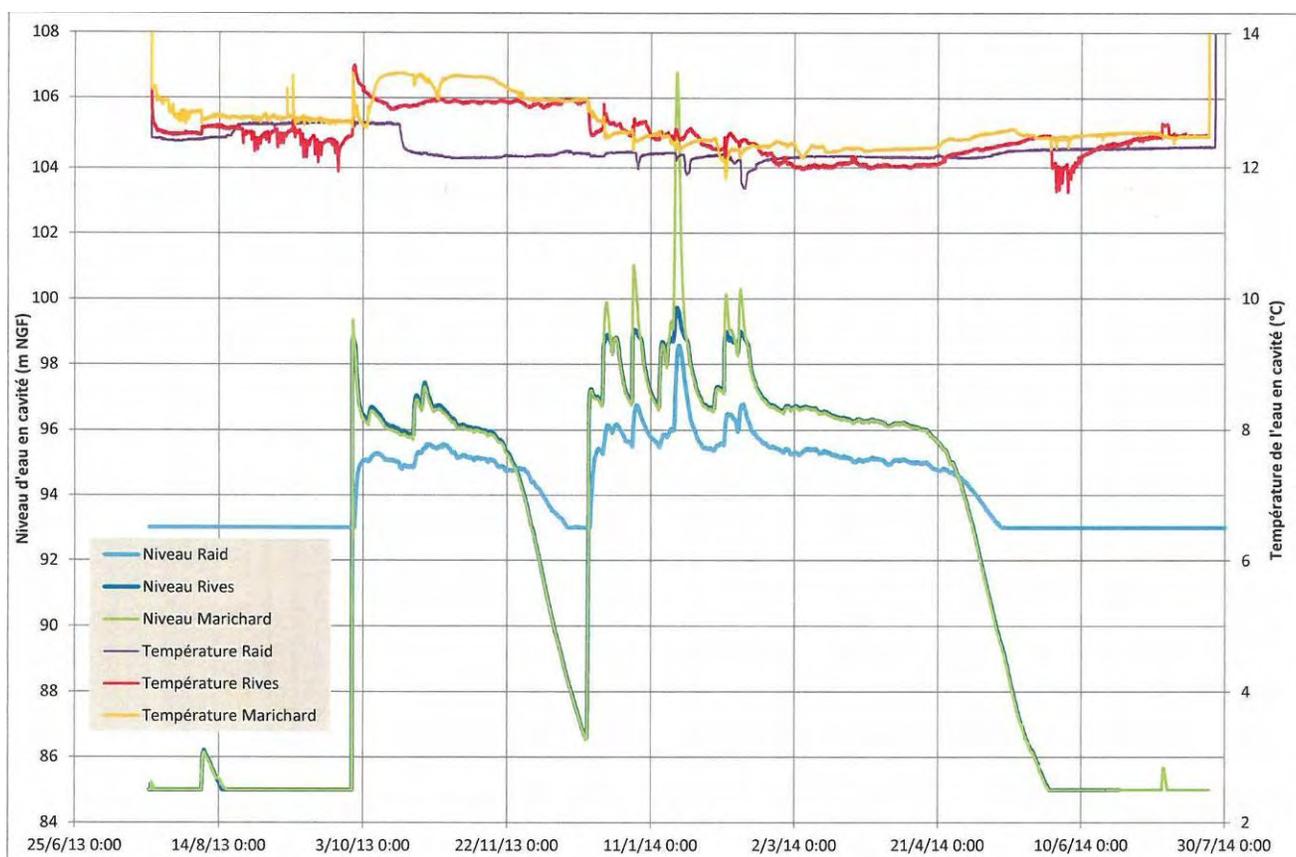
On peut signaler également la relation à priori probable entre le forage d'Orbeire et la source du Torrent qui, depuis la mise en service du forage, a vu réduire considérablement le débit de la source.

3.4.3. Appréciation du potentiel quantitatif

En ce qui concerne le potentiel aquifère de cette unité, l'existence d'un karst noyé a d'abord été démontrée au cours des travaux de construction d'un pont sur l'Ibie en août 1970, au lieu-dit « Chambon », à l'aval de la source de Font-Garou, sur la même fracture° qui recoupe pratiquement par deux fois le lit de l'Ibie et où se perdent, plus en aval, les eaux de trop-plein de la source. Une galerie donnant lieu à un écoulement d'eau sous pression a alors été recoupée (Mazellier – 1971).

La poursuite de ce karst plus au Sud Est une hypothèse forte puisque que certains réseaux situés en rive droite de l'Ardèche face à la vallée de l'Ibie descendent sous le niveau de l'Ardèche (grotte de la Chaire, Goule de Foussoubie). Certaines sorties d'eau sont aussi présentes sous l'Ardèche au niveau de la confluence Ibie – Ardèche et des iodures injectés en rive gauche ont été détectés sur le captage du Bœuf situé en rive droite à l'occasion des essais de traçage réalisés par BURGEAP en 1991.

Ensuite, une corrélation entre les variations des niveaux d'eau mesurés par le CDS07 à l'évent de Marichard, à l'évent de Rives et à la grotte du Raid d'octobre 2013 à mai 2014 (Figure 77), indique une réaction superposable entre ces trois points d'eau.



Une schématisation (Figure 78) - sans notion de distance - entre le profil topographique du lit de l'Ibie et les différents niveaux relevés en hautes et basses eaux par le CDS07 à l'occasion de différentes sorties spéléologiques, à la grotte de la vieille, l'évent de Marichard, l'évent de Rives, la grotte du Raid et l'évent des Fées, permet de constater que le niveau de basses eaux se situe à une profondeur relativement constante comprise entre 5 à 10m sous le niveau de l'Ibie, confirmant la présence probable d'une zone noyée sur ces secteurs.

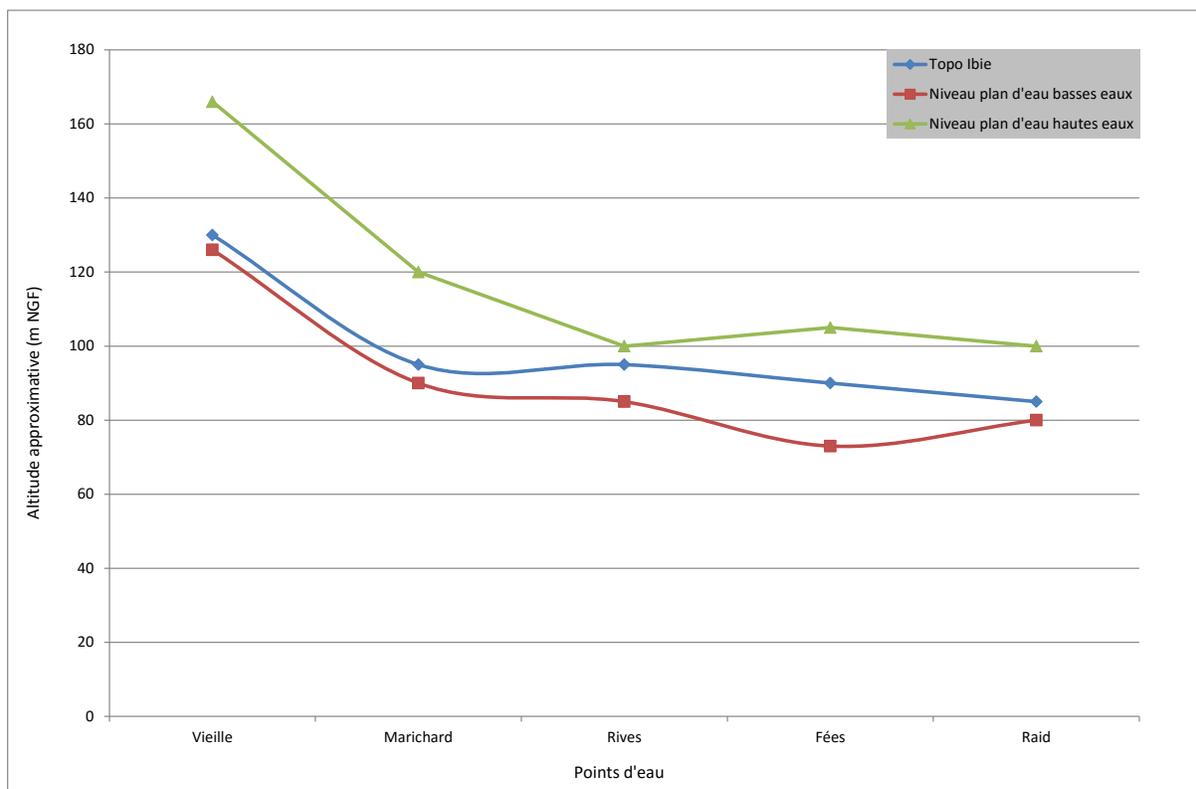


Figure 78 : schématisation du profil topographique du lit de l'Ibie et des niveaux de plus basses et plus hautes eaux relevés par le CDS07 à l'occasion des différentes sorties spéléologiques (IDEES-EAUX – 2015)

Enfin, Thierry MARCHAND indique l'existence d'un important collecteur exploré sur plus de 300 m à la grotte du Raid, lequel se présente sous la forme d'un canyon à base noyée dont le sens d'écoulement a été déterminé par le déplacement de matériel en crue. Ce collecteur est en revanche difficile d'accès en période de hautes eaux car il suppose le passage d'une étroiture qui ne se trouve désamorcée qu'en basses eaux.

3.4.4. Echanges nappe/rivière

Dans la zone amont de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie » et sur la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze, les affluents de l'Ibie n'ont pas de lien direct avec la zone noyée mais contribuent à l'alimentation indirecte de celle-ci, par leurs pertes, dès que les cours d'eau rencontrent un accident structural.

L'Ibie joue ensuite un rôle intermédiaire particulier puisqu'à partir des Sallèles, elle va tantôt drainer ou tantôt infiltrer l'ensemble de ces écoulements issus des plateaux :

- A l'aval de Font Garou, la remise en eau de l'Ibie est temporaire puisque les eaux parviennent à s'infiltrer vers le karst au droit d'une première faille qui représente une zone de perte ponctuelle active uniquement à l'étiage.
- L'Ibie passe ensuite momentanément sur les terrains marneux et sableux du Bédoulien et du Turonien avant de retraverser l'Urgonien en petites gorges, peu avant sa confluence avec l'Ardèche :
 - Dans sa traversée sur les terrains marneux et sableux, les écoulements vers le karst sont donc impossibles.
 - Hors étiage, l'Ibie grossit ensuite à partir de l'Event de Rives, principale émergence située en rive gauche, mais dont le débit n'est pas mesurable précisément.
 - A l'étiage, l'Ibie ne coule plus à partir du pont qui l'enjambe avant le défilé, elle se retrouve donc de nouveau en position infiltrante.
- A l'aval du défilé, plusieurs sources sont identifiées en rive droite de l'Ibie en période de moyennes eaux lorsque le niveau de l'Ibie est suffisamment bas. L'Ibie se retrouve donc en position drainante juste avant sa confluence avec l'Ardèche.

3.4.5. Qualité des eaux

La qualité des eaux de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie peut être partiellement appréciée à partir des analyses réglementaires réalisées sur les captages AEP, à savoir la source du Moulin sur la commune de Rochecolombe, le forage d'Orbeire et la source de Font-Garou sur la commune de Lagorce et le captage du Tiourre pour la commune de Vallon-Pont-d'Arc.

D'un point de vue physico-chimique, ces eaux bicarbonatées calciques sont le plus souvent de bonne qualité, au contraire de la bactériologie, qui comme toutes eaux issues de domaines calcaires karstiques peut présenter une pollution récurrente qui nécessite un traitement par chloration.

La nature de l'aquifère confère également l'absence de filtration ce qui peut amener des problèmes de matière en suspension et des dépassements récurrents en ce qui concerne le paramètre turbidité, notamment à l'occasion des épisodes de crue.

3.4.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque sur ce domaine karstique est importante mais elle est globalement atténuée par la présence d'une végétation dense de chênes verts au milieu d'arbustes de type garrigue. Depuis l'abandon dans certains secteurs de Lagorce des parcelles cultivées et du pâturage intensif au profit de troupeaux de chèvres et de moutons, la végétation s'est beaucoup développée rendant également les bois plus difficilement accessibles en dehors de pistes en anciennes routes goudronnées.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

Une très grande partie du plateau de Saint-Remèze depuis le Sud des Sallèles est également située en zone Natura 2000.

Depuis la mise en évidence d'une relation nette entre le ruisseau de Pissevieille qui draine le secteur de Saint-Remèze et le captage du Tiourre, par Belleville en 1983, ce dernier est probablement le captage actuellement le plus vulnérable de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie car la qualité des eaux de l'émergence peut être rapidement détériorée par les pollutions susceptibles d'être véhiculées par le cours d'eau qui draine une zone d'occupation humaine importante et des cultures.

Concernant l'occupation des sols (Tableau 23 et Figure 79), l'unité karstique Vallée de l'Ibie est majoritairement occupée par les forêts de feuillus. Le fond de vallée et plus précisément la rive droite de l'Ibie est occupée par des vignobles et de petites cultures.

On notera enfin un tissu urbain discontinu entre Lagorce et Vallon-Pont-d'Arc.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,99	1,38%
221 : Vignobles	3,36	4,66%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	4,10	5,69%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	2,64	3,66%
311 : Forêts de feuillus	44,80	62,10%
313 : Forêts mélangées	0,41	0,57%
321 : Pelouses et pâturages naturels	3,42	4,74%
322 : Landes et broussailles	4,75	6,58%
323 : Végétation sclérophylle	5,71	7,91%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,93	2,67%
511 : Cours et voies d'eau	0,03	0,04%
	72,15	100,00%

Tableau 23 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Vallée de l'Ibie

Aucune ICPE n'est présente et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé.

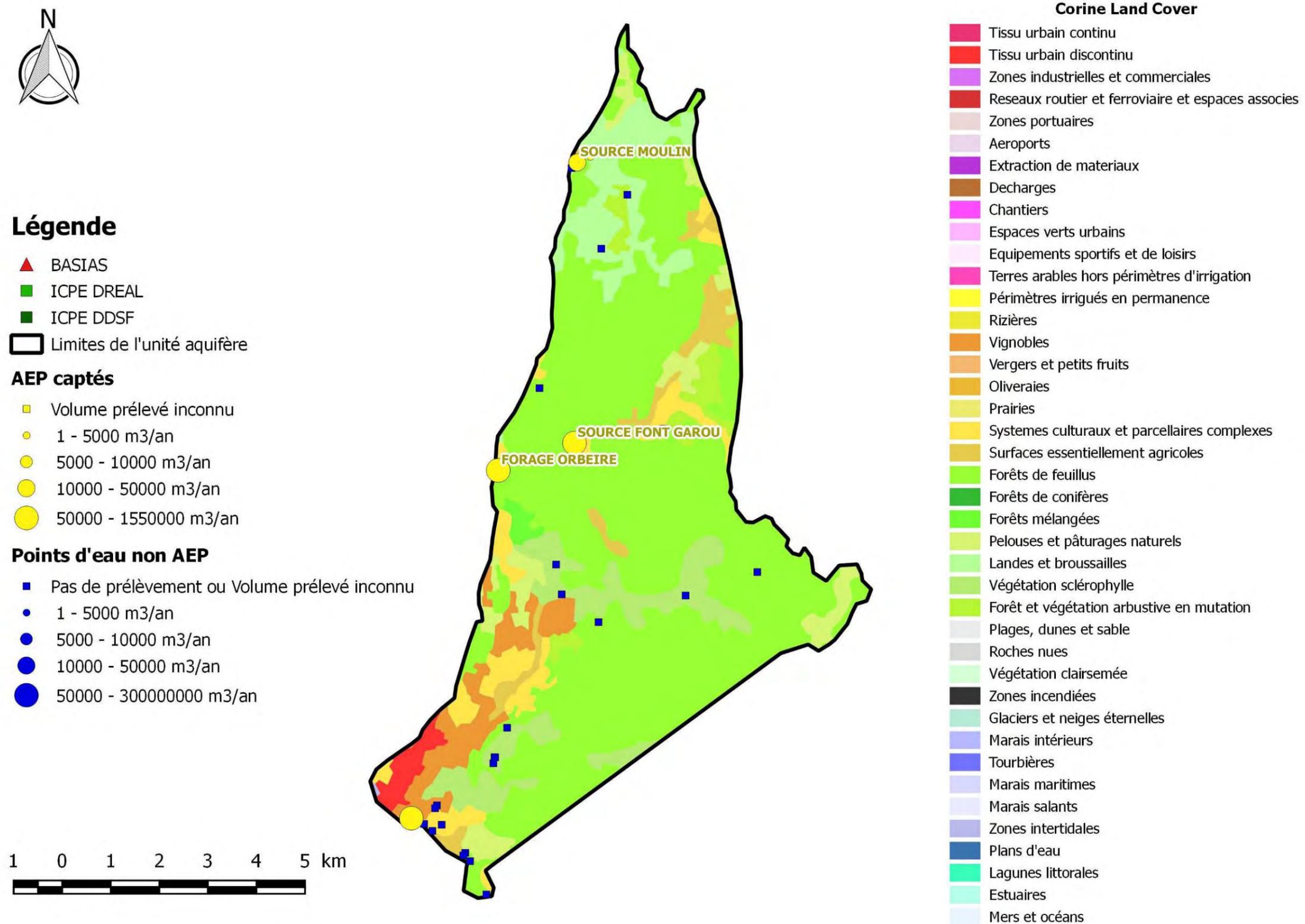


Figure 79 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Vallée de l'Ibie (Corine Land Cover)

3.5. L'unité Viviers – Saint-Montan

3.5.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité aquifère « Viviers-Saint-Montan » est caractérisée par les calcaires du Barrémo-bédoulien à faciès Urgonien (Crétacé inférieur) dont l'épaisseur est très variable sur ce secteur (quelques dizaines de m à 200 m voire 300 m –[23]). La structure de cette unité calcaire est relativement complexe et hétérogène. Elle est formée d'un enchaînement de morphologies synclinales et anticlinales qui se confondent au sein d'une même continuité stratigraphique (ex : synclinal de Bayne et anticlinal de Serre des Parts -Figure 80).

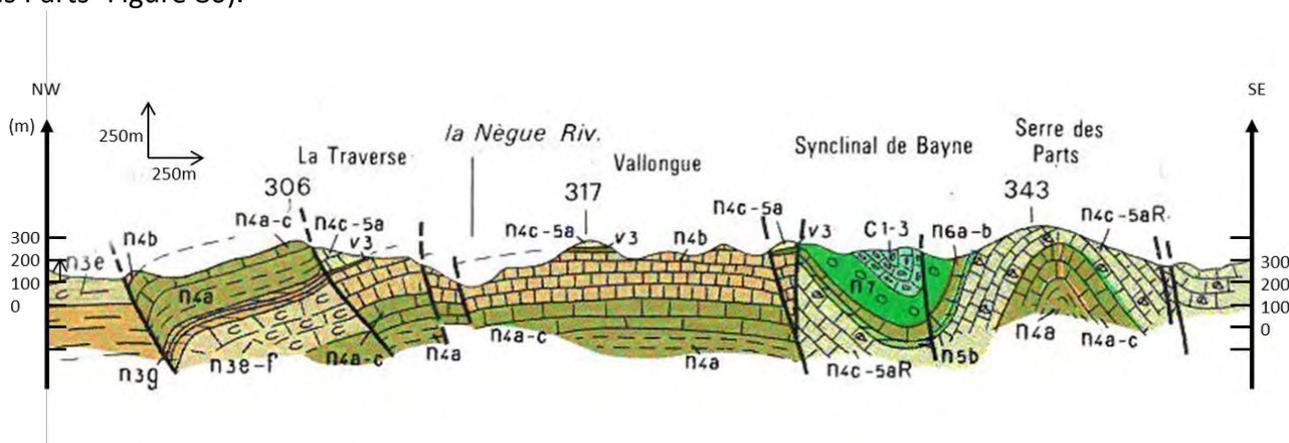


Figure 80 : coupe géologique IB' orientée NW-SE passant par le synclinal de Bayne (BRGM)

On assiste également à un changement latéral de faciès et non pas à une superposition des couches entre les calcaires blancs et massifs de l'Urgonien à l'Est, et les calcaires du Barrémien supérieur à l'Ouest. Ces formations sont du même âge mais correspondent à des conditions de dépôt différentes (Figure 81).

Au droit des cœurs synclinaux, les calcaires du Barrémo-bédoulien sont recouverts par un ensemble comprenant les calcaires du Cénomaniens, les sables et calcaires du Gargasien et les marnes imperméables de la violette d'âge Bédoulien (synclinaux de Bayle et d'Eylieux). Ces dépôts sont également présents à l'affleurement au niveau de Saint-Montan.

Les calcaires ne sont aquifères que par leur karstification potentiel, leur fracturation et leur plan de stratification. L'unité est caractérisée par la faille cévenole autour de laquelle se développe un réseau de failles mineures qui découpent et décalent la série géologique, notamment vers la vallée du Rhône.

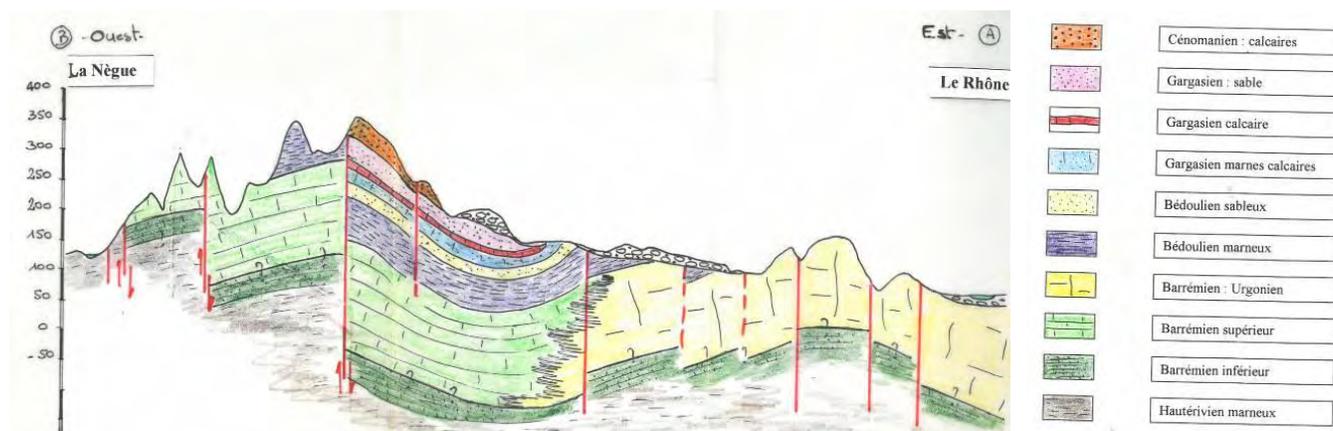


Figure 81 : coupe géologique IA' orientée NNE-SSW passant légèrement au Sud du forage de Belieure (IDEES-EAUX - 1999):

- A l'Ouest par la grande faille normale correspondant au faisceau cévenol de direction SW/NE qui relève le compartiment Ouest et vient mettre en contact les calcaires du Barrémien inférieur et les calcaires du Barrémo-bédouliens. La limite pourrait être déplacée un peu plus à l'Ouest car ce contact faillé ne peut pas être considéré totalement comme une limite étanche. En revanche, il est à l'origine d'un changement de pendage radical qui pourrait décaler cette limite, un peu plus à l'Ouest sur le plateau de Vallongue.
- Au Sud-Ouest, par les gorges de la Sainte-Beaume qui forme une véritable incision au sein des calcaires barrémo-bédouliens et sont le siège d'une faille normale qui vient mettre en contact, comme sur la limite précédente, les calcaires du Barrémien inférieur et les calcaires du Barrémo-bédouliens (Figure 82).
- Les limites Nord et Est sont plus délicates à tracer car les calcaires s'enfoncent sous le bassin Rhodanien, d'abord sous recouvrement Céno-aptien puis dans la vallée du Rhône et au-delà. Au Nord-Est, l'unité karstique se raccorderait au système karstique de la plaine de la Valdaine développé sur le territoire Drômois.

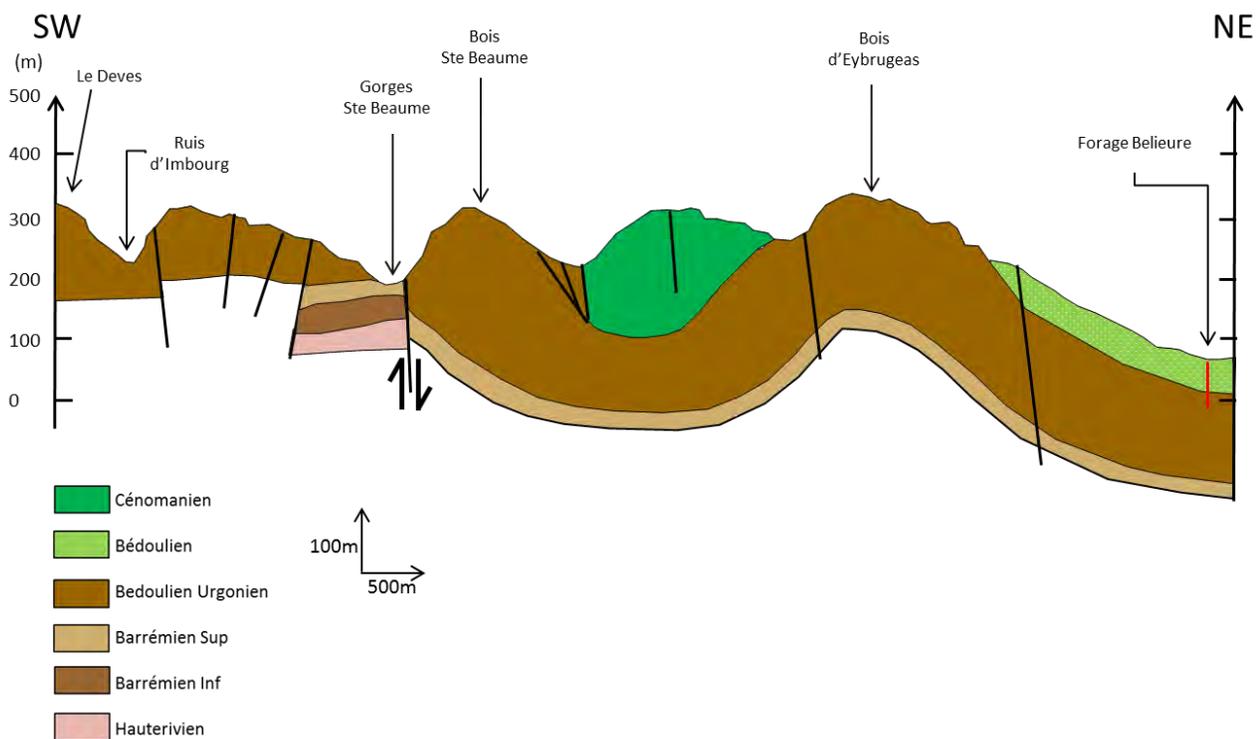


Figure 82 : coupe géologique IC' orientée SW-NE passant par le forage de Belieure (IDEES-EAUX - 2015)

La délimitation est considérée comme moyenne et les limites Ouest et Sud-Ouest dépendent également probablement des conditions hydrologiques.

Des investigations par géophysique et forage pourraient également permettre de préciser le rôle joué par la vire marneuse intercalée entre les calcaires du Barrémien supérieur et les calcaires du Barrémien terminal, elle est sans doute à l'origine de l'émergence des sources de la bordure rhodanienne telles que la source de Fontbonne ($3,1 \text{ m}^3/\text{h}$ à l'étiage), ou la source des Evêchés.

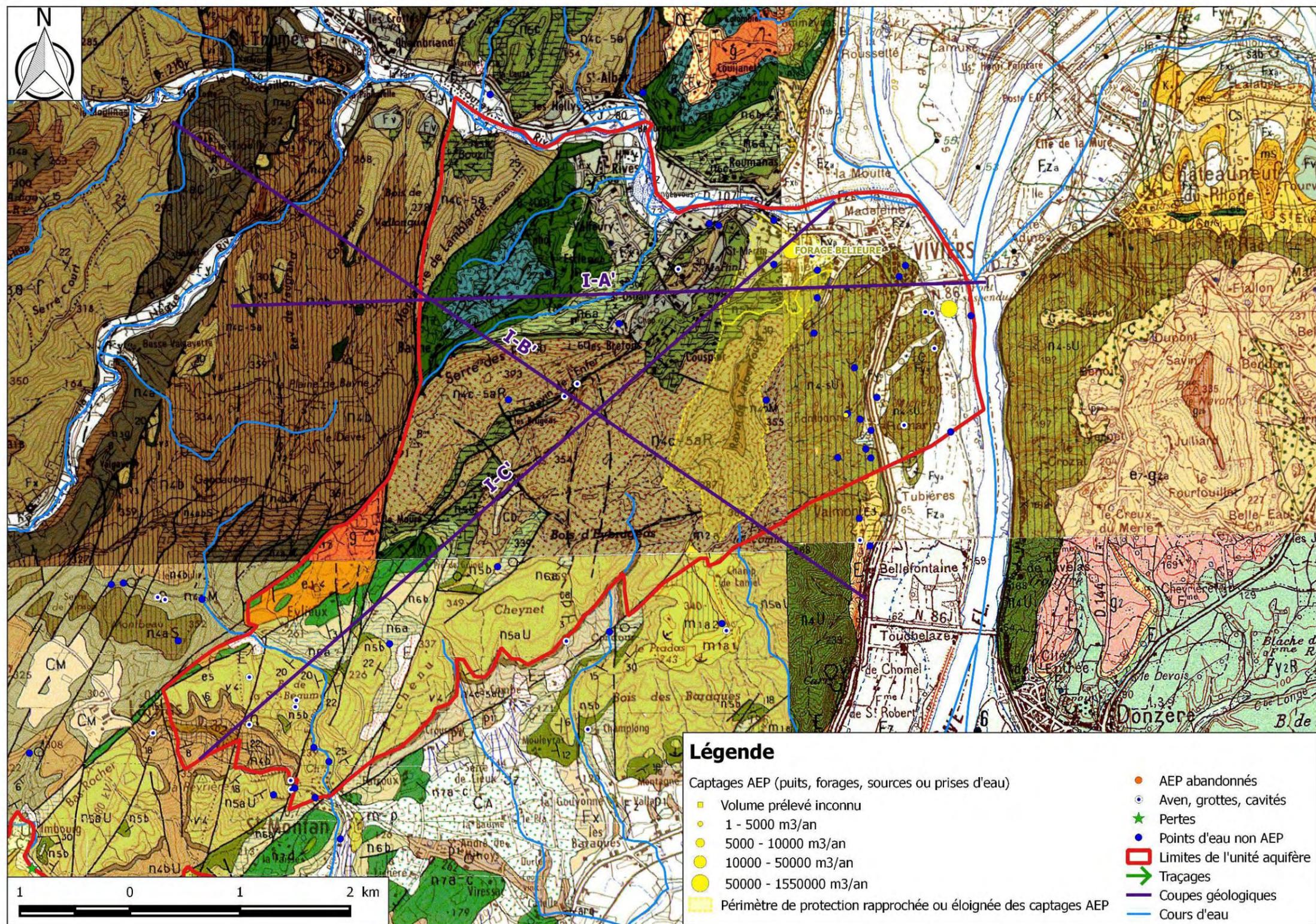


Figure 83 : limites de l'unité karstique "Viviers – Saint Montan" sur fond géologique

3.5.2. Hydrogéologie

La karstification au sein de la formation barrémo-bédoulienne est avérée en grand, mais localement les indices karstiques de surface (lapias, aven,...) ne sont que très peu représentés voire inexistants. Il est donc difficile de caractériser le karst de cette unité qui pourrait se développer au droit des plans de stratification. Les nombreuses fractures d'orientation Nord 45-50° constituent toutefois des axes de cheminement préférentiel pour l'écoulement des eaux.

Les calcaires à faciès Urgonien disparaissent totalement 7 km à l'Ouest de Viviers. Par contre, à l'Est, ces calcaires se continuent sur plusieurs dizaines de kilomètres et il est fort possible, voire très probable, que les fractures se prolongent également dans cette direction. Toutefois le Rhône sert de niveau de base et les calcaires doivent alimenter les alluvions par drainance. Ainsi, il n'existe donc pas de véritable exutoire identifié.

L'enchaînement de morphologies synclinales et anticlinales et la présence de dépôts épais (jusqu'à une centaine de mètres d'épaisseur) essentiellement marneux (marnes bédouliennes de la violette) localisés au droit des synclinaux (Saint-Montan – synclinal de Bayle) confère à l'unité aquifère Viviers-Saint-Montan un caractère aussi bien libre que captif.

Les nombreuses sources recensées sur la bordure rhodanienne trouvent leur origine au toit d'un niveau argileux (25 m d'épaisseur) intercalé au sein de la masse calcaire et qui pourrait correspondre à la vire marneuse intercalée entre le Barrémien supérieur et le Barrémien terminal. Elles n'ont donc, à priori, pas de lien direct avec les calcaires captés par le forage de Belieure qui est captif, mais font partie globalement de ce système karstique à priori étagé.

Les sources mesurées dans les formations plus récentes (cénomaniens, aptiens) ont un intérêt très limité.

3.5.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

L'unité aquifère Viviers-Saint-Montan est un système binaire qui cumule :

- Une recharge par infiltration directe des précipitations au droit des zones d'affleurement des calcaires Barrémo-bédouliens ; les eaux sont drainées et rapidement infiltrées sur les plateaux calcaires au droit des vallées sèches (ravin de l'Enfer), lesquels empruntent les grandes directions de fractures.
- Une recharge par infiltration indirecte des eaux précipitées puis ruisselées sur les terrains de recouvrement moins perméables tels que les marnes de la violette, les sables et calcaires du Gargasien qui finissent par s'infiltrer au droit des affleurements calcaires.

On ne peut pas non plus exclure totalement des apports en provenance de l'unité voisine Gras-Laoul ou par le biais des fractures du faisceau cévenol.

3.5.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

En 1998, dans le cadre de la recherche en eau effectuée sur Viviers qui a abouti à la création du forage de Belieure, IDEES-EAUX a proposé un tracé schématisé de la piézométrie sur le secteur de Viviers (Figure 84). La direction globale d'écoulement est orientée Nord 50° suivant le pendage des calcaires sur ce secteur. Les courbes piézométriques s'infléchissent aux niveaux de deux fractures qui semblent, par conséquent constituer des axes d'écoulement préférentiels.

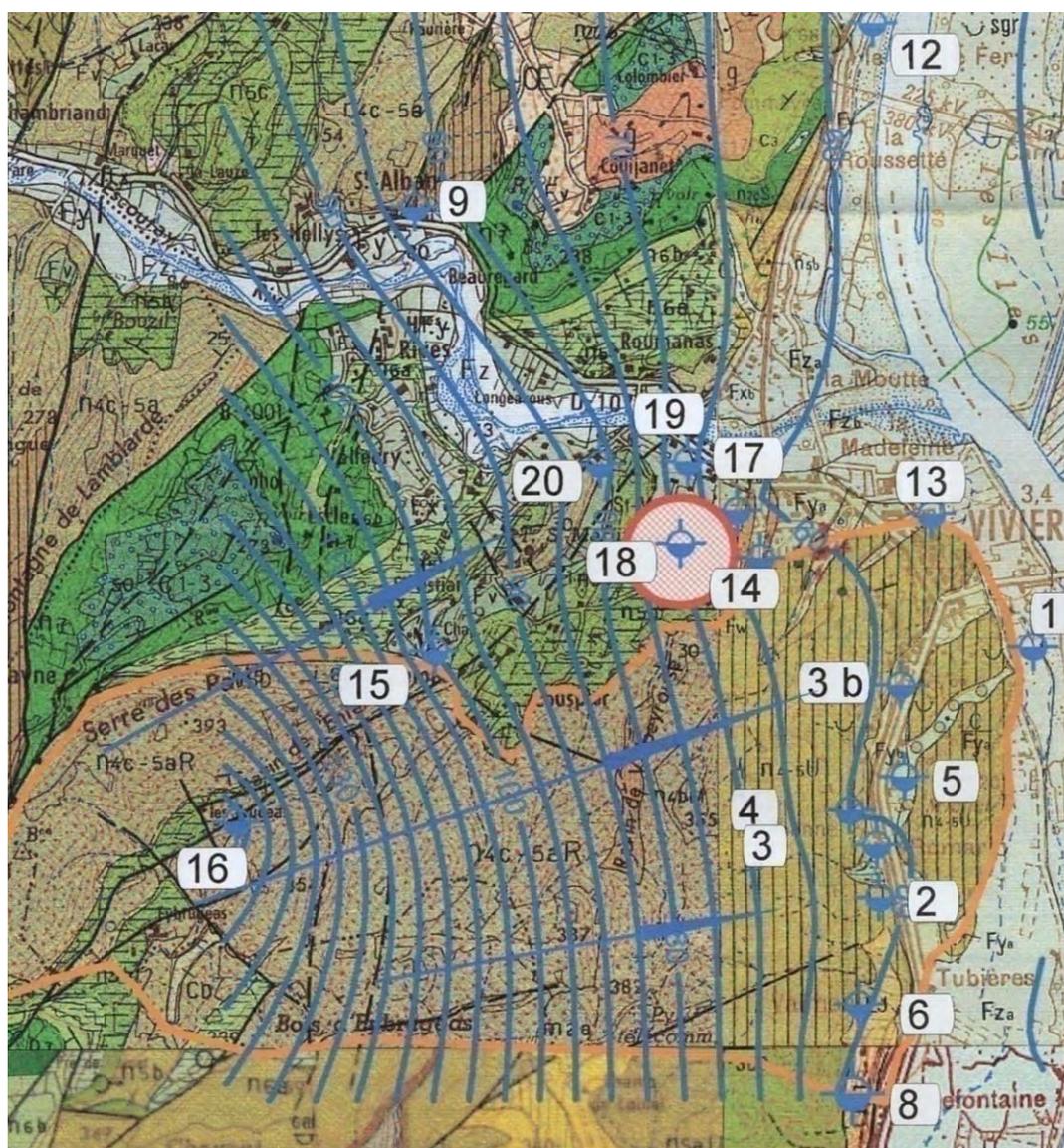


Figure 84 : esquisse piézométrique établie sur le secteur de Viviers (IDEES-EAUX – 1998)

3.5.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Les paramètres hydrodynamiques sur cette unité peuvent être approchés grâce aux essais de pompage réalisés sur le forage de Belieure. L'ouvrage a été testé au débit de 80 m³/h pendant un mois. La transmissivité calculée est comprise entre 3,8 et 5.10⁻² m²/sec et le rayon d'action a été évalué à 400 m.

Ces essais ont également fait l'objet d'une expérience de traçage pour définir les circulations des eaux entre les plateaux calcaires à l'Ouest, le forage de Belieure et les différentes émergences constituées notamment par la source de Fontbonne sur la bordure rhodanienne :

Une injection de 800 kgs de NaCl et 10 kgs d'iodure de sodium a été effectuée au droit de la perte de la source de Brugeas à 500 m de la ferme du même nom, perte localisée dans un vallon qui rejoint le ravin de l'Enfer à une distance de 5 km du forage de Belieure. Les résultats ont été négatifs pour les deux traceurs au forage de Belieure, à la source de Fontbonne et au forage de la ferme de Brugeas.

3.5.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Sur ce système, le seul captage AEP recensé est le forage de Belieure destiné à l'alimentation en eau potable de la commune de Viviers. L'ouvrage capte les calcaires urgoniens en charge sous 105 m de recouvrement marneux (Gargasien et marnes de la Violette appartenant au Bédoulien inférieur).

La bonne productivité du forage de Belieure (15 m³/h/m – débit d'exploitation possible : 200-230 m³/h) atteste d'importantes circulations souterraines au sein des calcaires urgoniens, mais il s'agit là pour l'instant de l'unique point d'eau d'intérêt du secteur et de l'unique indice d'une réserve non négligeable associée à cette unité karstique.

3.5.4. Echanges nappe/rivière

Aucun cours d'eau majeur n'est présent sur l'unité karstique Viviers-Saint-Montan. Le réseau superficiel se résume à quelques écoulements temporaires torrentiels qui empruntent les vallées sèches à l'occasion des fortes précipitations. Le Rhône correspond au niveau de base de l'aquifère à l'Est. Il n'est pas exclu que les calcaires sous-jacents alimentent *per ascensum* les alluvions du Rhône.

3.5.5. Qualité des eaux

Les eaux du forage de Belieure ont un faciès bicarbonaté calcique classique mais montrent une conductivité et une dureté élevées par rapport aux analyses réalisés sur les autres points d'eau accessibles du secteur de Viviers. Cette plus forte minéralisation traduirait un plus long temps de séjour au sein de l'aquifère karstique.

L'eau du forage de Belieure montre une bonne qualité bactériologique contrairement aux sources plus superficielles.

3.5.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

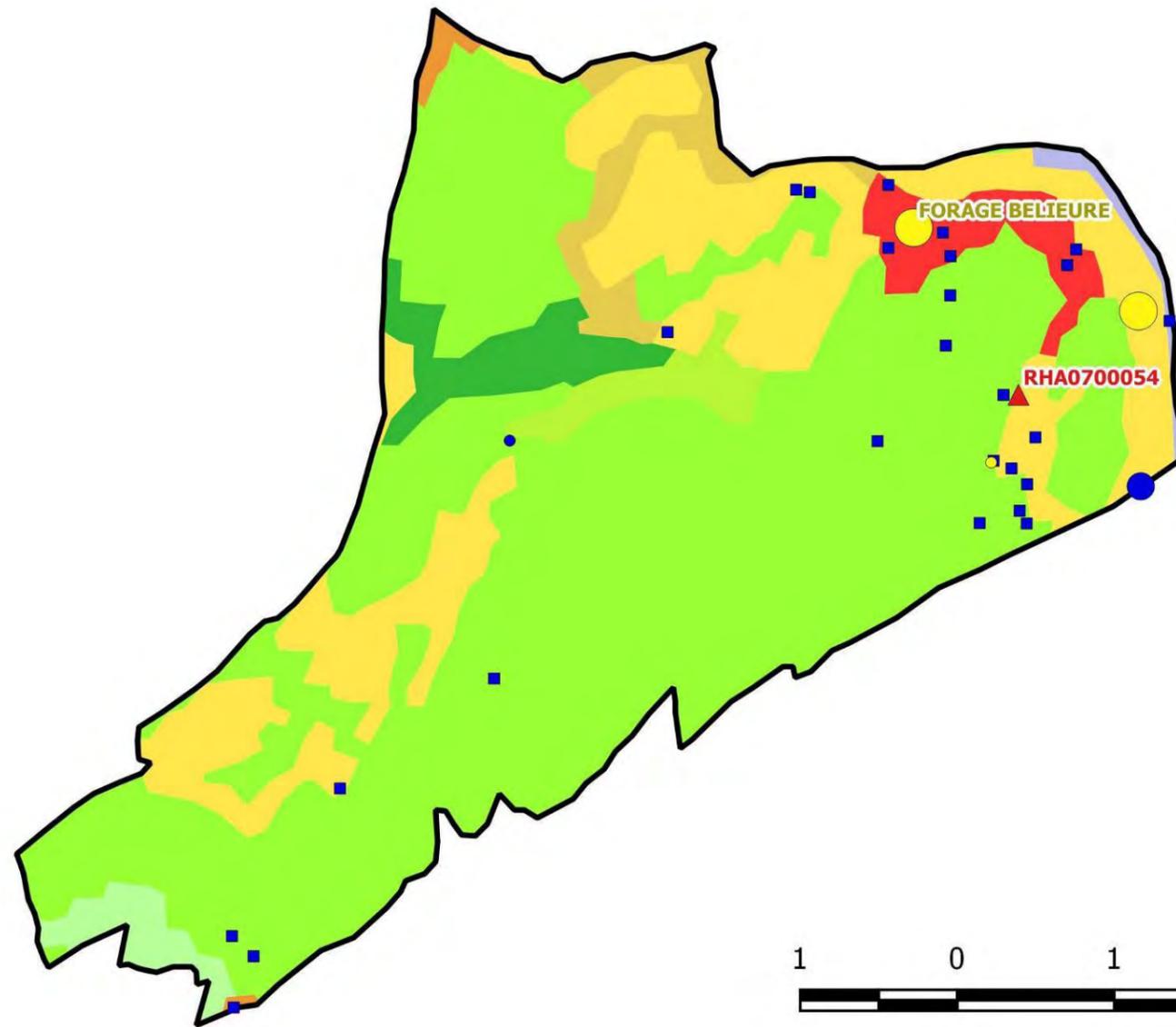
La vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère karstique est considérée comme modérée à cause de la présence d'un aquifère étagé intercalant des vires marneuses qui sont à l'origine des sources qui sortent côté Rhône. En profondeur, l'aquifère semble mieux protégé, sauf peut-être au droit des grandes fractures du faisceau cévenol qui peuvent participer à la recharge.

Concernant l'occupation des sols (Tableau 24 et Figure 85), l'unité karstique Viviers – Saint-Montan présente un environnement très peu contraint : les affleurements calcaires sont majoritairement recouverts par des forêts de feuillus, zones d'accès relativement difficiles-, alors que les secteurs d'habitat péri-urbain ou les systèmes culturels parcellaires sont localisés au droit des écrans imperméables qui protègent naturellement l'aquifère des pollutions directes par infiltration.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,68	3,12%
221 : Vignobles	0,11	0,50%
242 : Systèmes culturels et parcellaires complexes	4,55	20,87%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	0,63	2,89%
311 : Forêts de feuillus	14,14	64,85%
312 : Forêts de conifères	0,71	3,25%
322 : Landes et broussailles	0,39	1,80%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,44	2,03%
511 : Cours et voies d'eau	0,15	0,69%
	21,80	100,00%

Tableau 24 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Viviers - Saint-Montan

Il n'y a pas d'ICPE sur le territoire de cette unité karstique et un seul site industriel ancien recensé (Paul Fayre).



Légende

- BASIAS
- ICPE DREAL
- ICPE DDSF
- Limites de l'unité aquifère

- AEP captés**
- Volume prélevé inconnu
 - 1 - 5000 m³/an
 - 5000 - 10000 m³/an
 - 10000 - 50000 m³/an
 - 50000 - 1550000 m³/an

- Points d'eau non AEP**
- Pas de prélèvement ou Volume prélevé inconnu
 - 1 - 5000 m³/an
 - 5000 - 10000 m³/an
 - 10000 - 50000 m³/an
 - 50000 - 300000000 m³/an

Figure 85 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Viviers-Saint-Montan (Corine Land Cover)

3.6. L'unité Gras-Laoul

3.6.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité karstique « Gras-Laoul » est sans doute l'unité la plus étendue du domaine d'étude (110 km²). Elle est caractérisée par les calcaires du barrémo-bédoulien à faciès Urgonien (390 à 460 m d'épaisseur) du plateau de Saint-Remèze, à pendage Sud-Est, compris entre 5 et 10° (Figure 86). Elle s'étend, de Saint-Montan au Nord, à la rive gauche de l'Ardèche au Sud. La caractéristique principale de cette zone structurale est l'abondance et la longueur des accidents orientés Nord 140 – 160° qui découpent en autant de lanière cette unité karstique.

La retombée orientale du brachy-anticlinal de Saint-Remèze est couverte par les formations à composante marno-gréseuse du Bédoulien et du Gargasien, cachetées par les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône.

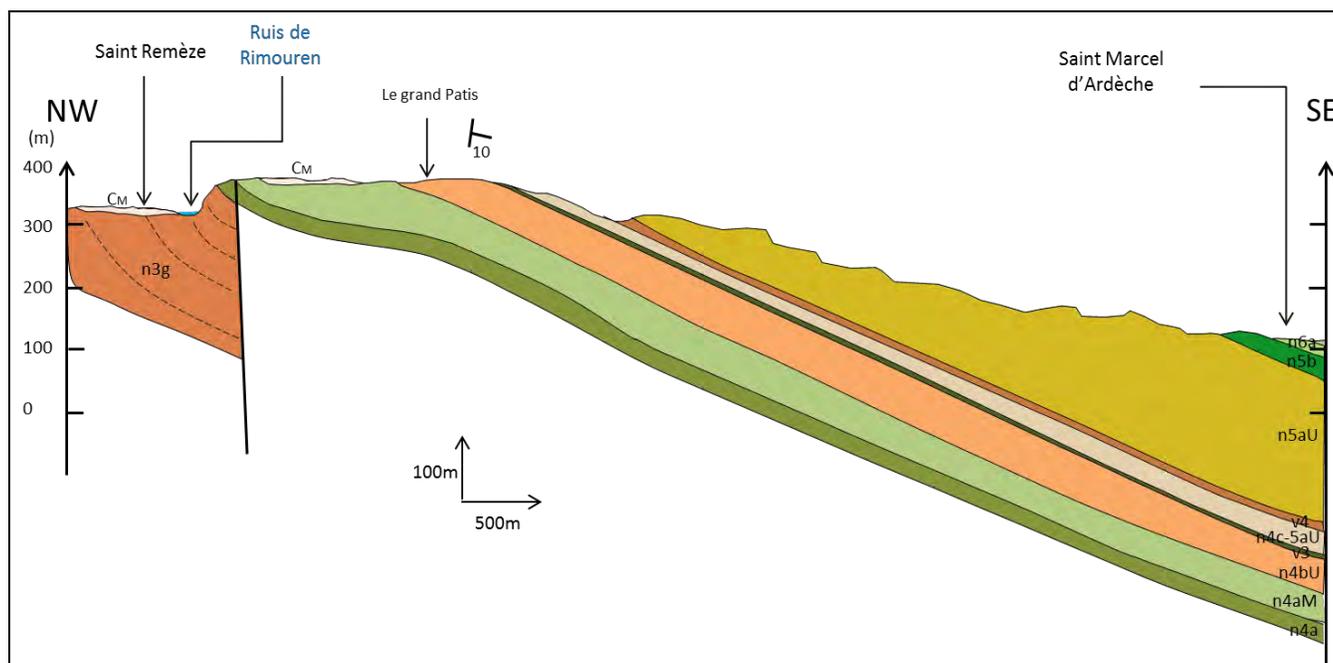


Figure 86 : coupe géologique JA' orientée NW-SE passant au droit du forage de Gerige (IDEES-EAUX - 2015)

Cette unité est délimitée :

- Au Nord – Nord-Ouest par le faisceau cévenol orienté SW-NE qui met en contact l'assise marneuse hauterivienne et les calcaires du barrémien inférieur considérés comme le mur de l'unité karstique ; au Nord, la relation établie par traçage entre la grotte de la Pascaloune et les sources de Tourne permet de prolonger cette limite en direction du Nord jusqu'au lieu-dit « Chironlong » où semble se positionner une ligne de partage des eaux entre le système Gras-Laoul et la zone de Saint-Montan.

- A l'Ouest, le raccordement de la limite à la vallée de l'Ardèche au Sud-Ouest reste plus incertain. La limite est basée sur l'hypothèse de Belleville, à savoir le rôle de barrière joué par les deux failles Nord 140° du Pouzat et de Bidon qui délimiterait les écoulements en direction du Rhône, d'une part, et vers l'Ardèche, d'autre part. Cette limite est également calée sur des résultats de traçage négatifs entre l'aven de Vigne-Clouse et les sources bordant l'Ardèche (Event de la Guigonne, source de Richemale).
- A l'Est par une limite à charge imposée : le Rhône. Les calcaires s'enfoncent en effet sous le bassin rhodanien, on les retrouve à plusieurs centaines de mètres notamment sur la commune de Saint-Paul-3-Châteaux.
- Au Sud, par une autre limite à charge imposée : l'Ardèche.

Mis à part la limite Nord-Ouest, la délimitation de ce système est incertaine notamment à l'Ouest-Sud-Ouest et bien entendu à l'Est dans le prolongement du système sous la vallée du Rhône.

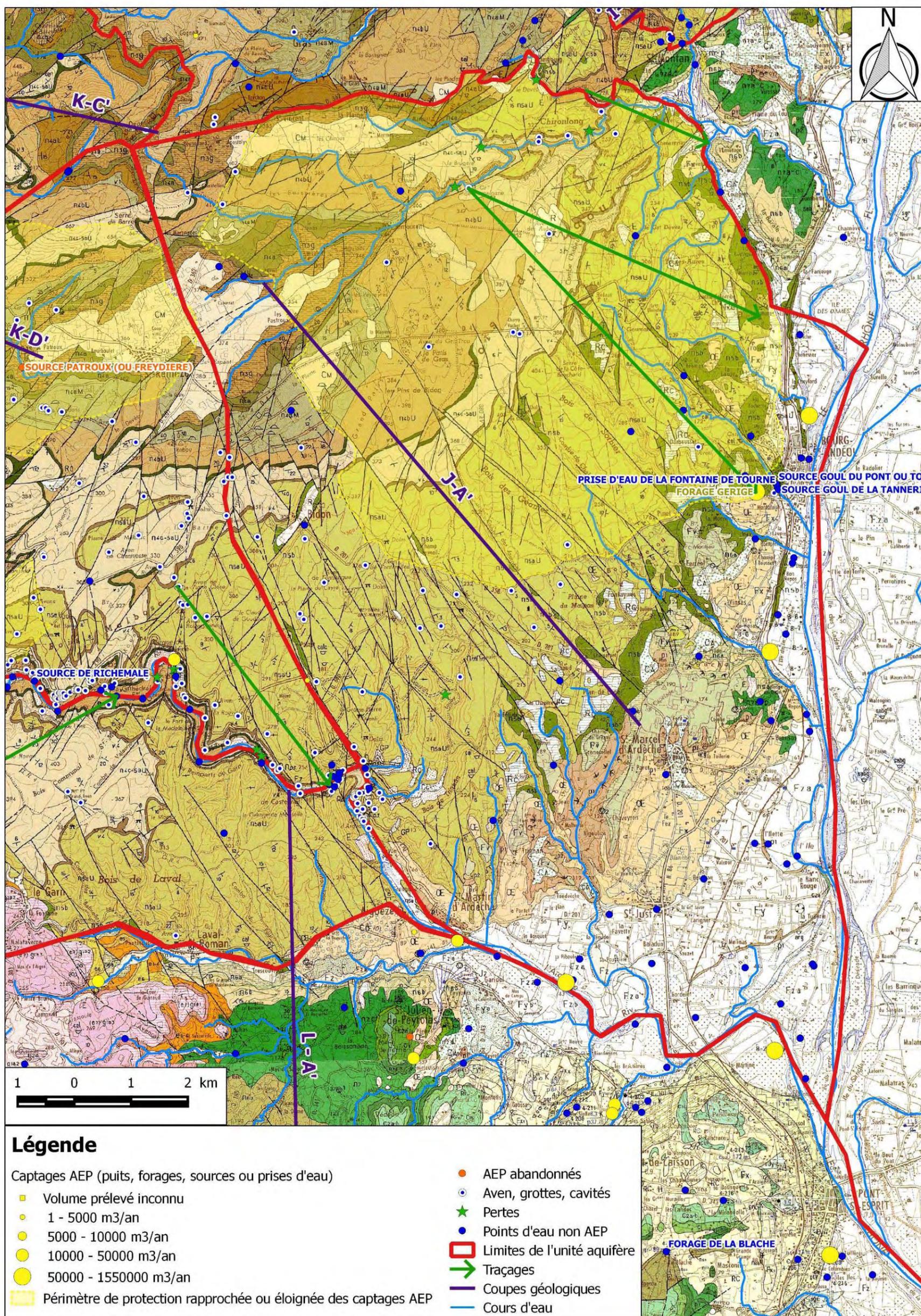


Figure 87 : limites de l'unité Gras-Laoul sur fond géologique

3.6.2. Hydrogéologie

Les formations calcaires à faciès Urgonien du plateau de Gras-Laoul ont un fort degré de karstification, bien visible en surface (nombreux phénomènes karstiques type aven, doline, lapiaz...). Malheureusement très peu permettent l'accès au réseau actif souterrain profond (105m NGF m de profondeur à la grotte de la Pascaloune) car il s'agit le plus souvent d'avens bouchés ou des dépressions fermées à faibles profondeurs. On n'y connaît également aucun drainage superficiel.

Cette vaste unité karstique est drainée en grande partie par les trois sources de Tourne (Goul du Pont ou Grand Goul, Goul de la Tannerie ou Petit Goul et source du Lavoir), principaux exutoires conséquents situés à l'Est, en bordure de la vallée du Rhône et au cœur de Bourg-Saint-Andéol.

Les trois sources jalonnent la partie aval du cours du ruisseau de Sardagne dont elles forment le seul écoulement pérenne. Ce ruisseau a creusé dans ces 2 derniers kilomètres de petites gorges à la faveur d'une faille majeure, la faille de Sardagne.

Les deux exutoires vaclusiens principaux, Goul de la tannerie et Goul du Pont, possèdent le même comportement physico-chimique et semblent interconnectées[21]; en effet, en 1985, un suivi physico-chimique réalisé par Gombert met en évidence un décalage dans la réponse suite à une épisode pluvieux : le débit de crue mesuré sur le Goul de la Tannerie est 5 fois plus important que celui observé sur le Goul du Pont, ce dernier réagissant plus tardivement : « *Le Goul du Pont qui a réagi plus tardivement mais de façon plus homogène aux impulsions pluviométriques pourrait jouer un rôle de trop-plein écrêteur de crue* » (GOMBERT – 1988).

Sur le plan géomorphologique, le réseau du Goul de la Tannerie est subhorizontal sur environ 800 m et contraste avec l'enfoncement rapide de la galerie du Goul du Pont. Cette disposition suggère l'existence d'un niveau de base karstique à l'époque du creusement du réseau à l'altitude de 60 à 65 m équivalent aux terrasses würmiennes du Rhône.

Ces réseaux présentent des dimensions exceptionnelles et ont été explorés à plusieurs reprises par les spéléologues-plongeurs, elles font encore également l'objet de terrain d'entraînement pour les clubs de plongée.

Le développement actuel du Goul du Pont est de 575 m pour une profondeur de 185 m (-106 m NGF) alors que celui du Goul de la Tannerie est de 1200 m pour une profondeur de 209 m (-144 m NGF). La section du Goul de la Tannerie atteint près de 5 m² alors que celle du Goul du Pont est de l'ordre de 3 m².

Depuis 1985, les sources de Tourne ne sont plus utilisées pour l'AEP, elles sont remplacées par les deux forages de Gérige qui captent en amont le réseau souterrain correspondant à ces résurgences. Les deux ouvrages, d'une profondeur de 160 m sont exploités aux environs de 200 m³/h (5000 m³/jour).

Ce réseau karstique très important, développé le long des fractures de direction Nord/Ouest-Sud/Est, donne également naissance, entre Bourg-Saint-Andéol et Saint-Just-d'Ardèche, à d'autres sources

intéressantes plus modestes en limite des affleurements urgoniens, peu avant leur plongement sous les alluvions rhodaniennes, et souvent localisées au droit de fractures qui mettent en contact les calcaires urgoniens et les marnes bédouliennes (source du Haut-Darbousset, source pérenne de Font Abriou, sources temporaires de Salivaud et de Pradel).

La bordure rhodanienne accueille également de nombreux forages domestiques non déclarés, donc difficiles d'accès. Ces forages sont systématiquement captifs, voire artésiens jaillissant car ils captent les calcaires urgoniens sous couverture marno-gréseuse du Bédoulien et du Gargasien.

Enfin, en partie Sud-Est de l'unité karstique Gras-Laoul, la Communauté de communes « Du Rhône Au Gorges De l'Ardèche (DRAGA) a fait réaliser en 2014, sur la commune de Saint-Marcel-d'Ardèche, le forage d'exploitation de l'Ilette n°2 suite aux bons résultats obtenus sur le forage de reconnaissance nommé Ilette n°1 et créé la même année.

Le forage Ilette n°2 (Figure 887) traverse les alluvions du Rhône sur 18 m de profondeur, des argiles sableuses, puis des grès indurés puis des sables jusqu'à 268m de profondeur avant de capter les calcaires urgoniens sur 10m (fond du forage : 278 m). Le karst est rempli par des sables, la nappe est artésienne avec un débit d'exhaure en surface de l'ordre de 25 m³/h. Ce forage est destiné à être exploité au débit de 150 m³/h pour sécuriser les forages de Gérige qui rencontrent régulièrement des dépassements sur le paramètre turbidité.

Ce forage fait donc clairement la démonstration d'une prolongation de l'unité karstique Gras-Laoul bien au-delà de la bordure rhodanienne du plateau de Saint-Remèze.

L'aquifère contenu dans l'unité karstique Gras-Laoul est donc libre en amont, sur le plateau de Saint-Remèze puis captif à partir de la bordure rhodanienne.

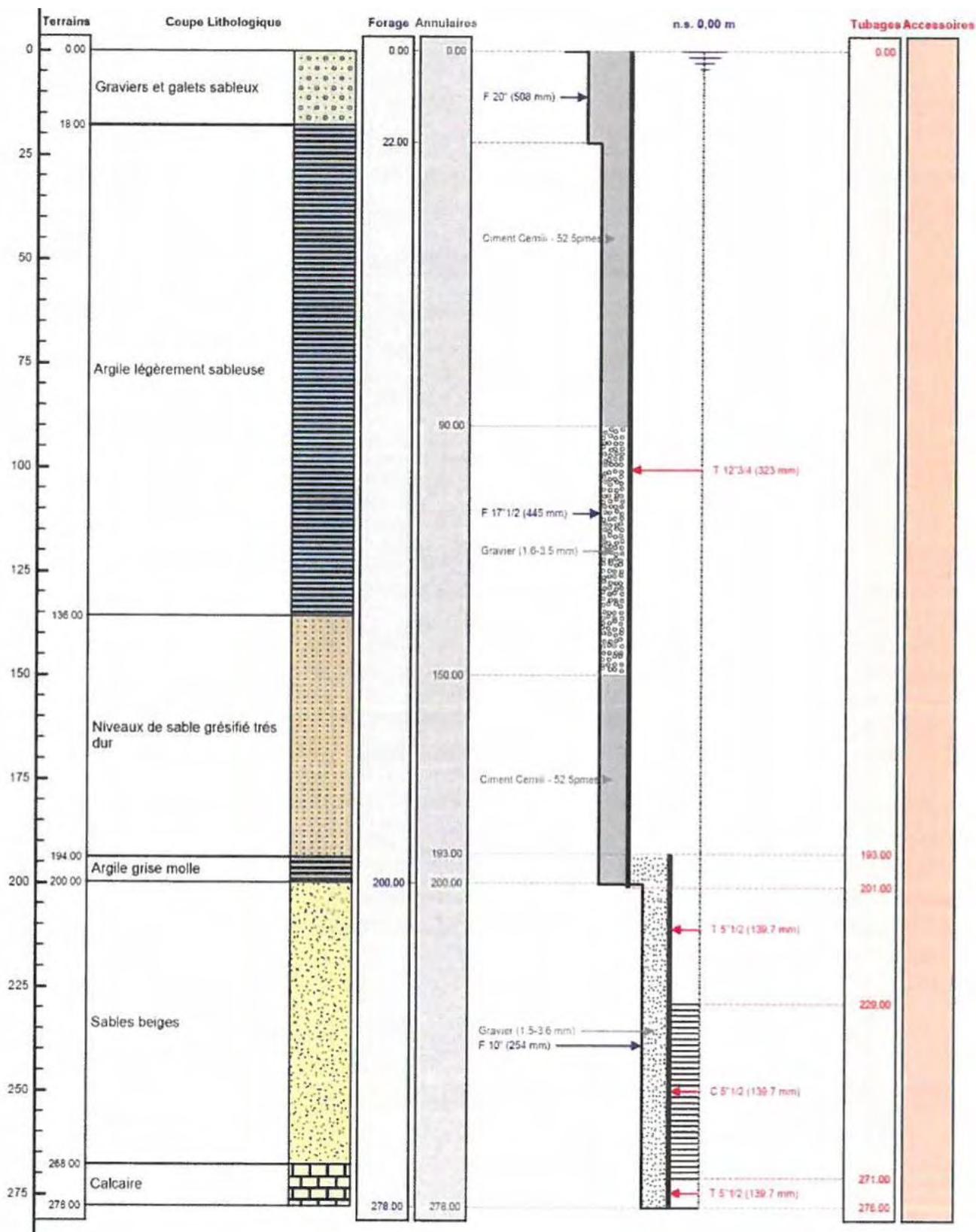


Figure 88 : coupe du forage de l'ilette n°2 (HYDROFORAGE - 2014)

Les phénomènes karstiques présents sur l'unité Gras-Laoul ont été recensés par le comité départemental de spéléologie (Tableau 25). Les plans des réseaux sont portés en annexe.

L'unité karstique peut être divisée en deux sous-secteurs :

- La partie Nord du plateau est incisée par la vallée sèche du Rimouren qui est le siège d'importantes pertes permettant l'accès à une rivière souterraine (Grotte de la Pascaloune) à la cote 105 m NGF. La rivière souterraine atteint ici le toit de la zone noyée. Un traçage permet de rattacher cette rivière souterraine au bassin d'alimentation des sources de Tourne.
- Plus au Sud, le drainage du plateau se fait, au moins en basses eaux, vers les gorges de l'Ardèche et le vaste réseau spéléologique de Saint-Marcel qui est un réseau karstique exceptionnel par son développement et ses galeries fossiles, dont certaines ont été creusées en conduite forcée, jusqu'à 15 m de diamètre. La grotte de Saint-Marcel est un système complexe, étagé sur deux niveaux au-dessus du niveau de l'Ardèche (à 180 et 100 m NGF, soit respectivement +140 et +50 m au-dessus de l'Ardèche) et composé de galeries noyées situées au niveau de l'Ardèche. Le réseau est actuellement reconnu sur plus de 57 km de développement dont 15 km entièrement noyés qui atteignent la cote -65 m NGF. Ce réseau est le siège de circulations particulières et complexes. L'exutoire principal de ce système est la boucle souterraine de l'Ardèche entre les pertes de la Cadière et la source de l'Ecluse. Au Nord, trois drains en provenance des parties amont du plateau sont identifiés : la branche de Bidon, la rivière de Solvay et la rivière de Saint-Marcel qui remonte jusqu'à la limite de la retombée du plateau du Laoul. Ces drains sont interconnectés et leur fonctionnement est complexe.

Sur la partie Est du réseau, le siphon N15bis atteint la profondeur de 40 m mais l'exploration reste à poursuivre. L'orientation vers l'Est de cette partie du réseau laisse à penser qu'un drainage vers la vallée du Rhône est possible, en tout cas en hautes eaux.

Les mises en charge dans le réseau de Saint-Marcel peuvent atteindre plus de 40 m lors d'épisodes pluvieux importants. L'ensemble de ce réseau a fait l'objet d'un suivi (pression/température) entre septembre 2014 et septembre 2015 grâce à l'installation par le CDS07 d'une dizaine de sondes reefnet. Les résultats sont en cours d'analyse.

On notera l'existence de l'aven Papé Marcel situé sur le plateau du Laoul, seul point d'eau du secteur faisant l'objet d'une circulation permanente (0,1 l/s à l'étiage).

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Écoulement	Fonctionnement	développement (m)	dénivelé (m)
Buis (fontaine des)	Larnas	oui	permanent	source	80	
Font des galets	Larnas		temporaire	source	500	-8/+6
Fontgrand (exsurgence de)	Larnas	oui	permanent	source	70	-8
Baumas (grotte du)	Larnas	oui	permanent		1580	30
Fontfreyde (source pérenne de)	Gras		permanent	source		
Perte B14	Gras		permanent	perte		
St Vincent de Gras (grotte de)	Gras		permanent		160	-71
Taysse (exsurgence de) (2 fiches)	Gras	oui	permanent ?	source	40	-1
Rimouren (perte du ruisseau de)	Gras	oui	permanent	perte	1000	-33
Darbousset (aven)	Bourg St Andeol		permanent ?			
Haut Darbousset (source du)	Bourg St Andeol		temporaire	source		
Pont (goul du)	Bourg St Andeol	oui	temporaire	trop plein	575	-185
Tannerie (goul de la)	Bourg St Andeol	oui	temporaire	trop plein	1200	-209
Pascaloune (grotte de)	St Montan	oui	permanent	ancienne perte	1140	-192
Rimouren (perte 86 du ruisseau de)	St Montan	oui	permanent	perte	720	-151
Baillon (aven du)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	perte	55	-51
Pères (fontaine des)	St Marcel d'Ardèche		permanent	source		
Combe du Vin (source de la)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Pradel (source de)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Saint Ferréol (source de)	Bourg St Andéol		temporaire	source		
Bateau (grotte du)	Bidon		temporaire	trop plein		
Cadière (pertes de la)	Bidon		permanent	perte		-5
Ecluse (source de l')	Bidon		permanent	source		-59
Escombettes (aven des)	Bidon		temporaire	perte	32	-18
Grotte Deloly	Bidon		temporaire	trop plein		-25
Maïagar (grotte de)	Bidon		temporaire	trop plein	580	-9/+11
Papé Marcel (aven du)	Bidon		permanent		310	-160
Passeron (fontaine du)	Bidon		permanent	source		
Rouvières vieille (aven de la)	Bidon	non	temporaire			
Saint Marcel (grotte de)	Bidon		temporaire	trop plein	53100	-96/+137
Barrage (grotte du)	St Martin d'Ardèche	oui			1700	-10/+10
Louby (perte de la combe de)	St Martin d'Ardèche		temporaire	perte	0	
Ranc pointu (source du)	St Martin d'Ardèche				0	
Font Ponchon (source de)	Bidon	non	temporaire	source		
Salivaud (source de)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Crottée (fontaine)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Font Abriou	St Marcel d'Ardèche		permanent	source		

Tableau 25 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité karstique Gras-Laoul (CDS - 2015)

3.6.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge naturelle de l'unité karstique Gras-Laoul est exclusivement assurée par l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment la très grande superficie du plateau de Saint-Remèze.

Sur ce point, l'étude des débits classés du Goul du Pont met en évidence deux principales augmentations de pente à 0,6 m³/sec et 1,8 m³/sec. Elles traduisent l'arrivée d'apports supplémentaires extérieurs au système karstique des sources de Tourne. D'après Gombert, ces pentes pourraient

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

correspondre à des événements pluvieux de différentes intensités, précipitations infiltrées au droit des pertes ruisseau du Rimouren.

L'unité aquifère se décharge pour une grande partie via le réseau des sources de Tourne, seuls exutoires conséquents connus à ce jour.

Pour Gombert (Figure 89), sur la base des résultats de traçage, des relations mises en évidence par l'étude physico-chimique, de la tectonique du plateau de Saint-Remèze, du pendage des couches, le bassin d'alimentation des sources de Tourne aurait une superficie de 110 km². Un sous bassin de 30 km², correspondant à une zone de vulnérabilité maximale, a également été délimité entre les failles de Sardagne et du Bois des Géantes : il est caractérisé par une forte probabilité de relations directes et rapides entre l'aquifère et les sources de Tourne

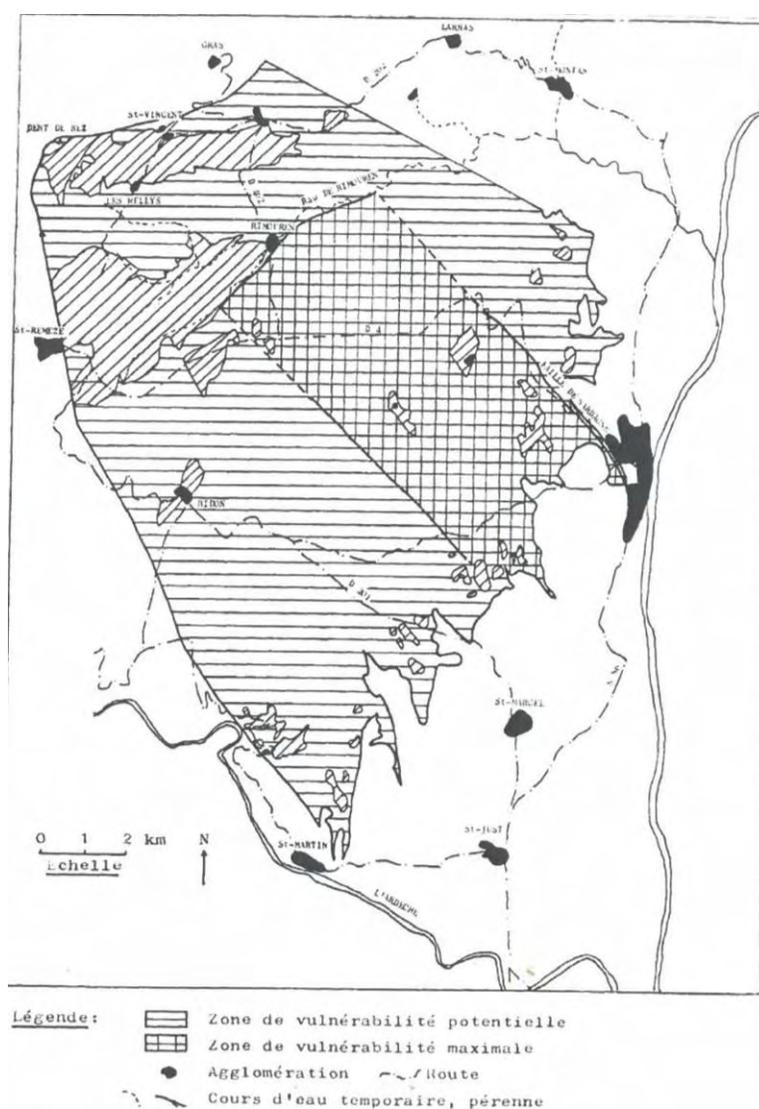


Figure 89 : zones de vulnérabilité de l'aquifère karstique des sources de Tourne (GOMBERT - 1988)

Pour Belleville, le bassin hydrogéologique des émergences de la bordure rhodanienne atteint 142 km² dont environ 60 km² pour les seules sources de Tourne km².

On voit donc que la délimitation exacte du bassin hydrogéologique des sources de Tourne, d'une part, et de l'unité karstique Gras-Laoul d'autre part, souffre d'imprécisions liées au manque de données de traçages mais également de piézométrie (étiage et hautes eaux).

3.6.2.2. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert

En 1984, à l'occasion de pompages mis en œuvre sur l'un des deux ouvrages de GERIGE, le rabattement avait été mesuré à près de 3 m pour un débit de 200 m³/h, soit un débit spécifique de l'ordre de 67 m³/h/m et une transmissivité déterminée à $4,7 \cdot 10^{-3}$ m²/sec. Depuis la mise en exploitation de ces forages, le suivi du niveau est impossible en raison d'un encombrement trop important du système de pompage dans les forages qui ne permet pas la pose d'une sonde de niveau.

Quelques expériences de traçage réalisées en rive gauche de l'Ardèche n'ont pas permis d'établir des relations, notamment entre la grotte de Saint-Marcel et les sources bordant l'Ardèche (sources du Passeron, de l'Ecluse et du Ranc-Pointu), ce qui peut paraître étonnant vu la proximité du point d'injection (environ 2 km) avec ces sources. Ceci pourrait néanmoins confirmer l'hypothèse de Belleville, à savoir, pour rappel, le rôle de barrière joué par les deux failles Nord 140° du Pouzat et de Bidon qui délimiterait les écoulements en direction du Rhône, d'une part, et vers l'Ardèche, d'autre part.

Le traçage le plus probant est celui réalisé en juin 1984 depuis le ruisseau souterrain de la grotte de Pascaloune, lequel met en évidence une relation entre la grotte et les sources de Tourne (vitesse de 12 m/h) suivant les grandes directions de fractures NW-SE qui découpent en grande lanière cette unité.

En revanche, la détection de la fluorescéine retrouvée 2,5 mois à la source du Passeron après l'injection à la grotte de la Pascaloune n'est pas compatible avec la masse restituée d'après Belleville. Elle pourrait correspondre à la restitution du traceur injecté 20 jours plus tôt à l'aven de Vigne Close mais pas à l'injection faite à la grotte de la Pascaloune.

Si le résultat positif du traçage réalisé depuis l'aven de Vigne-Close (restitution à la source du Passeron) n'est pas complètement confirmé, l'absence de restitution au niveau des sources situées immédiatement au Sud en bordure de l'Ardèche, telles que les sources de Richemale, de la Guigonne, permet en revanche de poser une limite à l'extrémité Sud-Ouest de ce système.

Enfin, le traçage positif de décembre 1983 entre les pertes diffuses du ruisseau d'Imbourg et la source du pont-double (vitesse de 17 m/h) permet également de préciser l'extension maximum de l'unité Gras-Laoul en direction du Nord.

3.6.3. Qualité des eaux

Gombert (1984) a interprété les résultats d'analyses de 34 prélèvements d'eau effectués sur le plateau de Saint-Remèze. Il en déduit 4 familles d'eau :

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

- Les eaux météoriques, très peu minéralisées, mais relativement chargées en chlorures et en alcalins ;
- Les eaux superficielles autochtones, moyennement à très minéralisées, riches en chloro-alcalins et/ou sulfates et magnésium ;
- Les eaux des cours d'eau allochtones riches à très riches en chloro-alcalins ;
- Les eaux karstiques essentiellement bicarbonatées calciques.

Une analyse en composantes principales a permis de mettre en évidence le fonctionnement hydrochimique du karst :

- Les eaux se répartissent sur un axe factoriel 1 (Figure 90) selon le degré de minéralisation, depuis les eaux météoriques peu minéralisées jusqu'aux eaux du ruisseau des Fonts qui draine les marno-calcaires du plateau de Saint-Remèze ; les eaux karstiques présentent une minéralisation intermédiaire et peuvent être subdivisées en deux groupes : les eaux karstiques pures et les eaux karstiques mixtes résultant d'un mélange probable avec des eaux superficielles.
- L'axe factoriel 2 (Figure 90) oppose le faciès bicarbonaté calcique, caractéristique des eaux karstiques pures, d'un faciès plus chloro-alcalin qui traduit des intrusions d'eaux superficielles.

Les eaux karstiques mixtes se composent de plusieurs types distincts :

- Les eaux de percolation rapide à la base de l'épikarst ou dans les réseaux karstiques (grotte de la Pascaloune, grotte de Saint-Marcel) ;
- Les eaux de mélange avec l'Ardèche (source de Richemale, réseau de Solvay).

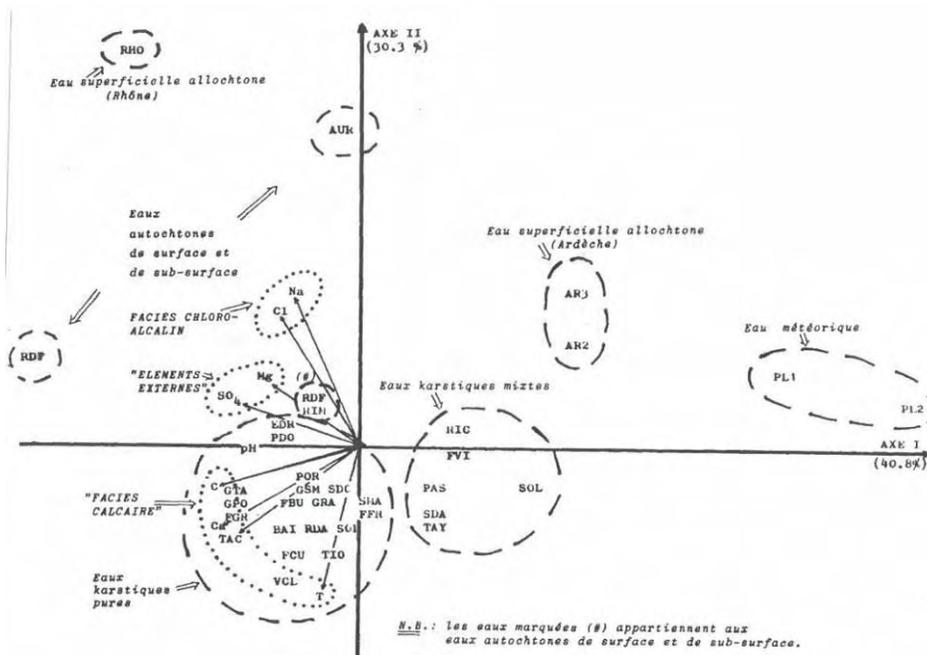


Figure 90 : ACP des eaux échantillonnées sur le plateau de Saint-Remèze (GOMBERT - 1984)

3.6.4. Appréciation du potentiel quantitatif

Pour apprécier le potentiel quantitatif considérable de l'aquifère karstique Gras-Laoul, il suffit de rappeler d'abord le rôle majeur joué par la crise messinienne sur le développement karstique de la partie urgonienne de l'Ardèche : le Rhône a profondément incisé sa vallée sur 600 m durant la crise messinienne pour atteindre -236 m NGF vers Pierrelatte (Drôme), tandis que le point bas connu du réseau des Gouls de Tourne à Bourg-Saint-Andéol est situé à -154 m NGF. Mocochain [24] démontre que les différents niveaux sub-horizontaux du karst urgonien s'expliquent, à l'occasion de la remontée, par le creusement étagé des calcaires à différentes cotes de stationnement du niveau de base qui a suivi la crise de salinité messinienne.

Il faut enfin rappeler quelques éléments clés qui caractérisent l'unité karstique Gras-Laoul :

- L'épaisseur reconnue par les plongeurs au niveau des sources de Tourne de la zone noyée de l'unité karstique Gras-Laoul est de 200 m.
- Le développement et les sections des réseaux mis en place (réseau immergée de Tourne et grotte de Saint-Marcel) sont considérables.
- Le débit annuel écoulé sur l'année 1984 aux sources de Tourne, seule année complète de mesures était de 2606 l/sec.
- Le gradient d'écoulement du plan d'eau entre la grotte de la Pascaloune (105 m NGF – environ 160m de profondeur) et les sources de Tourne (environ 65 m NGF) est de l'ordre de 5‰, soit un gradient relativement faible, indice d'une perméabilité forte.
- La surface du bassin d'alimentation des sources de Tourne est définie par Belleville à 110 km².
- Les réserves profondes considérables mais finalement encore mal connues de cet aquifère karstique sont estimées par défaut par Gombert à environ 3 millions de m³.
- L'aquifère se prolonge sous couverture au-delà de la bordure rhodanienne sur une largeur Nord-Sud au moins égale à 6 km.

3.6.5. Echanges nappe/rivière

A partir d'une approche géochimique, Gombert indique l'existence de points d'eau situés au sein du karst mais témoignant de relations probables avec l'Ardèche. Il existerait, sur près de la moitié inférieure des gorges, en rive gauche, une série de réseaux parcourus par des circulations en liaison avec la rivière sur une distance de l'ordre du kilomètre vers l'intérieur du massif karstique.

En vallée du Rhône, les relations entre l'aquifère karstique profond et le Rhône sont impossibles du fait de l'intercalation des formations peu voir non perméables datées de l'Aptien au Cénomani.

3.6.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La multiplication des phénomènes karstiques sur le plateau de Saint-Remèze et l'étendue de l'aire d'alimentation amène une grande vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère karstique Gras-Laoul. Elle

oblige à circonscrire notamment une zone de protection relativement vaste du captage AEP de Gérige, lequel dispose d'une dizaine de périmètres de protection rapprochée satellites localisés autour des avens recensés sur le plateau et définis comme zones sensibles pour l'aquifère karstique.

Concernant l'occupation des sols, le plateau est essentiellement recouvert de forêts et de feuillus, végétation sclérophylle et systèmes cultureux complexes (Figure 91 et Tableau 26). Les vignobles occupent 19 % du territoire de l'unité Gras Laoul.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
111 : Tissu urbain continu	0,253	0,17%
112 : Tissu urbain discontinu	3,669	2,42%
121 : Zones industrielles et commerciales	0,462	0,30%
131 : Extraction de matériaux	0,020	0,01%
211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation	2,413	1,59%
221 : Vignobles	29,089	19,20%
222 : Vergers et petits fruits	0,663	0,44%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	16,903	11,15%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	6,393	4,22%
311 : Forêts de feuillus	57,321	37,83%
313 : Forêts mélangées	1,445	0,95%
321 : Pelouses et pâturages naturels	7,287	4,81%
323 : Végétation sclérophylle	20,718	13,67%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,932	1,27%
511 : Cours et voies d'eau	2,968	1,96%
	151,536	100,00%

Tableau 26 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Gras-Laoul

Il ya deux ICPE soumises à enregistrement (dont la DRAGA) et trois anciens sites industriels recensés sur Bourg-Saint-Andéol et Saint-Martin-d'Ardèche.

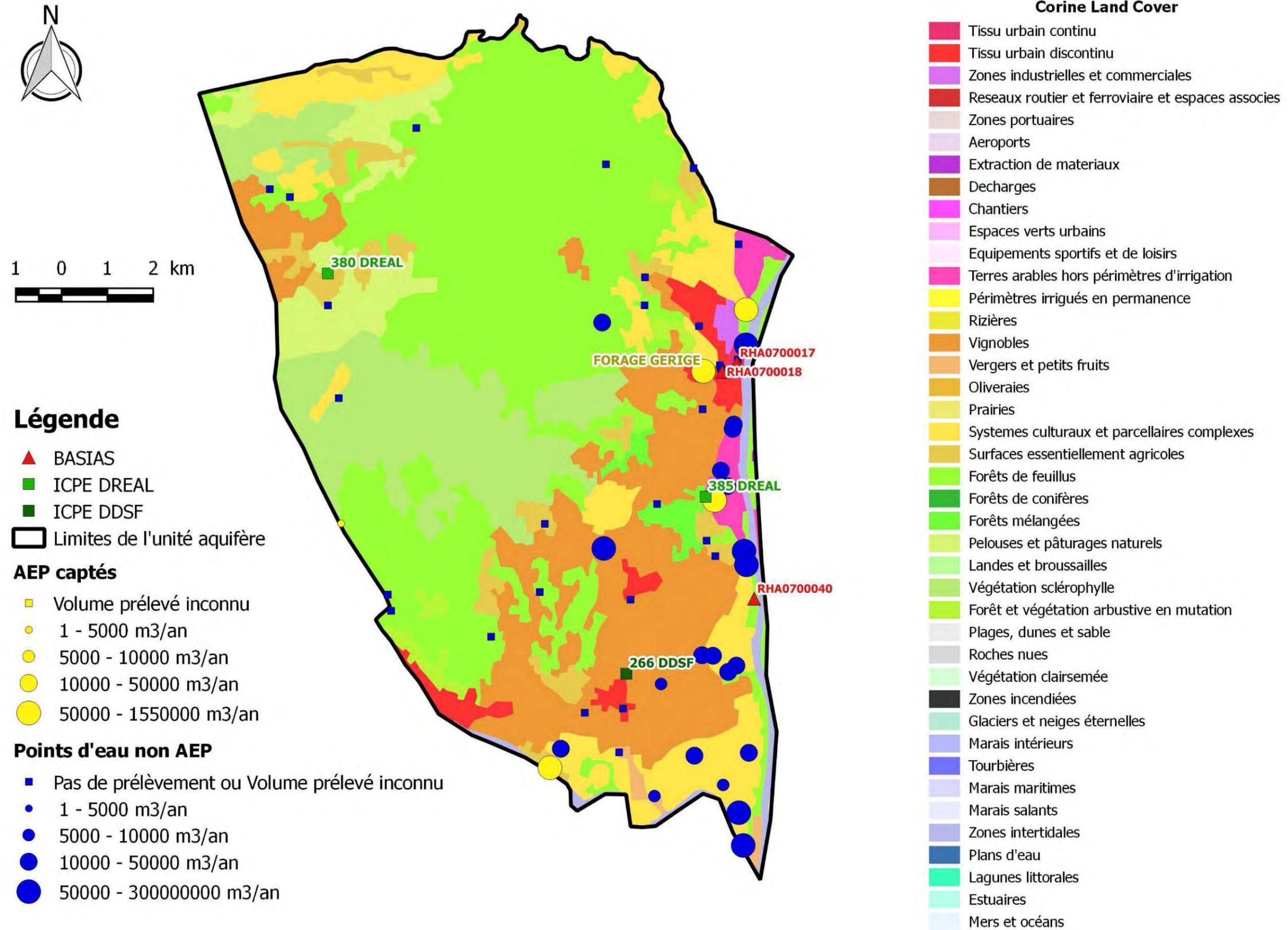


Figure 91 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Gras-Laoul (Corine Land Cover)

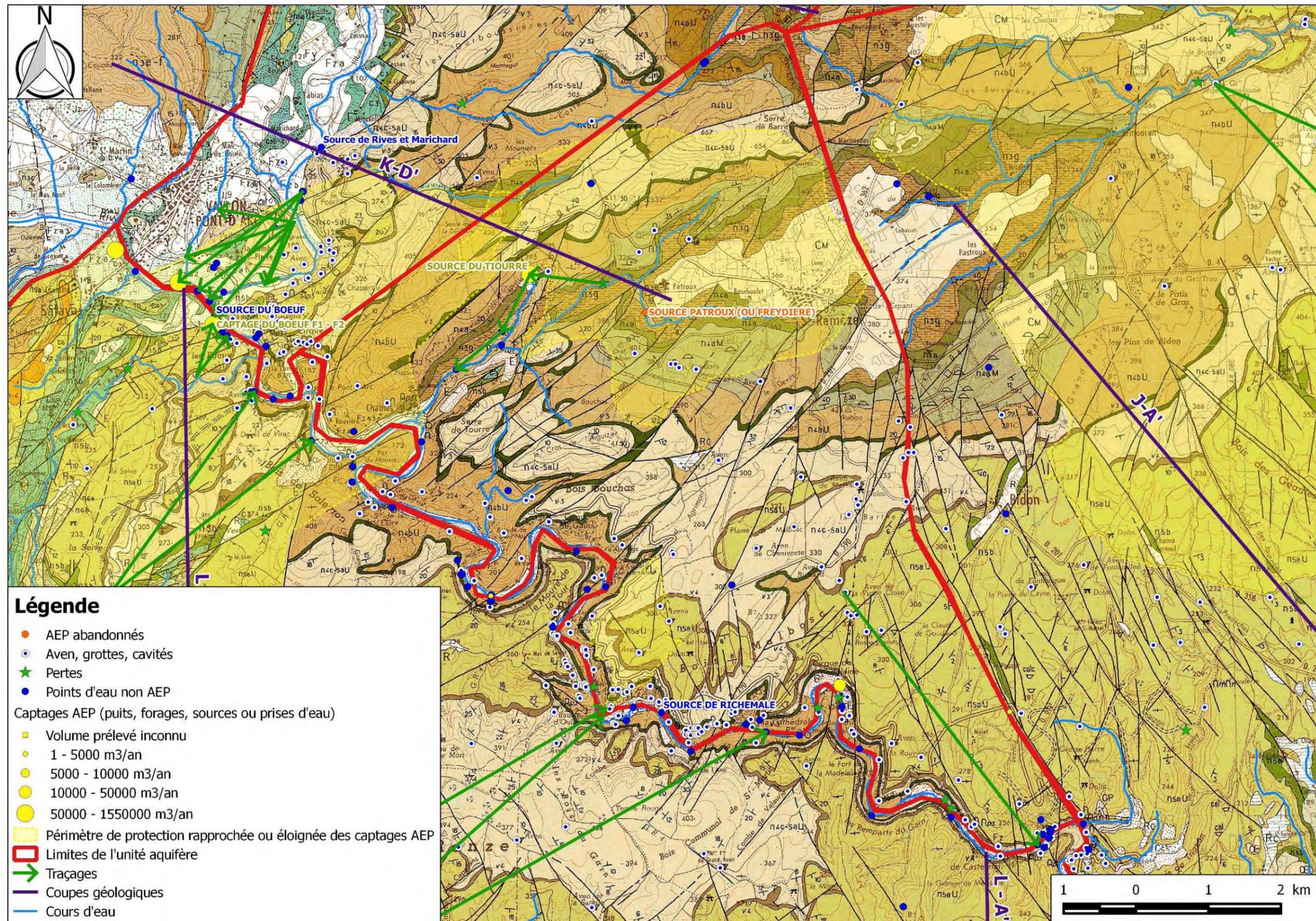
3.7. Les unités Rive Gauche et Rive droite de l'Ardèche

3.7.1. Présentation et délimitation de l'unité

Les unités karstiques « Rive gauche de l'Ardèche » et « Rive droite de l'Ardèche » sont caractérisées par les calcaires du barrémo-bédoulien à faciès Urgonien et comprennent à la fois les sources des deux rives situées au fond des gorges de l'Ardèche et une partie des plateaux de Saint-Remèze et d'Ornac. Nous traitons ici ces deux unités dans le même chapitre car elles ont un niveau de base commun, l'Ardèche.

L'unité karstique « Rive gauche de l'Ardèche » est délimitée (Figure 92) :

- Au Nord, par les marnes hauteriviennes sur le plateau de Saint-Remèze suivant une limite strictement topographique et les calcaires du barrémien inférieur considérés comme le mur de l'unité karstique.
- A l'Est, par la limite Sud-Ouest de l'unité karstique voisine Gras-Laoul, limite basée, pour rappel, sur l'hypothèse de Belleville, à savoir le rôle de barrière joué par les deux failles Nord 140° du Pouzat et de Bidon qui délimiterait les écoulements en direction du Rhône, d'une part, et vers l'Ardèche, d'autre part. Cette limite est également calée sur des résultats de traçage négatifs entre l'aven de Vigne-Close et les sources bordant l'Ardèche (Event de la Guigonne, source de Richemale).
- A l'Est, par la limite Sud-Est de l'unité voisine Lagorce-Ibie, limite encore incertaine qui relie la dent de Rez à l'ancien méandre de l'Ardèche au niveau du Pont d'Arc.
- Au Sud, par une limite à charge imposée : l'Ardèche.



L'unité karstique « Rive droite de l'Ardèche » est délimitée en grand (Figure 92) :

- Au Nord, par une limite à charge imposée : l'Ardèche.
- A l'Ouest, les différentes expériences de traçage réalisées au voisinage des grosses fractures Nord 50° (goule de Foussoubie), perte de pissevieille) soulignent le rôle de limite hydrogéologique de ces accidents. Deux accidents principaux affectent la rive droite de l'Ardèche : la faille de Vagnas et celle de Barjac respectivement au Nord et au Sud de Labastide-de-Virac. Elles limitent trois compartiments indépendants du point de vue des circulations souterraines. Les deux zones occidentales mettent en contact les calcaires urgoniens avec des formations détritiques du Crétacé supérieur et du Ludien sur lesquelles passent les lignes de partage des eaux. . La zone Ouest de l'unité pourrait donc ainsi se retrouver découper en deux ou trois lanières suivant la même orientation que ces fractures.
- Au Sud-Est de la faille de Barjac, peu d'accidents apparaissent de nature à contrôler les écoulements. Au Sud et à l'Est les limites méridionales et orientales de l'unité Rive droite de l'Ardèche sont donc plus délicates à établir devant les possibilités de karstification des calcaires urgoniens. Elles sont certainement variables d'une condition hydrologique à l'autre. Ainsi, Belleville établit une limite minorée qui passe par l'anticlinal du Bois de Ronze et une limite majorée qui recouperait la formation ludienne à l'aplomb de la limite nord des affleurements marneux éocènes. Les derniers traçages réalisés par Chapuis en 2014 la repousse au minimum à l'Aven d'Orgnac, ce qui correspond au maximum géologique indiqué par Belleville.

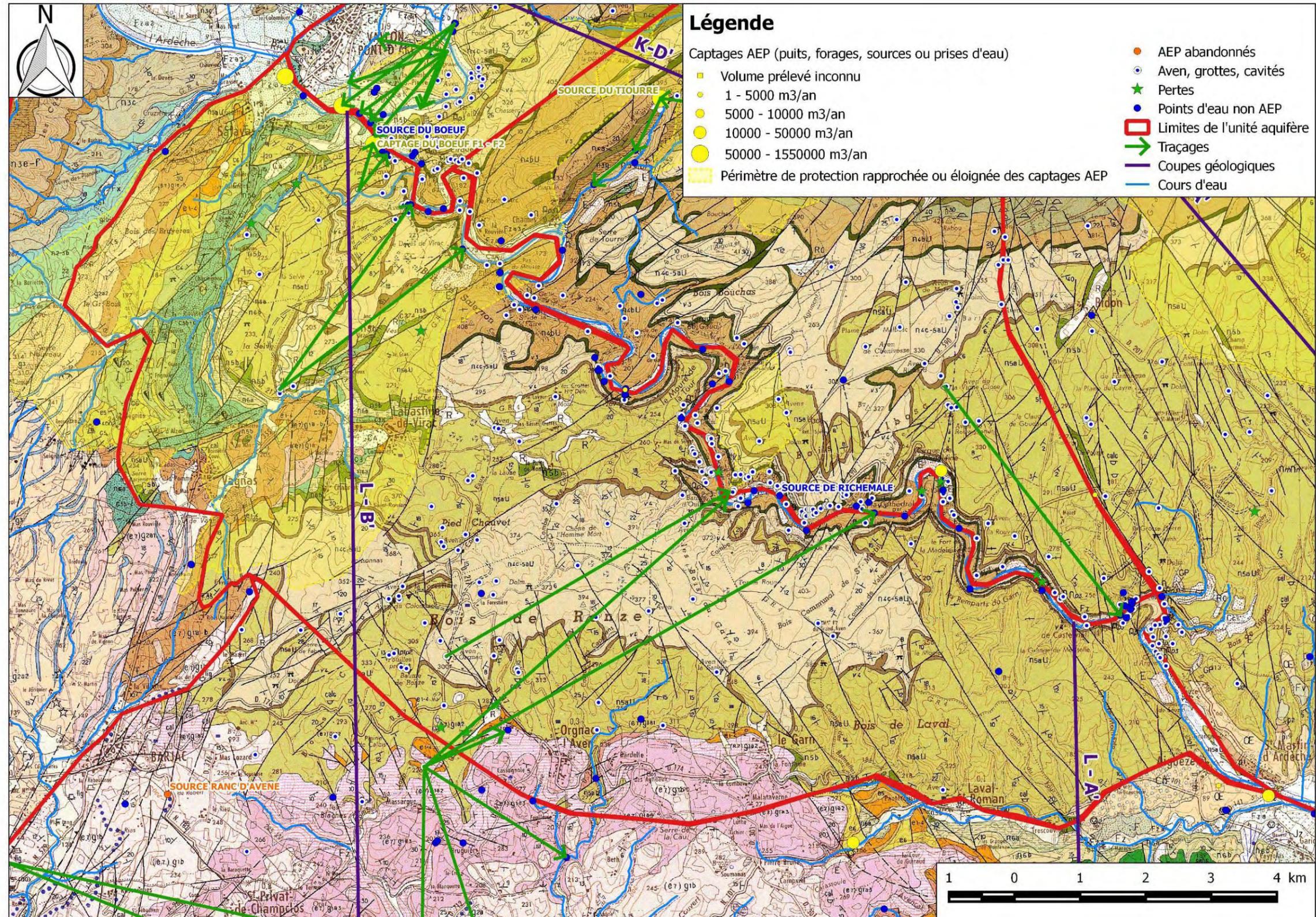


Figure 93 : limites de l'unité karstique "Rive droite de l'Ardèche" sur fond géologique

3.7.2. Hydrogéologie

Les gorges de l'Ardèche sont globalement le siège de nombreuses émergences karstiques localisées sur les deux rives, souvent de faible importance et distantes pour la plupart de quelques centaines de mètres, ce qui témoigne selon Belleville d'un karst faiblement évolué.

Les émergences sont néanmoins moins nombreuses en rive gauche qu'en rive droite.

Trois types d'émergences sont distingués :

- Les exurgences immergées qui ne peuvent être repérées que lorsqu'elles sont suffisamment concentrées et importantes ou peuvent être localisées à l'aide de techniques particulières (caméra thermique ou profil de conductivité – température) ;
- Les exurgences aériennes situées au niveau du lit d'étiage de l'Ardèche ou quelques mètres au-dessus. Il s'agit de sources pérennes pour la plupart ;
- Les sorties d'eau supérieures, perchées à une ou plusieurs dizaines de mètres au-dessus de l'Ardèche. Elles correspondent majoritairement à des trop-pleins temporaires en période de crue.

Plusieurs de ces types d'émergences peuvent également être associés dans un même réseau karstiques trois types d'émergences (exemple : réseau Midroï-Richemale en rive gauche, réseau de Fousoubie et de la Dragonnière en rive droite).

Les réseaux et phénomènes karstiques des deux unités situées de part et d'autre des gorges de l'Ardèche ont été recensés par le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche (Figure 94, Tableau 27, Tableau 28). Les plans des réseaux sont portés en annexe.

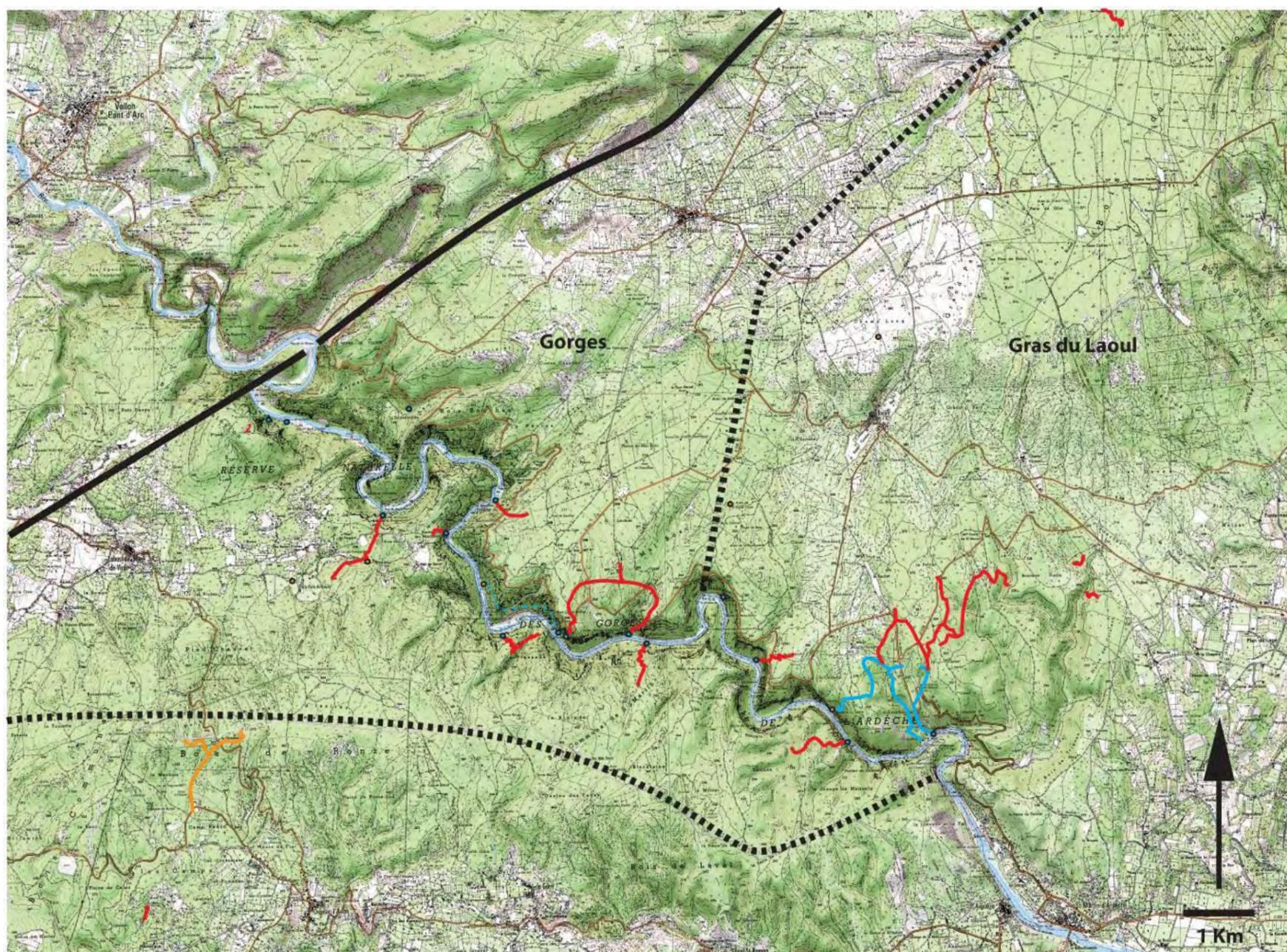


Figure 94 : report des principaux réseaux karstiques des unités Rive droite et Rive gauche de l'Ardèche sur fond IGN (CDS - 2015)

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Aiguille (grotte de l')	St Remèze		temporaire	trop plein	1145	-60
Anniversaire (aven de l')	St Remèze		temporaire		360	-120
Cadet (aven du)	St Remèze	non	temporaire	perte	200	-29
Celtes (grotte des)	St Remèze		permanent	source	190	14
Gué de Guitard (perte du)	St Remèze		permanent	perte		
Guigonne (évent de la)	St Remèze		temporaire	trop plein	3050	-43
Guigonne (résurgence dans l'Ardèche)	St Remèze		permanent	source		
Midroi (évent de)	St Remèze		temporaire	trop plein	3550	102
Platane (source du)	St Remèze		permanent	source	625	-66
Rochemale (exurgence de)	St Remèze		permanent	source		
Aiguille (source de l')	Vallon Pont d'Arc		permanent	source		
Madeleine (grotte du cirque de la)	St Remèze		temporaire	trop plein	6	
Resquilladou (emergence du)	St Remèze			source	120	-6/+10
Vigne Close (aven de la)	St Remèze		permanent	actif	570	-186

Tableau 27 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche (CDS - 2015)

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Chaire (grotte de la)	Salavas		temporaire		600	-20
Rieussec (goule du)	Salavas			perte	17	-17
Cordier (aven)	Salavas	oui				
Bœuf (source du)	Salavas			source	0	
Diaclase (résurgence de la)	Salavas		temporaire	résurgence	15	
Mère (résurgence)	Salavas				0	
Brugières (perte des)	Salavas		permanente	perte	0	
Foussoubie (source)	Salavas		permanente	source	0	
Font Garnide (source)	Salavas		permanente	source	0	
AEP Barjac (forage n°36 et 37)	Salavas			forage artificiel	0	
AEP Barjac (puits de captage R)	Salavas			forage artificiel	0	
Puits (n°46)	Salavas			forage artificiel	0	
Foussoubie (évent de)	Labastide de Virac		permanente	source	1486	-15/103
Vanmale (résurgence de)	Labastide de Virac	5	permanente	résurgence	300	-45
Vanmale (aven perte de la combe de)	Labastide de Virac		temporaire	perte	30	-22
Foussoubie (sources au fond de l'Ardèche)	Labastide de Virac			source	0	
Foussoubie (goule de)	Vagnas	oui	permanente	perte	23266	-138
Colombier (grotte n°1 du)	Vallon Pont 'Arc	oui	temporaire	trop-plein	1480	-15/+32
Fare (fontaine de la)	Vallon Pont 'Arc			exurgence	0	
Saleyron (fontaine de)	Vallon Pont 'Arc		permanente	source	0	
Colombier (tuf de la grotte du)	Vallon Pont d'Arc		temporaire	résurgence	0	
Hirondelle (source de l')	Labastide de Virac	oui	temporaire	source	70	
Dragonnière de Labastide (grotte de la)	Labastide de Virac	oui	permanente	source	2000	-87
D24 (grotte)	Labastide de Virac	non			30	2
Vieux Chêne (grotte du)	Labastide de Virac				168	-24
Esclapaire (source pérenne de l')	Labastide de Virac		permanente	source	0	
Parapluie (grand grotte du)	Labastide de Virac	oui			1000	110
Langue de bœuf (source aval de la)	Labastide de Virac		temporaire	exurgence	0	
Parapluie (source du)	Labastide de Virac		temporaire	résurgence	0	
D19 (grotte sous D15)	Labastide de Virac				0	
Dragonnière de Labastide (grotte inférieures)	Labastide de Virac				100	
Puits de Ronze (perte du)	Labastide de Virac	oui		perte	450	-150
Combe de regord (perte de la)	Labastide de Virac		temporaire	perte	10	-10
Copains d'abord (source des)	Labastide de Virac		permanente	source	0	
Langue de bœuf (écoulement de la)	Labastide de Virac		temporaire	écoulement	0	
Niche ou Hirondelle (source et tuf de la)	Labastide de Virac		permanente	source	0	
Combillon (source du)	Labastide de Virac		temporaire	source	0	
Château (écoulement face à la plage du)	Labastide de Virac		temporaire	écoulement	0	
Ragaie des barbus (émergence du)	Le Garn			trop-plein	0	
Castor (source du)	Aiguèze	oui	permanente	exurgence	800	-68
Bousace (grotte de la)	Aiguèze				1125	-40
Armas (résurgence des)	Aiguèze			résurgence	0	
Sêti (source)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Fève (fontaine de la)	Aiguèze		temporaire ?	source	0	
Madeleine (source de la)(2 fiches)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Aulagnère (source de l')	Aiguèze		temporaire	source	0	
Cayrebelou (source de)	Aiguèze		permanente	source	0	
Figuier (résurgence du)	Aiguèze			résurgence	0	
Madeleine (source de la)(2 fiches)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Crapaud (source du)	Aiguèze		permanente	source	0	
Grand Aven (le)	Aiguèze				11	-11
Gournier (évent de)	Aiguèze	4	permanente	résurgence	2200	-16/77
Ragaie des barbus (émergence du)(2 fiches)	Aiguèze		temporaire ?	émergence	80	-2/+2
Oulonier (fontaine de l')	Aiguèze		permanente ?	source	0	
Pénitent Blanc (écoulement du)	Aiguèze		temporaire	écoulement	0	
Crâne ou Ranc de la Lève (résurgence du)	Aiguèze		permanent	résurgence	0	
Chat (écoulement le)	Aiguèze		permanent	perte	0	
Fond Tailland (source de)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Bourian (source le)	Aiguèze		permanente	source	0	
Canal (résurgence)	Aiguèze		temporaire	résurgence	0	
Ragaie des barbus (émergence du)(2 fiches)	Aiguèze			trop-plein	0	

Tableau 28 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité Rive droite de l'Ardèche (CDS - 2015)

Les exurgences pérennes identifiées d'amont en aval sur les deux rives sont détaillées ci-après.

En rive droite de l'Ardèche :

Réseau de la Chaire - Sources et captages du Bœuf :

Situées légèrement au-dessus du lit d'étiage de l'Ardèche, en rive droite, ces sources arrivent sous pression par plusieurs orifices (au moins 3 émergences). Elles correspondent à une émergence captée pour l'AEP par les deux forages qui composent le captage du Bœuf et qui appartiennent au SIE de Barjac.

Ces deux ouvrages d'une profondeur de 50 et 60 m recoupent les calcaires urgoniens très fracturés sous 1 à 4 m d'alluvions isolées, sur 12 et 17 m de profondeur par un tubage acier cimenté (Figure 95). Ils sont exploités à environ 100 m³/h pour un débit autorisé de 3800 m³/jour.

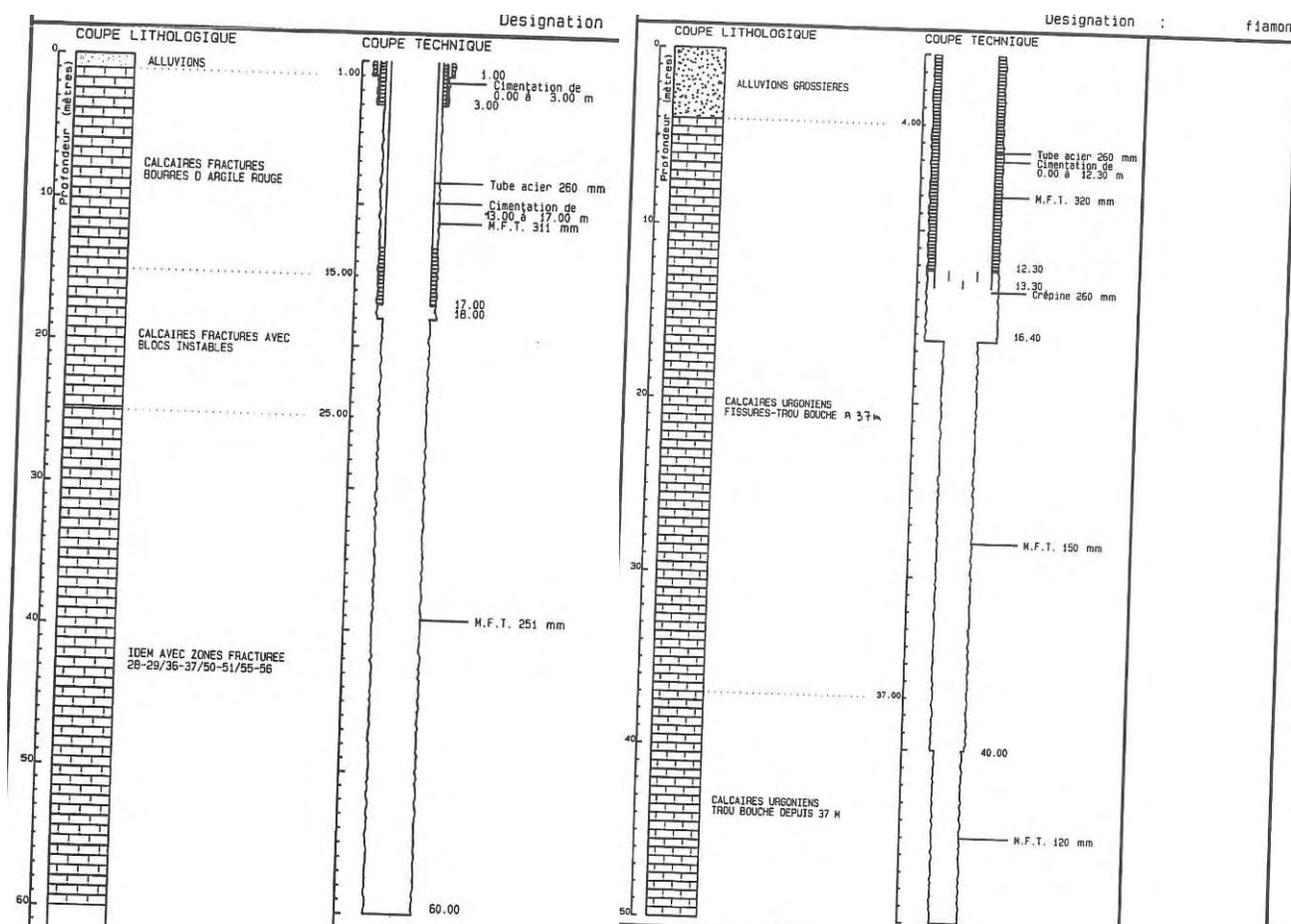


Figure 95 : coupes des forage du Bœuf (EAU ET GEOENVIRONNEMENT - 2004)

Les eaux de l'émergence et des forages présentent une très nette différence de minéralisation (environ 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C et 12,3°C le 25/01/2016) avec les eaux de l'Ardèche (190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C et 6,8°C le 25/01/2016) et marque la dépendance du karst avec la rivière sur ce secteur.

Les colorations réalisées au niveau des pertes du ruisseau de Rieussec (Figure 96) sur le plateau situé en rive droite, ont montré des circulations relativement rapides (8,8 m/min) et ont permis d'intégrer le bassin versant de ce ruisseau dans le périmètre de protection des captages.

Les captages du Bœuf pourraient être aussi en relation avec la rive gauche et la basse vallée de l'Ibie (BURGEAP 1991).

La zone de fracture semble relativement localisée et en charge puisque à l'occasion d'un essai de pompage [25, 26] le piézomètre créé à environ 60 m sur la berge n'a pratiquement pas réagit (4cm de rabattement).

Les sources du Bœuf ont un débit d'étiage de 2 l/sec et sont étroitement liées au réseau de la Chaire (développement de 600 m). La grotte de la Chaire située à proximité sert de trop plein avec des mises en charge d'environ une dizaine de mètres et présente une zone noyée explorée jusqu'à 30 m de profondeur.

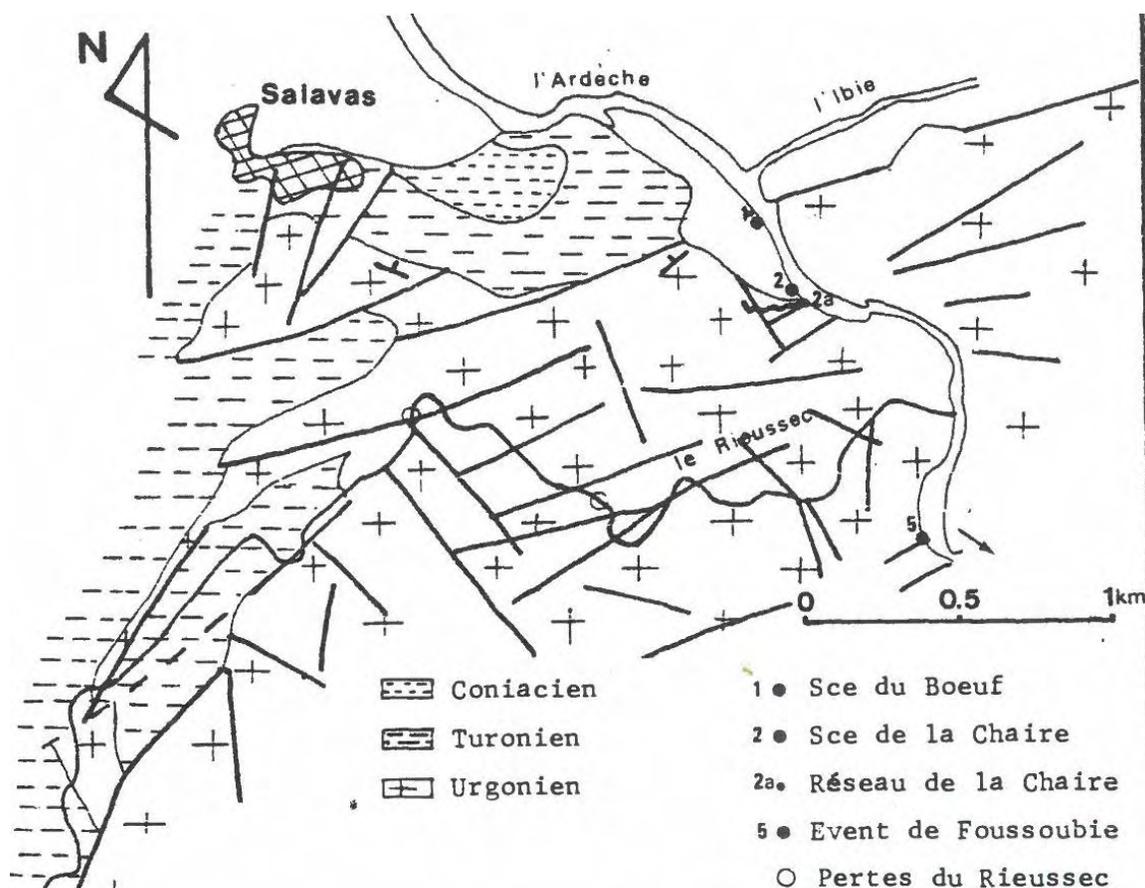


Figure 96 : contexte géologique et structural du bassin versant du Rieussec (BELLEVILLE - 1985)

Réseau de Foussoubie (Figure 98) :

Le réseau spéléologique de Foussoubie (Figure 97) comporte environ 23 km de galerie souterraine entre la Goule et l'évent. Les écoulements à l'étiage sont très faibles. On note une zone noyée uniquement à proximité de l'exutoire (-18 m), puisque les conduits exondés de la Goule de Foussoubie se rapprochent à 300 m de la résurgence. L'évent de Foussoubie a un débit de 1 à 2 l/sec à l'étiage, en crue, le débit peut atteindre plusieurs m³/sec.

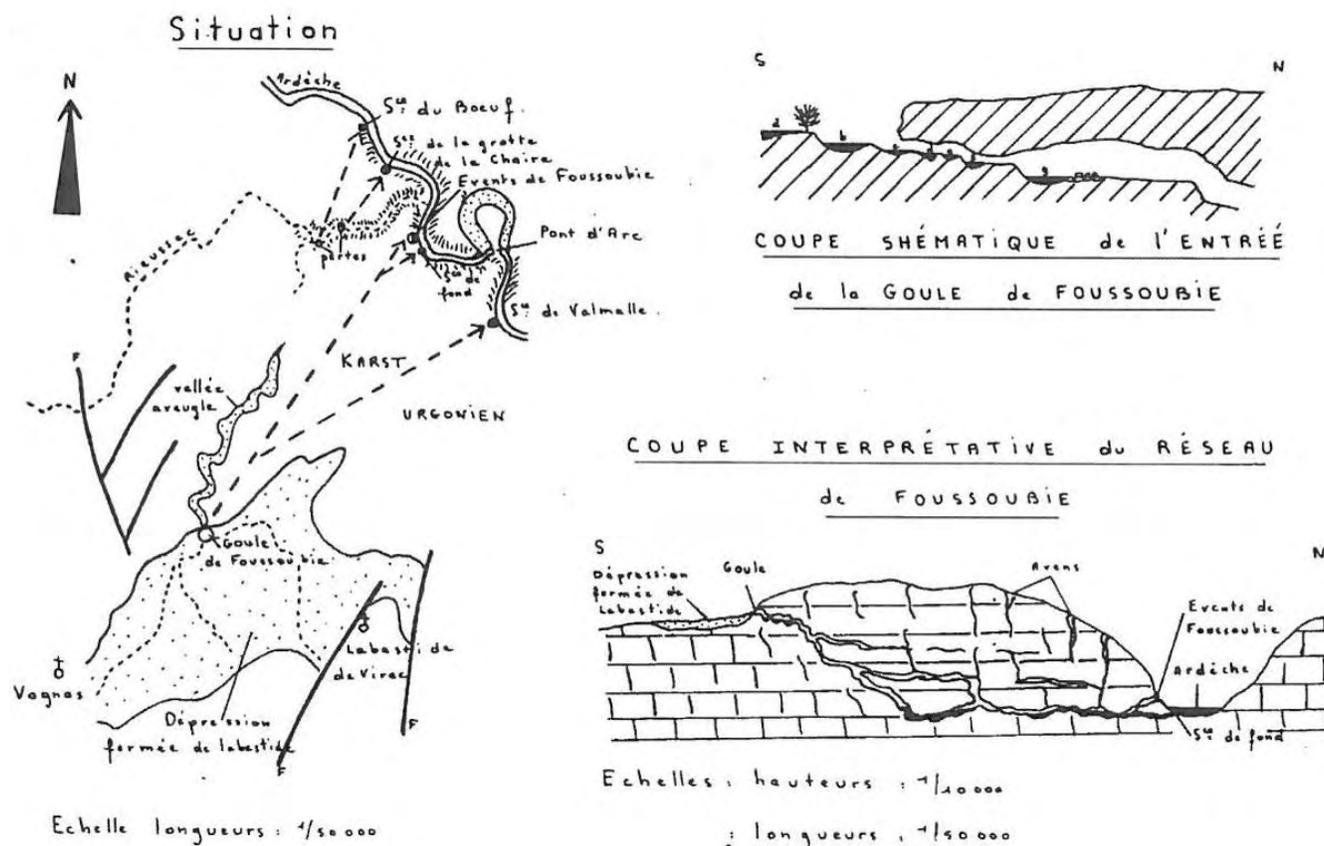
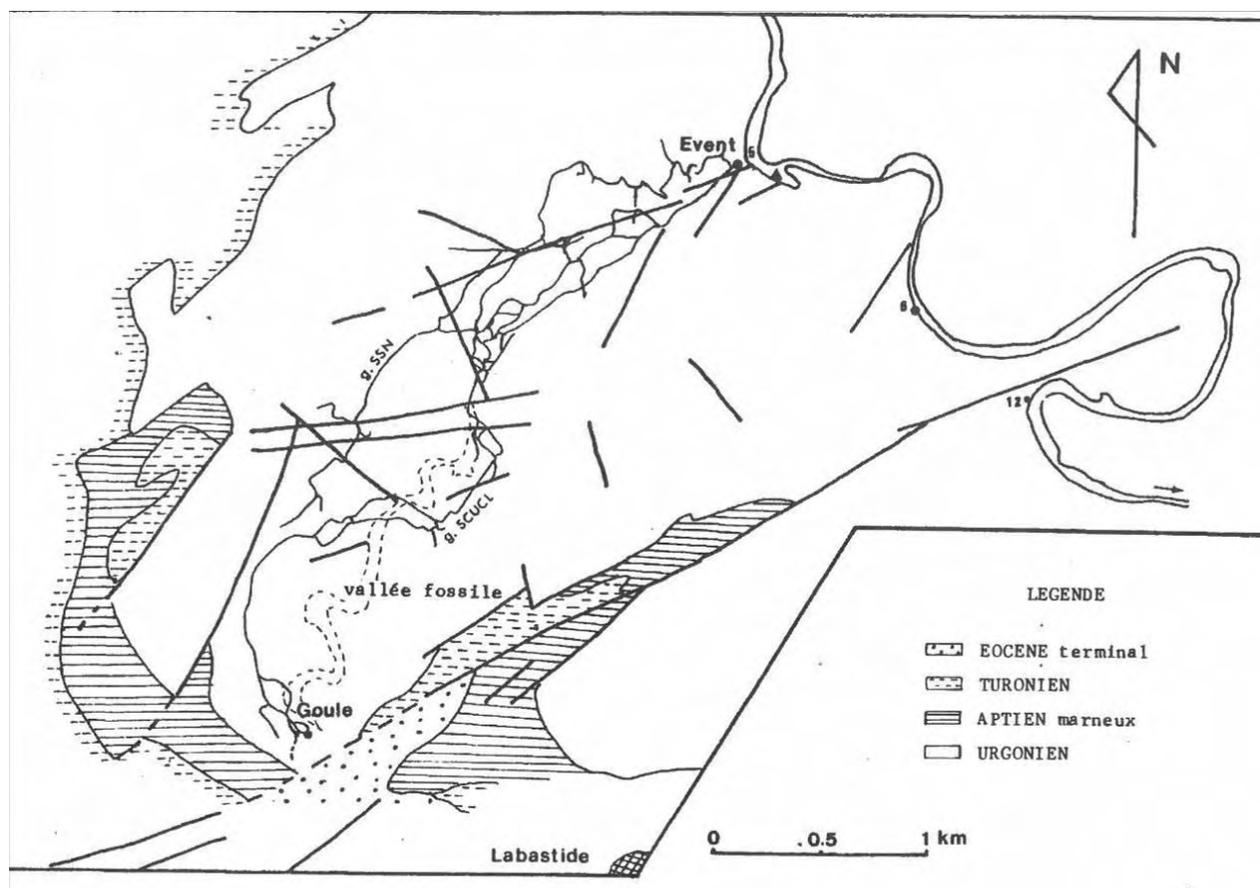


Figure 97 : situation et coupe du réseau de Foussoubie (MAZELLIER - 1971)

Belleville (1985) met en évidence une relation entre la Goule de Foussoubie et la source de Vanmalle (2l/sec à l'étiage) en régime de hautes eaux, mais aucun conduit karstique ne confirme cette relation.



La source de la Fare semble correspondre à la zone du Rocher du Saleyron où un écoulement permanent souterrain est connu à la grotte du Colombier (1 l/s à l'étiage). Cette source pourrait aussi drainer la zone plus au sud jusqu'au hameau des Crottes. Elle présente une température élevée et une abondance de gaz carbonique dissous qui la différencie des eaux de l'Ardèche. Elle se situe dans le prolongement d'un accident Est-Ouest, à près d'un kilomètre de la grande fracture Nord 50° du Pas de mousse.

Le réseau de la Dragonnière de Labastide de Gaud, le plus important réseau noyé connu actuellement sur la rive droite, est reconnue jusqu'à la cote -22 m NGF. Elle est encadrée par deux importantes failles, et sa liaison hydrogéologique avec deux pertes (Puits de Ronze – Eboulis) a été prouvée par traçage (FFS 201). On observe un écoulement permanent (1 l/s à l'étiage) à la cote 104 m NGF à la perte du Puits de Ronze. Le siphon terminal plongé sur 200 m laisse entrevoir une zone noyée dépassant 50 m.

Ce réseau est situé sur le trajet d'un accident plurikilométrique Nord 50° abaissant le compartiment Sud-Est.

L'évent de Gournier comporte plusieurs siphons et l'exploration est bloquée par une trémie. Il n'y a pas d'écoulement permanent, mais une sortie dans le lit de l'Ardèche est supposée. La zone noyée, dont la cote est voisine de l'Ardèche, n'a guère pu être reconnue.

Les débits observés en hautes eaux (plusieurs m³) et le suivi pression/température sur l'année 2012-2014, indiquent la présence de drains interconnectés au-delà de la trémie terminale et laissent espérer d'importants prolongements. Une coloration en 2014 (Ecole des Mines) relie l'évent de Gournier à l'aven d'Orgnac.

La source du Castor s'ouvre au niveau de l'Ardèche et se présente sous la forme d'un unique siphon de 800 m de long pour une profondeur de 68 m (-14 m NGF). Le fonctionnement de cette source n'est pas documenté. Une coloration en 2014 (Ecole des Mines) relie la source du Castor à l'aven Flandin, unique cavité du secteur d'Orgnac ayant un écoulement permanent (0,1 l/s à l'étiage).

En rive gauche de l'Ardèche :

On trouve dans la partie amont des gorges, en rive gauche, un nombre important de sources perchées de faible débit. La grotte des Celtes est la plus perchée et la plus développée.

Nous n'évoquerons pas ici la source du Tiourre décrite dans le chapitre consacré à l'unité Lagorce-Ibie.

Au débouché de la reculée du Tiourre, la source de l'Aiguille (débit d'étiage de 1 l/sec) est située à une vingtaine de mètres au-dessus de l'Ardèche et n'est accompagnée d'aucune forme karstique remarquable. Elle se situe en revanche dans le prolongement de la fracture du Pas de mousse orientée Nord 50° et localisée en rive droite.

Il faut ensuite descendre assez loin à l'aval des gorges (aval du cirque de Gaud) pour retrouver des émergences pérennes. En effet, les fractures Nord 50° qui accompagnent le faisceau cévenol sur la retombée méridionale du plateau de Saint-Remèze n'atteignent pas les gorges de l'Ardèche et semblent donc représenter une zone de transition sur cette partie méridionale du plateau de Saint-Remèze.

Au niveau du cirque de Gaud, la source du Platane (débit d'étiage de 1 l/sec) est totalement immergée sous l'Ardèche, il est donc difficile d'en apprécier les débits. Elle se situe également au contact d'un accident plurikilométrique Nord 50° qui commande le tracé de l'Ardèche. Il s'agit là du dernier grand accident Nord 50° de la rive droite des gorges, il se poursuit en rive gauche suivant une orientation Nord 45° qui marque l'amorce d'un changement de direction des fractures en direction du Rhône (Nord 140°).

Sous le bois de Malbosc, la source de Richemale (débit supérieur à 10l/sec à l'étiage) et l'évent de Midroï paraissent être en liaison (Figure 998). La première débouche d'une étroite fissure pénétrable sur quelques mètres et située au niveau du lit de l'Ardèche. Elle présente des débits soutenus de plusieurs dizaines de litres par seconde en période de basses eaux.

L'évent de Midroï est situé à 300 m à l'aval et ne fonctionne qu'exceptionnellement lors des grandes crues. Il donne accès à un vaste réseau de 6 km de développement (Figure 998) orienté suivant une fracture Nord 175°, dont les galeries terminales de très grandes dimensions mènent à des zones siphonnantes reconnues sur plus de 1000 m de plongée.

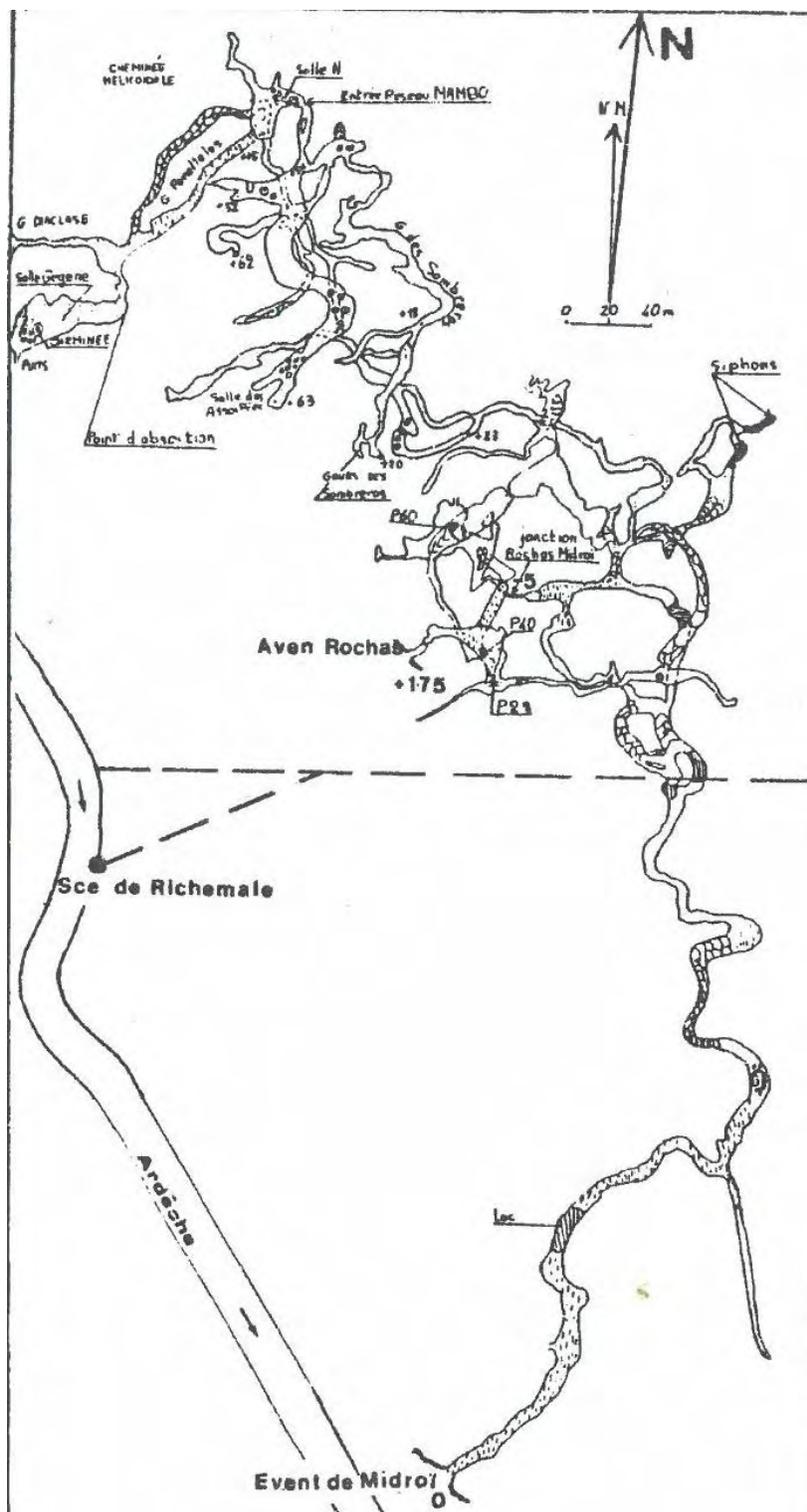


Figure 99 : conditions d'émergences du réseau Riche male - Midroï - Rochas (BELLEVILLE - 1985)

Ce réseau est relié au plateau par l'aven Rochas qui possède de nombreux puits verticaux et une galerie subhorizontale de près de 200 m de longueur vers 220 m NGF, marquant un niveau de base fossile très élevé.

Le réseau Richemale – Midroï – Rochas semble vouloir venir intercepter la cavité de l'évent de la Guigonne orientée sur une fracture Nord 40°. Cette zone noyée ne bénéficie pas d'une topographie complète. Un suivi pression/température sur l'année 2012-2014, indique la présence de drains interconnectés et laisse espérer d'importants prolongements, notamment en direction du réseau de la Guigonne.

L'évent de la Guigonne s'ouvre à 30 m de l'Ardèche et se présente sous la forme d'une galerie de grande dimension qui permet d'accéder rapidement à la zone noyée. Il se trouve en relation avec des sources pérennes situées dans le lit de la rivière. L'évent est peu actif et débite quelques m³/sec pendant seulement quelques jours par an. Le réseau comporte une galerie subhorizontale de 500 m qui s'enfonce jusqu'à -40 m où elle se subdivise en deux branches de 850 et 230 m de longueur.

La source de l'écluse (1l/sec à l'étiage) et la grotte Deloly sont situés au débouché de la combe du Pouzat. La source de l'écluse émerge dans le lit de l'Ardèche par deux galeries. La galerie amont est totalement immergée et la galerie avale est pénétrable sur 20 m par une grotte qui s'ouvre sur la rivière. Elle s'interrompt sur un siphon que 60 m de plongée sépare de la branche amont. Un puits a été reconnu au-delà de cette bifurcation jusqu'à la cote -60 m et indique que la zone noyée se développe largement sous le niveau de l'Ardèche. Cette émergence semble en liaison avec la grotte Deloly semi-active, distante de 150 m et perchée de 25 m au-dessus de l'Ardèche. Elle peut entrer en activité lors d'épisodes pluvieux. L'ensemble de ce réseau prend une direction sensiblement Est-Ouest.

En résumé, la zone amont, traversée par des accidents structuraux Nord 50°, est très karstifiée, les réseaux sont alimentés en partie par des pertes provenant de terrains non urgoniens.

La zone centrale des gorges est dominée par les fractures orientées Nord 50°. D'un point de vue hydrogéologique, cette zone comprend principalement des exurgences aériennes.

La partie avale des gorges, recoupée par les accidents Nord 140°, laisse place à des réseaux plus développés, de vastes dimensions, dont les écoulements pérennes sont immergés.

Un très grand nombre d'émergences des gorges se situent sur les grands accidents orientés Nord 50°. Ces fractures jouent souvent le rôle de barrière imperméable des écoulements issus de réseaux qui ne se développent pas sur ces accidents mais sur l'ensemble du bloc délimité par ces failles.

La rareté des données spéléologiques ne permet pas de confirmer un tel comportement des accidents Nord 140° rencontrés coté Rhône. Des émergences plus rares se positionnent sur les quelques failles de cette famille qui recoupent les gorges de l'Ardèche (Source de l'écluse, réseaux de la grotte de Saint-Marcel).

3.7.2.1. *Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires*

La recharge de l'unité karstique Rive gauche de l'Ardèche est assurée par :

- l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment la partie méridionale du plateau de Saint-Remèze.
- L'infiltration indirecte des précipitations et du ruissellement sur les formations plus marneuses localisées en amont de l'unité autour de Saint-Remèze.

L'aire d'alimentation de cette unité est délimitée à l'Est et à l'Ouest par de grands accidents structuraux qui jouent le rôle de barrière hydraulique.

La recharge de l'unité karstique Rive droite de l'Ardèche est assurée par :

- l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment le plateau d'Orgnac (Bois de Ronze, Bois de Laval).
- A l'Ouest de l'unité, l'infiltration indirecte des pertes des cours d'eau superficiels tels que le Rieussec qui prennent naissance sur les formations de recouvrement des calcaires urgoniens.
- Peut-être par le bassin hydrogéologique de la rive gauche de la Cèze[27] en hautes eaux.

L'aire d'alimentation de l'unité rive droite de l'Ardèche est délimitée par les grands accidents structuraux à l'Ouest. Au Sud, la limite est probablement variable et fonction des variations de l'interfluve Cèze-Ardèche.

Les nombreuses émergences localisées dans les gorges de l'Ardèche représentent les exutoires deux unités situées de part et d'autre de l'Ardèche.

3.7.2.2. *Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert*

On rappellera qu'à l'issue des essais de pompage réalisés sur les captages du Bœuf, la transmissivité des calcaires fracturés est calculé à $1.10^{-1} \text{ m}^2/\text{sec}$.

Plusieurs expériences de traçages ont d'abord été mises en œuvre entre 1975 et 1976 sur les pertes du Rieussec et le réseau de Foussoubie :

- En mars 1975, 500g de fluorescéine sont injectés à la Goule de Foussoubie et ressortent à l'évent de Foussoubie avec une vitesse de 69 m/h.
- En avril 1976, 3kg de fluorescéine sont injectés à la Goule de Foussoubie et ressortent massivement pendant plusieurs jours à l'évent de Foussoubie (vitesse de 35 m/h).
- En novembre 1976, 3kg de fluorescéine sont injectés à l'amont de la Goule de Foussoubie, dans le ruisseau qui l'alimente et arrivent aux vitesses de 340 m/h à l'évent de Foussoubie et de 100 m/h à la source de Vanmalle.
- En mai 1983, 600 g de fluorescéine sont injectés en amont de la perte totale du Rieussec. Le traceur est décelé aux sources du Bœuf et à la source de la Chaire avec une vitesse supérieure à 100 m/h ; le traceur n'est pas retrouvé à l'évent de Foussoubie.

3.7.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Il est difficile aujourd'hui d'apprécier le réel potentiel quantitatif de ces deux unités. Il semblerait néanmoins qu'il existe une différence entre l'unité de rive gauche de l'Ardèche, les émergences étant nettement moins nombreuses en rive gauche.

En général, les sources des gorges de l'Ardèche émergent de petits réseaux karstiques, jeunes et mal hiérarchisés, aux faibles capacités de stockage en amont de leur exutoire. Ils ont une forte aptitude à la vidange des réserves, mais une karstification à l'aval bien ébauchée. En l'absence de pièges structuraux importants, le pouvoir régulateur de ces unités karstiques est donc faible et l'essentiel de la lame d'eau écoulée est évacuée en période de crue et décrue.

3.7.4. Echanges nappe/rivière

Dès 1971, Mazellier attribue 10% du débit d'étiage de l'Ardèche à des alimentations en provenance du karst[19].

Belleville [28] mesure en 1983 un surplus de 700+/- 140 l/sec entre l'entrée et la sortie des gorges démontrant encore là les apports du karst. Selon lui, les zones d'apport se répartissent sur l'ensemble des gorges, alors que les pertes les plus importantes correspondent à de véritables réseaux subparallèles à l'Ardèche, localisés notamment en partie aval des gorges.

Les relations entre le karst et l'Ardèche sont complexes et variables dans le temps. On note :

- Un drainage global du réservoir karstique vers l'Ardèche durant la période d'étiage de la rivière représentant environ 20% de son débit en sortie des gorges ;
- Une recharge du karst en bordure des gorges par des eaux de l'Ardèche qui pénètrent lors de fortes crues.

Ces deux processus alternent dans le temps à la faveur des épisodes de crue et de tarissement et dans l'espace en raison de l'existence de zones préférentielles de circulations d'eaux souterraines liées au passage de certains grands accidents.

Les spéléologues plongeurs mentionnent également des indices qui corroborent l'existence de relation karst-rivière et rivière vers karst :

- La source de Richemale serait en relation avec des pertes situées deux kilomètres en amont dans le cirque de Gaud ;
- Le réseau de Midroï-Rochas évacuerait le trop-plein des eaux de la source de Richemale en période de crue ; or ce réseau est à priori relié à celui de l'évent de la Guigonne en liaison directe avec l'Ardèche ;
- L'un des siphons du réseau Solvay (puis s'ouvrant à partir des galeries supérieures de la grotte de Saint-Marcel et profond de 90 m) communiquerait directement avec l'Ardèche du fait de la présence de poissons lors d'une plongée.

Dans le cadre du plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale des Gorges de l'Ardèche, le CDS07 a effectué un suivi (pression/température) d'un grand nombre de sites entre 2012-2013. Un inventaire des sources (encore incomplet) a aussi été réalisé avec des mesures de conductivité et de température de l'ensemble des sources.

Cette étude a permis de proposer des typologies de fonctionnement des différents réseaux étudiés. Trois ensembles sont distingués (Figure 100) :

- Des réseaux à drains dominants installés dans la partie amont de la rive droite des gorges de l'Ardèche ;
- Des réseaux à drains interconnectés avec des systèmes annexes aux drainages, dans lesquels on retrouve des morphologies de puits-cheminée. On retrouve ce type de réseau aussi bien en rive droite qu'en rive gauche et cette organisation est clairement affirmée à partir du milieu des gorges.
- Des réseaux en relation avec l'Ardèche, qu'ils soient en connexion forte comme la grotte de l'Aiguille ou en relation commandée par la rivière avec le lac de la grotte du cirque de la Madeleine.

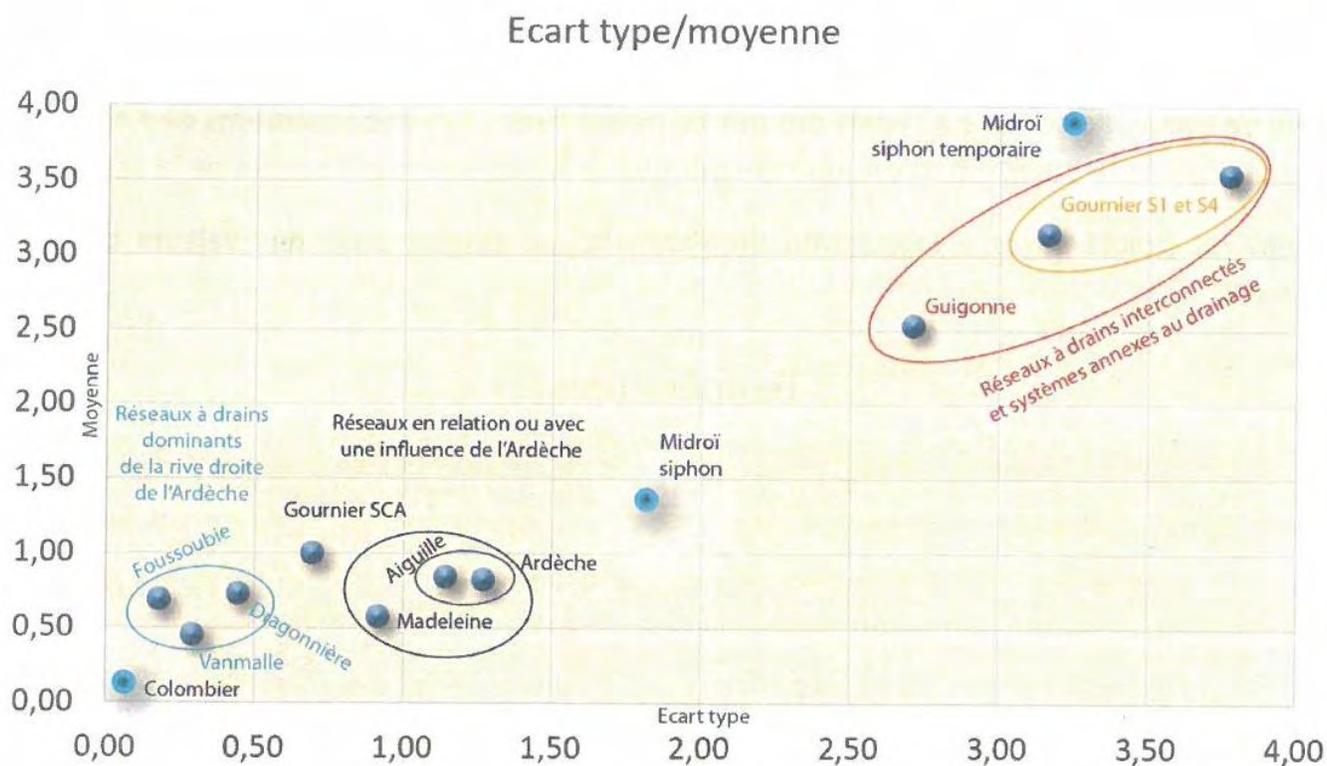


Figure 100 : typologie des réseaux karstiques à partir du croisement entre les moyennes et l'écart-type des hauteurs d'eau (CDS - 2014)

3.7.5. Qualité des eaux

A partir d'une étude sur les températures, Belleville classent les sources en trois catégories :

- Celles dont les eaux sont plus chaudes que la température atmosphérique moyenne (12,4 à 13,5°C) (sources de la Fare, de Vanmalle, de la Dragonnière et de l'Aiguille) du fait qu'elles émergent après un parcours profond sous la surface du plateau et qu'elles profitent du réchauffement lié au gradient géothermique ;
- Celles dont les eaux sont comprises entre 13 et 14°C qui correspondent à des écoulements moins profonds ;
- Celles dont les eaux sont plus froides ou à forte variabilité annuelle, liées à des alimentations rapides par des pertes (sources du Bœuf, de la Chaire, de Fousoubie).

A partir de l'étude du rapport $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ Belleville différencie également trois familles de sources :

- Les sources dont une part significative du bassin versant possède une composante marneuse (Chaire, Fousoubie, Passeron, Bœuf) ;
- Les sources dont une part du bassin est de nature marneuse (Aiguille, Tiourre, Bas-Moulin) ;
- Les sources au faciès majoritairement bicarbonaté (Vanmalle, Dragonnière et Fare).

Belleville classe également les sources grâce au rapport conductivité-bicarbonates pour évaluer les interactions entre les eaux du karst et les eaux de l'Ardèche (Figure 101).

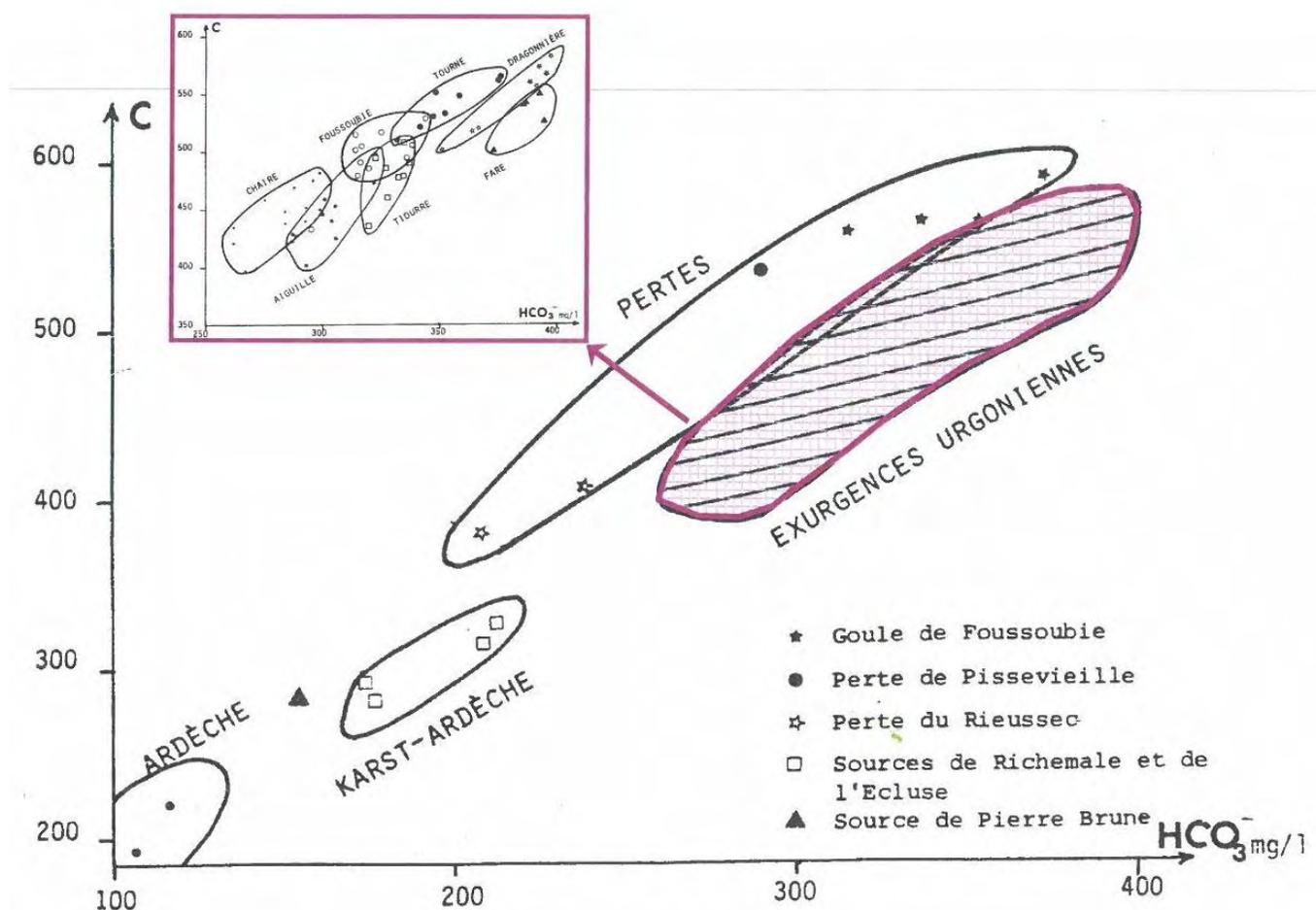


Figure 101 : diagramme conductivité-bicarbonates des émergences du massif des Gras (BELLEVILLE - 1985)

3.7.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque est élevée sur l'ensemble des affleurements calcaires.

Concernant l'occupation des sols, les plateaux d'Orgnac et de Saint Remèze sont essentiellement recouverts par des forêts de feuillus. Ces plateaux accueillent également des vignobles (Figure 102, Figure 103, Tableau 29 et Tableau 30). Les quelques prélèvements sont localisés dans les gorges de l'Ardèche.

D'un point de vue pression industrielle, il est recensé, un ancien garage automobile (activité terminée) sur la commune de Vagnas et une installation classée soumise à autorisation : la coopérative agricole de vinification de l'aven d'Orgnac.

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	1,62	1,70%
221 : Vignobles	6,56	6,87%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	5,41	5,67%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	2,81	2,95%
311 : Forêts de feuillus	65,48	68,59%
312 : Forêts de conifères	5,01	5,25%
313 : Forêts mélangées	2,59	2,72%
321 : Pelouses et pâturages naturels	0,78	0,82%
323 : Végétation sclérophylle	2,12	2,22%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	3,08	3,22%
511 : Cours et voies d'eau	0,29	0,31%
	95,48	100,00%

Tableau 29 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive droite de l'Ardèche

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,50	0,88%
221 : Vignobles	3,45	6,11%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	0,25	0,45%
311 : Forêts de feuillus	40,63	71,83%
312 : Forêts de conifères	0,32	0,57%
313 : Forêts mélangées	0,68	1,20%
321 : Pelouses et pâturages naturels	2,46	4,35%
323 : Végétation sclérophylle	6,82	12,05%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,45	2,56%
	56,56	100,00%

Tableau 30 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche

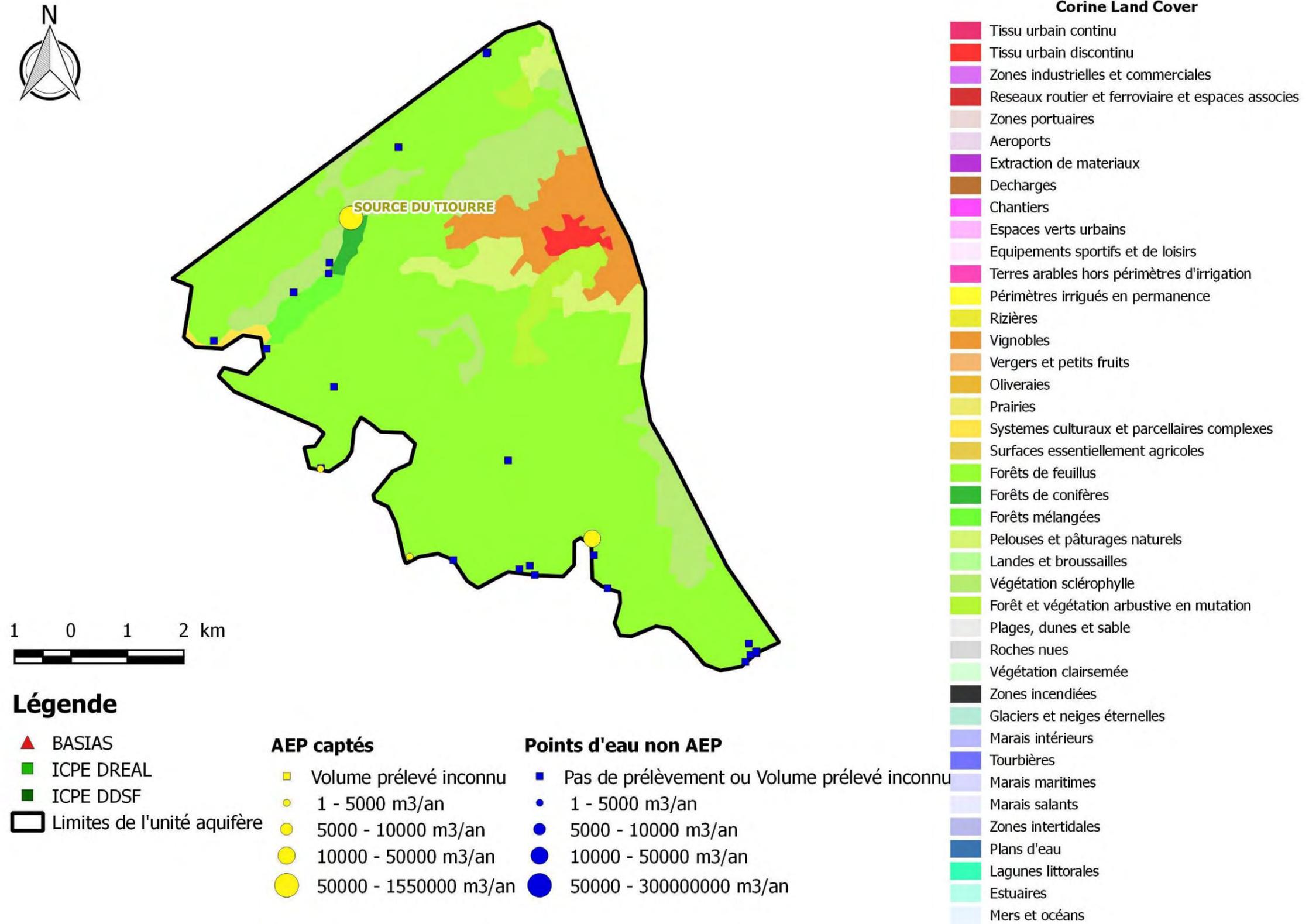


Figure 102 : occupation des sols sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche (Corine Land Cover)

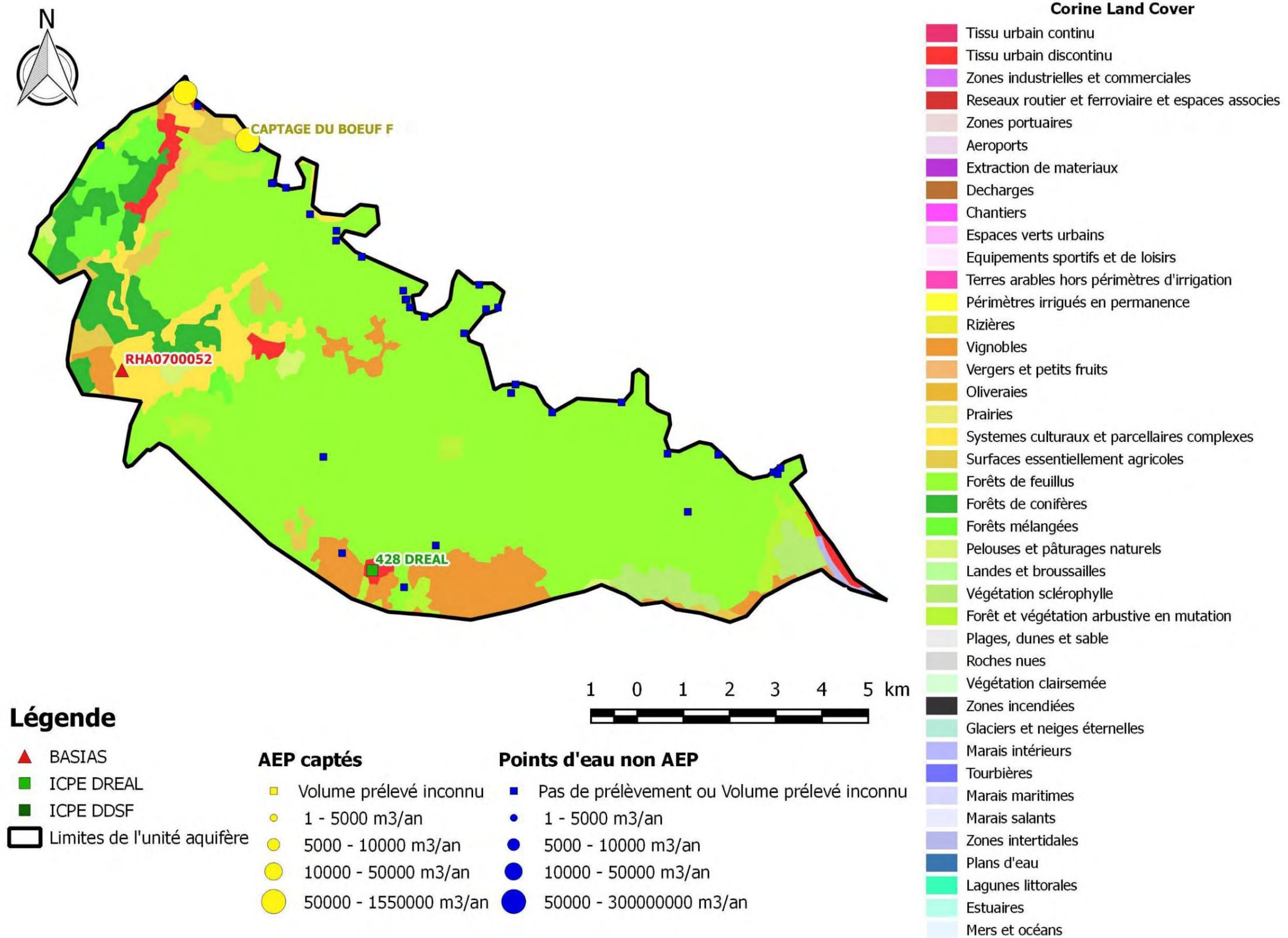


Figure 103 : occupation des sols sur l'unité Rive droite de l'Ardèche (Corine Land Cover)

3.8. L'unité Rive Gauche de la Cèze

3.8.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité karstique Rive gauche de la Cèze est composée des calcaires barrémo-bédouliens à faciès Urgonien correspondant à la retombée méridionale du plateau d'Orgnac en direction du canyon de la Cèze (profondeur supérieure à 200 m[27]). Cette unité karstique est située majoritairement sous couverture, d'abord au centre, au niveau du synclinal d'Issirac à cœur Stampien, puis vers la vallée du Rhône, sous les sables bigarrés de l'Eocène inférieur, et enfin au Sud-Est, vers la vallée de la Cèze, sous les marnes bartoniennes et aptiennes.

Cette unité karstique est donc finalement délimitée en grand (Figure 104) :

- Au Nord-Ouest et à l'Ouest par la faille de Barjac, prolongement septentrional de la faille bordant le fossé d'Alès ;
- Au Nord, la limite de l'unité est plus délicate à établir devant les possibilités de karstification des calcaires urgoniens. Elle est certainement variable d'une condition hydrologique à l'autre. Ainsi, Belleville établit une limite minorée qui passe par l'anticlinal du Bois de Ronze et une limite majorée qui recouperait la formation ludienne à l'aplomb de la limite nord des affleurements marneux éocènes. Les derniers traçages réalisés 2014 la repousse au minimum à l'Aven d'Orgnac, ce qui correspond au maximum géologique indiqué par Belleville.
- Au Nord-Est par une limite imposée : la partie avale et terminale de l'Ardèche ;
- Au Sud, par une seconde limite imposée : la Cèze ;
- A l'Est, par une troisième limite imposée : le Rhône.

Du fait, d'une part, de la présence d'un recouvrement important de l'unité par des formations postérieures aux calcaires urgoniens, telles que les formations tertiaires du synclinal d'Issirac dont l'épaisseur n'est pas connue, et d'autre part, d'une méconnaissance des variations d'épaisseur et de la structure des calcaires urgoniens sous couverture, les limites Nord, Ouest et Est sont incertaines.

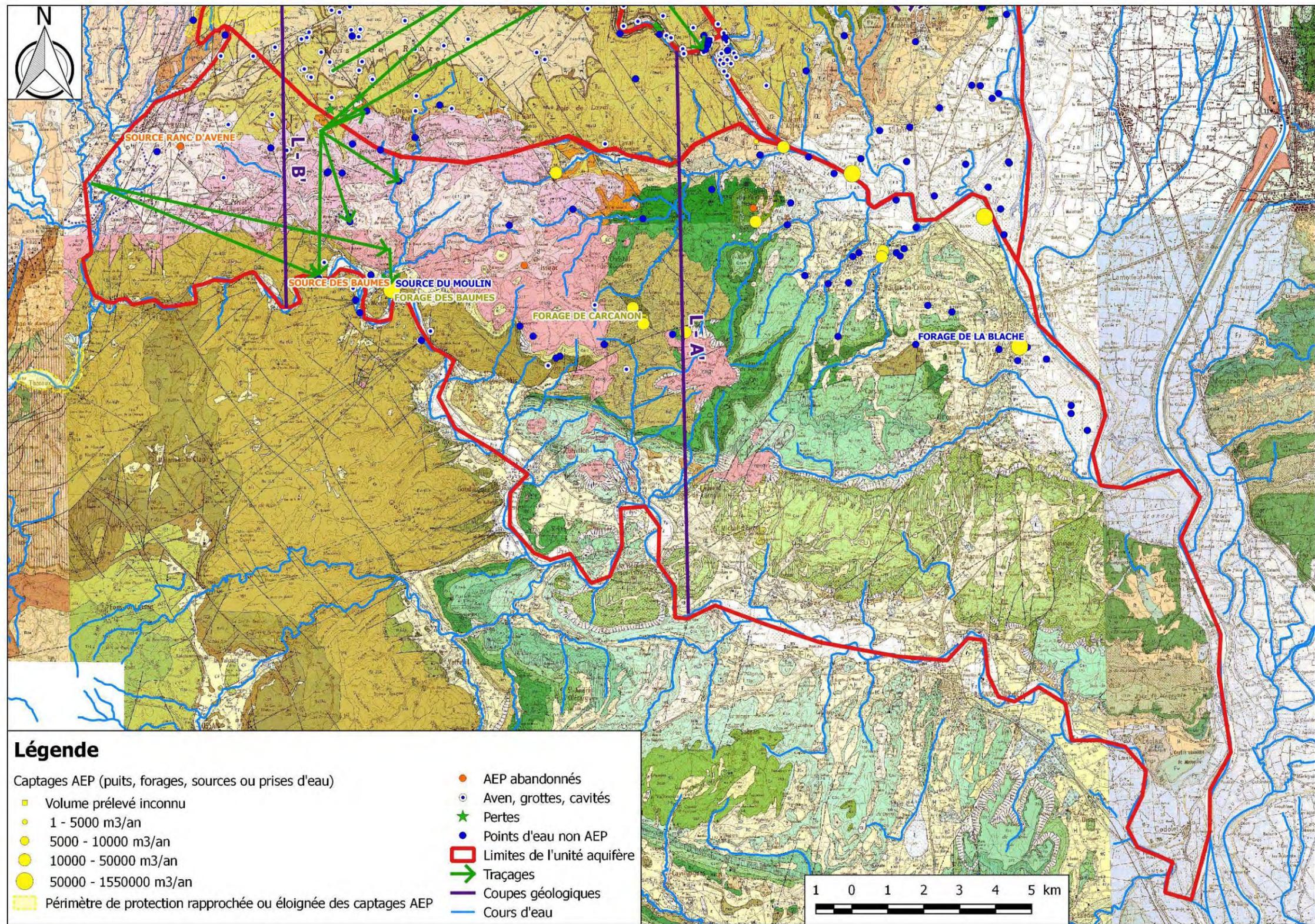


Figure 104 : limites de l'unité karstique Rive gauche de la Cèze sur fond géologique

La coupe géologique Ouest (Figure 105) à travers le plateau d'Orgnac montre la même structure anticlinale que sur le plateau de Saint-Remèze qui en est le prolongement septentrional. Cette structure est profondément faillée par des accidents subverticaux correspondant au faisceau cévenol. A l'Est apparaissent les premiers terrains du synclinal d'Issirac.

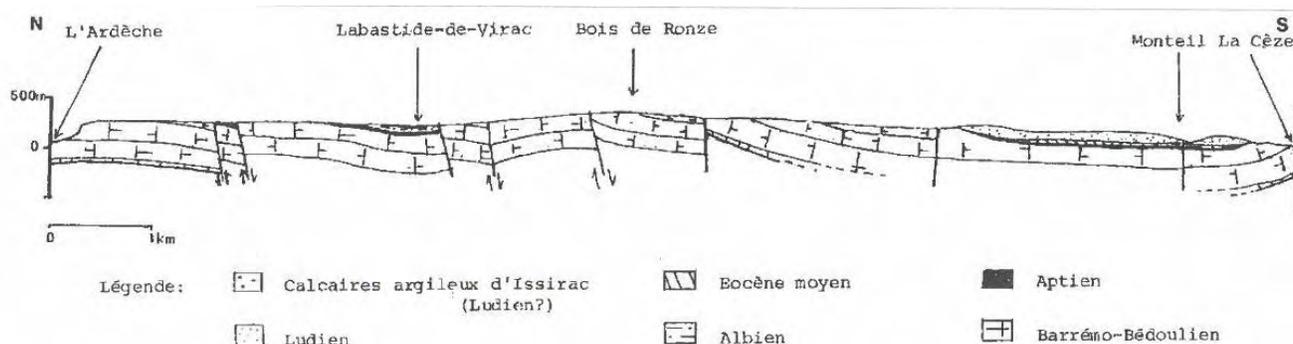


Figure 105 : coupe géologique Ouest (LB') à travers le plateau d'Orgnac (BELLEVILLE - 1985)

La coupe géologique Est (Figure 106) montre que les calcaires du Ludien occupent la plus grande part du synclinal d'Issirac dont le cœur est formé par les calcaires argileux d'Issirac datés du Stampien inférieur avec des placages de marnes rouges d'Issirac du Stampien supérieur.

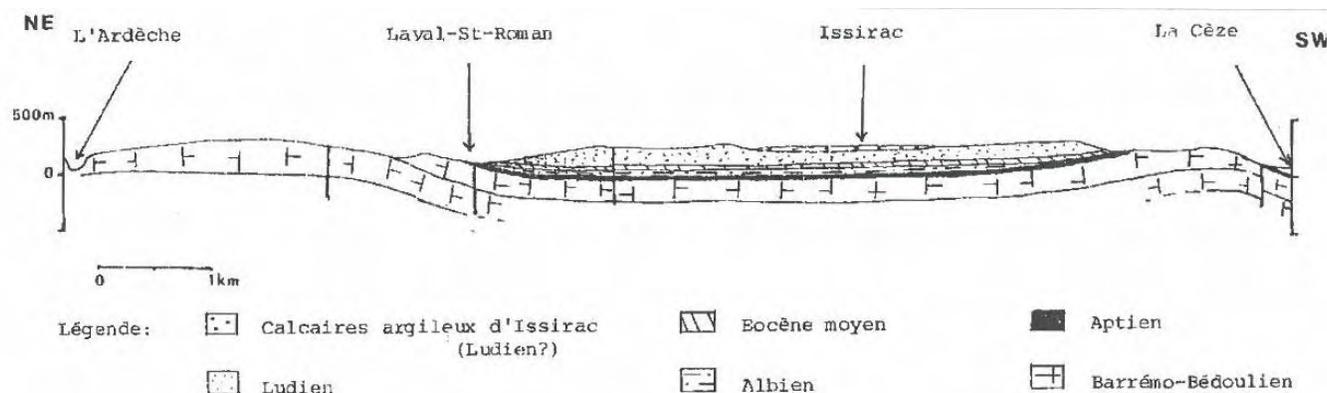


Figure 106 : coupe géologique NE-SW (LA') à travers le plateau d'Orgnac (BELLEVILLE - 1985)

3.8.2. Hydrogéologie

Aucune émergence karstique n'est présente sur le plateau urgonien du plateau d'Orgnac, il faut se rapprocher du cours d'eau de la Cèze (niveau de base) pour rencontrer des sources au débit significatif.

Cette unité karstique est caractérisée par des limites hydrogéologiques qui ne sont pas précisément connues et par une grande diversité traduite au niveau des sens d'écoulements (karst vers rivière Cèze

et rivière vers karst), par la nature des échanges (ponctuels ou diffus) et par la variété chimique, thermique et hydrodynamique des émergences karstiques.

Les deux exutoires principaux connus correspondent, d'une part, au réseau des Baumes avec comme exutoire les sources des Baumes dont le débit à l'étiage peut dépasser 100 m³/h, et d'autre part, à la source Monteil, un peu plus en amont. Ces sources ont une alimentation mixte rivière/karst dont il est impossible aujourd'hui d'en connaître la répartition.

A l'Ouest, en bordure de la terminaison septentrionale du fossé d'Alès, peu d'émergences ont été recensées mis à part au Sud de Vagnas où plusieurs exurgences issues des calcaires urgoniens émergent au niveau des calcaires paléogènes.

Dans les calcaires du Ludien il existe de rares sources temporaires localisées au fond des combes qui, au Sud d'Ornac, découpent le plateau et assurent le drainage méridional de surface.

Au contact des formations marneuses de la vallée du Rhône, apparaissent de nombreuses sources pérennes dont la source de Pierre Brune et celle du Valat d'Avencas.

L'unité karstique est également exploitée par quelques forages AEP :

Le forage des Baumes (50 m de profondeur – débit d'exploitation de 60 m³/h) a été créé à proximité des sources des Baumes pour l'alimentation en eau potable. Le réseau karstique associé concernent la partie avale du méandre que forme la Cèze à Montclus. Ce méandre est formé dans les calcaires à faciès Urgonien à la faveur de fractures orientées NE-SW. Le réseau intègre également l'aven des Baumes constitué par un puits de 29 m de profondeur qui débouche dans une galerie orientée NW-SE qui mène à un puits noyé sondé à 25 m de profondeur.

Les traçages réalisés en rive droite de la Cèze ne montrent aucune relation avec la rive gauche de la rivière. En revanche, la perte de Rochegude, située à l'Ouest a été identifiée comme étant en relation avec le captage des Baumes. Le temps de transfert est de 33 jours pour une distance de près de 10 km, soit une vitesse moyenne de 12,4 m/h. Les apports d'eaux superficielles sont à l'origine de non-conformité bactériologique et d'un dépassement récurrent du paramètre turbidité à l'occasion des crues de la Cèze.

Le forage de Carcanon a une profondeur de 181 m, il capte les calcaires urgoniens sous 10 m de recouvrement quaternaire et aptien, il est exploité au débit de 20 m³/h par la commune de Saint-Christol-de-Rodières. Le niveau statique est situé vers 125 m (77 m NGF). Le forage de Toulair présente des caractéristiques assez similaires (200m de profondeur – niveau d'eau à 120 m), il est également exploité pour l'AEP.

Enfin, le forage de la Blache (Figure 107) a été réalisé en 2009 dans le cadre d'une recherche en eau pour la ville de Pont-Saint-Esprit au quartier la Blache située à l'Ouest de la zone urbaine. Ce forage de 277 m de profondeur a rencontré le toit des calcaires urgoniens sous 150 m de marno-calcaires et

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1

marnes gris-bleu de l'Aptien puis 15 m de calcaires gréseux gris du Bédoulien. Les venues d'eau ont été localisées à 194 puis de 270 à 277 m de profondeur délivrant au soufflage 80 m³/h.

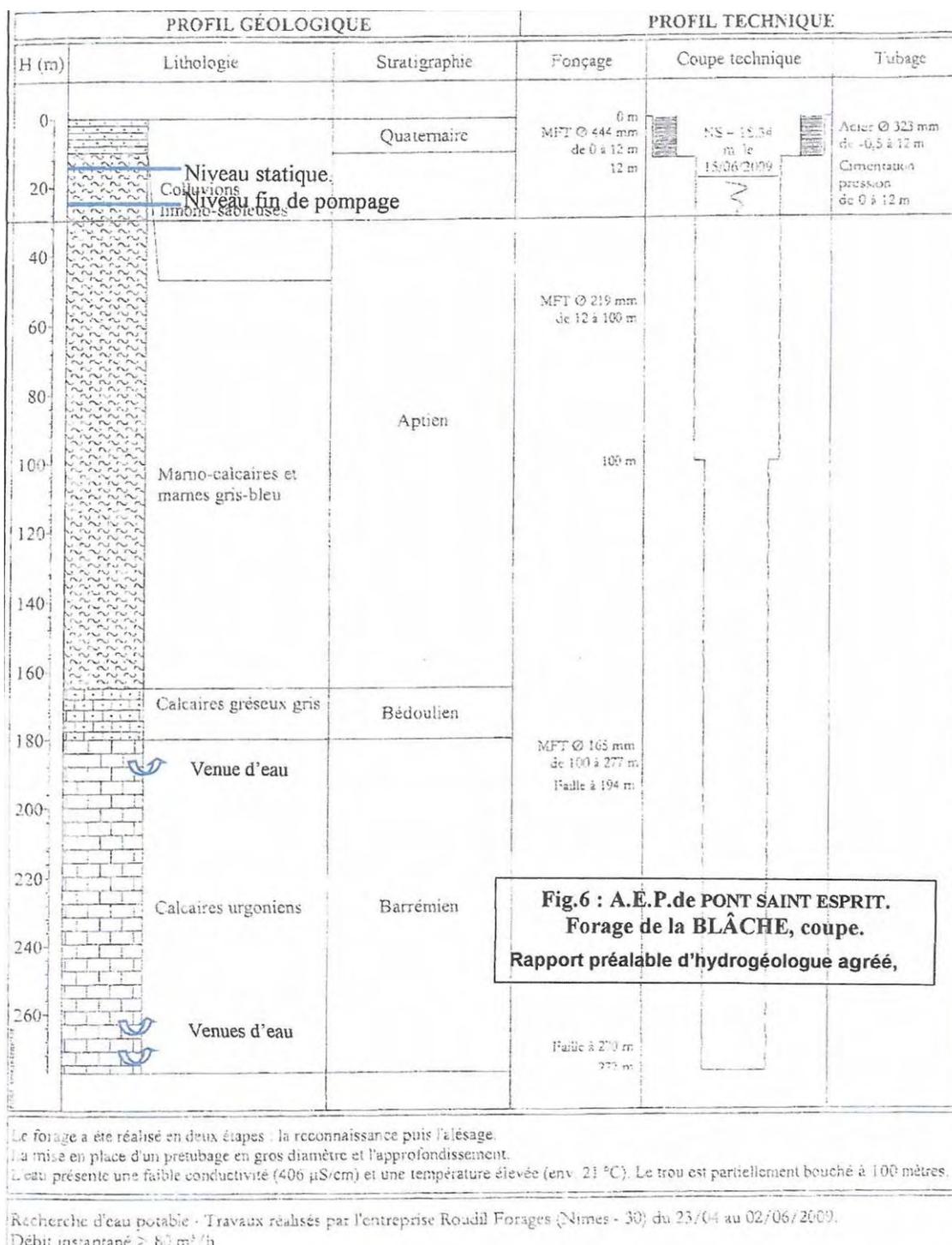


Figure 107 : coupe du forage de la Blache (BERGA SUD - 2009)

Un pompage d'essai de longue durée de 2 jours, au débit fixe et limité à 43,5 m³/h à cause du diamètre du forage, a été mis en œuvre et a abouti à la stabilisation du niveau d'eau avec un rabattement de 7 m (niveau statique en charge mesuré vers 18 m de profondeur). Ces essais ont montré le fort potentiel de cet ouvrage estimé entre 150 et 200 m³/h pour un rabattement de 30 à 40 mètres.

Le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche a recensé quelques phénomènes karstiques sur le plateau d'Orgnac (Tableau 31).

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Sans nom (grotte n°07)	Orgnac l'Aven				0	
Condamines (perte des)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	14	-14
Latafrège (perte)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	0	
Egressieres (pertes des)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	0	
Flandin (grotte-aven)	Orgnac l'Aven		permanent	perte	1200	-113
Orgnac (l'aven d')	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	5000	-187
Jolivol (aven)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	1000	-200

Tableau 31 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité karstique Rive gauche de la Cèze (CDS - 2015)

3.8.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge de l'unité karstique Rive gauche de la Cèze est assurée par :

- l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment le plateau d'Orgnac (Bois de Ronze, Bois de Laval).
- l'infiltration indirecte des pertes des cours d'eau circulant sur les formations tertiaires.

Les émergences localisées dans les gorges de la Cèze représentent une partie des exutoires de l'unité.

3.8.2.2. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert

En 2014, trois expériences de traçage ont été réalisées par l'équipe de Chapuis en rive gauche de la Cèze (Figure 109).

- En mars 2014, 15 kgs de fluorescéine sont injectés à la grotte Flandin (-120 m de profondeur) pour tenter de caractériser la répartition des eaux entre le bassin versant de la Cèze et celui de l'Ardèche. Le traceur a été retrouvé à la source de Monteil, côté Cèze, 8 mois après l'injection et à la faveur d'une remobilisation par une mise en charge et à la source de Gournier, coté Ardèche (). Un doute subsiste sur les restitutions coté Ardèche, aux sources de la Dragonnière et des Castors.

Ce traçage réalisé à l'interfluve Cèze-Ardèche amène deux hypothèses (Figure 108) :

- Soit il est considéré que la fluorescéine n'a pas affecté le versant ardéchois et le traceur n'a finalement affecté que le côté Cèze, 8 mois plus tard, à l'occasion d'une mise en charge importante du karst suite à de fortes précipitations ;
- Soit, il est considéré que la fluorescéine a affecté à la fois le versant ardéchois en situation de moyennes et basses eaux et le versant gardois en situation de crue, ceci suggère alors un fonctionnement particulier et une extension du bassin versant hydrogéologique de l'Ardèche vers celui de la Cèze.

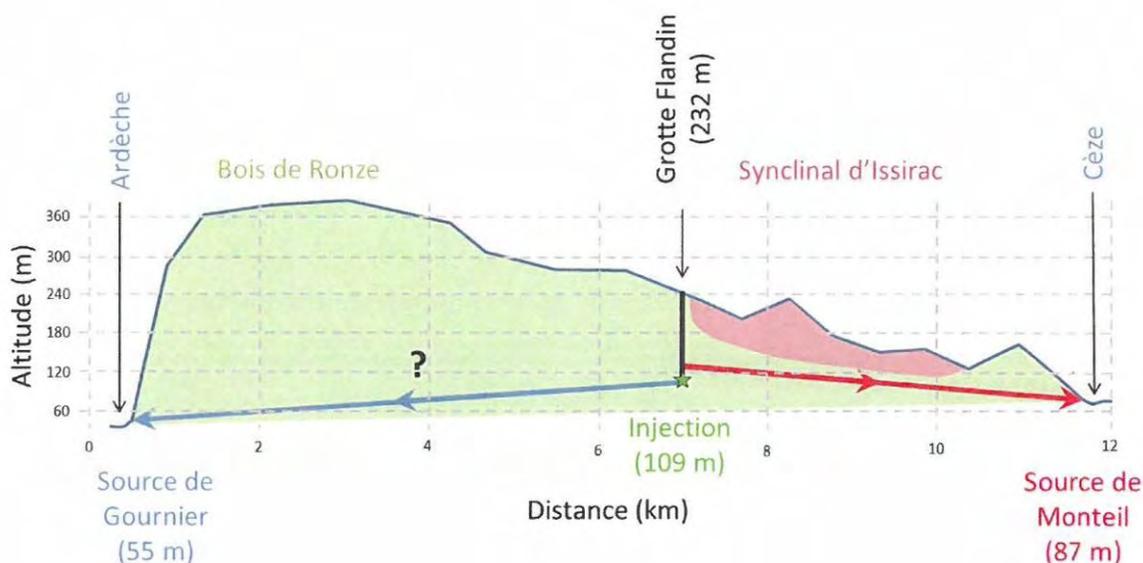


Figure 108 : coupe schématique de l'interfluve Cèze/Ardèche - essais d'interprétation des écoulements souterrains (CHAPUIS - 2014)

- En mai 2014, 3 kgs d'éosine sont injectés aux pertes de Roméjac,. Le traceur a été retrouvé aux sources de Monteil et des Baumes plus de 3 semaines après l'injection. Ce résultat indique que ces sources ne sont pas seulement alimentées par les eaux de pertes de la Cèze et par des aires d'alimentation de faibles extensions en rive gauche de la Cèze, mais qu'elles sont aussi alimentées par les pertes des cours d'eau au Nord du fossé d'Alès.
- En novembre 2014, 10 kgs de rhodamine B sont injectés dans la salle rouge (- 150 m de profondeur) de l'aven d'Ornac pour également tenter de caractériser la répartition des eaux entre le bassin versant de la Cèze et celui de l'Ardèche. Le traceur a été analysé moins d'une semaine après l'injection côté ardéchois, à la source de Gournier. En revanche, le traceur n'a pas impacté d'autres sources côté ardéchois (Castors et Dragonnière) et côté Cèze (Baumes et Monteil).

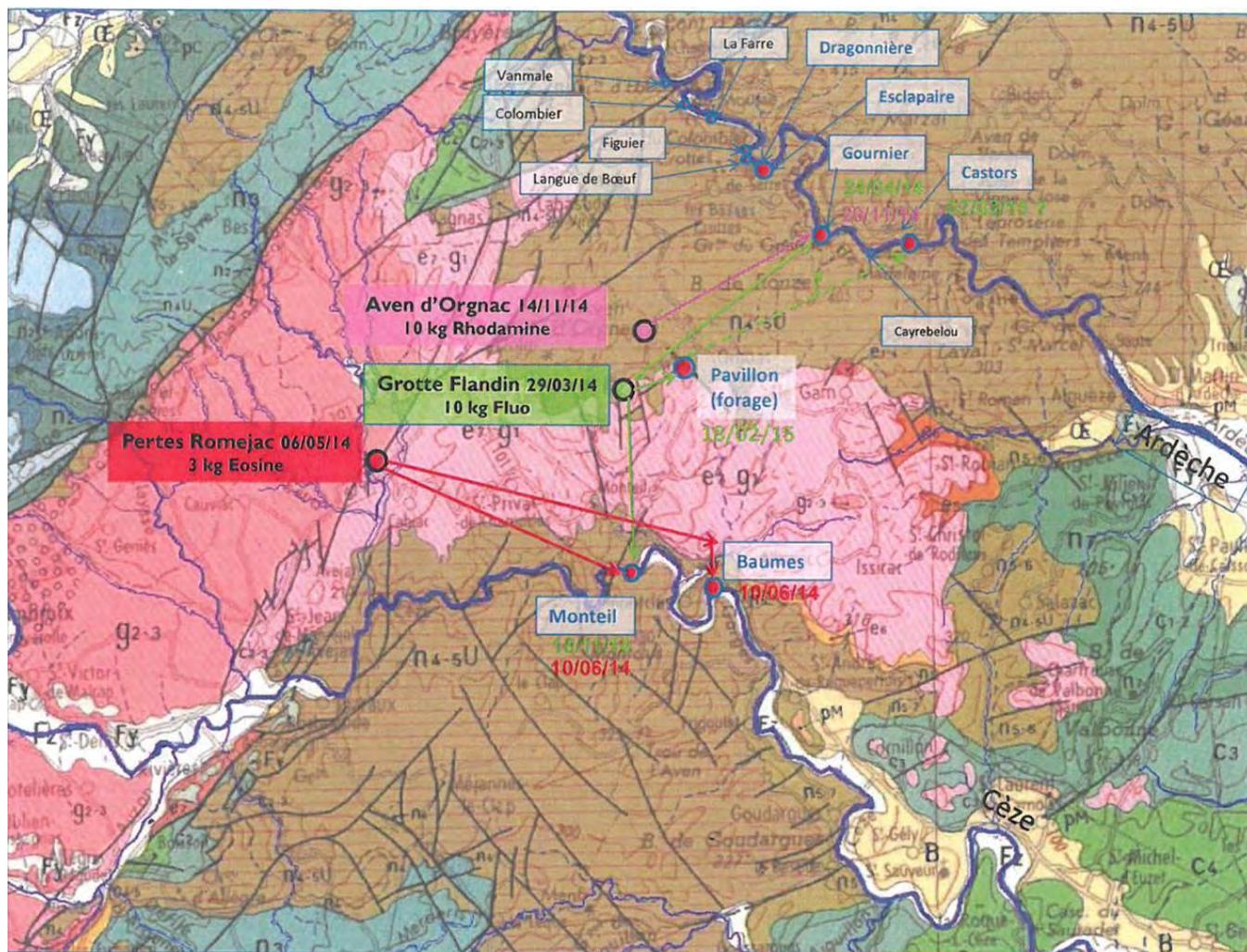


Figure 109 : synthèse des résultats des traçages réalisés en 2014 (CHAPUIS - 2014)

3.8.3. Appréciation du potentiel quantitatif

A ce jour, le potentiel de l'unité karstique rive gauche de la Cèze n'est pas connu car l'état des connaissances est très faible. Se pose d'abord la question de l'extension des bassins d'alimentation des sources de rive gauche de la Cèze telles que les sources de Monteil et des Baumes. En effet, ces sources ont une part d'alimentation qui ne provient pas de la rivière Cèze. Quelle est alors la contribution réelle du karst ?

Ensuite se pose la question des relations entre Cèze et Ardèche pour laquelle plusieurs hypothèses sont possibles :

- Dans l'hypothèse 1, on suppose une ligne de partage des eaux entre le bassin versant de la Cèze avec ses sources en rive gauche et le bassin versant de l'Ardèche avec ses sources en rive droite. Dans ce cas de figure, le synclinal d'Issirac doit jouer un rôle hydraulique encore inconnu.

- Dans l'hypothèse 2, il est supposé qu'une partie des débits de perte de la rivière Cèze alimente les sources de l'Ardèche. Le suivi simultané des débits des sources en rive gauche de la Cèze en amont et en aval des pertes permettra probablement de lever cette incertitude.
- Dans l'hypothèse 3, il est supposé un fonctionnement mixte qui dépend de l'état de saturation du karst, avec en hautes eaux, la vérification de l'hypothèse 1 et en situation de basses eaux celle de l'hypothèse 2.

3.8.4. Echanges nappe/rivière

Les échanges nappe-rivière sont manifestes dans les gorges de la Cèze et notamment au droit du captage des Baumes.

A partir de la chimie des eaux et de l'étude de la faune interstitielle, Chapuis a précisé ces échanges rivière-nappe dans les gorges de la Cèze, dans sa partie amont (Figure 110).

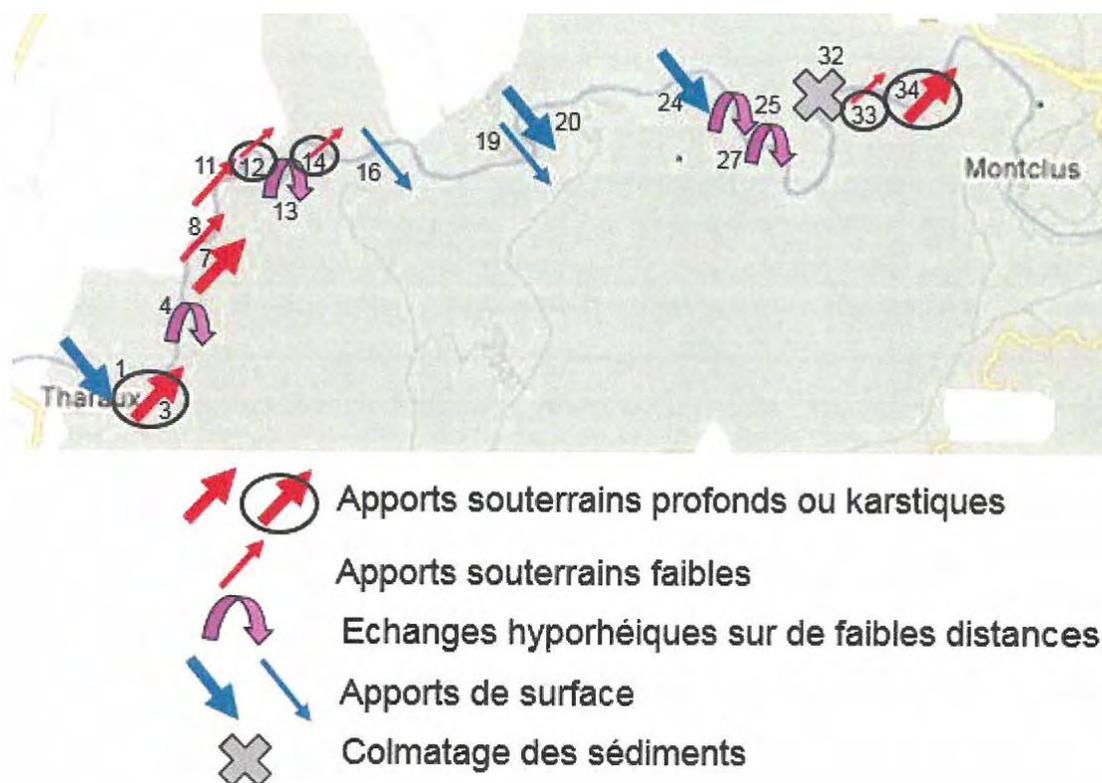


Figure 110 : cartographie des zones d'échange rivière - nappe dans les gorges de la Cèze (CHAPUIS - 2014)

3.8.5. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque est élevée sur les zones d'affleurement des calcaires qui semblent également correspondre aux zones de recharges.

Concernant l'occupation des sols, l'unité Rive gauche de la Cèze est majoritairement couverte par des vignobles et des forêts de feuillus. On y trouve également quelques cultures parcellaires (Figure 111 et Tableau 32).

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	10,27	3,50%
121 : Zones industrielles et commerciales	2,35	0,80%
131 : Extraction de matériaux	0,26	0,09%
211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation	2,02	0,69%
221 : Vignobles	102,10	34,81%
222 : Vergers et petits fruits	1,72	0,59%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	22,25	7,59%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	14,75	5,03%
311 : Forêts de feuillus	83,29	28,40%
312 : Forêts de conifères	1,64	0,56%
313 : Forêts mélangées	27,18	9,27%
321 : Pelouses et pâturages naturels	4,68	1,60%
323 : Végétation sclérophylle	11,92	4,06%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	4,16	1,42%
511 : Cours et voies d'eau	4,70	1,60%
	293,28	100,00%

Tableau 32 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive gauche de la Cèze

Concernant les industries, aucun ancien site n'est recensé, mais l'unité compte 29 installations classées dont 14 encore en activité majoritairement situées sur la bordure rhodanienne (Tableau 33).

ETAT_SITE	RAISON SOCIALE	COMMUNE	DEBUT_ACT	FIN_ACT	ACTIVITES
En activité	SNE	CODOLET	19790612		Garages, ateliers, mécanique et soudure
En activité	STÉ CIVILE AGRICOLE DE ST GEORGES	VEJAN	19700623		Activités de soutien à l'agriculture et traitement primaire des récoltes (coopérative agricole, entrepôt de produits agricoles stockage de phytosanitaires, pesticides, ...);Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
En activité	BROCHE FRÈRES	CODOLET	19651104		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
En activité	SCI GATEC	CODOLET	19741010		Fabrication de tubes, tuyaux, profilés creux et accessoires correspondants en acier;Mécanique industrielle
Activité terminée	SITOM	VEJAN	11110101	19820101	Collecte et stockage des déchets non dangereux dont les ordures ménagères (décharge d'O.M. ; déchetterie)
Activité terminée	Sté Rhodanienne de Traitement de Granulats (SRTG)	MONDRAGON	19580101	19840607	Extraction de pierres ornementales et de construction, de calcaire industriel, de gypse, de craie et d'ardoise (voir aussi C23.7)
En activité	CEA CENTRE DE MARCOULE	CHUSCLAN	11110101		Utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses) ;Décharge de déchets industriels spéciaux (D.I.S.);Centrale nucléaire;Elaboration et transformation de matières nucléaires
En activité	ELIE GENTIL GROUPAGES FRUITS ET LÉGUMES	SAINT-PAULET-DE-CAISSON	19690130		Autres transports terrestres de voyageurs n.c.a. (gare de bus, tramway, métro et atelier de réparation), à indiquer;Dépôt ou stockage de gaz (hors fabrication cf. C20.11Z ou D35.2);Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
Activité terminée	MAISONS ECONOMIQUES ETS GUÉRIN	PONT-SAINT-ESPRIT	19690912		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	RELAIS DU PONT	BAGNOLS-SUR-CEZE	19710723		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	SARL CARROSSERIE DE LA CÈZE	BAGNOLS-SUR-CEZE	19640313		Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)
Activité terminée	STÉ DINI ROGER	SAINT-NAZAIRE	19731024		Fabrication de coutellerie
En activité	SOCIETE COMAT	BAGNOLS-SUR-CEZE	19731025		Fabrication d'éléments en métal pour la construction (portes, poutres, grillage, treillage...);Fabrication de coutellerie
Activité terminée	EXTRACTION DES SOUS PRODUITS VINICOLES SA	BAGNOLS-SUR-CEZE	19730205		Production de boissons alcooliques distillées et liqueurs;Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
En activité	STÉ ROSIER ET CHAPUY	BAGNOLS-SUR-CEZE	19461224		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Fabrication de savons, détergents et produits d'entretien
En activité	SONET SA	BAGNOLS-SUR-CEZE	19671218		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	SOCIETE GAZOLEINE	BAGNOLS-SUR-CEZE	19730517		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
Activité terminée	STÉ SYLVANDER A.	LA ROQUE-SUR-CEZE	18980723		Fabrication de produits chimiques à usage industriel
Activité terminée	STÉ THEIL ROBERT	SAINT-PAULET-DE-CAISSON	19781205		Fabrication, transformation et/ou dépôt de matières plastiques de base (PVC, polystyrène,...)
Activité terminée	PECHINEY	CARSAN	19650106		Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
Activité terminée	STÉ MARQUET ADRIEN	SAINT-JULIEN-DE-PEYROLAS	19000101		Extraction des minéraux chimiques (ex : soufre, sulfate, baryum,...) et d'engrais minéraux (phosphate, potasse)
Activité terminée	STÉ GILLES PAUL	PONT-SAINT-ESPRIT	21000101		Fabrication de caoutchouc synthétique (dont fabrication et/ou dépôt de pneus neufs et rechapage, ...)
Activité terminée	SOEREM	SAINT-PAULET-DE-CAISSON	19700922	19700102	Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, notamment ceux qui ne sont pas associés à leur fabrication, ...)
Activité terminée	STÉ BERAUD JACKY	PONT-SAINT-ESPRIT	19790111		Garages, ateliers, mécanique et soudure
Activité terminée	RENAULT	PONT-SAINT-ESPRIT	19681124		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)
Activité terminée	STÉ ALAUZEN MAURICE	PONT-SAINT-ESPRIT	19740219		Garages, ateliers, mécanique et soudure
Activité terminée	STÉ COLOMBERT HENRI	PONT-SAINT-ESPRIT	19490730		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	EGS GARD CEVENNES EX USINE FORESTIER	PONT-SAINT-ESPRIT	18690101		Captage, traitement et distribution d'eau potable ou industrielle;Production et distribution de combustibles gazeux (pour usine à gaz, générateur d'acétylène), mais pour les autres gaz industriels voir C20.11Z
En activité	SOCIETE DE TRANSPORT AURAN ET CIE, COOPERATIVE D'UTILISATION DE MATERIEL AGRICOLE, S.A. DES VERRERIE DE PONT SAINT ESPRIT	PONT-SAINT-ESPRIT	18990101		Fabrication de verre et d'articles en verre et atelier d'argenture (miroir, cristal, fibre de verre, laine de roche) ;Autres transports terrestres de voyageurs n.c.a. (gare de bus, tramway, métro et atelier de réparation), à indiquer

Tableau 33 : installations classées recensées sur l'unité karstique Rive gauche de la Cèze

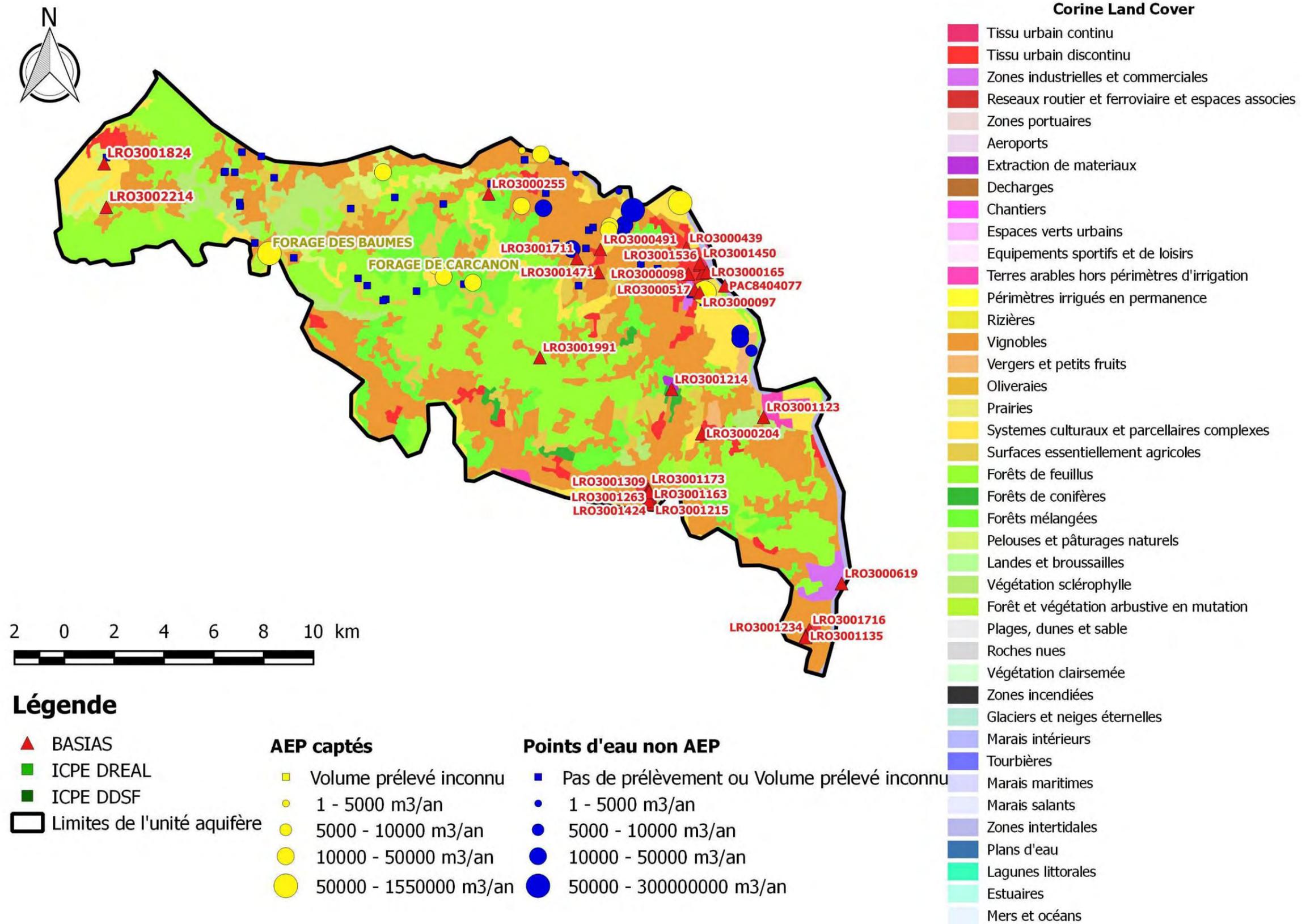


Figure 111 : occupation des sols sur l'unité Rive gauche de la Cèze (Corine Land Cover)

3.9. L'unité Montagne de la Serre

3.9.1. Présentation et délimitation de l'unité

La Montagne de la Serre est située au Sud du village de Grospierres. C'est un relief allongé de faible superficie (12,5 km²). Du point de vue géologique, elle est constituée à sa base par des formations de l'Hauterivien. Ce sont des marnes alternant avec des bancs de calcaires marneux. Cette série est surmontée par des calcaires récifaux du Barrémien (faciès Urgonien).

L'unité aquifère « Montagne de la Serre » est limitée par :

- A l'est, au nord et au sud par la crête correspondant ici aux contours des affleurements urgoniens ;
- A l'ouest par la faille de Sampzon, importante faille normale qui met en contact les calcaires urgoniens avec les marnes hauteriviennes à l'ouest de cet accident ;

Les limites sont estimées fiables.

La structure générale montre clairement que la Montagne de la Serre est isolée des unités environnantes.

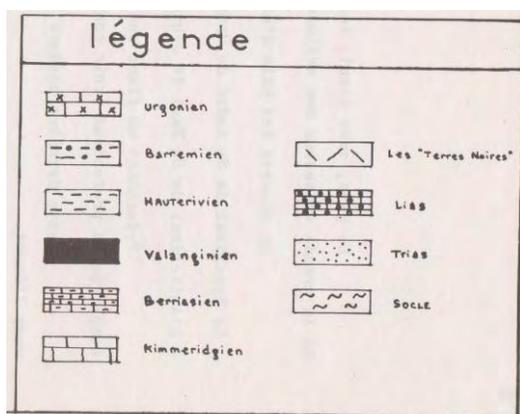
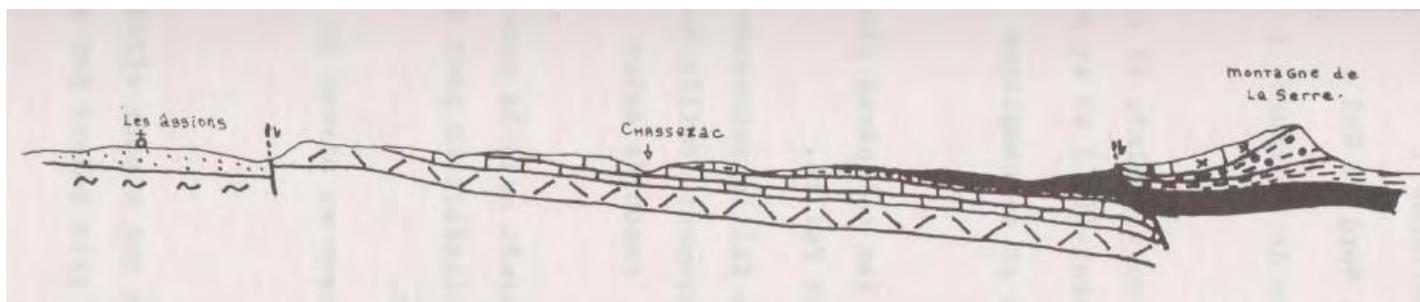


Figure 112 : coupe géologique F-B' de la Montagne de la Serre (Pascal, 1970)

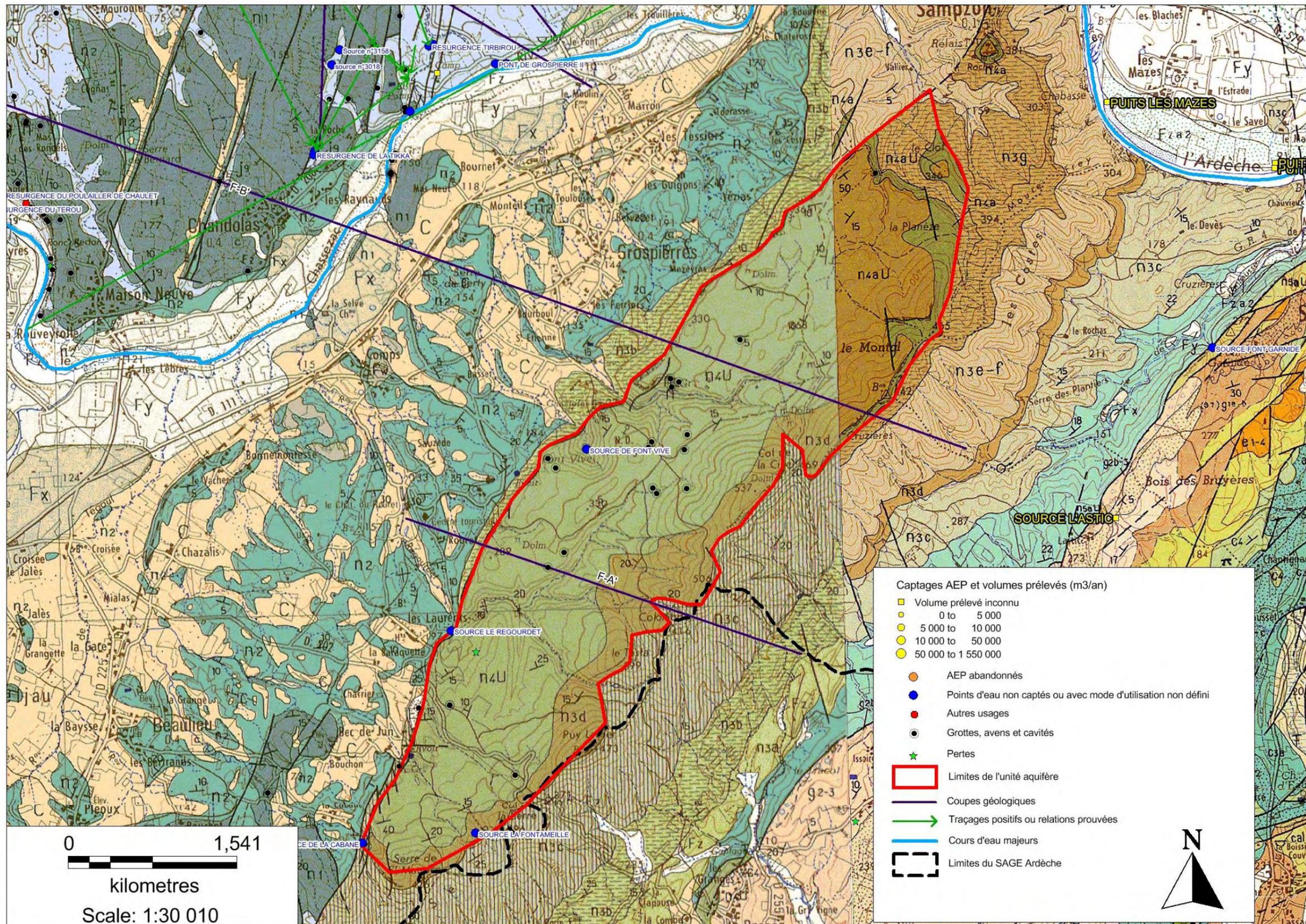


Figure 113 : limites de l'unité karstique Montagne de la Serre sur fond géologique

3.9.2. Hydrogéologie

En ce qui concerne l'hydrogéologie, ce massif est principalement drainé par les sources de Régourdet et de Font-Vive, deux émergences de type vaclusien. Celles-ci apparaissent à proximité de la faille de Sampzon, laquelle représente le niveau de base.

3.9.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Au niveau de Font-Vive, le surcreusement karstique laisse à penser qu'il existe une petite zone noyée avec des réserves limitées [16]. Le karst se forme dans le faciès urgonien et développe une puissance de 20 à 30m [18]. La campagne de terrain effectuée durant l'étiage sévère de cet été (Août 2015) a permis d'estimer un débit de 4 l/s environ pour Font-Vive et de 0,5 l/s environ pour Regourdet. Des compléments d'informations sont espérés suite à la récente plongée de la Font Vive, en ce qui concerne la morphologie du réseau souterrain et la présence d'une zone noyée.

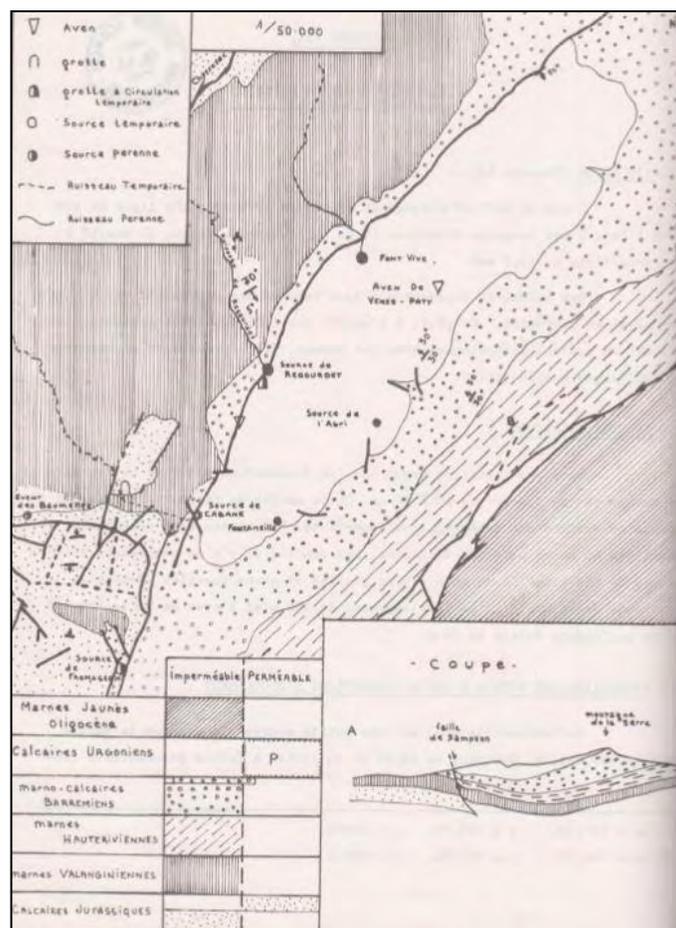


Figure 114 : carte géologique et coupe F-A' de la Montagne de la Serre (Pascal, 1970)

On notera la présence de vallées sèches sur le massif. L'alimentation de l'aquifère se fait principalement par les précipitations en direct sur le massif calcaire. Le rôle des cours d'eau temporaires dans la recharge de l'aquifère reste à définir.

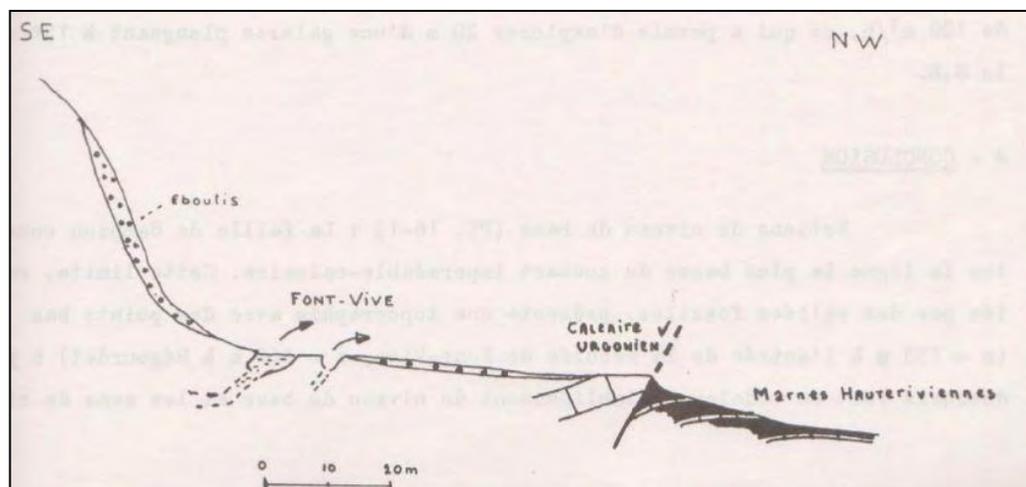


Figure 115 : coupe de la source de Font-Vive (Pascal, 1970)

Au niveau des réseaux karstiques, la cavité principale est la Font Vive qui se développe sur la bordure occidentale du massif, comme l'essentiel des autres sources et vallées sèches. Ce massif est peu affecté par les accidents tectoniques, mises à part les failles le séparant des autres structures. Peu de cavités sont connues dans ce massif, pourtant la Font Vive est un important exutoire pouvant débiter jusqu'à $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Elle s'ouvre dans une « reculée » au milieu du massif et se présente sous la forme d'un premier siphon exploré sur 380 mètres, à la côte maximum de 130 m NGF. La cavité est actuellement connue sur plus de 2 km et se présente avec un profil en yo-yo contenant plusieurs siphons (mais non profonds). Il semblerait que l'on connaisse uniquement la partie supérieure de la cavité active, ignorant ainsi tout d'un possible réseau noyé inférieur. En effet, lors des travaux de nettoyage de la source (1996-2000), les plongeurs ont indiqué que le siphon 1 ne semblait pas être alimenté, l'alimentation en eau ne se faisant que sur les 80 premiers mètres et en grande partie au niveau de la vasque à - 6 mètres au travers de l'éboulis et, par un boyau de 60 centimètres de diamètre. Cela correspond à un changement de régime de la source : par le passé, le courant passait par le laminoir d'entrée, réputé pour sa bonne visibilité (l'eau n'est jamais trouble). Depuis il n'est plus alimenté et se trouble très vite. Le vieux fil nylon de 2 mm datant de l'explo Chauvet (1980) n'a pas subi de dommages au regard des crues que la source a subies depuis, et ce, malgré des amarrages précaires. De plus, les agrès (cordes, etc.) derrière le S1 étaient en parfait état malgré leur âge.

On peut aussi citer à proximité de la Font Vive, la source du ruisseau des Conchettes où se développe une cavité importante du massif (250 mètres) mais fossile. Les autres sources (au sud et à l'ouest) sont impénétrables, sauf à l'extrême nord, où l'on trouve la grotte de l'Aiguille. Cette cavité perchée (250 m / - 50) semble être un ancien trop plein du système hydrologique de la Serre.

Cavité NOM	Commune	Données hydrologiques			Données topographiques	
		SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
MONTAGNE DE LA SERRE						
Ferrière (grotte perte du ruisseau de)	Beaulieu			perte	18	-5.6
Fontameillé (source de)	Beaulieu			source	0	
Laurents (résurgence des)	Beaulieu			résurgence	7	
Font Vive (exsurgence de)	Grospierres	oui	permanent	exsurgence	2000	-0.6
Régourdet (résurgence du)	Grospierres		permanent	résurgence	0	
Col de la Serre (source captée du)	Grospierres		permanent?	source	0	
Conchettes (source des)	Grospierres			source	0	

Tableau 34: inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Montagne de Serre (Source : CDS07)

3.9.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

A ce jour aucune piézométrie n'a été dressée pour cette unité karstique.

En ce qui concerne la direction de l'écoulement, elle est préférentiellement dirigée vers l'ouest. En effet, la faille de Sampzon découpe à l'Ouest le contact imperméable-calcaire, ce qui constitue le niveau de base de l'aquifère[7].

3.9.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Aucun traçage et aucun paramètre hydrodynamique ne sont connus sur ce système. Souvent temporaires, les circulations souterraines sont rapides[7]. Cependant, aucune donnée concernant la vitesse de transfert n'est répertoriée.

3.9.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Cette unité karstique marquée par deux sources vaclusiennes renferme une zone noyée mais a priori de faibles réserves. Le débit d'étiage de la source de Font Vive est toutefois de 4 l/s (étiage 2015) et celui de la source de Régourdet de 0,5 l/s.

Son potentiel serait à préciser.

3.9.4. Echanges nappe/rivière

Aucun élément concernant les échanges nappe/rivière n'est répertorié dans la bibliographie. Cependant, il serait intéressant de savoir si les cours d'eau localisés sur le massif (et asséchés à l'étiage) jouent un rôle dans l'alimentation de l'aquifère en période de hautes eaux.

3.9.5. Qualité des eaux

		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	TH	+	-	TAC	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	f à 20° En $\mu\text{S/cm}^2/\text{cm}$
41	Font-Vive	5,5	0,05	0	0,01	0,08	5,55	5,64	5,60	5,45	0,05	0,1	2.140
42	Regourdet	5,45	0,1	traces	0,01	0,08	5,55	5,64	5,82	5,5	0,2	0,12	2.150
43	Cabanne	5,4	0,1	0	0,01	0,09	5,5	5,60	5,83	5,25	0,2	0,38	2.070
44	Fontameille	6,9	0,45	0	0,01	0,1	7,35	7,46	7,51	7,0	0,25	0,26	1.610

***Tableau 35 : analyses chimiques des points d'eau de la montagne de Serre (Pascal, 1970),
(Concentrations exprimées en meq/L).***

Ce sont des eaux de faciès bicarbonaté calcique avec quelques irrégularités dans les valeurs en Mg²⁺. Les concentrations assez faibles pour des eaux calcaires sont dues, d'une part à des bassins versants souterrains de faibles dimensions et d'autre part au régime des sources (temporaires avec des circulations rapides)[7]. Les conductivités mesurées lors de l'étiage de l'été 2015 s'élevaient autour de 500 $\mu\text{S/cm}$ pour les sources de Regourdet et de Font-Vive. Le pH quant à lui était de 7,3 pour les deux exurgences.

3.9.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

On considère une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne le karst de l'Urgonien notamment dû au fait que la circulation au sein de l'aquifère est rapide.

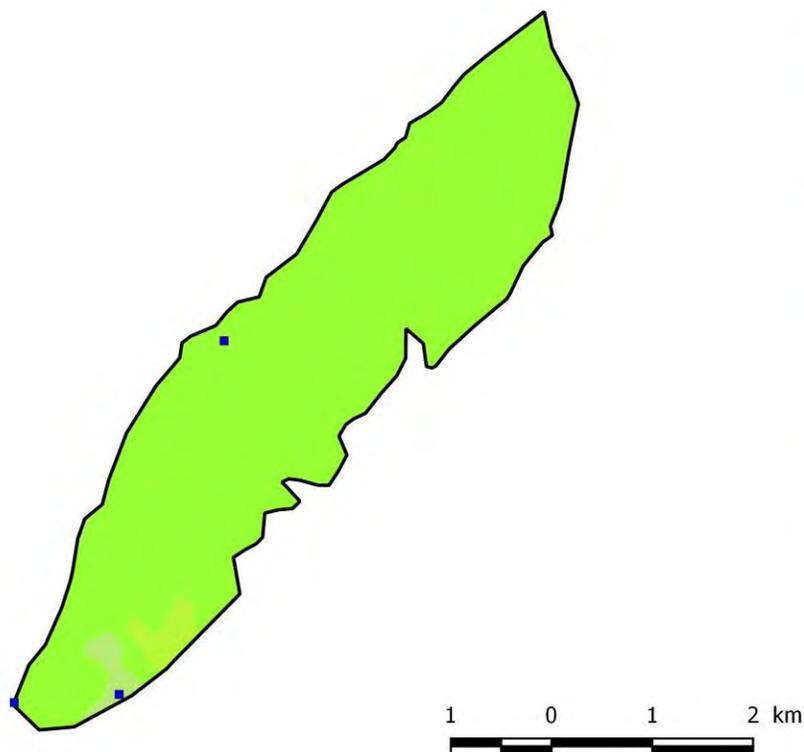
L'occupation des sols est peu variée, elle est principalement constituée de forêts. On note l'absence de tissu urbain sur l'ensemble de l'unité (Tableau 36 et Figure 116).

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
311 : Forêts de feuillus	12,179	96,14%
323 : Végétation sclérophylle	0,230	1,82%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,258	2,04%
	12,667	100,00%

Tableau 36 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité karstique Montagne de la Serre

Aucune ICPE n'est répertoriée au sein de l'unité, ni même de sites et sols pollués actuels ou anciens.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.



Légende

- ▲ BASIAS
- ICPE DREAL
- ICPE DDSF
- Limites de l'unité aquifère

AEP captés

- Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m3/an
- 5000 - 10000 m3/an
- 10000 - 50000 m3/an
- 50000 - 1550000 m3/an

Points d'eau non AEP

- Pas de prélèvement ou Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m3/an
- 5000 - 10000 m3/an
- 10000 - 50000 m3/an
- 50000 - 300000000 m3/an

Corine Land Cover

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles et commerciales
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aéroports
- Extraction de matériaux
- Décharges
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Périmètres irrigués en permanence
- Rizières
- Vignobles
- Vergers et petits fruits
- Oliveraies
- Prairies
- Systemes culturaux et parcelaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Végétation sclérophylle
- Forêt et végétation arbustive en mutation
- Plages, dunes et sable
- Roches nues
- Végétation clairsemée
- Zones incendiées
- Glaciers et neiges éternelles
- Marais intérieurs
- Tourbières
- Marais maritimes
- Marais salants
- Zones intertidales
- Plans d'eau
- Lagunes littorales
- Estuaires
- Mers et océans

Figure 116 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Montagne de la Serre

4- LE DOMAINE TRIASIQUE

4.1. Type d'aquifère

Le domaine triasique est composé de plusieurs types de roche sédimentaire (Cf partie lithologie) qui permettent la mise en place de deux types d'aquifères :

- Des aquifères à porosité de pores dans les grès et conglomérats
- Des aquifères de types karstique et pseudo-karstique dans les calcaires dolomitiques et dans les grès.

Le terme de « pseudo-karstification », employé par Pascal dans sa thèse de 1970[7], désigne soit un réseau de galeries issu d'un processus de formation similaire au karst (dissolution) dans une roche non-carbonatée, soit un réseau de galeries ressemblant au karst mais avec un processus de formation différent. C'est bien sûr la première définition qui est valable ici. Bien que le terme de karst soit maintenant admis pour les roches non-carbonatées, le terme de pseudo-karst sera conservé dans ce rapport pour éviter toute confusion.

4.2. Les unités triasiques

4.2.1. Stratigraphie - Lithologie

Le **Trias** (-251 à -200 millions d'années) est la première période de l'Ere Secondaire. Le nom de « Trias » est issu d'une racine grecque signifiant « trois », qui fait références aux trois divisions le composant : Trias inférieur, moyen et supérieur, qui se différencient par leurs lithologies.

En Europe, la référence est le Trias germanique où les différents étages du Trias sont nommés d'après leur faciès : « Buntsandstein » ou grès bigarré pour le Trias inférieur, « Muschelkalk » ou calcaire coquillé pour le Trias moyen et « Keuper » ou marnes pour le Trias supérieur[29]. Les noms des étages du Trias germanique sont employés bien que la géologie ne corresponde pas. Le Trias ardéchois est en effet essentiellement détritique, issu de 3000 à 4000 m d'érosion de la chaîne hercynienne [7, 16].

L'ensemble triasique ardéchois correspond à une bande étroite, large au maximum de 8 km, étirée sur un axe Nord-Est/Sud-Ouest sur environ 47 km entre la commune de Gravières et le col de l'Escrinet. On retrouve des affleurements au Nord du col de l'Escrinet, mais ils ne sont pas concernés par cette étude. La formation est très variable en épaisseur spatialement, en général entre 40 et 300 m[7]. Le pendage général est d'environ 10° vers le Sud-Est, mais il peut varier localement.

Les affleurements du Trias sont limités principalement par failles, à l'Ouest avec les roches cristallines et métamorphiques sur lesquelles elles se sont déposées en discordance ; et à l'Est avec les marnes et calcaires du Jurassiques inférieur (Lias) sous lesquels ils passent sous couverture. On retrouve en effet le toit du Trias à 135 mètres de profondeur au forage Morte-Mérie dit « MM1 » (Uzer) et à 1350 mètres au forage du Jeu de la Paume dit « BA1 » (Balazuc). Ces deux forages profonds ne sont distants que de 1200 m dans le sens du pendage[30]. L'importante différence de profondeur est due au rejet de la faille d'Uzer. Au forage profond DVA1 de Vallon-Pont-d'Arc, le toit du Trias est à 2270 m de profondeur.

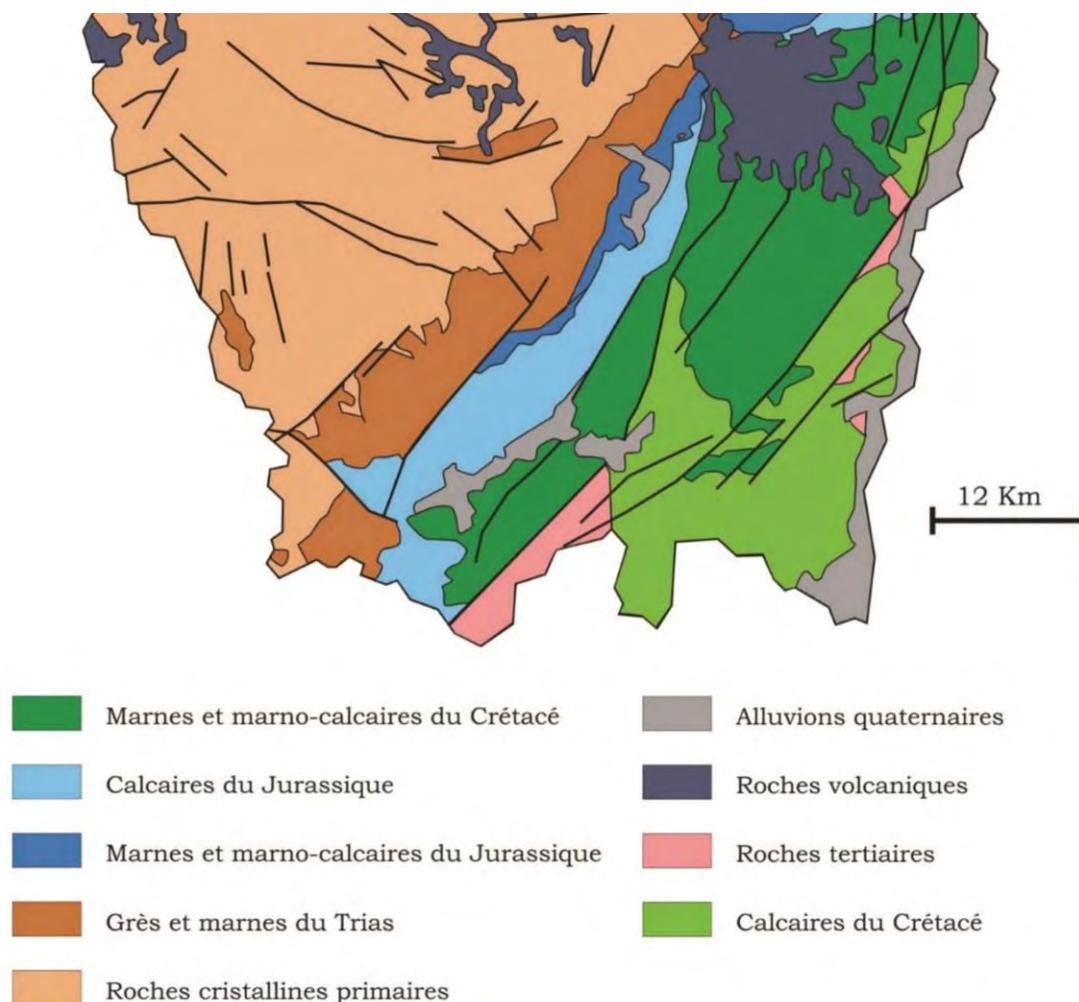


Figure 117 : carte géologique simplifiée du Sud de l'Ardèche (Barth, 2013)

Le système triasique est composé de trois séries :

Le Trias inférieur ou Buntsandstein (Induen et Olénékien), composé de conglomérat et de grès, épais de 0 à 80 mètres. Cet étage présente sur certaines unités des horizons évaporitiques (gypse et anhydrite) et métalliques (pyrite, blende, galène) [31].

Le Trias moyen ou Muschelkalk (Anisien et Ladinien), constitué d'une bande calcaire ou dolomitique épaisse de 5 à 20 mètre encadrée par deux horizons d'argile dolomitique noire (parfois salifères) pour une épaisseur totale de 20 à 100 mètres.

Le Trias supérieur ou Keuper (Carnien, Norien et Rhétien), épais de 50 à 200 mètres, majoritairement composé de grès, avec présence de bancs d'argile et marnes bariolées et de dolomies. C'est le Trias supérieur que l'on retrouve le plus à l'affleurement.

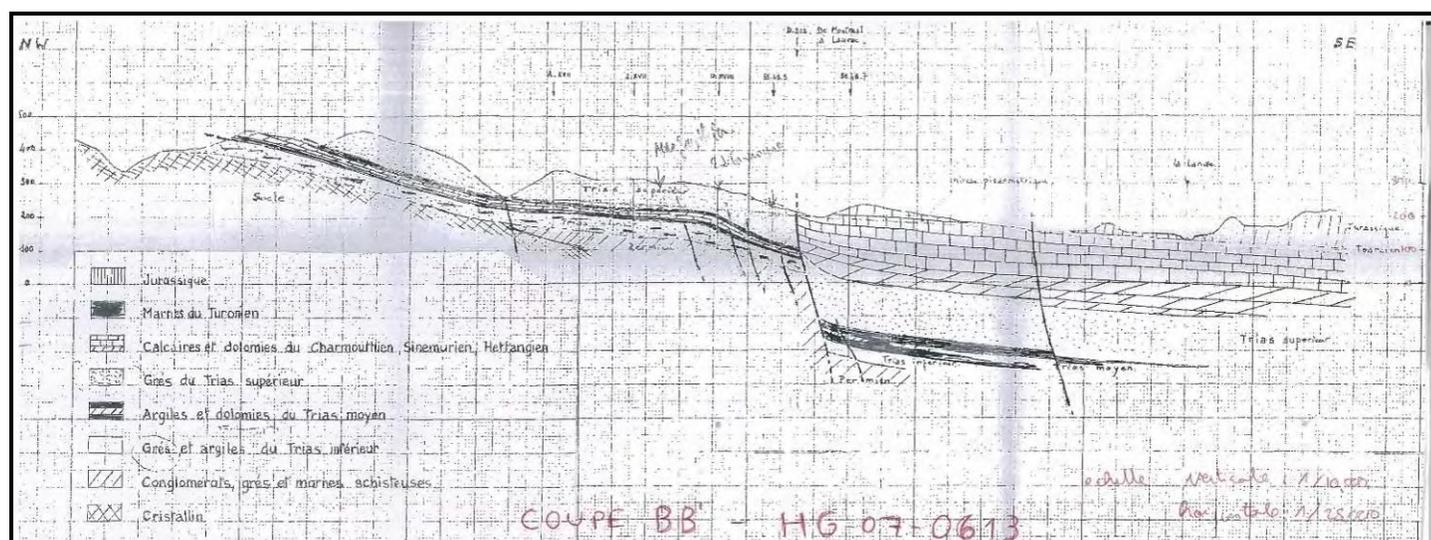


Figure 118 : coupe géologique orientée NW-SE présentant le Trias à l'affleurement et sous couverture liasique dans la région de Largentière (Burgéap, 1970)

4.2.1.1. Lithologie du mur du réservoir triasique

Le Trias est discordant sur le socle permien et carbonifère, qui est visible à l'affleurement à l'Ouest de la bande triasique, au pied du Massif Central. Le socle est ici constitué de roches cristallines (gneiss) et métamorphiques (schiste) de la série cévenole. Il est considéré comme imperméable.

4.2.1.2. *Lithologie du réservoir triasique*

Le Trias inférieur ou Buntsandstein (Induen et Olénékien) est une couche géologique de 0 à 80 m d'épaisseur, majoritairement composé de grès quartzeux et de conglomérats aux grains peu roulés avec quelques alternances marneuses. La granulométrie diminue progressivement de la base (conglomérat) vers le sommet (argilites) (début du Trias moyen). Dans quelques cas, la base peut comporter des niveaux de marnes bleues sulfatées [7, 16, 32, 33].

Le sommet du Trias inférieur possède localement des minéralisations sulfurées (blende, galène, pyrite) qui furent exploitées dans le secteur de Largentière jusqu'au début des années 1980 [34, 35, 36].

La description géologique la plus complète du Trias inférieur a été effectuée par Courel et Cula en 1988[37]. Ils divisent le Trias inférieur en 3 faciès. De bas en haut : les Grès de base, les Grès du Roubreau et les Grès et Argilites Vertes.

Le Trias moyen ou Muschelkalk (Anisien et Ladinien) est composé de formations argilo-carbonatées, d'une épaisseur totale de 20 à 100 m. Plus précisément, on observe deux niveaux d'argilites encadrant une barre calcaire ou dolomitique médiane. L'épaisseur des dolomies centrales est comprise entre 5 et 20 m. Les niveaux d'argilites inférieur et supérieur, peuvent contenir des sulfates (gypse et d'anhydrite), ils sont parfois appelés « salifères inférieur et supérieur »[7, 38, 32, 39, 33, 30]. On retrouve des sulfates dans la barre carbonatée médiane dans une fréquence moindre, et on observe parfois du fer comme dans le secteur de Merzelet[40]

Le Trias supérieur ou Keuper (Carnien, Norien et Réthien) est plus épais que les précédents avec une puissance de 120 à 150 m jusqu'à 200 m dans le Sud de l'Ardèche.

Il est composé de trois formations différentes en majorité des arénites (sables ou grès), des dolomies et des argilites colorées.

Les bancs d'arénites sont inclus entre des petites couches de dolomies ou d'argilite. Ils ont une grande épaisseur, une porosité variant selon la consolidation et une grande extension latérale. Sur la bande triasique ardéchoise, c'est le Trias supérieur qui est le plus souvent à l'affleurement. Au niveau du paysage, le sommet des collines, généralement plat, correspond à la surface d'altération des marnes liasiques [7, 38, 32, 39, 41, 33].

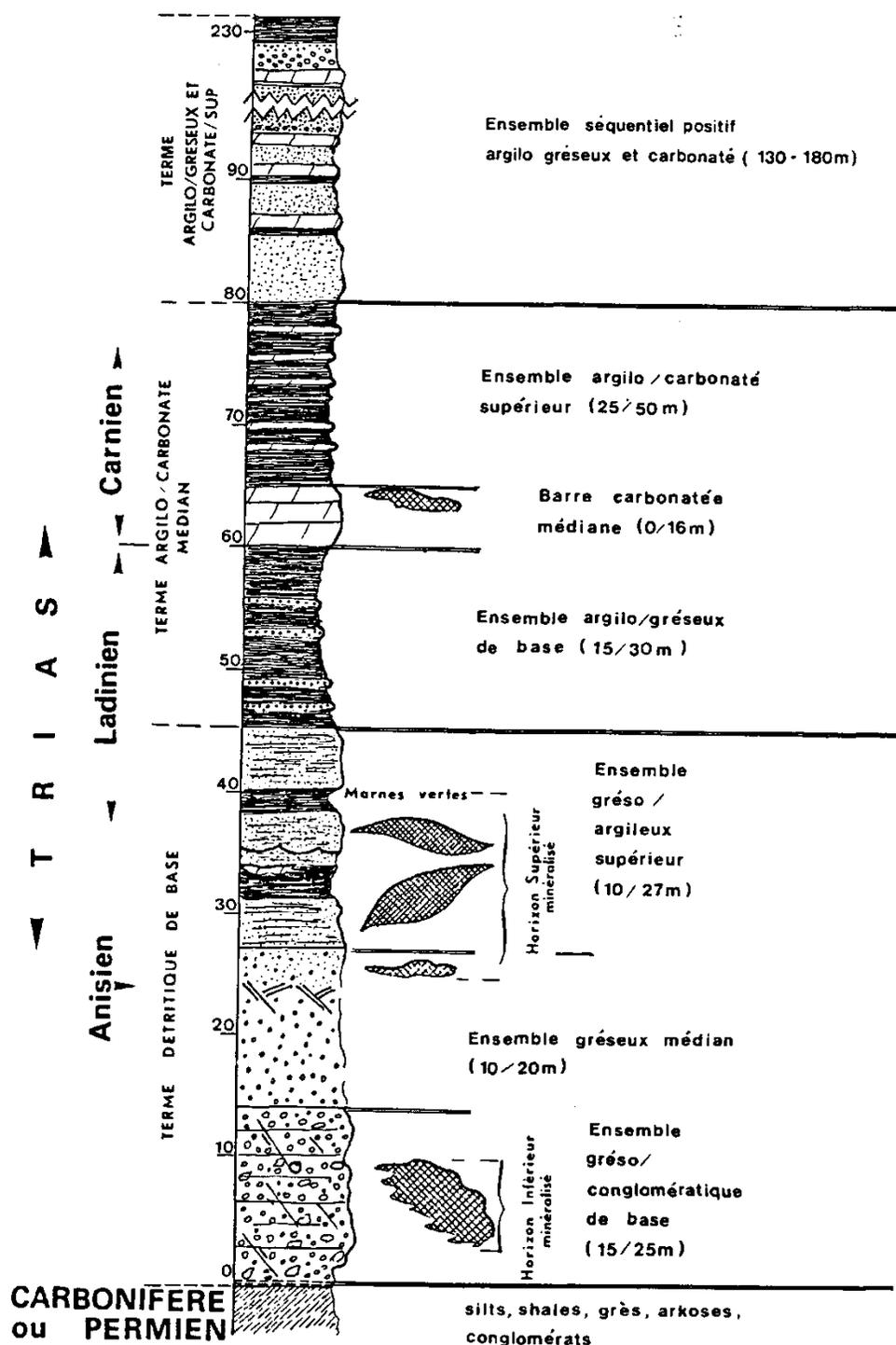


Figure 119: coupe géologique des formations du Trias au niveau de Largentière (Michaud & Samana, 1980)[42]

Les variations géologiques pour les différentes périodes du Trias permettent de conclure à l'existence de trois niveaux aquifères :

- un aquifère poreux isolé ou continu dans le Trias supérieur,
- un aquifère à porosité de pores dans le Trias inférieur (le plus souvent en nappe captive)
- et un aquifère karstique dans la barre dolomitique.

Les couches imperméables du Trias sont les deux niveaux d'argilites au Trias moyen, qui isolent potentiellement les trois aquifères. Le permien constitue le substratum imperméable du Trias inférieur et les calcaires et marnes jurassiques forment le toit de la nappe du Trias supérieur lorsqu'il est recouvert.

Le Trias inférieur est l'aquifère le moins connu des trois. Il est considéré comme très perméable avec une bonne continuité des grès et conglomérats. Peu de sources du Trias inférieur sont connues et il est peu exploité par forage du fait d'un risque de qualité (métaux, sulfates, sulfures). Il est en charge sur la majorité de la bande triasique ardéchoise[34, 35, 43, 41].

On observe une importante **karstification** dans la barre dolomitique médiane du **Trias moyen**. Elle est très présente à l'Est de la Ligne[33]. La karstification a créé des zones vacuolaires ou cavernueuses dans les dolomies, majoritairement dans les zones fragilisées par les failles. Les galeries sont de taille faible, non pénétrables par l'homme, et limitées par l'épaisseur de la couche dolomitique (10 à 20 m). La perméabilité en grand de ce karst fait apparaître une forte augmentation de débit directement après un orage en période d'étiage. Isolé par les niveaux d'argilites, le Trias moyen est souvent en charge voire artésien. Sa continuité est souvent morcelée par la tectonique.

On peut citer par exemple la source de Chamandre, alimentée par des pertes distantes de quelques kilomètres, qui a un débit moyen d'environ 40 m³/h. Les sources de le Perruquette et de la Sigalière à Largentièrre, qui ont des débits d'étiage respectifs de 75 et 50 m³/h ; et sur une plus petite échelle la source de Fayet à Sanilhac (dont les galeries ont été recreusées) qui a un débit moyen de l'ordre de 12 m³/h.

Le Trias supérieur forme un aquifère poreux dont l'importance varie beaucoup spatialement. En effet, cet aquifère dépend de la taille de la zone d'infiltration, de la quantité de structures imperméables présentes et de l'hétérogénéité des roches.

Ainsi, quand le relief est varié, le Trias supérieur est considéré de faible perméabilité car il est découpé en buttes (entités aquifères distinctes) et de composition hétérogène. L'eau sort à la faveur de bancs d'argilite imperméable, créant de petites nappes perchées.

Quand l'eau s'infiltré dans toute l'épaisseur des grès, des sources se forment à la base du Trias supérieur, au-dessus des argilites imperméables du Trias moyen. Plus le réservoir est important, plus ces sources sont pérennes et stables.

Quand nous sommes dans un relief de type plateau, on observe une grande continuité des affleurements et donc des aquifères, dans lesquels les failles jouent un rôle important dans la circulation de l'eau. Les nappes forment une ressource en eau importante et réellement exploitable, d'où la présence de nombreux forages agricoles sur les plateaux cultivés (idem et [44]).

Dans le **Trias supérieur**, on observe également un phénomène de « **pseudo-karstification** » : Dans sa thèse de 1970[7], Pascal écrit que ce phénomène a créé « des galeries de faibles dimensions avec peu de concrétions et de nombreuses figures d'érosion provoquées par les fortes pentes ». Les dimensions de ces galeries sont plus importantes que pour le karst dans les dolomies du Trias moyen, car il est possible de pénétrer dans les galeries sur une dizaine de mètres voire jusqu'à plus d'un kilomètre. Pascal expose aussi l'absence d'un niveau de base général car les buttes sont indépendantes les unes des autres : les réseaux se sont développés plus ou moins en même temps que le creusement des ravins. On retrouve actuellement ces galeries de pseudo-karstification à mi pente ou vers le sommet des buttes, et majoritairement dans la partie sud de la bande triasique ardéchoise. Le débit des sources de pseudo-karstification est variable mais on observe comme pour le karst des dolomies un pic de débit (et souvent aussi de turbidité) après un orage[7, 16].

Nom de la source (COMMUNE)	Longueur de galerie pénétrable	Débit d'étiage/ Débit de crue	Conductivité moyenne (Pascal 1970 - BE Rabin février 2015)
Baume Dupré-Chalvèche (FAUGERES)	600 m	0.1 - 10 L/s	- 294 µS/cm
Le Cros (ST GENEST DE BEAUZON)	80 m	0.1 - 10 L/s	-
Le Pigeonnier (PAYZAC)	240 m	0.05 - 30 L/s	- 417 µS/cm
Le Vignal (PAYZAC)	2000 m	0.1 - 50 L/s	344 µS/cm -
Font Champetier (LES ASSIONS)	100 m	0.1 - 30 L/s	290 µS/cm - 417 µS/cm
Picons-Luth (PAYZAC)	400 m	0.2 - 50 L/s	- 188 µS/cm
Champmajour (CHAMBONAS)	20 m	0.1 - 50 L/s	310 µS/cm - 381 µS/cm
Font Bonne (LES ASSIONS)	20-30 m	0.1 - 40 L/s	333 µS/cm - 457 µS/cm

Tableau 37 : principales galeries de pseudo-karstification (Pascal, 1970)

Il faut aussi noter que des réseaux de pseudo-karstification existent à la base du Trias supérieur quand le relief est de type plateau ou quand le Trias est sous couverture. Ces galeries sont accessibles uniquement par forage et elles représentent des venues d'eau importantes, comme pour le forage lieu-

dit Fauger à Vesseaux[45], exploité à 20 m³/h, où une de ces galeries est recoupée à 419 m de profondeur et représente la majeure partie du débit, car le forage s'arrête un mètre après cette fracture.

D'une façon très générale, l'alimentation des aquifères du Trias se fait en majorité par infiltration dans les zones d'affleurement, mais aussi par des infiltrations et pertes de cours d'eau au niveau des failles. L'eau alimentant les aquifères triasiques est d'origine superficielle et donc oxydante[46]. Des échanges ont vraisemblablement lieu entre les trois aquifères du Trias malgré les niveaux d'argilite. Par exemple, dans le secteur de Montredon à Largentière, le Trias moyen alimente les deux autres aquifères par drainage verticale ascendante et descendante [47, 35].

La bande triasique étudiée dans le bassin versant de l'Ardèche est donc le siège de trois nappes superposées. Sur la base des connaissances actuelles, l'étendue géographique de ces aquifères ne peut être subdivisée en sous-bassins indépendants. Dans la suite du rapport, nous traiterons le domaine triasique ardéchois par secteur géographique pour une facilité d'approche et de compréhension ; nous détaillerons ainsi du nord au sud :

- l'unité aquifère Vesseaux,
- l'unité aquifère Ailhon,
- l'unité aquifère Largentière,
- l'unité aquifère Rosières,
- et l'unité aquifère Lablachère.

Même si les limites entre les unités correspondent souvent à un cours d'eau (Ardèche à Aubenas, Ligne à Largentière, Beaume à Joyeuse) ayant entaillé d'Ouest en Est en partie le Trias supérieur, les limites entre ces unités sont totalement arbitraires. Nous rappelons que des communications peuvent exister au sein du réservoir triasique entre les unités géographiques présentées séparément, puisqu'il y a continuité lithologique du nord au sud.

4.2.1.3. *Lithologie du toit du réservoir triasique*

Le Trias supérieur se retrouve sous couverture sous le Lias, composé de terrains majoritairement carbonatés pour une épaisseur totale de 115 à 375 m, avec :

- L'Hettangien, épais de 40 à 175 m qui comprend un complexe carbonaté à la base formé de 10m au maximum de calcaires gris, surmonté de 10 à 15 m de calcaires argileux gris à l'aspect noduleux couronnés par une dolomie compacte gris foncé, épaisse de 30 à 50 m et pouvant atteindre 100 à 150 m dans le bassin du Gardon de Mialet ou pouvant disparaître pour laisser place à des calcaires (Les Vans, Aubenas) ;
- Le Sinémurien, épais de 40 à 120 m, représenté par une partie inférieure composée de calcaires argileux gris bleu comportant des lits marneux sur 30 à 60 m, et d'une partie

supérieure de calcaires bioclastiques bleus à chailles, épais de 40 à 60 m d'Alès à St-Ambroix, mais pouvant passer à des calcaires à entroques bistres et des calcaires gris massifs à silex, épais de seulement 8 à 10 m à Laurac, au Sud de Largentière ;

- Le Pliensbachien, épais de 30 à 70 m, également formé d'une partie inférieure (Carixien) de calcaires argileux gris bleu et de marnes grises, épaisses de 10-20 m au Nord d'Anduze jusqu'à 40 m au Sud de la Grande Combe mais remplacée par 10 m de calcaires gréseux riches en grains de quartz à Laurac, et d'une partie supérieure (Domérien) constituée de marnes grises feuilletées sur 20 à 30 m d'épaisseur ;
- Le Toarcien, épais d'une dizaine de mètres qui renferme les schistes cartons à sa base (marnes noirâtres, bitumineuses indurées) et divers faciès épais de seulement quelques mètres au sommet (marnes de Saint-Ambroix, calcaires au Nord de Saint-Paul-le-Jeune).

4.2.2. Tectonique

Le bas Vivarais et les contreforts des Cévennes ont subi plusieurs phases tectoniques :

L'orogénèse hercynienne

L'orogénèse hercynienne se traduit essentiellement par des structures tardi-hercyniennes dont la plus connue est la faille des Cévennes ou faisceau cévenol d'orientation NNE-SSW. Certaines phases tectoniques sont contemporaines de la formation du Trias [47] car l'on observe des fortes variations d'épaisseur du Trias moyen de part et d'autre de certaines failles de direction cévenole (faille de Malet, faille d'Uzer...).

Les prémisses de l'orogénèse alpine : la phase pyrénéo-provençale

Appartenant à l'orogénèse alpine, cette phase de compression horizontale Est-Ouest datée de l'Eocène a fait rejouer les accidents cévenols en décrochements sénestres avec un rejet total de 20 km et les failles Est-Ouest en faille inverse dans le Sud de l'Ardèche. L'amplitude des mouvements diminue du Sud vers le Nord. On note quelques plis d'axe Est-Ouest à grand rayon de courbure (synclinal de St-André-de-Cruzières, anticlinal de St-Paul-le-Jeune).

La phase oligo-miocène

Cette phase de distension a réutilisé les fractures antérieures en les faisant rejouer en failles normales de direction moyenne d'allongement Nord/Ouest-Sud/Est, perpendiculairement aux principaux accidents de direction cévenole. Cette distension généralisée dans le Sud de la France est à l'origine de la création de nombreux fossés tels que celui d'Alès – Barjac. La région suit un effondrement en marches d'escalier avec exhaussement apparent du socle cristallin.

La phase mio-pliocène

Cette phase de compression à raccourcissement Est-Ouest de la phase paroxysmale de l'orogénèse alpine s'est traduite par la création de plis d'axe Nord-Sud et le jeu des grands accidents cévenols en décrochements dextres.

Les accidents tectoniques

De cette histoire tectonique résultent surtout des accidents cassants (failles, décrochements), les plis (synclinaux, anticlinaux) étant plus rares. Plusieurs familles de failles coexistent :

- Les failles de direction cévenole (NNE-SSW) à pendage pseudo-vertical en surface et diminuant en profondeur ;
- Les failles Est-Ouest qui ont joué postérieurement en faille inverse dans le Sud pendant la phase pyrénéenne.
- Les failles de direction régordane (NNW-SSE).

Enfin, les plis résultent essentiellement de la compression pyrénéenne et présentent donc un axe Est-Ouest. Ce sont du Nord au Sud :

- Le synclinal de Berrias ;
- L'anticlinal de Saint-Paul-le-Jeune qui se complique en profondeur et en direction du Nord du fait de l'existence d'un niveau de décollement et localement par l'existence de failles normales antérieures à la poussée pyrénéenne ;
- Le synclinal de Saint-André-de-Cruzières (pli à grand rayon de courbure).

4.3. L'unité Vesseaux

4.3.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité comprend en tout ou partie les communes de Gourdon, St Andéol-de-Vals, St- Etienne-de-Boulogne, St Julien-du-Serre, St Michel-de-Boulogne, St Privat, Ucel et Vesseaux. Elle couvre une surface d'environ 33 km². L'unité de Vesseaux se compose de la bande triaso-liasique la plus septentrionale de notre étude. Elle est limitée :

- à l'ouest par les reliefs cristallins de la bordure de Massif Central ;
- au nord par le col de l'Escrinet qui clôt le bassin versant de l'Ardèche.
- La présence de forages recoupant le Trias en profondeur sous couverture jurassique (le plus souvent liasique), a fait repousser la limite Est de notre système approximativement jusqu'à la départementale 104 (limite arbitraire).
- Nous l'avons arrêté arbitrairement au sud à la rivière Ardèche afin de sectoriser notre description.

Au niveau structural, les terrains triasiques dans l'unité « Vesseaux » sont tous inclinés vers l'Est-Sud-Est avec un pendage monoclinale moyen compris entre 15 et 20°. Les terrains triasiques reposent en discordance sur le socle à l'Ouest du système alors qu'à l'Est ceux-ci s'enfoncent sous les terrains Jurassiques (Lias et plus récents). La zone où le Trias affleure majoritairement se situe au Sud du système, en se rapprochant de l'Ardèche.

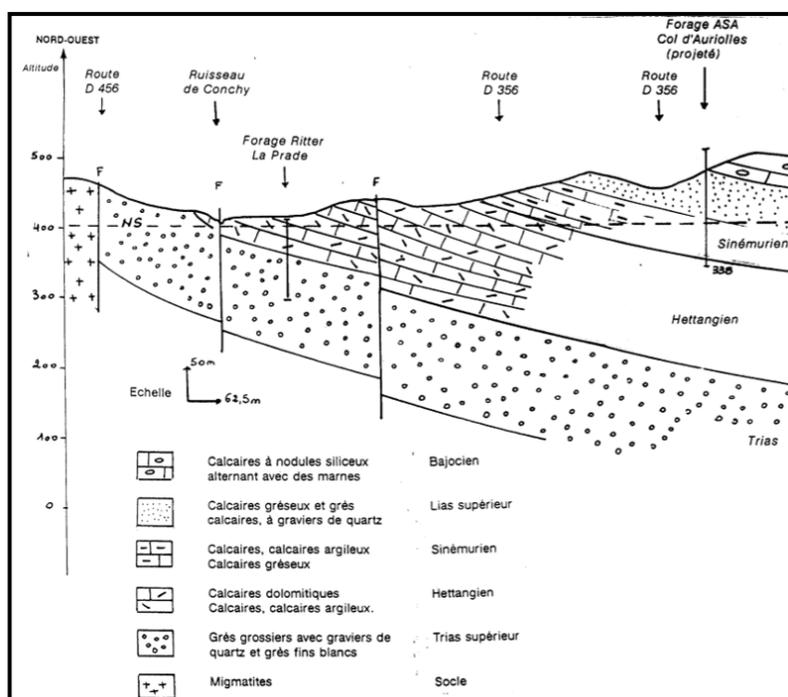


Figure 120 : coupe géologique (C-D) au niveau du forage de Combe-Chaude (G.Naud., 1995, Rapport hydrogéologique pour l'établissement des périmètres de protection du forage de Combe-Chaude - St Etienne de Boulogne)

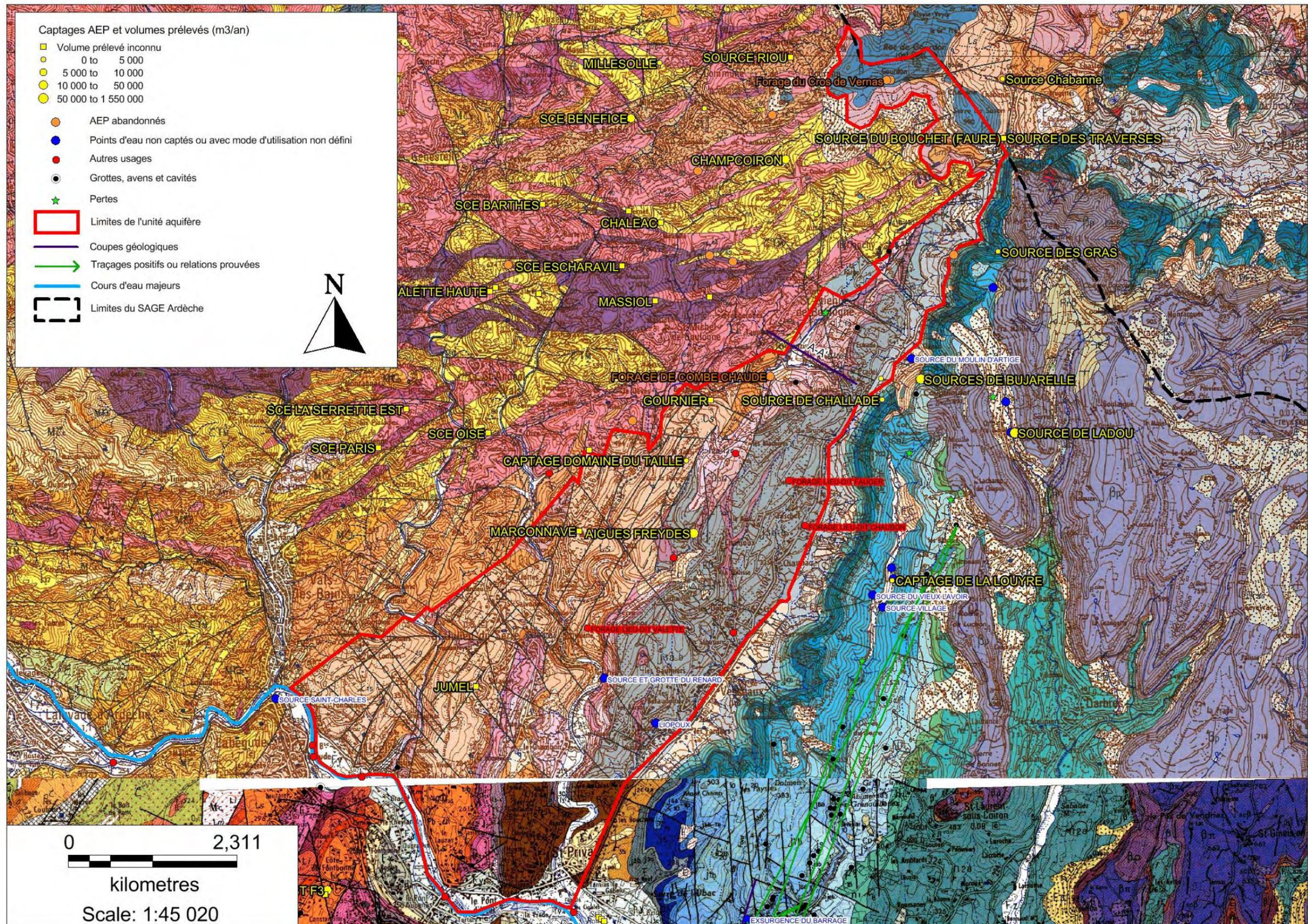


Figure 121 : limite de l'unité Vessex sur fond géologique

4.3.2. Hydrogéologie

4.3.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Les ressources en eau les plus importantes de l'unité sont accessibles par forage. L'aquifère le plus productif est localisé au sein du Trias, notamment lorsqu'il est sous couverture, mais l'on trouve aussi des aquifères karstiques dans les parties du Lias les plus riches en calcaire. Les zones faillées et fracturées augmentent les chances de recouper des venues plus importantes.

La recharge du karst du Lias s'effectue par des précipitations, soit en direct sur la formation carbonatée, soit infiltrée sur le plateau basaltique du Coiron avant de rejoindre le karst jurassique sous-jacent.

La recharge du Trias se fait par les précipitations dans les zones où il affleure. Le rôle des grandes failles tectoniques dans l'alimentation du Trias n'est pas défini.

Les exutoires naturels sont peu nombreux et peu abordés dans la bibliographie.

Concernant les connaissances spéléologiques de l'unité : elles sont limitées et le nombre de cavité très réduit. Dans le Trias, on parle de karstification dans les dolomies du Trias moyen (Muschelkalk) et de « pseudo-karstification » quand nous sommes dans les grès du Trias supérieur (Keuper), car le grès n'est pas une roche carbonatée. Dans l'unité « Vesseaux », il n'existe pas de réseau pseudo-karstique qui puisse être reconnu par spéléologie. Par contre, on peut citer le forage agricole au lieu-dit « Fauger » qui capte un conduit pseudo-karstique à fort débit à 419 m de profondeur.

Pour le karst jurassique, on peut citer la grotte de Coustouille à Saint-Etienne-de-Boulogne. Cette cavité a fait l'objet d'investigations spéléologiques réduites, et n'a pas reçu de visite depuis 1975. Environ 1 Km de conduits sont reconnus. Le terminus aval est un puits d'effondrement dans les grès, trop dangereux pour être descendu. La cavité est parcourue par un petit actif (environ 0,1 l/s). La cavité ne se développe pas vers l'amont. L'exutoire envisagé est la Fontaine du Pradel distante d'environ 400 mètres du terminus de la cavité, ou plus en aval dans le ruisseau du Conchy.

L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 1.2 km de linéaire. Voici les réseaux importants connus à ce jour :

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
<i>NOM</i>	<i>Commune</i>	<i>SIPHON</i>	<i>écoulement</i>	<i>fonctionnement</i>	<i>developpement</i>	<i>dénivelé</i>
VESSAUX (du col de l'escrinet à l'Ardèche)						
Chiens (grottes des)	St Etienne de Boulogne	non	temporaire		200	-20
Boulogne (perte n°1 du ruisseau de)	St Etienne de Boulogne	non	temporaire	perte		
Coustouille (grotte)	St Etienne de Boulogne	non	permanent		1000	-50
Liopoux	Vesseaux		permanent	résurgence	15	
Renard (grotte du)	Vesseaux		2 temporaires/1 Pérenne		30	

Tableau 38 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Vesseaux (Source : CDS07)

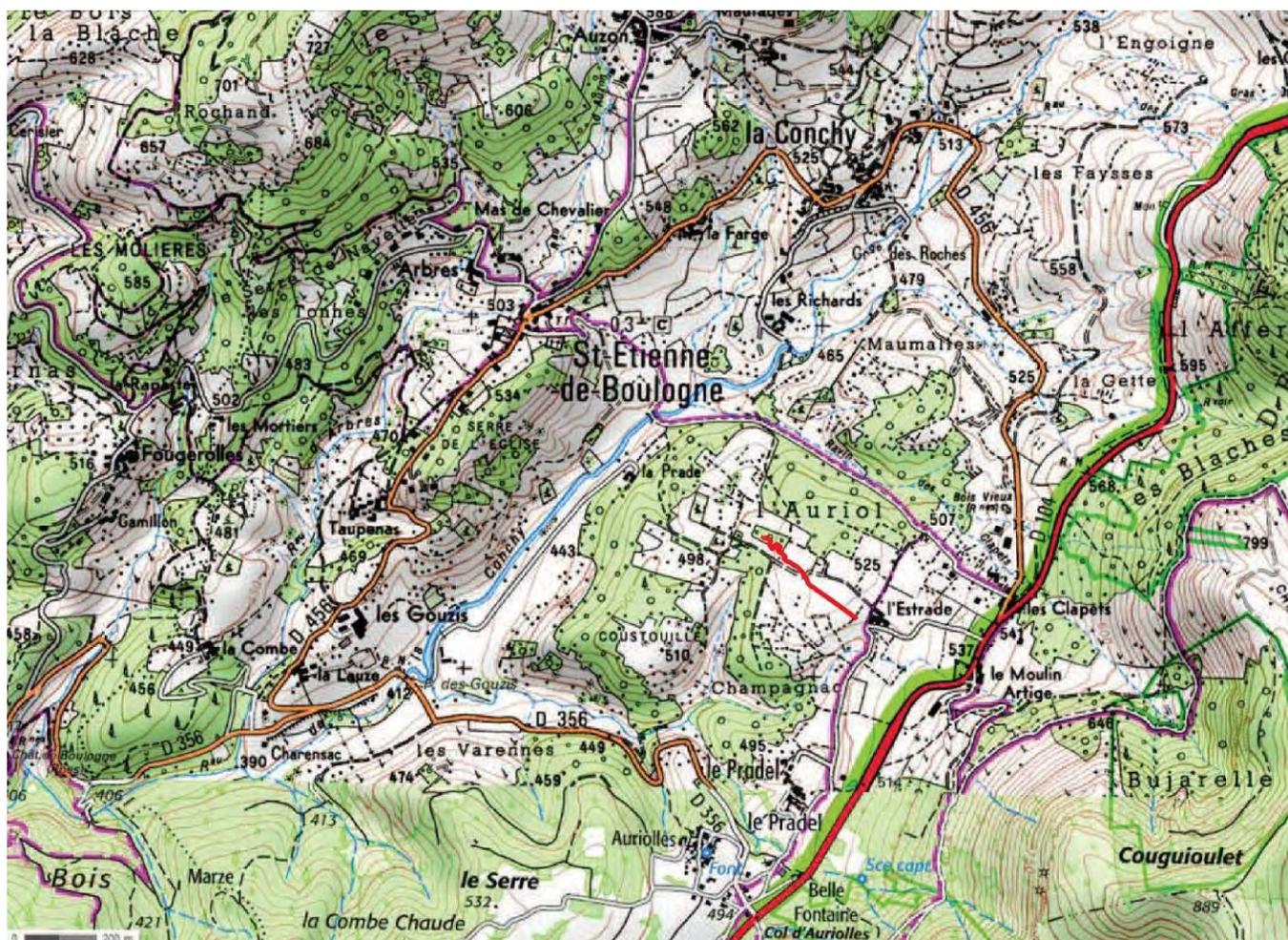


Figure 122: carte des réseaux spéléologiques de l'unité Vessex (Source : CDS 07)

4.3.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Au vu de la géologie de notre unité, il faut noter que la direction d'écoulement majeure est plutôt vers le Sud-Est, dans le sens du pendage. L'intense fracturation peut également compartimenter l'aquifère en donnant naissance à un grand nombre de sources aux débits plus ou moins limités. Certaines sources sont captées pour l'AEP comme la source de Jumel (autorisation de prélèvement de 2 m³/j) et la source de Marconnave (pas de données de débits) à Saint-Julien du Serre ou encore la source de Pradal (prélèvement moyen de 2,46 m³/j) à Saint-Etienne de Boulogne.

Selon les informations à notre disposition, et d'après l'épaisseur importante du Trias supérieur, les forages localisés dans notre unité ne semblent pas avoir atteint les étages sous-jacents du Trias (moyen et inférieur). Il y a trois possibilités d'exploitation :

- Soit l'aquifère du Trias supérieur sans venue d'eau dans le Lias sus-jacent (forage lieu-dit Fauger, où il a été nécessaire d'aller jusqu'à 420 mètres pour avoir un débit intéressant (galerie de pseudo-karstification recoupée sur le dernier mètre).
- Soit ce même aquifère mais avec des venues d'eau du Lias isolées ou non (forage d'Aigues Freydes, deux passages en eau dans le Sinémurien avant d'avoir l'aquifère du Trias supérieur à 213 m, qui passe en charge à 23 m sous le TN).
- Soit l'aquifère karstique liasique sans aller jusqu'au Trias (pour les forages de l'ASA d'irrigation de la vallée de Liopoux, au moins jusqu'en 1989 [48]).

Lorsqu'il est sous couverture, l'aquifère triasique est en charge sans aller jusqu'à être artésien, comme pour le forage d'Aigues Freydes qui a rencontré l'eau en foration à 213 m et qui est en charge à 23 m sous le niveau du sol. Nous n'avons pas d'information sur la charge des aquifères du Trias moyen et inférieur. Le forage de Fauger quant à lui avait un niveau statique de -180.72 m/TN le 03/05/1994.

4.3.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

La bibliographie renferme peu de documentation concernant les essais de pompage des différents forages de cette unité. En revanche pour le forage de Fauger à Vesseaux, les transmissivités obtenues sont de l'ordre de $1,27 \cdot 10^{-4}$ m²/s pour le premier cycle logarithmique et de $2,31 \cdot 10^{-5}$ m²/s pour le second cycle. Ces valeurs sont anormalement faibles comparées aux valeurs obtenues habituellement dans le Trias de la région[45].

Nous n'avons répertorié aucun traçage mis en œuvre au sein de l'unité « Vesseaux ».

4.3.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Sur l'unité « Vesseaux », nous ne disposons que du forage d'Aygues Freydes qui présente un intérêt certain car les autres captages AEP sont constitués par des sources situées au niveau des grès à l'affleurement ayant des débits inférieurs à 5 m³/j (source de Jumel captée par le SEBA, source de Gournier captée par St-Michel-de-Boulogne...).

Le forage d'Aigues Freydes dispose d'un débit d'exploitation d'environ 25 m³/h pour l'AEP communale de Vesseaux. Le forage a une profondeur de 213,5 mètres. Il a débuté dans les calcaires du Lias pour finir dans le Trias supérieur. Le niveau piézométrique au repos est à 23 m sous la surface, et le rabattement en exploitation est de l'ordre de 130 m.

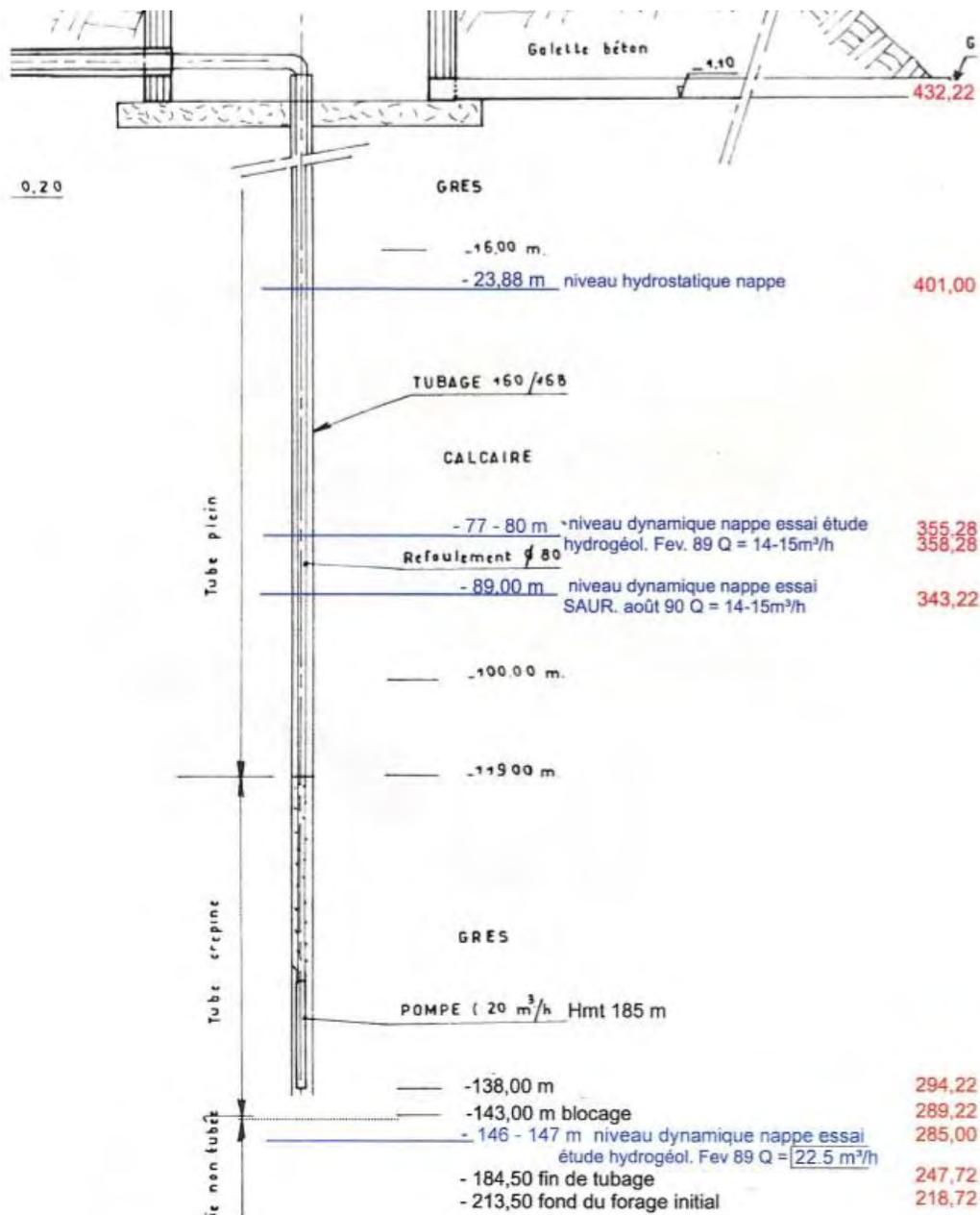


Figure 123: coupe technique du forage Aigues Freydes (RCI, 2012)

D'autres points de captage sont répertoriés en AEP comme le forage du Domaine du Taillé à Vesseaux (prélèvement moyen de 7 m³/j) mais pour certains nous ne disposons d'aucune donnée en terme de débit exploitable.

Les points d'eau d'importance sur cette unité aquifère sont surtout représentés par les nombreux forages agricoles profonds exploités à des débits compris entre 15 et 60 m³/h :

- le forage, lieu-dit Fauger à Vesseaux, a atteint 420 m de profondeur pour un débit exploité de 20 m³/h
- le forage au lieu-dit Valette à Vesseaux exploite l'aquifère triasique à hauteur de 60 m³/h
- le forage de la Blachette à Vesseaux, exploite l'aquifère triasique à hauteur de 25 m³/h.
- le forage du Chambon à Vesseaux, exploite également l'aquifère triasique à hauteur de 17 m³/h

A noter également, la présence du forage de Combe Chaude à Saint-Etienne-de-Boulogne. Cet ouvrage d'une profondeur avoisinant les 100 mètres a recoupé dans sa quasi-totalité les terrains liasiques avec une possibilité pour qu'il ait été arrêté au sommet des grès du Trias supérieur. La minéralisation caractérise une eau provenant des terrains calcaires plutôt qu'une eau provenant du Trias [49]. Les arrivées d'eau notées en foration indiquent que l'aquifère exploité reste celui du Lias avec un débit testé jusqu'à 18 m³/h et un niveau statique proche de la surface. Les analyses ont montré que la teneur en coliformes et la turbidité n'étaient pas conformes. Le prélèvement ayant été fait un jour de forte pluie et l'emplacement correspondant à une zone de transit de bétail, on note ici une probable relation quasi-directe avec la surface. Les risques de pollution sont essentiellement représentés par les relations entre l'aquifère et les cours d'eau superficiels : le ruisseau de la Conchy et celui de Combe-Chaude [49]. Cet ouvrage a été abandonné, la procédure de mise en conformité n'ayant pas été poursuivie.

Les forages ont pour la plupart rencontré l'aquifère triasique en profondeur qu'ils aient débuté ou non dans le jurassique. La position des forages indique bien que les ouvrages disposant d'un débit intéressant sont tous disposés à l'aval pendage du massif triasique, sous couverture ou non. Cette configuration permet évidemment de bénéficier d'un aquifère ayant un bassin d'alimentation plus large et une mise en charge permettant de disposer de niveaux statiques assez hauts dans les forages (idéal pour l'exploitation d'eau avec une pompe immergée).

4.3.4. Echanges nappe/rivière

Aucun élément concernant les échanges nappe/rivière n'est répertorié dans la bibliographie. Cependant, il serait intéressant de savoir si les cours d'eau localisés sur le secteur participent à l'alimentation de l'aquifère triasique en période de hautes eaux.

4.3.5. Qualité des eaux

Cette unité se compose d'un aquifère karstique jurassique et de plusieurs aquifères différents dans les formations variées du Trias. Ici seul le Trias supérieur est capté. Les deux aquifères exploités sont d'une manière générale de bonne qualité, sans tares dues à la géologie, contrairement au Trias moyen et inférieur sur certaines autres unités. Le Lias et le Trias supérieur ont une qualité suffisamment bonne, au moins pour l'irrigation voire pour l'AEP pour lesquels ils sont exploités.

Les eaux qui circulent dans les calcaires du Lias ont *a priori* un faciès bicarbonaté calcique et une minéralisation qui évolue en fonction du magasin aquifère et de leur parcours au sein des formations géologiques externes. Dans notre cas, les conductivités sont comprises entre 270 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

On peut supposer une certaine sensibilité du karst du Lias aux pollutions anthropiques, spécialement bactériologiques, à cause des fortes vitesses de transfert et de l'absence de filtration, et sans doute des problèmes de MES et de turbidité après des phénomènes de fortes pluies, comme pour l'analyse du Forage de Combe-Chaude du 7 novembre 1994.

Pour le Trias, le faciès chimique est variable, et les conductivités sont de l'ordre de 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A l'affleurement le Trias supérieur dispose d'une certaine filtration grâce aux grès, mais plus en profondeur les drains de pseudo-karstification peuvent être des vecteurs rapides de pollutions. De plus, la zone d'alimentation est peu connue, de même que le rôle des failles, ce qui rend difficile d'appliquer des mesures de protection à la ressource. Enfin, le rôle et la qualité des deux aquifères triasiques sous-jacents ne sont pas connus. On peut supposer que le confinement du Trias entraîne une augmentation de la température et des concentrations en éléments chimiques, sachant que la qualité des deux autres étages est plutôt sujette à caution sur certaines autres unités.

4.3.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque désigne la sensibilité d'un aquifère face à une contamination d'origine anthropique. On trouve une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne le karst liasique et les pseudo-karstifications du Trias supérieur. La vulnérabilité est un peu moindre pour la partie gréseuse du Trias supérieur lorsqu'il est à l'affleurement grâce à l'aspect filtrant de cette roche. De même, à l'est de l'unité, les karsts en partie alimentés par les fissures des basaltes du Coiron peuvent parfois bénéficier d'une bonne filtration par un niveau de scories (Combémoré, La Faye).

L'occupation des sols est variée dans cette unité (Figure 124 et Tableau 39), avec forêts (conifères et feuillus), des prairies et systèmes culturels complexes. A noter l'existence d'un tissu urbain discontinu dans le sud de l'unité. L'augmentation du nombre d'habitants engendrera probablement dans le futur, une augmentation de ce tissu urbain.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	2,516	7,63%
221 : Vignobles	0,339	1,03%
222 : Vergers et petits fruits	0,499	1,51%
231 : Prairies	3,680	11,16%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	3,840	11,64%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	2,120	6,43%
311 : Forêts de feuillus	6,300	19,10%
312 : Forêts de conifères	8,974	27,20%
313 : Forêts mélangées	0,373	1,13%
321 : Pelouses et pâturages naturels	2,097	6,36%
322 : Landes et broussailles	2,211	6,70%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,039	0,12%
	32,989	100,00%

Tableau 39 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Vesseaux

Deux ICPE sont présentes (dont une carrière), et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé.

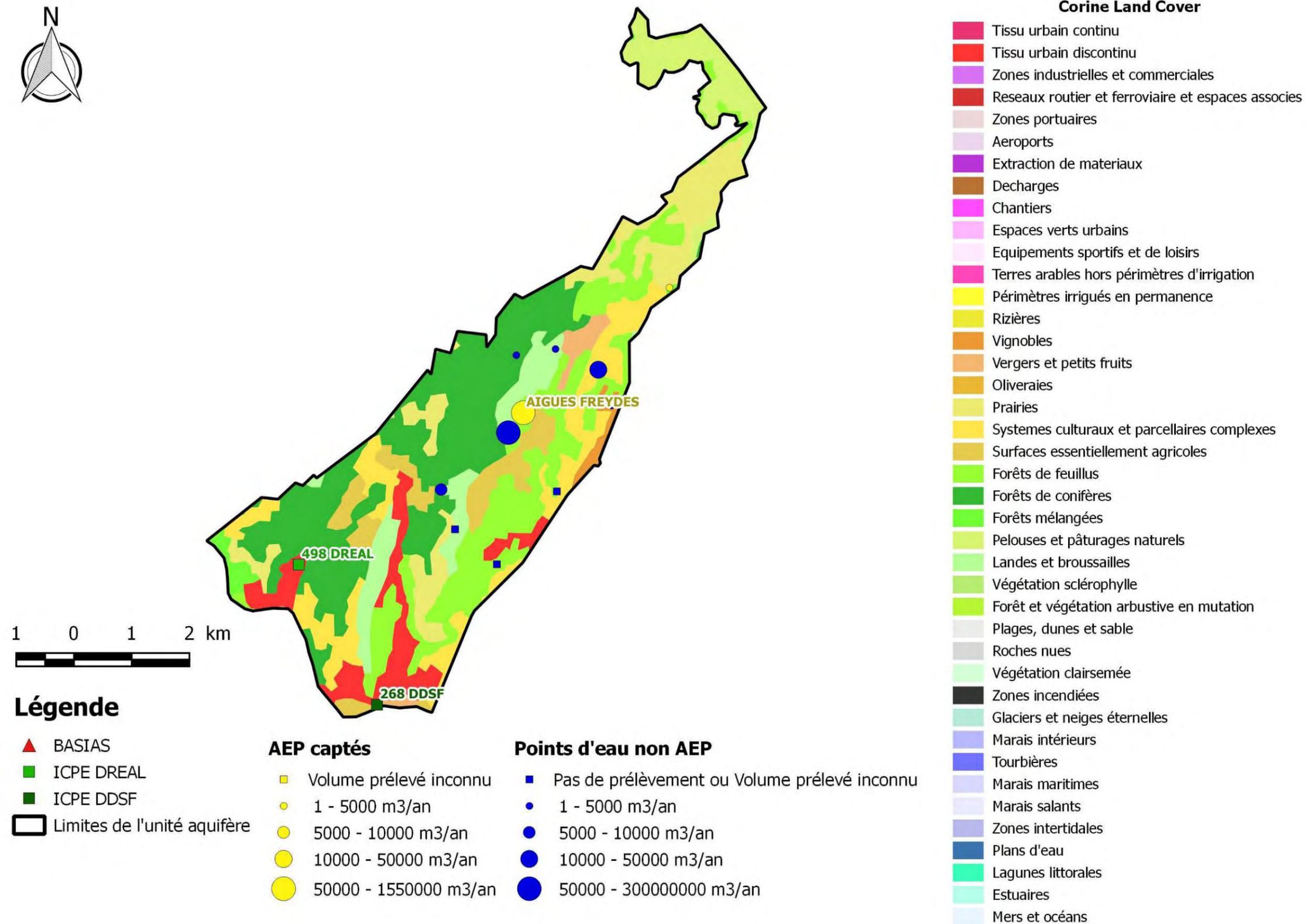


Figure 124 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Vesseye

4.4. L'unité Ailhon

4.4.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité aquifère « Ailhon » comprend au moins en partie les communes d'Ailhon, Mercuer, Saint-Sernin, Saint-Etienne-de-Fontbellon, Fons et Aubenas. Elle couvre une surface d'environ 25 km².

Les limites de l'unité sont les suivantes :

- Au Nord : La rivière Ardèche ayant découpé le massif triasique
- Au Sud, la limite (bien que difficile à déterminer précisément) correspond à une fracture majeure, en partie masquée, plurikilométrique d'orientation NO-SE ou N130° (limite arbitraire).
- A l'Est, l'unité a été volontairement agrandie vers l'Est en incluant une partie des terrains liasiques jusqu'aux terrains attribués à l'Hettangien (limite arbitraire).
- A l'Ouest, l'unité aquifère s'arrête à la limite entre les terrains triasiques et le socle cristallin.

Du point de vue géologique, on retrouve les trois étages du Trias mais également, à quelques endroits, le socle cristallin représenté par les granites à biotite. Ces derniers affleurent par un réseau de failles complexes. Les formations triasiques forment une structure monoclinale de pendage moyen de 20° vers le Sud-Est. A l'Est, le Jurassique inférieur (Lias) est représenté par les couches de calcaires du Sinémurien et de l'Hettangien.

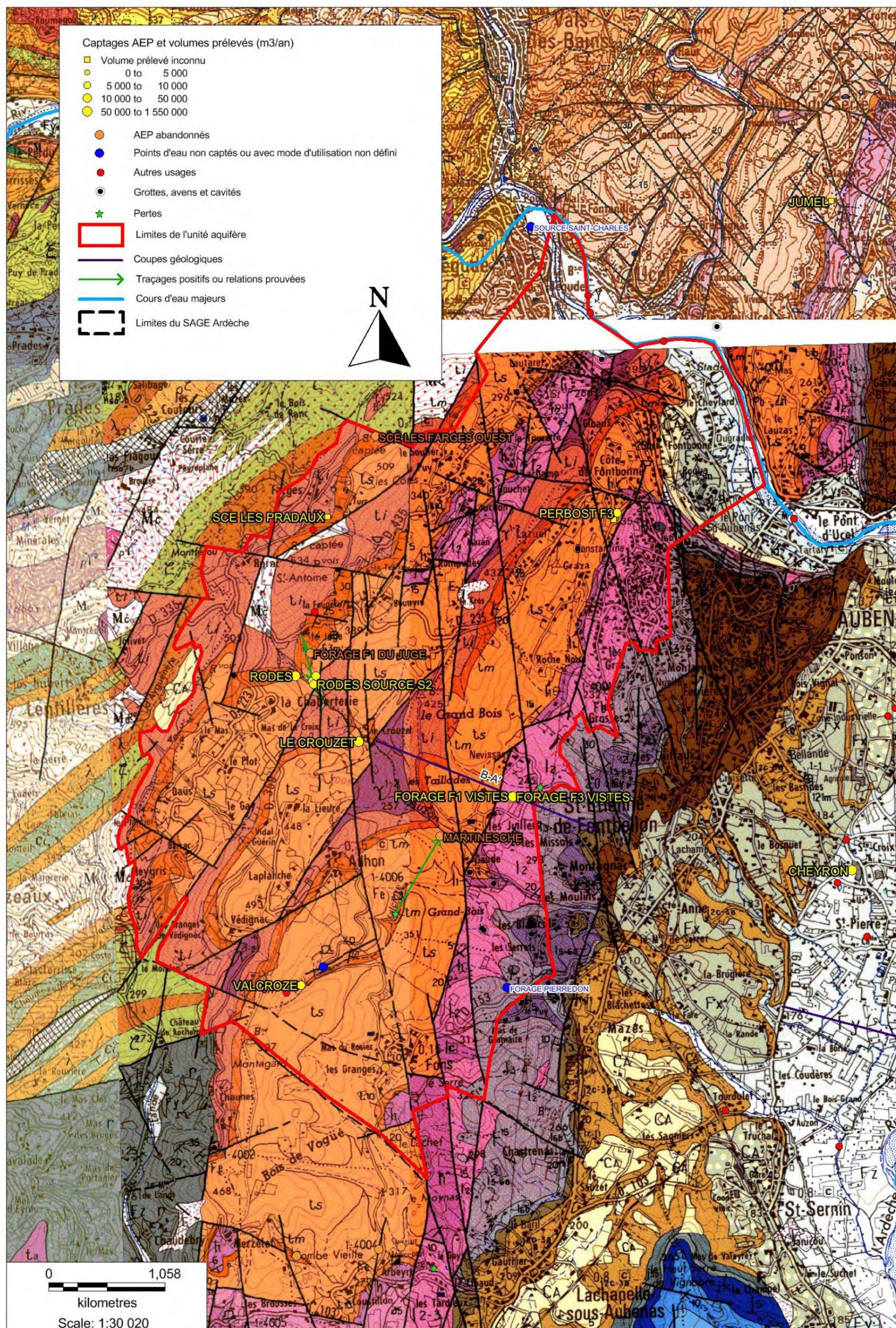


Figure 125 : limite de l'unité Ailhon sur fond géologique

4.4.2. Hydrogéologie

En ce qui concerne l'hydrogéologie, les différents jeux de failles permettent une bonne circulation des eaux au sein des terrains triasiques et liasiques. L'unité aquifère englobe l'ensemble des trois sous-étages du Trias. Attention tout de même, les eaux du Trias inférieur sont bien connues en Ardèche pour être chargées en éléments indésirables : sulfates, magnésium et fer par altération des sulfures (pyrite, chalcopyrite).

4.4.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Comme pour l'unité Vesseaux, les ressources en eau les plus importantes de l'unité Ailhon sont accessibles par forage. L'aquifère productif reste localisé au sein du Trias et notamment lorsqu'il est sous couverture. Les zones faillées et fracturées augmentent les chances de recouper des venues plus importantes.

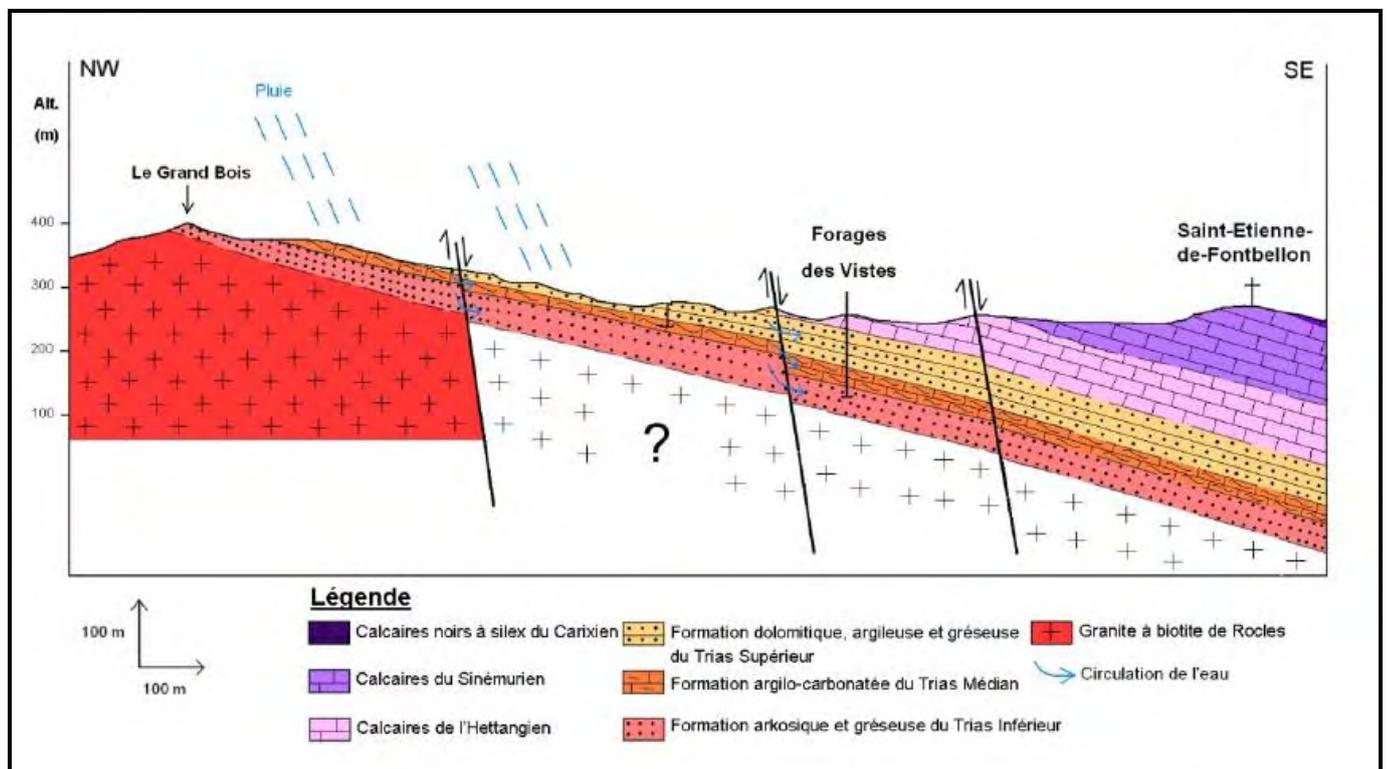


Figure 126 : coupe géologique (B-A') du secteur des forages des Vistes à Saint-Etienne-de-Fontbellon

(BRGM, 2013[50])

A noter tout de même qu'il existe un certain nombre de sources disposant de débits importants (sources de Rodes à Ailhon et à Mercuer, source du Crouzet à Ailhon, source de Martinesche à Saint-Etienne-de-Fontbellon...). Les débits d'étiages sont compris entre 1 m³/h et 20 m³/h. Ces sources émergent pour la plupart au sein du Trias moyen qui a été entaillé par les ruisseaux du secteur (ruisseau de Valcroze, l'Auzon...). Le Trias moyen est le siège d'une pseudo-karstification importante au sein des calcaires dolomitiques médians. Il faut noter que ces réseaux pseudo-karstiques peuvent être plus ou moins développés. Une attention particulière doit donc être portée aux circulations superficielles notamment

sur les relations entre les ruisseaux et les ressources souterraines (ex : La source de Martinesche, alimentée en partie par les pertes du ruisseau de Valcroze cf. avis de G. NAUD [51] sur ladite source de Martinesche anciennement exploitée par le SIAE St-Etienne de Fontbellon/St-Sernin).

La recharge du Trias se fait par les précipitations dans les zones où il affleure. Le rôle des grandes failles tectoniques dans l'alimentation du Trias est fort probable. Certaines de ces failles mettent en contact les formations du Trias et du Lias et jouent donc un rôle dans la recharge de l'aquifère[50]. Par ailleurs, les formations du Trias sous couverture du Lias peuvent être alimentées par ce dernier qui n'est à priori pas imperméable.

Par endroit, l'exutoire des eaux traversant le Trias supérieur se trouve au contact avec le niveau argileux du Trias moyen, c'est notamment le cas pour la source du Couzet à Ailhon[43].

Il n'y a pas d'exutoire principal connu pour cette unité.

De plus, les terrains présents sur cette unité ont été affectés par de nombreuses failles plurikilométriques d'orientations Nord-Sud et Est-Ouest, ce qui permet un drainage souterrain important. Il faut également noter la remontée du socle cristallin au sein de la masse triasique, au Nord du village d'Ailhon, dans la vallée de l'Auzon. Cette remontée cristalline joue également un rôle d'écran, moins perméable, ce qui peut également expliquer la présence de grosses sources en amont de cette barrière naturelle notamment pour les sources situées au niveau de l'ancien Abbaye du Couzet à Ailhon.

Les sources d'importance sont localisées dans le bassin du ruisseau de l'Auzon entre les communes d'Ailhon/Mercuer et Saint-Etienne-de-Fontbellon. L'Auzon a en effet entaillé cette vallée recoupant ainsi les différents sous-étages du Trias laissant parfois entrevoir le socle cristallin comme à proximité des captages de Rodes.

Quelques grottes présentent des développements importants mais surtout au sein des calcaires liasiques et jurassiques en limite Est de notre système comme le Trou des Jeunes à Saint-Etienne-de-Fontbellon, (grotte se développant au sein des calcaires liasiques, présentant un développement de l'ordre de 1300 mètres cf. carte ci-contre).

Les connaissances spéléologiques sont limitées par le nombre réduit de cavités reconnues.

A l'extrémité nord de la zone, on peut citer la grotte BSN qui est une résurgence de faible développement mais dont le débit à l'étiage est estimé à 0,25 l/s.

Au centre de l'unité, on trouve le Trou des Jeunes qui se développe sur 1 300 mètres de conduit de faible dimension. La cavité est parcourue par un ruisseau pérenne d'environ 0,25 l/s alimenté par des pertes d'un ruisseau extérieur.

Il existe peu de galerie pénétrable au sein de l'unité « Ailhon ». Les phénomènes de pseudo-karstification se trouvent essentiellement au sein du Trias moyen. La présence de sources aux débits importants, localisées au sein des calcaires dolomitiques du Muschelkalk permet de renseigner sur la présence de réseaux pseudo-karstiques.

L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 4.2 km de linéaire. Voici les réseaux importants connus à ce jour :

Cavité	NOM	Commune	Données hydrologiques			Données topographiques	
			SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
AILHON (de l'Ardèche à la Ligne)							
Brousses rivière souterraine des		Vinezac	oui	permanent		749	22
BSN (grotte)		Labegude	non	permanent	source		
Jeunes (trou des - 2 fiches)		St Etienne de Fontbellon	3	temporaire		1300	
Jeunes (trou des - 2 fiches)		St Etienne de Fontbellon	oui	temporaire	source	1300	
Labyrinthe (grotte du)		St Etienne de Fontbellon	non	permanent	perte	390	-8
Missols (grotte les)		St Etienne de Fontbellon	non	permanent	source	180	
Boude (Fontaine de)		Vinezac	oui	temporaire	source	285	-16
Chapelle (grotte de la)		La Chapelle sous Aubenas	non	temporaire	perte		80

Tableau 40 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Ailhon (Source : CDS07)

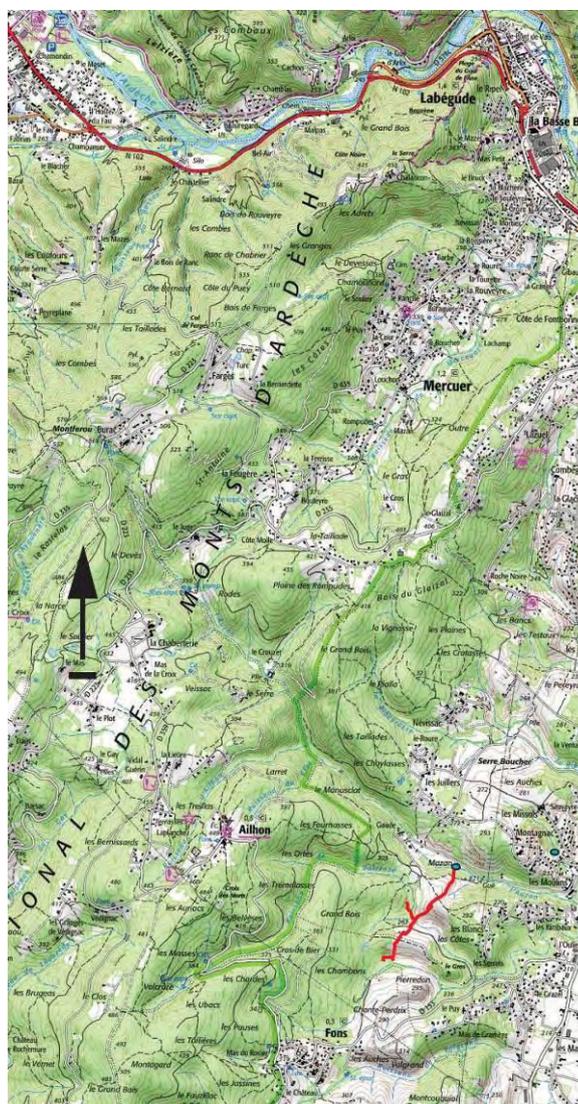


Figure 127 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Ailhon (Source : CDS 07)

4.4.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Cette unité est dépourvue d'un réseau de piézomètres. Plusieurs essais de pompages ont été réalisés au sein de l'unité, les niveaux statiques mesurés dans les ouvrages sont synthétisés ci-après :

Les Vistes F1	Statique: -23,725 m/TN (le 23/03/2015)
Les Vistes F2	Statique: -24,61 m/TN (le 18/03/1991)
Les Vistes F3	Statique: -22,89 m/TN (le 23/03/2015)
Pierredon	Statique: -6,44 m/TN (le 23/03/2015)
Le Juge F3	Statique: artésianisme de l'ordre de 1 m³/h (le 05/07/1994)
Perbost	Statique: -84 m/TN (le 24/02/2009)

Tableau 41 : niveaux statiques des ouvrages de l'unité Ailhon

La réalisation d'une piézométrie n'est pas aisée notamment due au phénomène de drainance entre les trois étages du Trias. Il serait judicieux d'établir un réseau assez dense de piézomètres afin de réaliser le détail de la nappe captée et/ou avoir la confirmation qu'il n'y ait pas d'échanges.

La direction générale de l'écoulement suit le pendage des formations triasiques vers le sud-est.

4.4.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Les différents essais de pompages au niveau des forages des Vistes à Saint-Etienne de Fontbellon[52, 53, 54, 55], de Pierredon à Saint-Sernin[56] et du Juge à Mercuer [57] nous renseignent sur les valeurs de transmissivité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Les Vistes F1 du 05/03 au 9/03/1985 51,43 m ³ /h	Valeurs de transmissivité comprises entre T= 7,64.10⁻⁴ m²/s et T= 1,52.10⁻³ m²/s
Les Vistes F2 du 25/06 au 28/06/1991 20,5 et 23,5 m ³ /h	Q= 20,5 m³/h T= 2,6.10⁻⁴ m²/s Q= 23,5 m³/h T= 1,7.10⁻⁴ m²/s
Les Vistes F3 du 09/03 au 12/03/2005 30, 40 et 50 m ³ /h	Valeurs de transmissivité comprises entre T= 2.10⁻³ m²/s et T= 6.10⁻³ m²/s
Pierredon du 13/03 au 15/03/1991 31,68 m ² /h	T= 4,35.10⁻⁴ m²/s Remontée Tr = 1,46.10⁻⁴ m²/s
Le Juge F3 du 05/07 au 06/07/1994 21 m ³ /h	T= 6,2.10⁻⁴ m²/s

Tableau 42 : valeurs connues des paramètres hydrodynamiques des forages de l'unité Ailhon

La modélisation des essais de pompages par le BRGM lors du projet PRESCRIRE en 2013[50] présente les résultats synthétisés dans le tableau suivant pour les forages des Vistes :

Elément	Unité	"Vistes 1"	"Vistes 2"	"Vistes 3"	Commentaire
T	m ² /s	4.50E-03	5E-04	4.20E-03	Transmissivité de l'aquifère capté
S	-	2E-03*	3.50E-05*	2E-03*	Coefficient d'emmagasinement de l'aquifère capté (valeur de calage)
T0	m ² /s	3E-05	5E-06	5E-05	Transmissivité de l'aquitard
Sy	-	1E-02	3E-02	1.30E-02	Coefficient d'emmagasinement de l'aquitard (valeur de calage)
k'	m/s	1.50E-06	5E-05	5E-05	Perméabilité du niveau semi-perméable
e'	m	1	1	1	Epaisseur du niveau semi-perméable
pdc	m ⁻⁵ /s ²	10500	820000	8500	Pertes de charges quadratiques
Distance limite 1	m	104	262	100	Distance entre le puits et la limite 1 (valeur de calage)
Distance limite 2	m	104	262	100	Distance entre le puits et la limite 2 (valeur de calage)
Distance limite 1	min	20	20	20	Temps nécessaire pour atteindre la limite 1 (valeur de calage)
Distance limite 2	min	20	20	20	Temps nécessaire pour atteindre la limite 2 (valeur de calage)
Effet de capacité	m	0.1	0.2	0.1	Prise en compte de l'effet de capacité

Tableau 43 : récapitulatif des résultats de la modélisation des 3 forages (BRGM, 2013)

Le forage F3 du Juge a une transmissivité de $6,2 \cdot 10^{-4}$ m²/s pour le premier cycle logarithmique. La valeur du second cycle ayant été obtenue par extrapolation du rabattement sur le début du cycle, elle n'est pas retenue.

Ces valeurs sont élevées et assez représentatives des formations du Trias.

Il existe quelques traçages au sein de notre unité, ils ont été listés ci-dessous :

- Traçage positif (à priori) depuis les pertes du ruisseau de Valcroze à Ailhon jusqu'à la source captée de Martinesche à Saint-Etienne-de-Fontbellon (nous ne disposons d'aucun rapport concernant ce traçage, il est simplement mentionné dans le rapport de G. NAUD sur la source captée en date du 04/01/1994)[51].
- Traçage du BE HYDROC effectué au mois de mai 1997, depuis le ruisseau du Clos à Ailhon, en eau durant l'injection (120 à 240 l/h). Injection d'au total 3 kilogrammes de fluorescéine dans le

ruisseau à environ 630 mètres à l'Ouest de la source de Martinesche. Le traçage a été suivi à l'aide de fluo-capturs placés au niveau de la source de Martinesche. Le traçage conclut à une présence « probable mais faible de fluorescéine » à l'exutoire de la source de Martinesche (teneurs non précisées). Les résultats d'analyses des fluocapturs étant incertains, les résultats en sont donc peu fiables. Les conclusions du traçage incitent tout de même à inclure le ruisseau du Clos dans le bassin d'alimentation de la source [58]. **Nous ne tiendrons pas compte des résultats de ce traçage étant donné l'incertitude des résultats obtenus.**

- Traçage positif du BE RABIN entre le ruisseau de Faugère à Mercuer et les sources S1 et S2 de Rodes captées pour l'AEP du SIAE d'Ailhon/Mercuer. En janvier et avril 2002, injection de 50kg de NaCl dans le ruisseau de Faugère. La restitution du traceur a été suivie en différents points à l'aide de conductimètres enregistreurs. Les sources S1 et S2 sont donc impactées par le passage du traceur avec un temps de transit relativement court depuis le point d'injection dans le ruisseau (45 min pour 69 mètres entre le point d'injection et le point de suivi). Cependant, le traçage conclut à une faible part d'alimentation du ruisseau étant données le pic de conductivité noté aux sources S1 et S2 alors que celui suivi dans le ruisseau a été très élevé[59].
- Traçage à la fluorescéine depuis un puits perdu du hameau du Juge à Mercuer avec restitution au niveau des 3 forages du Juge à Mercuer (traçage Géoplus 1997, mentionné dans l'avis de A. BARAT d'octobre 1997 sur les périmètres de protection des forages du Juge). Relation rapide entre le point d'injection et les forages (artésiens lors du traçage) avec un temps de transit de 2 à 5 jours. L'impact des sources de Rodes à Mercuer est certainement dû au fait que l'eau des forages du juge (artésiens) impactés par le traceur s'écoulait dans le ruisseau de Faugère, ruisseau en relation (faible) avec les sources de Rodes (cf. traçage BE RABIN en 2002 pour la source de Rodes à Mercuer).

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Pertes du Ruisseau de Valcroze	Source de Martinesche			
Ruisseau du Clos	Exutoire source de Martinesche (incertain)	3 kg (fluorescéine)		
Ruisseau de Faugère	Sources S1 et S2 de Rodes (faible part d'alimentation)	50 kg (NaCl)	45 minutes	92 m/h
Puits perdu hameau du Juge	3 forages du Juge	(fluorescéine)	2 à 5 jours	

Tableau 44 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Ailhon

4.4.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Dans l'unité aquifère « Ailhon », il existe sans nul doute un potentiel aquifère important. L'Auzon a érodé les formations triasiques (allant jusqu'à mettre à jour le socle à certains endroits) créant ainsi des exutoires naturels aux aquifères triasiques. Il existe sur cette unité un bon nombre de captages importants en termes de débit. Voici les ressources en eau importantes de l'unité actuellement exploitées :

- La source du Crouzet (Ailhon) : Source captée pour l'AEP du SIAE St-Etienne St-Sernin à environ 10 m³/h en moyenne sur l'année. A noter qu'une grosse source non captée émerge également dans le lit du ruisseau de l'Auzon au droit de l'ancien Abbaye du Crouzet.
- La source de Rodes (Ailhon) : Source captée pour l'AEP du SIAE St-Etienne St-Sernin à environ 7 m³/h.

- Les sources de Rodes (Mercuer) : Source captée pour l'AEP du SIAE Ailhon/Mercuer avec une moyenne de 2 m³/h de prélèvement.
- Forages des Vistes (2) (St-Etienne-de-Fonbellon) : Forages exploités pour l'AEP du SIAE St-Etienne St-Sernin. Le forage F1 (131 m de profondeur) et F3 (120 m) sont tous deux actuellement exploités à hauteur de 46 et 52 m³/h.
- Forage F1 et F3 de Perbost (Aubenas) : Forages exploités pour l'AEP d'Aubenas. Le forage F1 (106 m) et le forage F3 (160 mètres) présentent tous deux un débit de l'ordre de 35 m³/h.
- Source de Valcroze (Fons) : source exploitée pour l'AEP de la commune de Fons. Débit moyen 2,9 m³/h.

On dénombre plusieurs anciens captages et/ou points d'eau importants sur cette unité :

- **Source de Martinesche** à St-Etienne-de-Fonbellon (*abandonnée et anciennement exploitée par le SIAE St-Etienne St-Sernin*) présentant un débit important mesuré à 90 m³/h en mars 2015.
- **Forage de Pierredon** à St-Sernin (*abandonné par le SIAE St-Etienne St-Sernin*). Forage de 151 mètres testé jusqu'à 32 m³/h. Ouvrage non exploité car eau chargée en fer, sulfates et magnésium (valeurs non-présentées dans la bibliographie).
- **Le forage F2 des Vistes** à St-Etienne-de-Fonbellon (*abandonné par le SIAE St-Etienne St-Sernin*). Forage de 120 mètres abandonné pour cause de turbidité importante, mais il était exploité à un débit de 22 m³/h.
- **Forage F3 du Juge** à Mercuer (*abandonné et anciennement exploité par le SIAE Ailhon-Mercuer*) anciennement exploité à 35 m³/h.
- **Forage F2 de Perbost** à Aubenas (*abandonné et anciennement exploité par Aubenas*). Forage de 104 mètres. Débit exploitable de l'ordre de 45 m³/h (cf. Avis G. NAUD 1996).
- **Sources des Farges** à Mercuer (*abandonnées et anciennement exploitées par le SIAE Ailhon/Mercuer*).

4.4.4. Echanges nappe/rivière

Cette unité comporte quelques pertes notamment au niveau du ruisseau de la Ribeyrasse au sud du secteur des Vistes. Par ailleurs, la relation entre le ruisseau de Faugère et les sources de Rodes a été vérifiée (Rabin, 2002). En outre, un traçage présumé a permis de valider la relation entre les pertes du ruisseau de Valcroze et la source de Martinesche (voir 3.7.2.3). La vallée de l'Auzon concentre un grand nombre de sources qui sont utilisées pour l'AEP. Le fait de dériver ces eaux pour l'alimentation en eau potable a une incidence sur le débit du cours d'eau.

4.4.5. Qualité des eaux

A l'affleurement le Trias supérieur dispose d'une certaine filtration grâce aux grès, mais plus en profondeur les drains de pseudo-karstification peuvent être des vecteurs rapides de pollution. De plus, la zone d'alimentation est peu connue, de même que le rôle des failles, ce qui rend difficile d'appliquer des mesures de protection à la ressource. Enfin, le rôle et la qualité des deux aquifères triasiques sous-jacents n'est pas connu. On peut supposer que le confinement du Trias entraîne une augmentation de la

température et des concentrations en éléments chimiques, sachant que la qualité des deux autres étages est plutôt sujette à caution sur certaines autres unités.

Les eaux des différentes sources de la vallée de l'Auzon et des forages de Perbost ont toutes une minéralisation caractéristique des eaux du Trias. En effet, l'eau est moyennement minéralisée avec une certaine tendance vers les valeurs fortes. Les sources correspondent donc à des eaux dont la circulation s'est faite au contact de niveaux dolomitiques [60], ce qui justifie l'influence du milieu gréseux. Dans les forages F1 et F2 de Perbost, on note la présence de sulfates qui peuvent s'expliquer par l'existence ponctuelle, dans les formations triasiques, de gypse (sulfate de calcium).

En ce qui concerne la qualité bactériologique, la présence de coliformes dans plusieurs sources témoigne d'une infiltration d'eau superficielle. Pour la source de Martinesche, cette contamination est liée à sa relation avec le ruisseau de Valcroze.

Au niveau du forage F3 du Juge, l'analyse chimique en début d'essai de pompage montre des concentrations élevées en Fer et Manganèse qui tendent à réduire au fur et à mesure de l'avancée de l'essai. Ces concentrations semblent liées à une pénétration plus grande des horizons du Trias inférieur[57]. Lors de son exploitation, l'eau pompée était systématiquement traitée pour abaisser les taux de fer et manganèse.

4.4.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

On trouve une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne le karst liasique et les pseudo-karstifications du Trias supérieur. La vulnérabilité est un peu moindre pour la partie gréseuse du Trias supérieur lorsqu'il est à l'affleurement grâce à l'aspect filtrant de cette roche.

L'occupation des sols est variée dans cette unité (Tableau 45 et Figure 128), avec forêts (conifères et mélangés) mais aussi des systèmes cultureux complexes et vergers parfois irrigués. A noter l'existence d'un tissu urbain discontinu à l'est de l'unité. Dans le contexte actuel, l'augmentation du nombre d'habitants engendrera probablement dans le futur, une augmentation de ce tissu urbain.

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	3,83	15,40%
231 : Prairies	1,39	5,57%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	2,99	12,01%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	0,61	2,44%
311 : Forêts de feuillus	0,35	1,39%
312 : Forêts de conifères	10,79	43,36%
313 : Forêts mélangées	3,35	13,46%
322 : Landes et broussailles	1,57	6,31%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,02	0,06%
	24,89	100,00%

Tableau 45 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Ailhon

Les ICPE sont rares, et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel. Les ICPEs sont rares, et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé.



Légende

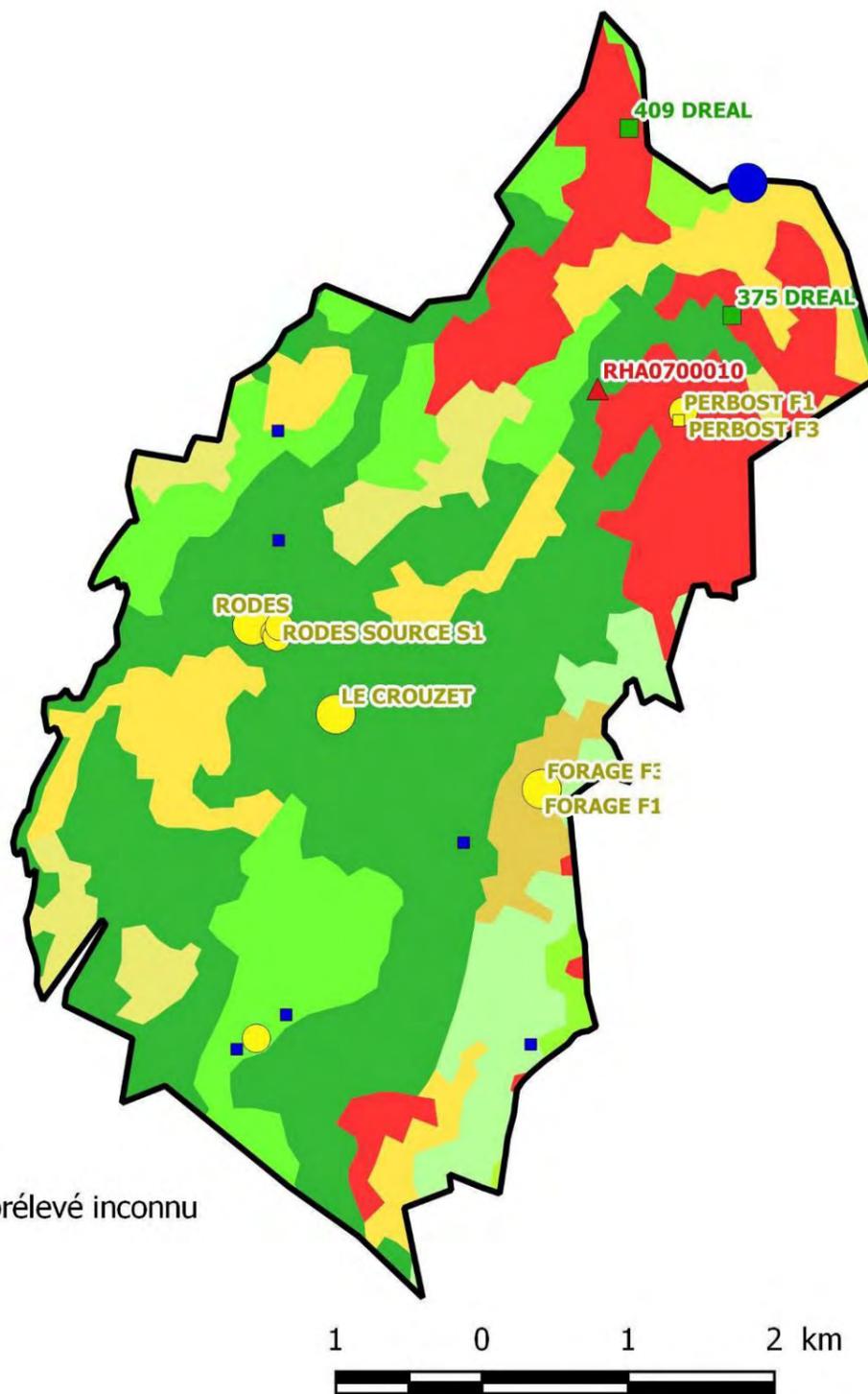
- ▲ BASIAS
- ICPE DREAL
- ICPE DDSF
- Limites de l'unité aquifère

AEP captés

- Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 1550000 m³/an

Points d'eau non AEP

- Pas de prélèvement ou Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 300000000 m³/an



Corine Land Cover

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles et commerciales
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aéroports
- Extraction de matériaux
- Décharges
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Périmètres irrigués en permanence
- Rizières
- Vignobles
- Vergers et petits fruits
- Oliveraies
- Prairies
- Systemes cultureux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Végétation sclérophylle
- Forêt et végétation arbustive en mutation
- Plages, dunes et sable
- Roches nues
- Végétation clairsemée
- Zones incendiées
- Glaciers et neiges éternelles
- Marais intérieurs
- Tourbières
- Marais maritimes
- Marais salants
- Zones intertidales
- Plans d'eau
- Lagunes littorales
- Estuaires
- Mers et océans

Figure 128 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Ailhon

4.5. L'unité Largentière

4.5.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité, située au milieu de la bande triasique ardéchoise, comprend les communes de Tauriers, Largentière, Chassiers, Vinezac, Uzer, Lachapelle-sous-Aubenas, Fons et une petite partie au Sud de la commune d'Ailhon. Elle couvre une superficie d'environ 27,5 km².

Les limites de cette unité sont :

- Au Nord, le secteur minier de Merzelet sur les communes de Fons et d'Ailhon
- A l'Ouest, la limite a été arrêtée à la jonction entre le Trias et le Permien en incluant les affleurements triasiques de la commune de Tauriers
- Au Sud-Ouest, les vallées du Roubreau et de la Ligne
- A l'Est, la limite a été étendue jusqu'en périphérie des affleurements (ici importants) de l'Hettangien supérieur et du Sinémurien inférieur. Cette limite a été volontairement étendue car il existe quelques points d'eau intéressants au sein du domaine liasique.

Ce secteur, délimité spatialement par des failles, présente à l'affleurement les trois étages du Trias et le début du Lias. La particularité de ce secteur est la présence de nombreuses failles, majoritairement de type cévenol (NE-SW) mais également de direction régordane (NW-SE), et l'existence de nombreux sondages de recherche minière. De ce fait, nous disposons d'une multitude de données lithologiques précises. En revanche, on note une absence quasi totale d'informations hydrogéologiques (venues d'eau rencontrées, débit, aquifère producteur, niveau piézométrique). Seul 6 sondages sur environ 150 présentent des informations sur l'eau. Ces quelques ouvrages sont notés artésiens sur les coupes de sondages ou dans la bibliographie [35, 61, 32].

Comme sur l'ensemble du Trias ardéchois, le pendage général est de 10 à 15° vers le Sud-Est, avec quelques variations locales.

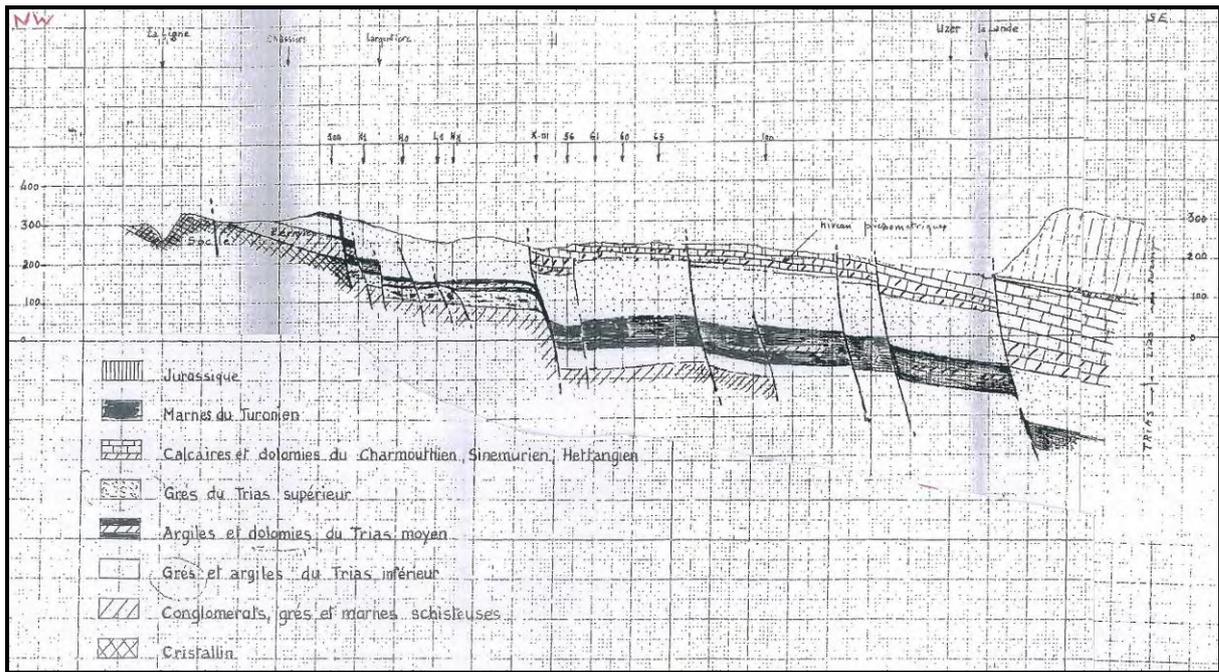


Figure 129 : coupe géologique C-B' de l'unité aquifère de Largentière (Burgéap, 1970)

Les failles structurantes de cette unité sont :

- La faille de Malet (NE-SW) qui sépare à l'affleurement le Trias supérieur et le Jurassique. Elle a abaissé le compartiment Est de 100 à 150 m, et l'on observe que le Trias moyen passe de 40 m d'épaisseur à l'Ouest de la faille à 80 à 100 m à l'Est, avec apparition plus fréquente de sulfates.
- Les failles de la Madeleine (NW-SE) et de Largentière (NE-SW), qui sont liées aux sources les plus importantes du secteur.

A noter qu'il existe des métaux (blende, galène, pyrite...) dans l'unité « Largentière ». Ils sont répartis dans trois horizons métallifères du Trias inférieur et verticalement dans certaines failles. Ces métaux ont fait l'objet d'une exploitation minière dans l'Antiquité Romaine, puis au Moyen Age et à l'Epoque Moderne. La dernière exploitation et la plus importante a été orchestrée par la Société Minière et Métallurgique Penarroya de 1964 à 1981. Cette dernière exploitation a permis d'extraire 340 000 tonnes de plomb, 58 000 tonnes de zinc et 700 tonnes d'argent de 9 millions de tonnes de minerai. Un pompage continu à 250 m³/h était nécessaire pour garder les mines dénoyées, avec un rabattement maximum de 270 m. Plus au nord, le secteur de Merzelet compte des horizons riches en lentilles de fer de tailles métriques qui ont été exploités de 1862 à 1888 [62].

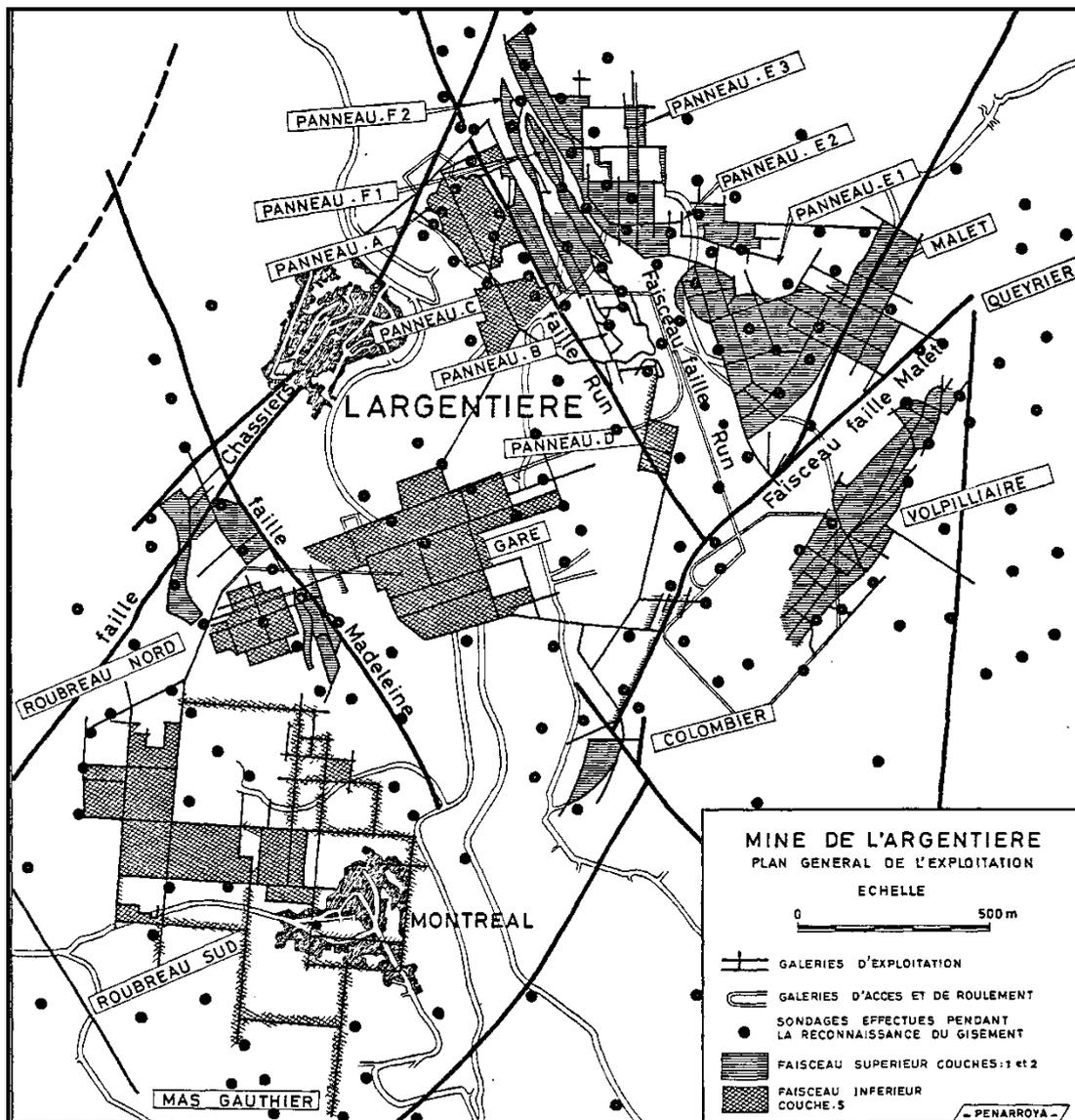


Figure 130 : plan général de l'exploitation minière de Largentière (document Penarroya)

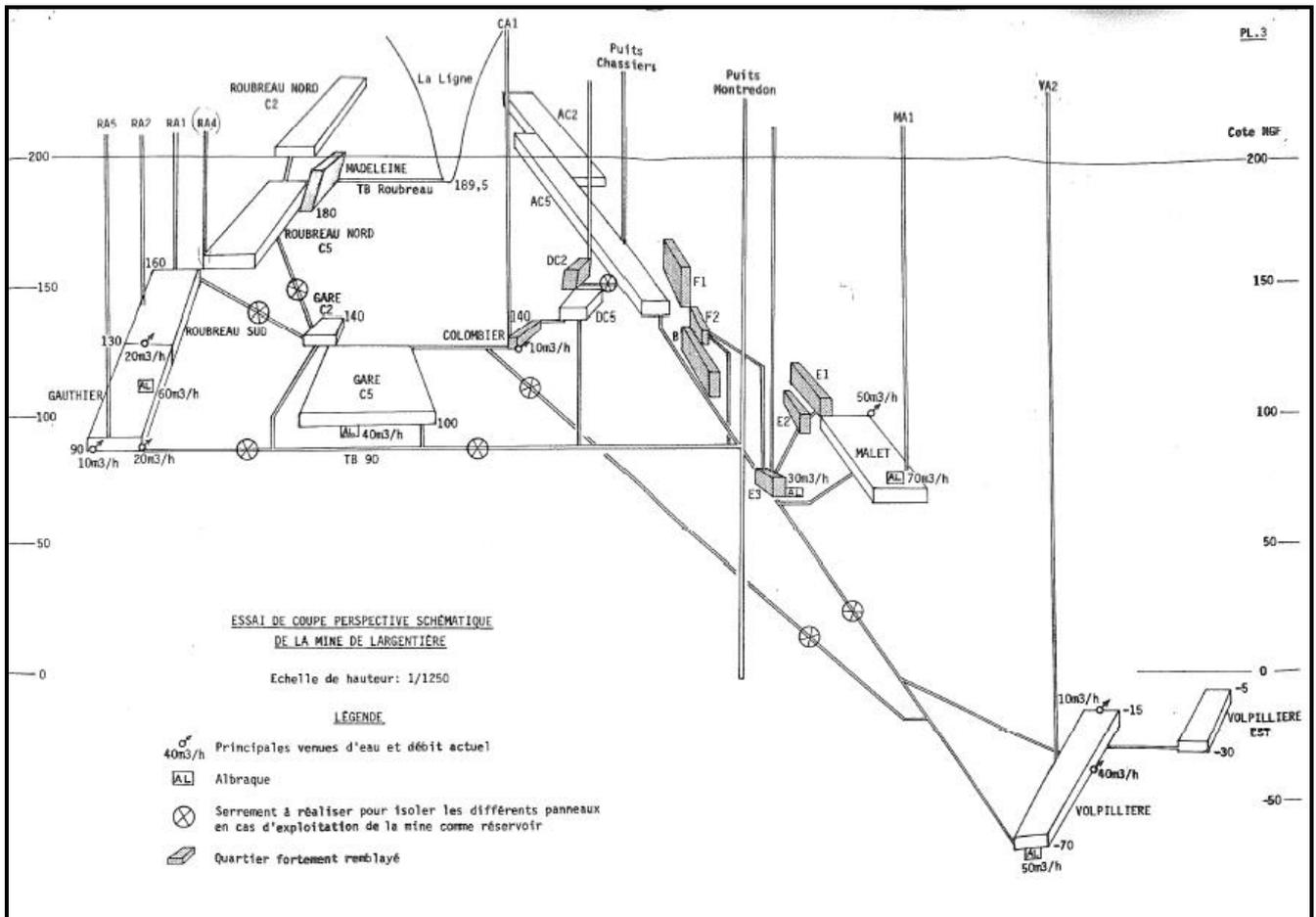


Figure 131 : essai de coupe perspective schématique de la mine de Largentière
(Source : Burgéap, 1982)

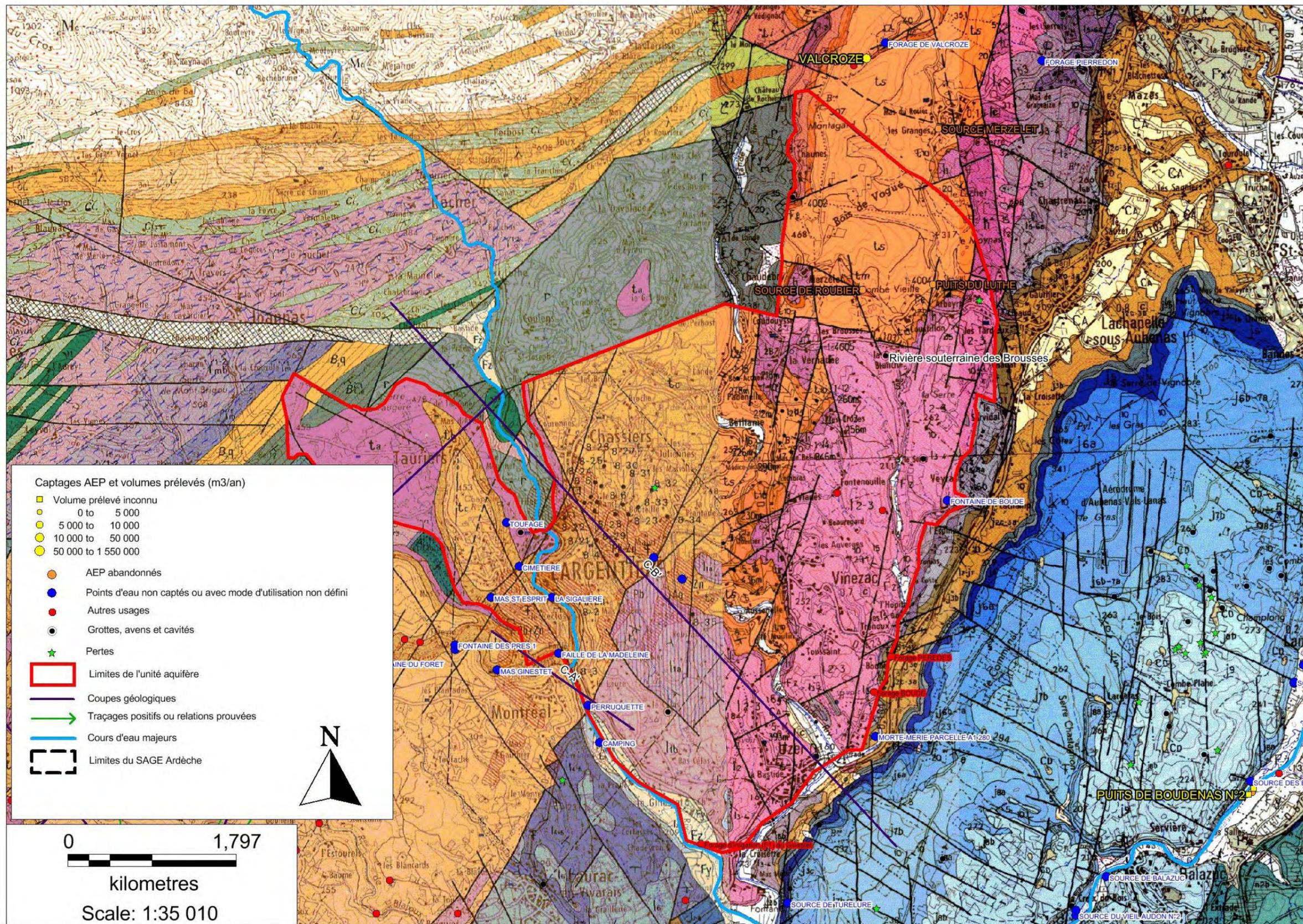


Figure 132 : limite de l'unité Largentière sur fond géologique

4.5.2. Hydrogéologie

4.5.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Dans l'unité « Largentière », les trois aquifères triasiques sont représentés. L'alimentation de chaque aquifère est assurée par les précipitations quand les formations géologiques correspondantes sont à l'affleurement, c'est-à-dire à l'Ouest de la zone pour les Trias inférieur et moyen et quasiment sur toute la zone (hors couverture liasique) pour le Trias supérieur. Il faut aussi noter que les aquifères sont reliés entre eux. En effet, il existe un phénomène de drainance ascendante et descendante depuis le Trias moyen, car il est l'aquifère le plus en charge (voir partie piézométrie).

L'alimentation de l'ensemble triasique a été estimée à environ 10 l/s/km², ce qui correspond en infiltration à une lame d'eau totale d'environ 310 mm par an. Elle a été estimée en premier par BURGEAP en 1970 [34] à partir des données pluviométriques de Joyeuse de 1951 à 1967, des données d'évapotranspiration du C.R.E.G.R et en posant des hypothèses sur la géomorphologie locale. Elle a aussi été estimée par Jean ROURE [39] d'après le débit de pompage nécessaire pour dénoyer les mines pendant l'exploitation. On retrouve la même valeur, bien que ROURE accorde une part plus importante à l'alimentation des nappes depuis les pertes des cours d'eau qu'à l'infiltration directe lors des précipitations. A noter qu'en période d'étiage la part d'eau souterraine alimentant naturellement les rivières n'est que de 0.5 l/s/km²

Au sein de l'unité « Largentière », on dénombre peu de réseau karstique ou pseudo-karstique connus.

Il existe quelques cavités et grottes pénétrables mais leur développement reste limité notamment pour les grottes situées en domaine triasique. On peut toutefois citer :

- L'ancienne galerie minière où émerge la source dite d'Arbeyre à Lachapelle-sous-Aubenas, cette galerie d'environ 30 à 40 mètres se développe au sein des grès du Trias supérieur. Elle permet d'accéder au puits dit d'Arbeyre, d'environ 100 mètres de profondeur, historiquement capté pour l'AEP.
- La source anciennement captée de Roubier à Lachapelle-sous-Aubenas (SEBA) émerge à la faveur d'une ancienne galerie minière creusée au sein des calcaires dolomitiques du Trias moyen.
- L'ancienne mine de Chaunes situé à Ailhon qui se développe au sein des grès du Trias inférieur.

Dans le domaine jurassique inférieur de l'unité Largentière, on peut citer la rivière souterraine des Brousses à Vinezac dont le débit pérenne est d'environ 2l/s : cette grotte connaît un développement exploré d'environ 700 mètres. Elle débute au sein des calcaires liasiques de l'Hettangien pour se développer au Nord au sein du Trias supérieur. On suppose une relation avec la Fontaine de Boude à Vinezac située environ 1500 mètres plus au Sud.

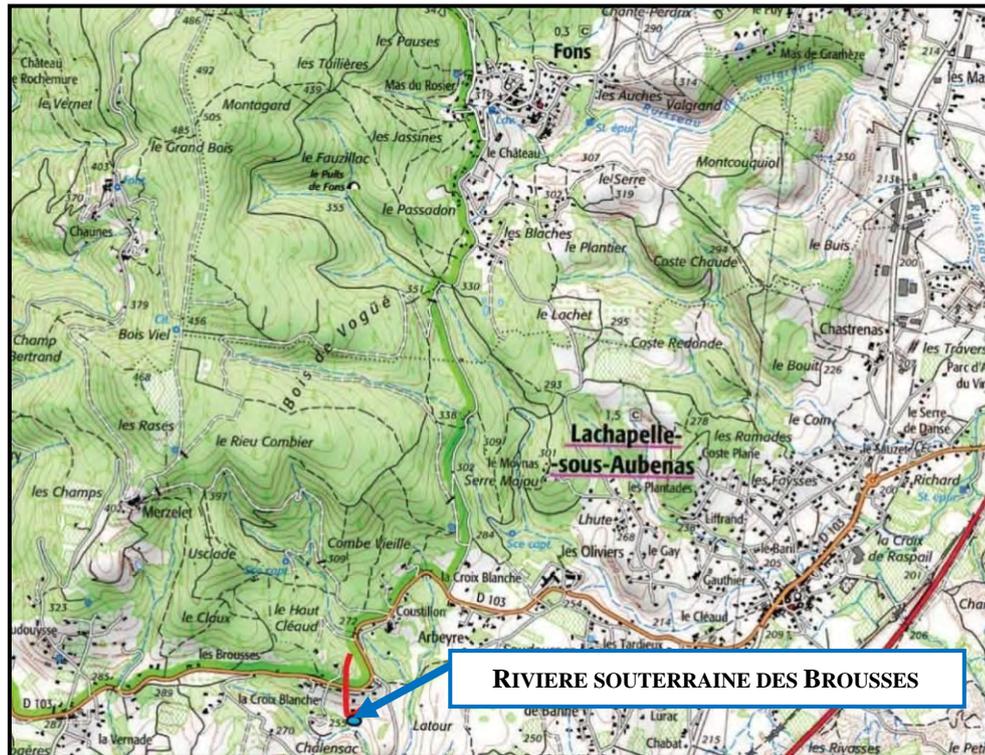


Figure 133 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Largentière (Source : CDS 07)

Les points d'eaux connus importants de l'unité sont présentés ci-après.

Dans la vallée de la Ligne, en aval du village de Largentière, on trouve plusieurs sources issues du Trias moyen en charge, qui sortent à la faveur de failles, notamment :

- La source de la Perruquette à Largentière : principale source d'exhaure des mines. Le débit d'étiage est d'environ $75,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Cette source n'a a priori jamais tari même lors des travaux miniers, alors que le pompage minier a duré pendant environ 20 ans à un débit moyen d'environ $250 \text{ m}^3/\text{h}$. Cette source présente malheureusement des problèmes de qualité qui seront détaillés dans la partie correspondante.
- La source de la Sigalière à Largentière : cette source constitue également un point de sortie des eaux des mines. Son débit d'étiage est d'environ $51,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Elle émerge également au sein du Trias moyen mais ne présente pas aujourd'hui de traces d'une contamination métallique (voir partie qualité).

Le document de la SMMP de 1965 de FOGLIERINI et al [47] présente le cas spécifique de la butte de Montredon (Largentière), dont les charges hydrauliques sont présentées dans la partie suivante. Ce document cite le Trias moyen comme « très aquifère », capté par le forage qui alimentait la laverie de la roche extraite, exploité à $90 \text{ m}^3/\text{h}$.

Le secteur de la butte de Ribemale, éclairé par nos investigations sur le terrain, laisse entrevoir deux points d'eau intéressants : un forage à 10 m³/h (Trias moyen) et une source au débit compris entre 0.3 et 10 m³/h (Trias supérieur).

A proximité de la Lande, aux lieux dits la Queirié, Malet et Roustany, sont connus 6 sondages miniers qui présentent (ou ont présenté) de l'artésianisme. Ils sont présentés dans la partie suivante.

Il n'existe plus aucun captage AEP en service à ce jour au sein de l'unité Largentière. Nous pouvons citer les captages historiquement utilisés pour l'AEP publique :

- Le puits du Luth à Lachapelle-sous-Aubenas (SEBA) : ancien puits creusé afin de recouper les calcaires dolomitiques du Trias moyen. Les données de débit mentionnées dans la bibliographie nous indiquent qu'il pouvait produire environ 3,6 m³/h à l'étiage
- La source de Roubier à Lachapelle-sous-Aubenas (SEBA) émerge à la faveur d'anciennes galeries minières creusées au sein du Trias moyen. Son débit était d'environ 1,3 m³/h à l'étiage
- La source d'Arbeyre à Lachapelle-sous-Aubenas : source qui émerge à la faveur d'un puits ayant certainement atteint le Trias inférieur. Le débit moyen d'exhaure de la source est de 1,8 m³/h. Les données bibliographiques mentionnent que le puits était artésien. On confirme qu'il existe toujours un écoulement à l'exutoire de la galerie.

4.5.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Concernant la piézométrie, on sait qu'au moins dans le secteur de Montredon les aquifères du Trias inférieur et supérieur sont en charge à la côte 200 m NGF et que le Trias moyen est en charge 40 à 50 m plus haut. Ce phénomène a probablement pour origine une alimentation préférentielle du Trias moyen à l'Ouest de notre zone. Ainsi, le Trias moyen est vraisemblablement semi-captif et alimenterait les deux autres aquifères par drainance ascendante et descendante. La charge importante de l'aquifère du Trias moyen est aussi à l'origine des plus grosses sources de l'unité, qui remontent à la surface par des failles.

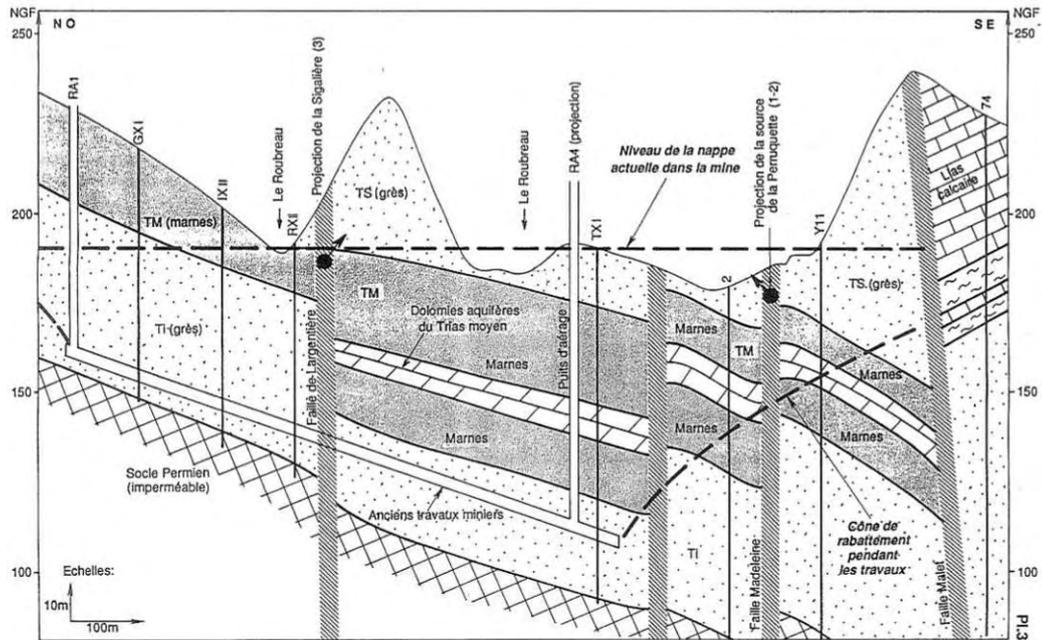


Figure 134 : coupe hydrogéologique schématique au niveau de Largentière (Burgéap, 1988)

A noter qu'il existe au moins 6 sondages miniers qui sont signalés comme artésiens, tous situés à l'Est de la faille de Malet (voir tableau suivant). Dans le secteur de Merzelet, le puits de reconnaissance d'Arbeyre (Lachapelle-sous-Aubenas) qui arrive à la base de Trias supérieur, est lui aussi artésien.

Nom	X (93)	Y (93)	Z	prof	Commentaires coupe sondage et biblio
Sondage n°25	804127	6383048	198	283.6	
Sondage n°26	804190	6383139	207	288.7	
MALET S28	804232	6382906	191	267.9	
Sondage n°30	804139	6383246	201	247.7	Forte augmentation de débit dans le Trias moyen en foration (plus de 10 m3/h). En 1984, 20 m3 et 19.5 °C. L'eau du forage sent l'H ₂ S et précipite des sulfates et du fer.
LANDE S33	804495	6383421	200	263.6	Le 15 novembre 1988, 30 m3/h, 1385 µS/cm, pH de 6,5, 16°C, TH 114°F, SO ₄ ²⁻ 660 mg/l
ROUSTANY 68	804768	6382584	194	272.1	Débit permanent depuis le début du sondage

Tableau 46 : sondages miniers artésiens de l'unité Largentière

Les directions d'écoulement de l'unité suivent logiquement le pendage général vers le Sud-Est, mais elles ont potentiellement été modifiées par les galeries de l'exploitation minière comme présenté dans la partie suivante et la partie traçage.

4.5.2.3. *Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)*

On note un manque drastique de mesures hydrogéologiques dans le secteur de Largentière, les paramètres comme la transmissivité ne sont donc pas connus.

On peut toutefois noter qu'un traçage qualitatif à la fluorescéine en 1992 a prouvé l'existence d'une relation souterraine entre la Ligne et la Lande ; relation qui était supposée après l'assèchement estival quasi systématique de la Lande depuis la fin de l'exploitation minière, l'eau s'infiltrant puis circulant préférentiellement dans les failles agrandies et les anciennes galeries.

La fluorescéine a mis « moins d'une semaine » pour parcourir 2.5 km, ce qui nous donne une vitesse maximale de circulation comprise entre 17 et 52 m/h (pour des temps de premières apparitions respectifs de 6 jours et 2 jours). On ne peut pas considérer cet ordre de grandeur comme spécifique à toute l'unité, car la vitesse de transfert peut avoir pour origine la présence de failles, de galeries de pseudo-karstification ou minières ou bien les trois paramètres simultanément. Ces vitesses sont toutefois cohérentes dans le sens où elles sont inférieures à celles d'un karst bien développé et supérieures à un aquifère poreux.

Excepté ce traçage très peu documenté, il n'en existe pas d'autres connus au sein de cette unité, mais il y a des présomptions de connexion entre différentes grottes et/ou points d'eau (ex : entre la rivière souterraine des Brousses et la fontaine de Boude dans la partie Jurassique).

Si des traçages étaient à mettre en œuvre sur l'unité Largentière, et notamment pour ce qui concerne les ressources assez profondes, les résultats seraient relativement inattendus étant donné l'important développement des galeries minières.

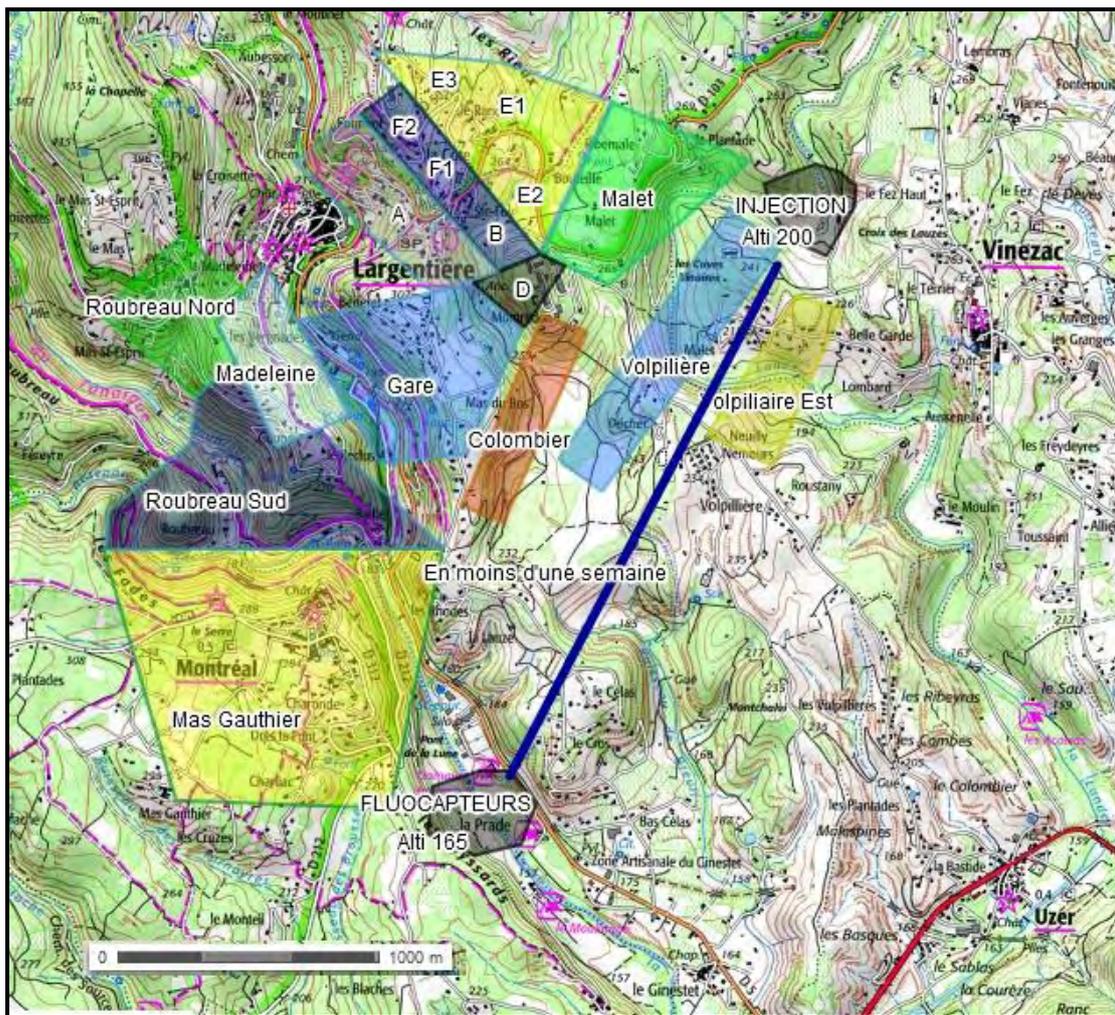


Figure 135 : carte avec l'implantation des concessions minières et le tracé théorique du traçage de 1992. (Source : géoportail)

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Rivière de la Ligne	Rivière de la Lande	(fluorescéine)	"moins d'une semaine"	entre 17 et 52 m/h

Tableau 47 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Largentière

4.5.3. Appréciation du potentiel quantitatif

L'unité Largentière présente un potentiel quantitatif avéré, illustré avec des débits importants aux exutoires naturels (notamment la Perruquette et la Cigalière, sources artésiennes du Trias moyen aux débits d'étiages respectifs de 75.6 et 51.5 m³/h) et aux forages (avec par exemple l'ancien forage de la laverie de la mine exploité à 90 m³/h).

La quantité d'eau souterraine au sein de cette unité est donc importante, mais les travaux miniers historiques, qui ont vraisemblablement perturbé les directions d'écoulement des eaux souterraines, conjugués à la présence naturelle de métaux dans la région de Largentière/Merzelet au sein des

formations triasiques compromettent de manière considérable les possibilités de recherche d'eau pour l'AEP actuelle et future.

4.5.4. Echanges nappe/rivière

On peut dans un premier temps noter que les sources triasiques les plus importantes du secteur alimentent les cours d'eau. Par exemple, la Perruquette et la Sigalière sortent seulement quelques mètres au-dessus de la Ligne, et tout leur débit vont à la rivière car elles ne sont pas captées.

Concernant les échanges nappe-rivière, l'article de Jean ROURE dans le SGA n°177 de 1998 [39] calcule la quantité d'eau qui s'infiltré dans les aquifère triasiques dans le secteur de Largentière. La quantité d'eau pompée dans les mines équivaut à une lame d'eau annuelle de 310 mm. A partir de paramètres météorologiques et géomorphologiques (pente, végétation), ROURE propose que plus de 2/3 de l'alimentation de la nappe se fasse par les pertes des cours d'eau. On peut toutefois douter d'une part si importante des pertes de cours d'eau dans l'alimentation de la nappe. ROURE ajoute que les travaux miniers ont dû favoriser ces pertes en agrandissant les failles et qu'un réseau de circulation artificielle, notamment de la Lande vers la Ligne, a été créé. Ce réseau artificiel serait responsable de l'assèchement de la Lande en été. ROURE cite un traçage positif à la fluorescéine effectué par Gérard LAURENT en 1992 entre la Lande à la Queirier et la Ligne à la Prade. Le traceur a mis moins d'une semaine pour parcourir les 2.5 km entre les deux points. Les résultats du traçage ont été publiés dans le G.R.I.L n°10 de mars 1993, une revue semestrielle de Vinezac disparue en 1996. Des transferts de la Lande vers la Ligne via les aquifères triasiques et potentiellement les anciennes galeries auraient donc été prouvés.

Le manque de mesures de débit des sources et des cours d'eau avant, pendant et après l'exploitation minière ne permet pas de mettre en avant les modifications de régimes hydrologiques apportés par les mines autrement que qualitativement, comme :

- ⇒ Une diminution du débit des sources qui alimentent les rivières.
- ⇒ Un assèchement de la Lande en été.

Pour rappel, les jaugeages du SRAE en octobre 1970 ont montré que l'alimentation des cours d'eau par les sources n'est que de 0.5 l/s/km² en période d'étiage.

4.5.5. Qualité des eaux

Le Trias possède des problèmes de qualité dus à la géologie (présence de sulfures métalliques et de sulfates), mais en revanche il compte peu de problèmes de pollutions anthropiques et bactériologiques (sauf pour les micro-nappes de surface) du fait de la faible pression démographique et agricole et du pouvoir filtrant du grès[32, 39].

a) Le Trias inférieur

Le **Trias inférieur** contient des métaux, majoritairement des sulfures (pyrite, chalcopyrite) des sulfates (évaaporites et sulfures altérés) et du fer, qui rendent son eau le plus souvent impropre à la consommation et à l'irrigation [34, 63]. Comme il affleure uniquement dans la partie Ouest de la bande triasique, on a peu de données sur sa qualité quand il est sous couverture mais elle est sans doute encore plus altérée par le confinement. Ainsi, dans le bulletin de la SGA n°177 de 1998[39], Jean Roure

donne des concentrations en sulfates et en chlorure de sodium de 10 g/L pour l'eau du Trias moyen (et probablement aussi pour celle du Trias inférieur) au forage Morte-Mérie à Uzer (forage profond destiné à la recherche). De même, au forage profond de Vallon-Pont-d'Arc, on note une eau « fortement salée » dans le Trias inférieur, à 2500 m de profondeur.

b) Le Trias moyen

Le **Trias moyen** peut avoir des niveaux métallifères qui peuvent être sources de contamination [16]. Cet étage possède parfois trop de sulfates à cause de la présence ponctuelle ou massive de gypses et d'anhydrites dans les argilites, notamment à l'est de la faille de Malet [34, 32, 63]. Les eaux du karst dolomitique médian sont bicarbonatées calciques ou magnésiennes, plutôt basiques et d'une conductivité de 300 à 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les eaux des marnes sulfatées sont sulfatées calciques avec une conductivité d'environ 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui peut servir de traceur naturel [7]. Ces eaux sont en général à éviter pour la consommation et sont déconseillées pour l'irrigation. De plus la minéralisation et la température augmentent par le confinement, l'eau en profondeur se retrouve à 16 et 19.5°C aux sondages artésiens 33 et 30[32].

c) Le Trias supérieur

Dans le **Trias supérieur**, les aquifères à porosité d'interstice en larges affleurements (zones des plateaux cultivés) ont des eaux bien filtrées par les pores et un débit régulier [16]. L'eau du Trias supérieur a de faibles teneurs en ions et des eaux généralement bicarbonatées légèrement incrustantes, qui peuvent parfois laisser un dépôt [63]. La composition chimique des eaux varie selon la nature du ciment du grès (siliceux, carbonaté ou sulfuré) et la présence de petits niveaux de dolomies (Boissin, 1975). Les conductivités des grès sont proches de 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et jusqu'à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en présence des dolomies, et sont potables au vu des normes actuelles [7, 34]. Il faut aussi noter que les eaux des pseudos-karsts sont très réactives aux fortes précipitations qui entraînent charriage de sable et turbidité.

d) Influence des mines

Pour rappel, les mines de Largentière ont été exploitées de 1961 à 1982 ; et le pompage de dénoyage des mines a duré un an de plus. Ce pompage continu était d'un débit moyen de 250 m^3/h , pour un rabattement maximum de 270 m.

L'arrêt du pompage en 1983 a entraîné en 5 ans une remontée de l'eau jusqu'à son niveau d'origine. Cependant, pendant la période où les métaux (sulfures métalliques) sont restés à l'air libre, ils ont été oxydés en sulfates solubles dans l'eau. L'eau qui a transité par la mine et qui ressort aux exutoires naturels de l'unité Largentière est donc excessivement riche en métaux, comme la source de la Perruquette qui présente des problèmes de qualité visibles depuis juillet 1988 (apparitions de boues rouges). C'est la source la plus basse du système à 180 m NGF contre 191 à 200 m NGF pour le niveau piézométrique général, d'où une contamination préférentielle de la Perruquette qui est le premier exutoire de l'unité.

Les rapports du BURGEAP de 1988[61] et de SCHMITT et COMBES de 1996 [41] présentent des données de qualité des sources que l'on peut présenter dans les tableaux suivants :

- Le premier tableau présente comme témoin sain une eau typique du Trias moyen sortant par faille et non influencée par les mines et comme témoin pollué une eau d'exhaure du secteur de Volpilliaire (système cependant différent de la Perruquette). Nous présentons à côté deux analyses effectuées sur l'eau de la Perruquette avant et après l'apparition de la contamination.

PARAMETRES	EAU NATURELLE Source du Mas Ginestet - 1989	INFLUENCE MINE (Exhaure de Volpilliaire - octobre 1980)	Source de la Perruquette - octobre 1980	Source de la Perruquette - mi- novembre 1988
T°C	13.9	23	13	14.5
pH	7.86	7.8	6.9	6.3
O ₂ mg/L	9.0	7.8	6.1	Nd
Eh mV	388	265	250	Nd
TDS mg/kg	312	2509	158	2405
Cl ⁻ mg/l	2.8	1.1	16.6	8
SO ₄ ⁻ mg/l	49	1523	34.94	1620
F ⁻ mg/l	0.2	Nd	0.2	Nd
HCO ₃ ⁻ mg/l	179	227	78.7	
SiO ₂ mg/l	2	8	9.4	20.9
Al ⁺⁺⁺ µg/l	<0.01	Nd	<0.01	600
Na ⁺ mg/l	2	52	1.16	22.3
K ⁺ mg/l	1.5	14	2.31	11
Ca ⁺⁺ mg/l	50	589	25.3	576
Mg ⁺⁺ mg/l	19	51.2	7.52	87.5
Fe ⁺⁺ mg/l	0.001	1.95	0.0014	40
Ba ⁺⁺ µg/l	Nd	Nd	Nd	Nd
Pb ⁺⁺ µg/l	Nd	0	Nd	20

Cu⁺⁺ µg/l	Nd	3	Nd	Nd
Zn⁺⁺ µg/l	3.5	30	390	104 000

Tableau 48 : évolution de la qualité de l'eau avec l'influence des mines

- Le second tableau présente des données mesurées uniquement à la source de la Perruquette à différentes dates.

Paramètres	Octobre 1980	1988 « après incident »	Mi-novembre 1988	Décembre 1995	26 aout 2015
DEBIT m ³ /h			24		76
T°C	13	13	14.5		16.3
pH	6.9	6.3	6.3	6.6	8.43
TDS	158	2974	2405		
Cond µS/cm	Environ 250	> 2000*	1971		1861
SO ₄ ⁻ mg/l	34.94	1875	1620	1000	
Fe ⁺⁺ mg/l	0.0014	60	40	19	
Zn ⁺⁺ µg/l	30	104 000	104 000	12 000	environ 9 000*

* : estimations

Tableau 49 : évolution de la qualité de l'eau à la source de la Perruquette

Les rapports sur la physico-chimie de la source [41, 46] montrent que la quantité d'oxydes métalliques dans l'eau suit une décroissance exponentielle mais que cette décroissance ne tendra vers les valeurs de bases seulement quand tous les métaux auront été dissous, car d'après un modèle, l'eau qui alimente la mine est d'origine météorique et donc continue d'oxyder les sulfures métalliques.

L'eau de la Perruquette a été traitée jusqu'en 2012 quand l'eau de la Ligne n'avait pas un débit suffisant pour diluer l'eau venant de la source. Aujourd'hui nous sommes aux alentours de 9 mg par litre pour le zinc (d'après le graphique de décroissance), mais nous n'avons pas d'analyse récente pour les autres paramètres. Lors de notre visite du 26 août 2015, nous avons constaté sur place un important dépôt orange qui s'étendait sur environ 30 m² dans le lit de la Ligne depuis la source, et nous avons relevé une conductivité importante (1861 µS/cm contre 214 µS/cm à la Sigalière le même jour).

4.5.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque désigne la sensibilité d'un aquifère face à une contamination d'origine anthropique. On trouve une vulnérabilité moyenne à très élevée pour la nappe établie dans le karst des dolomies du Trias moyen, à cause de la circulation rapide de l'eau dans les conduits et de l'absence de filtration. C'est également le cas pour certains niveaux de grès dans le Trias supérieur du fait de possibles pseudo-karstifications locales.

Pour les grès du Trias supérieur et inférieur, aquifères à porosité de pores, la vulnérabilité intrinsèque est moindre à cause du pouvoir filtrant des grès.

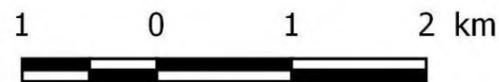
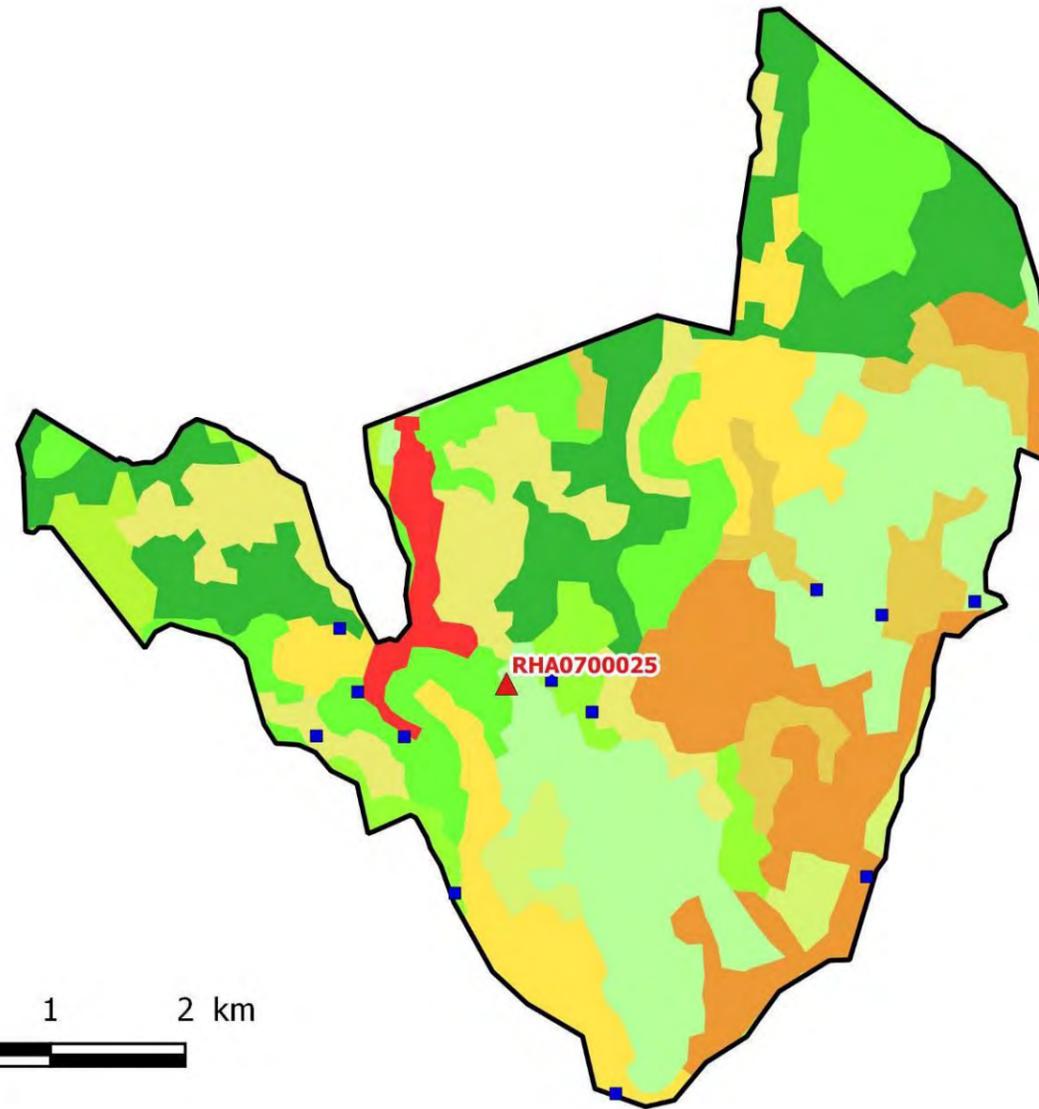
Concernant l'occupation des sols (Figure 136 et Tableau 50, la région de Largentière a la géomorphologie caractéristique du Trias ardéchois, avec des zones plutôt plates quand nous sommes sur le Trias moyen, et des buttes de grès du Trias supérieur. Les zones planes sont aménagées en vignobles et en pâturages naturels. Les buttes sont d'anciennes zones de culture en terrasses (châtaigniers, oliviers, vignes...) aujourd'hui recouvertes de forêts de conifères et mélangées (Nord et Ouest de l'unité Largentière). A noter l'existence de quelques surfaces agricoles irriguées, landes et broussailles à l'Est de la zone.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,62	2,24%
221 : Vignobles	3,36	12,19%
231 : Prairies	2,89	10,49%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	2,93	10,62%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	1,65	5,98%
311 : Forêts de feuillus	0,99	3,59%
312 : Forêts de conifères	4,40	15,98%
313 : Forêts mélangées	3,86	13,99%
321 : Pelouses et pâturages naturels	0,77	2,81%
322 : Landes et broussailles	5,59	20,26%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,51	1,85%
	27,57	100,00%

Tableau 50 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Largentière

Concernant le bâti, on constate une augmentation du nombre de maisons individuelles et de permis de construire accordés depuis les années 1990, bien que la population ait fortement diminué depuis la fermeture des mines.

A noter enfin qu'il n'y a pas d'ICPE ou de site pollué sur l'unité. On recense uniquement un ancien site industriel qui n'est autre que l'exploitation de minerai métallique de la Société Minière et Métallurgique Penarroya. L'activité est terminée et le site est indiqué comme étant réaménagé en activité industrielle/artisanale (BASIAS).



Légende

- ▲ BASIAS
- ICPE DREAL
- ICPE DDSF
- Limites de l'unité aquifère

AEP captés

- Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 1550000 m³/an

Points d'eau non AEP

- Pas de prélèvement ou Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 300000000 m³/an

Corine Land Cover

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles et commerciales
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aeroports
- Extraction de matériaux
- Décharges
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Périmètres irrigués en permanence
- Rizières
- Vignobles
- Vergers et petits fruits
- Oliveraies
- Prairies
- Systemes culturaux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Végétation sclérophylle
- Forêt et végétation arbustive en mutation
- Plages, dunes et sable
- Roches nues
- Végétation clairsemée
- Zones incendiées
- Glaciers et neiges éternelles
- Marais intérieurs
- Tourbières
- Marais maritimes
- Marais salants
- Zones intertidales
- Plans d'eau
- Lagunes littorales
- Estuaires
- Mers et océans

Figure 136 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Largentière

4.6. L'unité Rosières

4.6.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité comprend les communes de Largentière, Montréal, Sanilhac, Laurac en Vivarais, Rosières et Vernon. Elle couvre une surface d'environ 38 km².

Elle présente les limites suivantes :

- Au Nord, la limite se situe à la jonction entre les terrains triasiques et les terrains cristalloylliens (principalement les schistes)
- Au Sud, la limite s'arrête :
 - A l'extrême Sud, sur la terminaison Nord de la faille de Païolive
 - Au Sud-Est, jusqu'à la Ligne, en incluant les terrains liasiques de la plaine de Laurac-en-Vivarais
- A l'Est, l'unité s'étend jusqu'à la Ligne qui a entaillé le massif triasique.
- A l'Ouest, l'unité aquifère s'arrête soit au contact des schistes de la série de Joyeuse soit au niveau de La Beaume ayant entaillé le massif triasique.

Du point de vue de la géologie, le Trias supérieur (Keuper) affleure sur une vaste surface du système. On note toutefois que les étages du Trias inférieur et moyen affleurent principalement dans la partie nord de cette zone mais aussi à la faveur de certains cours d'eau qui ont entaillé le massif gréseux (ruisseau du Roubreau, de Blajoux et de Rochepierre).

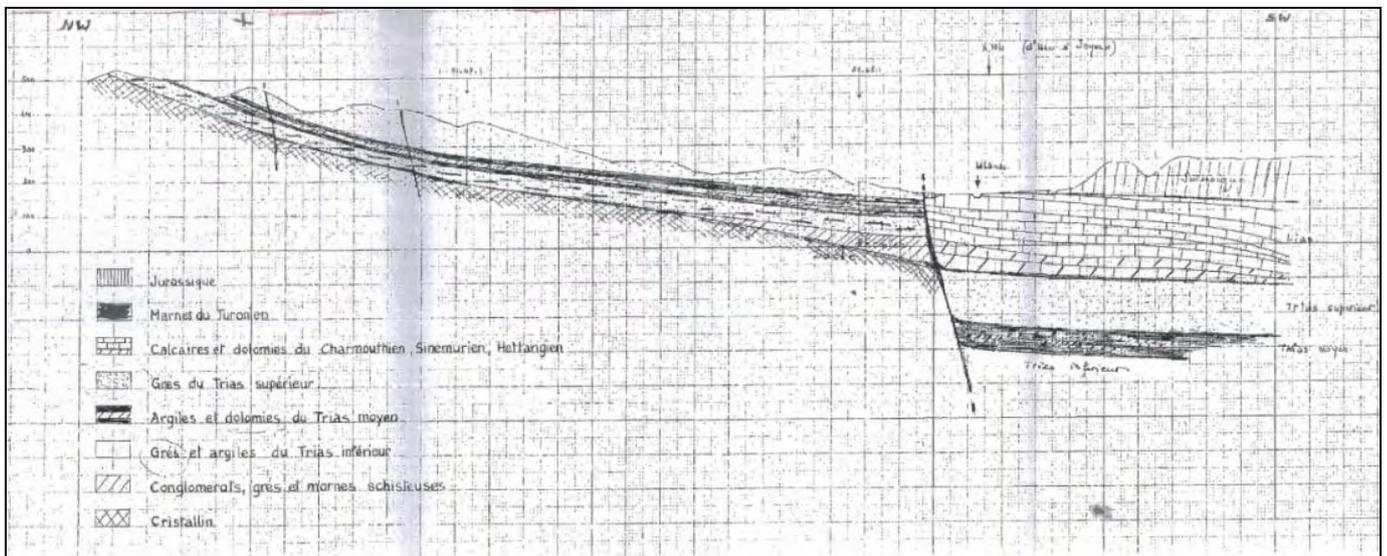


Figure 137 : coupe géologique de l'unité Rosières (de Sanilhac à Chapias) – coupe D-B'

(Source : BURGEAP, 1970, Etude hydrogéologique de la région de Largentière)

D'après la coupe ci-avant, on remarque que les formations triasiques forment une structure monoclinale de pendage 10° vers le Sud-Est.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

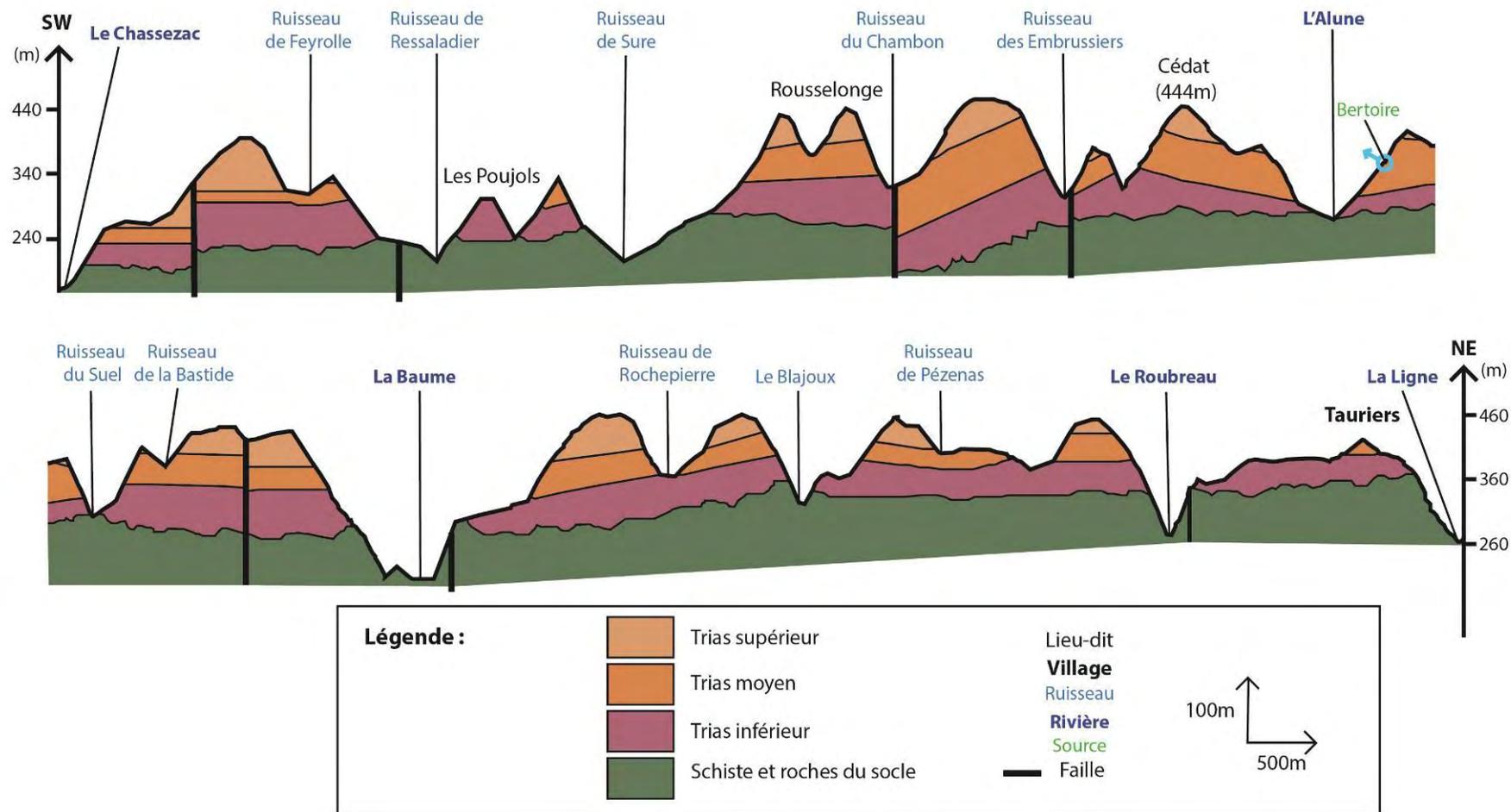


Figure 138 : coupe géologique D-C' (BE RABIN, 2015)

Cette coupe orientée NE – SW permet d'illustrer les changements d'épaisseur du Trias, mais surtout de se rendre compte de nombreux changements de pendage qui affectent les dépôts triasiques. Ces derniers sont responsables du fractionnement ou non de l'aquifère triasique et expliquent aisément les différences géographiques de potentialités.

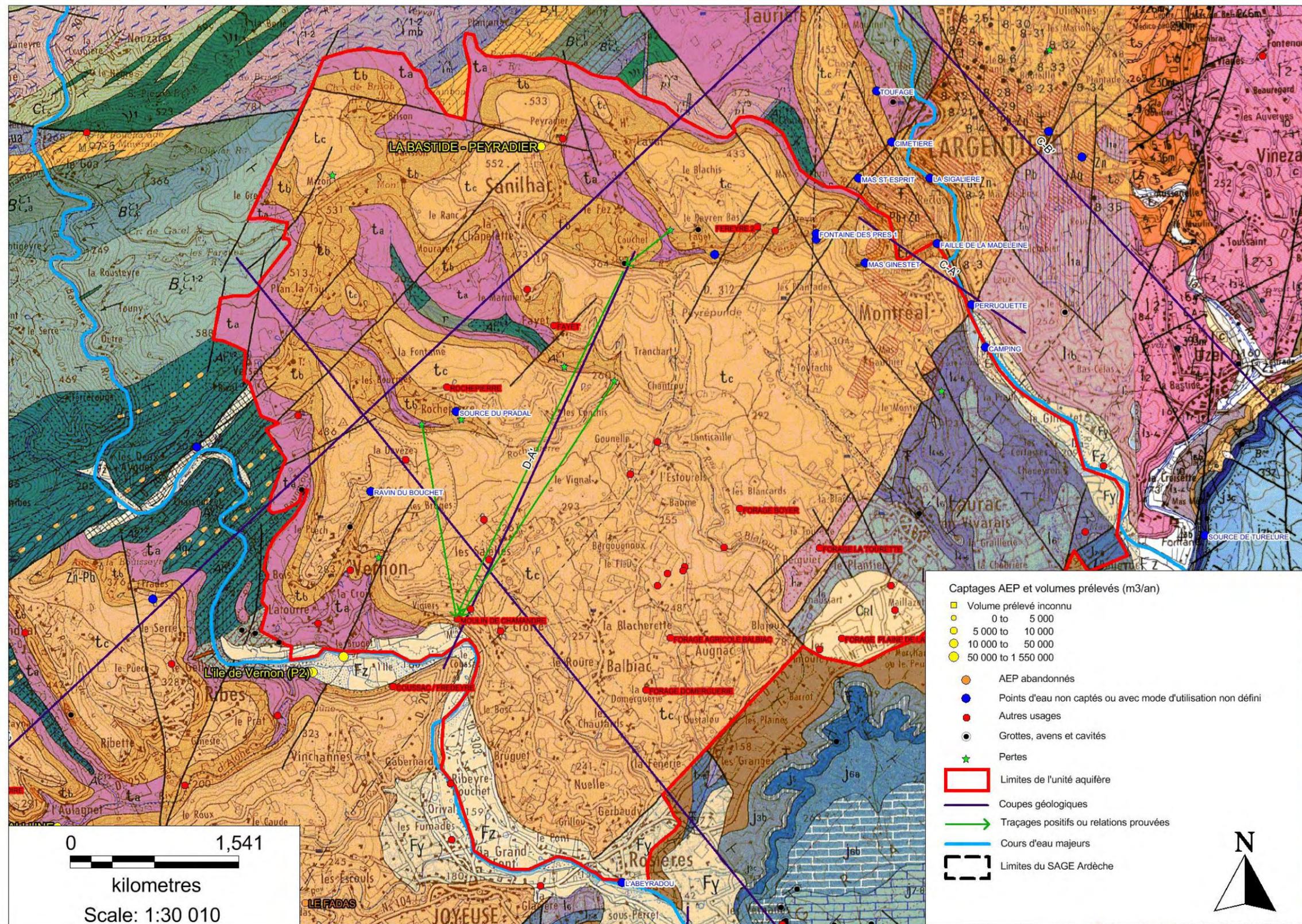


Figure 139 : limites de l'unité Rosières sur fond géologique

Enfin, au Sud-Est, on note la présence du Jurassique inférieur (Lias) représenté par le Sinémurien et le Pliensbachien au niveau de la commune de Laurac. Le contact entre le Trias et le Jurassique est établi par une faille de direction Sud-Sud-Ouest – Nord-Nord Est (faille de Malet).

4.6.2. Hydrogéologie

4.6.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Hydrogéologiquement, cette zone est marquée par :

- des aquifères isolés au niveau des buttes au Nord de cette unité (**l'érosion a dégagé le fond des vallées laissant ainsi le Trias inférieur et le socle à l'affleurement**) donnant naissance à beaucoup d'émergences
- un grand nombre de cavités situées au sein du Trias moyen qui font partie d'un **vaste réseau pseudo-karstique souterrain dont l'exutoire principal reste la source du Moulin de Chamandre à Vernon. Les sources d'importance émergent à la faveur du Trias moyen** (Labastide, Fereyre, Fayet, Chamandre...). **Les affleurements dolomitiques de ce sous étage favorisent également l'alimentation en eau souterraine** de cet aquifère car il absorbe une quantité d'eau non négligeable grâce aux **pertes des ruisseaux en partie Nord du système** (trou du Dède, perte fossile de Pezenas, perte de Husset, perte de Rochepierre, perte de l'Abéouradou...)
- **une vaste surface du Trias supérieur à l'affleurement permet l'alimentation d'une nappe dans les grès supérieurs**, soutenue par les marnes composant le toit du Trias moyen. Les sources y sont moins nombreuses mais beaucoup de forages exploitent cet aquifère.

On peut donc aussi citer les précipitations sur l'ensemble des affleurements triasiques pour la recharge de l'aquifère. Une partie non négligeable d'eau superficielle permet également la recharge naturelle du système mais surtout pour ce qui est du Trias moyen soumis à une importante pseudo-karstification. Les exutoires connus correspondent majoritairement à des sources d'importance dans le Trias moyen et à une multitude de petites sources au sein du Trias supérieur. Voici les principales sources connues sur cette unité :

- Source du Moulin de Chamandre à Vernon (10.8 m³/h à l'étiage)
- Source de l'Abeyradou à Rosières (21.6 m³/h à l'étiage)
- Source de Fayet à Sanilhac (débit moyen mesuré de 15.4 m³/h)
- Source de Fereyre à Sanilhac (Fereyre 2 : 1.82 m³/h à l'étiage)

Les sources de La Bastide – Peyradier (SEBA) constituent le seul point de captage pour l'AEP publique au sein de cette unité.

La source de Chamandre est l'exutoire principal de ce système. Son débit varie de 3 l/s à l'étiage à 500 l/s en hautes eaux. Son exploration a permis de remonter jusqu'au ruisseau de Rochepierre (+160m).

La grotte de Pezenas dont la zone d'entrée est constituée par de nombreuses pertes du ruisseau de Pézenas, poursuit son parcours au-delà des parties reconnues jusqu'à la source de Chamandre. Il existe une seule arrivée d'eau au sein du réseau de Pézenas qui correspond à la perte du ruisseau du Blajoux (perte du Trou qui Bouffe), située à la confluence entre celui-ci et le ruisseau de Rochepierre, le Trias moyen étant une fois de plus à nu au niveau de cette perte.

Lorsque l'enfoncement des ruisseaux aériens est suffisant pour recouper le Trias moyen, on observe une source karstique reliée à un réseau souterrain plus ou moins important. On peut noter le réseau de l'Abéouradou, la source du Pradal, la Grotte du Fayet et les Fontaines des Près (n°1 et 2) pour les principales.

Il faut également noter qu'il s'agit du secteur triasique le mieux connu des spéléologues et le plus karstifié. Tous les réseaux spéléologiques se développent dans le Trias moyen exclusivement, avec un profil horizontal (qui suit le pendage) sans verticales. L'alimentation des ruisseaux souterrains s'effectuent le plus souvent par des pertes des ruisseaux aériens qui recoupent la bande de Trias moyen (Pezenas, Blajoux, Rochepierre). L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 15Km de linéaire. Voici les réseaux importants connus à ce jour :

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
<i>NOM</i>	<i>Commune</i>	<i>SIPHON</i>	<i>écoulement</i>	<i>fonctionnement</i>	<i>developpement</i>	<i>dénivelé</i>
Près (fontaine n°1 des)	Largentière	non	permanent	source	509	30
Montreal (résurgence de)	Montreal	oui	temporaire	source	66	-5
Près (fontaine n°2 des)	Montreal		permanent		520	-10
Trois petits cochons (perte des)	Montreal	oui	permanent	perte	430	-19
Foret (Fontaine du)	Montreal	non	permanent	source	85	
Bouffe (trou qui)	Rosières		permanent	perte	660	-48
Rochepierre (grotte de)	Rosières		semi-active	perte	1436	-109
Rochepierre (perte de)	Rosières		temporaire	perte	40	-8
Dède (grotte)	Sanilhac		temporaire	perte	1078	
Fayet (grotte n°1 du)	Sanilhac		permanent	source	800	
Fayet (grotte n°1 du)	Sanilhac	oui	permanent	source	80	
Husset (grotte de l')	Sanilhac		temporaire	perte	768	
Pézenas (grotte de)	Sanilhac	oui	permanent		4762	
Pissevieille (perte de)	Sanilhac	non	temporaire	perte	130	-13
Pradal (source du)	Sanilhac	oui	permanent	source	1959	60
Soulavie (grotte de)	Sanilhac		permanent		237	-4,5/+15
Abéouradou (perte de l')	Vernon	non	temporaire	perte	3060	65
Chamandre (résurgence de)	Vernon	3	pérenne	source	>1540	51

Tableau 51 : principaux réseaux de pseudo-karstification (Pascal, 1970)

Les réseaux spéléologiques sont donc constitués par des ruisseaux souterrains pérennes mais qui ne comportent pas d'arrivées provenant des couches supérieures du Trias. Ceci laisse à penser que nous sommes dans les configurations d'un karst sous couverture. Il n'y a pas de conduits noyés reconnus sur ce secteur.

Les explorations spéléologiques n'ont pas permis de mettre en évidence une karstification plus profonde, à l'aval de la source de Chamandre, où le Trias moyen disparaît sous la couverture du Trias supérieur. Si cette karstification existe, elle pourrait alors constituer un réservoir intéressant.

La coupe ci-dessous présente le réseau de Chamandre :

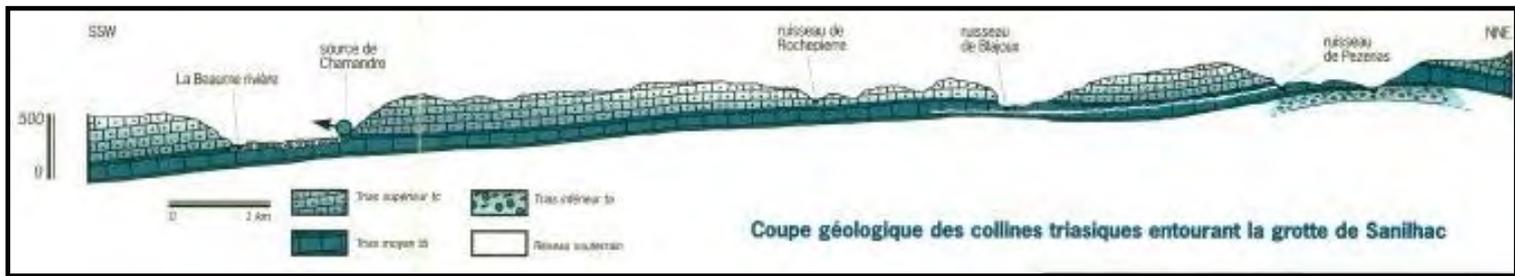


Figure 140 : coupe géologique des collines triasiques entourant la grotte de Sanilhac – coupe D-C'
(Source : SPELEO, très grande topo n°25)

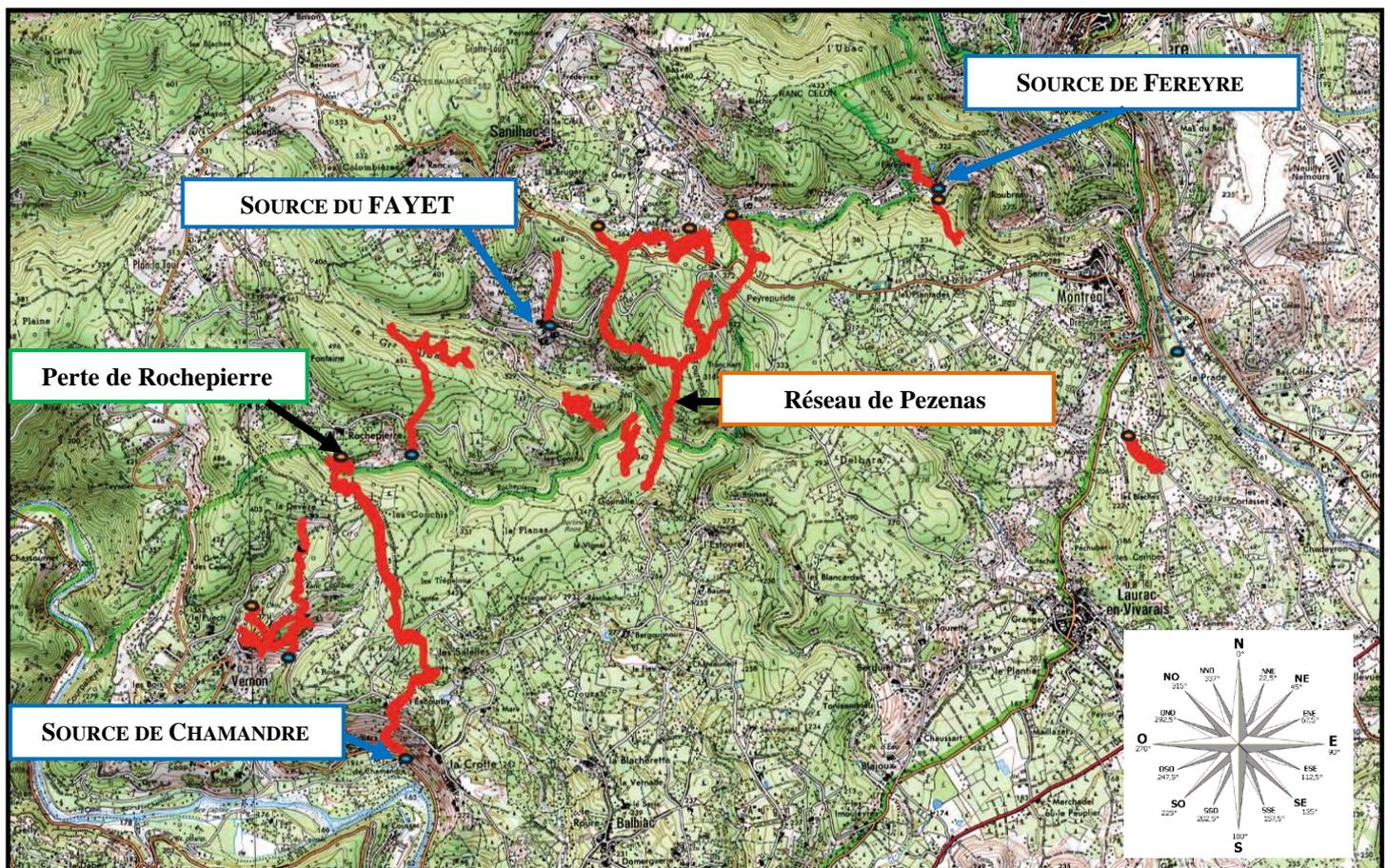


Figure 141 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Rosières (Source : CDS 07)

4.6.2.2. *Piézométrie, gradient, direction d'écoulement*

Il n'existe pas de réseau de suivi piézométrique sur l'unité « Rosières ». On peut toutefois noter l'existence de nombreux forages privés et agricoles au niveau de la plaine de Balbiac, au Nord du village de Rosières (ex : forage de l'ASA Balbiac Sabatier). Il pourrait à l'avenir être envisagé d'effectuer une piézométrie au niveau du plateau de Balbiac.

Nous disposons de quelques mesures piézométriques peu précises effectuées sur le forage de l'ASA de Balbiac lors d'un essai de débit réalisé en mars 1989 [64] :

- Pompage à environ 28 m³/h
- Niveau statique ? = 48,4 m/TN ; Niveau dynamique : 55,6 m/Tn ; rabattement = 7,2 m
- Profondeur de l'ouvrage = 70 mètres (vue la profondeur, le fond du forage est resté au sein des grès du Trias supérieur)

Nous pouvons donner un ordre de différence d'altitude entre l'entrée de la Grotte de Pézenas à Sanilhac et la sortie de la sortie de Chamandre : delta de 167 mètres pour une distance de 3,6 km soit une **pente moyenne de 4,5%**. Cette pente, n'est pas forcément représentative de l'allure réelle du réseau car il existe des puits et siphons dans les réseaux pseudo-karstiques.

On notera que les directions d'écoulement peuvent s'effectuer différemment au sein des étages du Trias :

- Le sens d'écoulement suit le pendage (vers le Sud-Est) pour les formations triasiques supérieures et inférieures lorsque celles-ci ne sont pas affectées de failles.
- Pour le Trias moyen, le sens d'écoulement reste également majoritairement dans le sens du pendage mais les réseaux pseudo-karstiques se sont également développés suivant les directions suivantes (Nord à Sud, Nord-Ouest à Sud-Est mais aussi Nord-Nord-Est à Sud-Sud-Ouest).

4.6.2.3. *Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)*

Nous ne disposons d'aucun paramètre hydrodynamique pour cette unité étant donné qu'il n'existe qu'un seul captage AEP exploité : la source de la Bastide-Peyradier (SEBA) captée gravitairement et située en tête de système.

Il existe un certain nombre de forages privés ou agricoles sur le plateau de Balbiac mais ceux-ci ne font pas l'objet de suivi piézométrique. Il serait pourtant intéressant d'acquérir ces données à l'avenir car il existe une multitude de forages sur ce plateau disposant, selon les informations recueillies, de débits intéressants (en moyenne de 10 à 20 m³/h pour chaque ouvrage).

Il existe peu de traçage sur l'unité Rosières et ceux-ci restent qualitatifs. Le réseau majeur de l'unité est bien évidemment celui dont l'exutoire principal connu est la source de Chamandre. En effet, certaines informations spéléologiques permettent d'établir des liaisons hydrogéologiques :

- La perte du ruisseau de Rochepierre à Sanilhac a été humainement reliée avec le réseau pseudo-karstique de la source du Moulin de Chamandre à Vernon
- Le réseau de la Grotte de Pézenas a été relié au réseau de la source de Chamandre par traçage (données CDS07)

Quelques points viennent se greffer à cet important réseau pseudo-karstique (Trou du Dède, perte du ruisseau du Blajoux).

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Perte du ruisseau de Rochepierre	Source du Moulin de Chamandre	liaison spéléologique (humaine)		
Grotte de Pézenas	Source de Chamandre			
Trou du Dède	Source de Chamandre			
perte du ruisseau du Blajoux	Source de Chamandre			

Tableau 52 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Rosières

4.6.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Dans l'unité aquifère « Rosières », **il existe sans nul doute un potentiel aquifère important que ce soit au sein des grès du Trias Moyen ou du Trias supérieur.**

Pour mémoire, le seul captage existant pour l'AEP publique reste la **source de Labastide-Peyradier**, exploitée par le SEBA (autorisée à un débit de 70 m³/j ou 2,92 m³/h ; le débit moyen mesuré en 2006 est de l'ordre de 3,6 m³/h). Le débit disponible à la source est toutefois largement supérieur suivant les conditions météorologiques (débit mesuré en entrée de réservoir à 5 m³/h en mars 2015 ; selon les relevés de débit effectués par SAUR, le débit maxi des sources (trop-plein compris) pourrait être d'au maximum 10 m³/h en période de haute eaux ; débit mini = 1,48 m³/h en janvier 2008).

Il existe aussi de nombreuses sources au sein de cette unité et qui retiennent notre attention :

- **Source du Moulin de Chamandre à Vernon : débit d'étiage = 48 m³/h mesuré en septembre 2013 à l'étiage (Rabin)**
- Source de l'Abeyradou à Rosières (sous l'église de Rosières) dans le lit de la Beaume : débit d'étiage donné pour 21,6 m³/h. Le débit moyen de cette source est proche de 67 m³/h.
- Source de Fayet à Sanilhac : débit = 15,4 m³/h mesuré en février 2015
- Source de Fereyre à Sanilhac
- Il existe de nombreux forages privés et agricoles sur le plateau des grès du Trias supérieur de Balbiac. **Ces forages disposent pour la plupart d'une profondeur proche de 100 mètres avec des débits compris entre 10 et 20 m³/h** (ex : forage de l'ASA de Balbiac/Sabatier d'une profondeur de 70 mètres avec un débit d'exploitation de 14 m³/h).

On dénombre une multitude de petites sources sur l'ensemble de l'unité Rosières. Elles émergent toutes principalement du Trias supérieur et présentent des débits très limités voir nuls à l'étiage.

4.6.4. Echanges nappe/rivière

L'unité Rosières est bien connue notamment des spéléologues pour disposer d'importants réseaux pseudo-karstiques visitables et se développant au sein des calcaires dolomitiques du Trias moyen. Le réseau important de la source de Chamandre est au moins en partie alimenté par des pertes de ruisseaux (pertes du ruisseau de Rochepierre et du ruisseau du Blajoux ; perte fossile du ruisseau de Pézenas...). A noter que le réseau de Chamandre draine donc une part importante des eaux souterraines et une partie des eaux superficielles vers le bassin de la Beaume.

4.6.5. Qualité des eaux

Au niveau qualité de l'eau, nous disposons d'un suivi qualitatif (ARS07) au niveau de la source de Labastide – Peyradier (tableau de synthèse tiré d'un rapport du bureau d'études Cohérence pour le SEBA [65]). Cette source a été attribuée à l'aquifère du Trias supérieur par ce bureau d'études ; d'après nos reconnaissances de terrain et notamment vus les affleurements de calcaires dolomitiques et de grès au sein des galeries de captage, celle-ci pourrait aussi être rattaché au Trias moyen.

Paramètres	Captage 1 (13/12/12)	Captage 2 (13/12/12)	Captage 3 (13/12/12)	Mélange des captages												Limite de qualité eaux brutes	Limite de qualité eaux distribuées	Référence de qualité eaux distribuées		
				07/11/12	14/05/12	07/12/11	08/06/11	30/11/10	25/05/10	19/10/09	02/04/09	27/10/08	07/04/08	15/10/07	04/06/07				16/04/07	
Micro biologiques	Escherichia Coli (n/100 ml)	0	0	0							1	1	74	1	1	0	20 000	0		
	Entérocoques (n/100 ml)	0	0	0							1	1	6	4	0	0	10 000	0		
	Bactéries coliformes (n/100 ml)	0	0	14							3	1	74	1	1	0			0	
Physico-chimiques	Température (en °C)†	12	12	12	11	15,3	12,4	14	11	16	12,6	11,45	12,8	11,78	13,1	13	13,2	25	25	
	Conductivité à 25 °C (en µS/cm)*	321	300	272	297	221	308	200	265	145	305	300	260	305	323	305	301		≥ 200 et ≤ 1100	
	pH†				7,3	7,9	7,5	7,5	7,7	7,4	6,87	7,21	7,39	7,02	7,6	7,5	7,7		≥ 6,5 et ≤ 9	
	pH mesuré en laboratoire	7,5	7,5	7,45															≥ 6,5 et ≤ 9	
	pH à l'équilibre	7,71	7,77	7,77																
	Équilibre calco- carbonique	légèrement agressive	légèrement agressive	agressive															À l'équilibre ou légèrement incrustante	
	Titre Alcalimétrique Complet (en °F)	17,4	16	16,1	15,7	10,5	16,4	10,8	13,8	7,3	16,15	13,5	12	15,5	16,5		15,4			
	Titre Hydrotimétrique (en °F)	18	16,9	16,9	16,5	11,5	16,9	11,5	14,8	7,6	16,1	13,6	12,4	15,9	16,7		15,8			
	Turbidité (en NFU)	0,1	0,5	0,5	1,6	1,8	0,4	1	0,6	3,4	0,33	1,7	3,3	0,48	0,6		0,1		1	0,5
	Chlorures (en mg/l)	2,8	2,7	2,6	3,2	3,9	2,6	2,2	2,4	2,1	5,9	2,8	2,5	2,6	3		4,1	200		250
Sodium (en mg/l)	1,7	1,7	1,6	1,7	2	1,7	1,8	1,9	1,8	1,6	1,8	1,8	1,6	2		2,4	200		200	
Sulfates (en mg/l)	3,4	4	4,9	5,3	14	3,5	1,3	3,4	2,1	5,3	3,3	4,6	4,1	3,8		4	250		250	

Tableau 53 : bilan de la qualité de l'eau de la source de Peyradier (SEBA)

En conclusion, l'eau du captage de Peyradier en mélange présente une certaine **sensibilité bactériologique et occasionnellement une turbidité importante.**

Voici les mesures réalisées par nos soins sur les sources de Labastide – Peyradier lors de notre visite des captages en mars 2015 :

Date	Site de mesure	Paramètres mesurés in situ			Source
		Conductivité à 25°C (µS/cm)	Température (°C)	pH	
10/03/2015	Source Peyradier n°1	263	11,7	6,88	RABIN
10/03/2015	Source Peyradier n°2	267	11,8	7,08	RABIN
10/03/2015	Source Peyradier n°3	277	12,2	7,03	RABIN

Voici les mesures réalisées par nos soins sur les points d'eau majeurs de cette unité :

- **Source de Chamandre à Vernon** (Trias Moyen). *A noter que visuellement l'eau de la source Chamandre présente un certaine turbidité donnant à l'eau un aspect légèrement laiteux*

Date	Site de mesure	Paramètres mesurés in situ		Source
		Conductivité à 25°C (µS/cm)	Température (°C)	
27/09/2013	Source du Moulin de Chamandre	309	13,9	RABIN
13/02/2015	Source du Moulin de Chamandre	342	11,4	RABIN

Pour comparaison, voici les données recueillies sur la source de Chamandre haut à Vernon le 18/02/2015, émergent au sein du Trias supérieur : Conductivité à 25°C = 274 µS/cm ; Température = 13,1° (Rabin, 2015).

- **Source de l'Abeyradou à Rosières**(Trias Moyen) le 18/02/2015 : Conductivité à 25°C = 386 µS/cm ; Température= 15,3°C
- **Source de Fayet à Sanilhac**(Trias Moyen) le 19/02/2015 : Conductivité à 25°C = 246 µS/cm ; Température= 12,2°C ; pH = 7,92

Voici les informations recueillies dans la bibliographie pour l'aspect qualité de l'eau dans les formations triasiques (Thèse de Pascal, 1970 [7])

		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	TH	TAC	SO ₄ =	ρ en g/cm ³ à 20°C
Marnes sulfatées triasiques	concentration maxi.	9,6	2,95	0,17	0,24	12,55	3,85	8,96	1,050
	concentration mini.	3,35	1,4	0,08	0,13	4,85	2,35	1,96	2,390
Pseudo-Karst du Trias	concentration maxi.	2,7	2,15	0,07	0,15	4,05	4	0,58	2,900
	concentration mini.	1,55	1,35	0,03	0,08	3,5	3,25	0,02	3,360

Tableau 54 : différents types d'eau avec les concentrations extrêmes en méq/l pour les aquifères triasiques (Source PASCAL, 1970)

Ci-dessous, nous citerons BOISSIN [16](notice explicative de la carte hydrogéologique des Cévennes et du Bas-Vivarais, 1975) pour ce qui est du commentaire sur la qualité des eaux triasiques :

Les eaux présentent divers types, selon les faciès locaux ; dans les grès, les eaux sont peu chargées ($\rho = 3000 \mu\text{S/cm}$), du type bicarbonaté calcique, exceptionnellement bicarbonatées magnésiennes lorsque s'intercalent des niveaux dolomitiques.

Au contact des marnes sulfatées, les eaux sont sulfatées calciques ; elles sont très chargées ($\rho = 1050 \mu\text{S/cm}$) et peuvent de ce fait servir de traceurs naturels lorsqu'elles s'infiltrèrent ensuite dans les karsts calcaires (l'ion SO_4^{--} est un bon marqueur, d'après C. Drogue et M. Ricolvi).

Vu le peu de surface d'affleurement du Trias inférieur pour cette unité et l'absence d'émergence significative associée à cet aquifère, nous ne disposons d'aucune analyse comparative. Il est toutefois possible de retrouver des données de qualité pour le Trias inférieur sur d'autres unités aquifères du Trias comme Largentière.

4.6.6. Vulnérabilité intrinsèque/Occupation des sols/Pressions

Pour l'unité Rosières, la vulnérabilité globale est plutôt moyenne à très élevée. Avec les phénomènes de pseudo-karstifications du Trias supérieur et du Trias moyen, la vulnérabilité est très élevée en lien avec les nombreuses pertes associées de ruisseaux. On citera notamment le réseau de Chamandre. **Pour ces aquifères de type karstiques, la vulnérabilité est importante et les risques de pollution sont comparables à une ressource d'origine superficielle de type prise d'eau en rivière.**

Pour ce qui est de l'aquifère du Trias inférieur, peu représenté en termes de points d'eau sur l'unité Rosières, il faut garder en tête que ce dernier reste géo-chimiquement très vulnérable (risque de dissolution du gypse comme c'est le cas sur l'ensemble des unités aquifères triasiques de la bordure sous-cévenole).

A noter tout de même que l'aquifère localisé au sein du massif gréseux du Trias supérieur peut disposer d'une bonne protection naturelle et localement d'une bonne filtration (pouvoir filtrant des formations gréseuses).

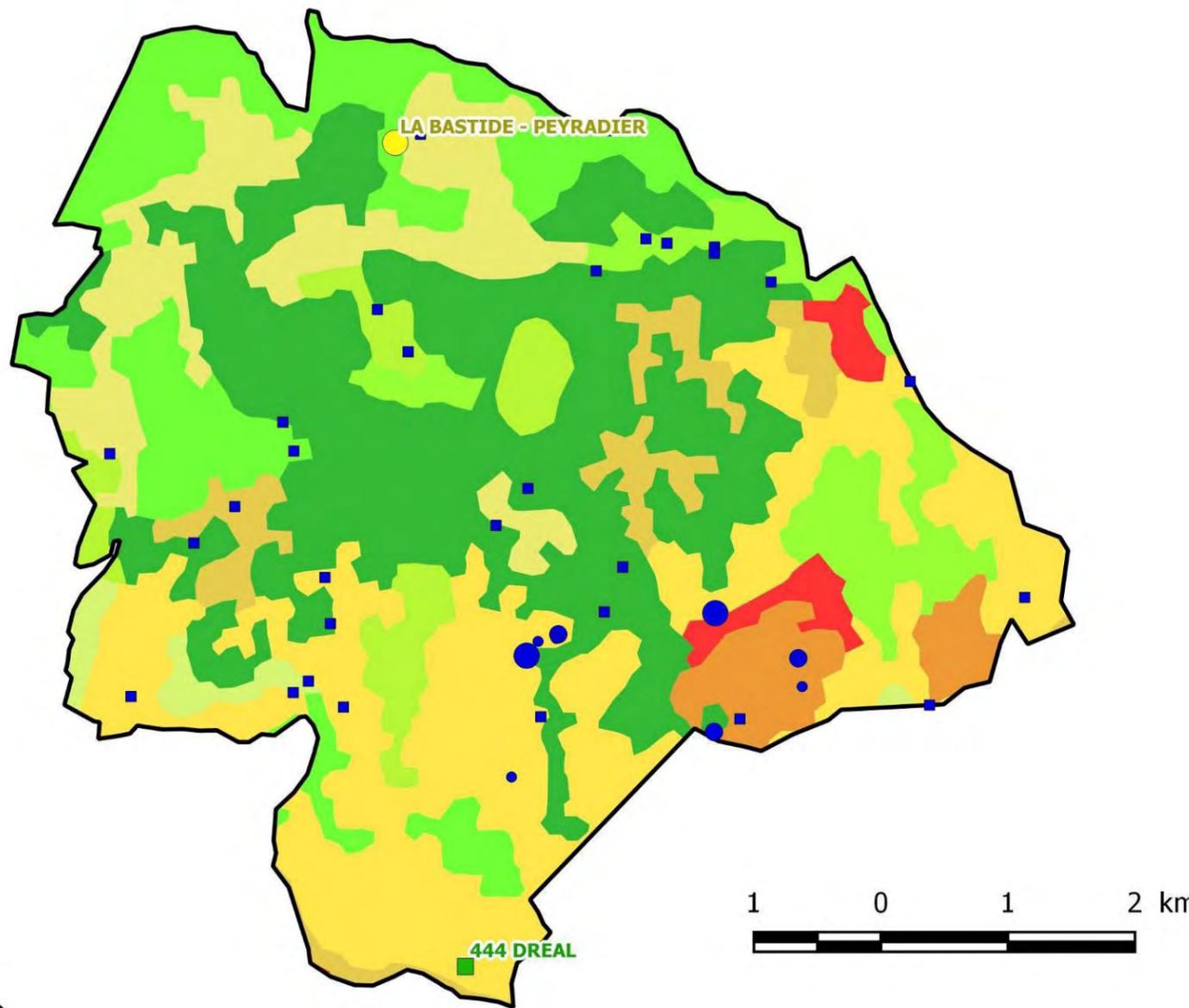
L'occupation des sols est variée sur cette unité (Tableau 55 et Figure 142) et principalement représenté par de la forêt « mélangée » et de la forêt de feuillus. L'habitat est plutôt diffus avec quelques villages (Rosières, Vernon, Sanilhac, Montréal, Laurac-en-Vivarais). Les zones naturelles sont toutefois relativement préservées. Au niveau de l'occupation des sols on retrouve globalement (source CLC 2006) des zones cultivées en partie Sud de l'unité.

Il est certain que le tissu urbain se développera dans les années futures notamment pour la partie Sud de l'unité à proximité de la D104.

Il existe une installation ICPE au sein de notre unité mais il s'agit de la coopérative vinicole de Rosières située en extrémité Sud-Est de l'unité Rosières. Il n'existe aucun site et sol pollué, ni aucune industrie.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,646	1,69%
221 : Vignobles	1,382	3,62%
231 : Prairies	3,720	9,75%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	9,513	24,92%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	1,745	4,57%
311 : Forêts de feuillus	2,309	6,05%
312 : Forêts de conifères	11,506	30,14%
313 : Forêts mélangées	5,172	13,55%
321 : Pelouses et pâturages naturels	0,551	1,44%
322 : Landes et broussailles	0,001	0,00%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,625	4,26%
	38,170	100,00%

Tableau 55 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rosières



- Corine Land Cover**
- Tissu urbain continu
 - Tissu urbain discontinu
 - Zones industrielles et commerciales
 - Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
 - Zones portuaires
 - Aeroports
 - Extraction de matériaux
 - Décharges
 - Chantiers
 - Espaces verts urbains
 - Equipements sportifs et de loisirs
 - Terres arables hors périmètres d'irrigation
 - Périmètres irrigués en permanence
 - Rizières
 - Vignobles
 - Vergers et petits fruits
 - Oliveraies
 - Prairies
 - Systèmes culturaux et parcellaires complexes
 - Surfaces essentiellement agricoles
 - Forêts de feuillus
 - Forêts de conifères
 - Forêts mélangées
 - Pelouses et pâturages naturels
 - Landes et broussailles
 - Végétation sclérophylle
 - Forêt et végétation arbustive en mutation
 - Plages, dunes et sable
 - Roches nues
 - Végétation clairsemée
 - Zones incendiées
 - Glaciers et neiges éternelles
 - Marais intérieurs
 - Tourbières
 - Marais maritimes
 - Marais salants
 - Zones intertidales
 - Plans d'eau
 - Lagunes littorales
 - Estuaires
 - Mers et océans

Légende

- BASIAS
- ICPE DREAL
- ICPE DDSF
- Limites de l'unité aquifère

AEP captés

- Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 1550000 m³/an

Points d'eau non AEP

- Pas de prélèvement ou Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 300000000 m³/an

Figure 142 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Rosières

4.7. L'unité Lablachère

4.7.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité comprend les communes de Joyeuse, Lablachère, Ribes, St-André-Lachamp, Planzolles, Faugères, Payzac, St-Pierre-St-Jean, St-Genest-de-Beauzon, Les Assions, Chambonas, Les Vans, Les Sallèles et Gravières. **Sa superficie est d'environ 82 km².**

Elle est constituée d'une large bande triasique méridionale orientée Nord-Est à Sud-Ouest délimitée :

- Au Nord-Est par la vallée de la Beaume qui a entaillé le massif gréseux
- Au Sud par le contact entre les terrains triasiques et les terrains jurassiques (la vallée du Chassezac a d'ailleurs entaillé le massif gréseux dans la partie Sud de l'unité). ; ce contact est parfois normal comme au Sud-Sud-Ouest de l'unité
- A l'Est, la limite est constituée par le contact par faille (faille de Païolive) entre le Trias supérieur et les terrains jurassiques.
- A l'ouest la limite est constituée par la jonction entre le Trias et les schistes de la série de Joyeuse.

Au niveau géologique, cette unité est entièrement constituée des terrains du Trias.

Sur la bordure Ouest de l'unité Lablachère, on peut trouver à l'affleurement les trois étages du Trias qui forment des buttes peu étendues posées sur les roches cristallines et métamorphiques du socle. Ces buttes forment des entités aquifères indépendantes (ex : butte triasique au Sud de St-André-Lachamp ou au niveau de Ribes).

Dans la partie Sud de l'unité, on retrouve un relief très découpé, contrairement au reste de l'unité qui se présente plutôt comme un relief de type « plateau » où seul le Trias supérieur est à l'affleurement, jusqu'à la faille de Païolive. Le pendage général est le plus souvent de 10 à 15° vers le Sud-Est. A l'Est de cette faille, le Trias se retrouve non érodé sous 100 à 200 mètres de formations carbonatées liasiques.

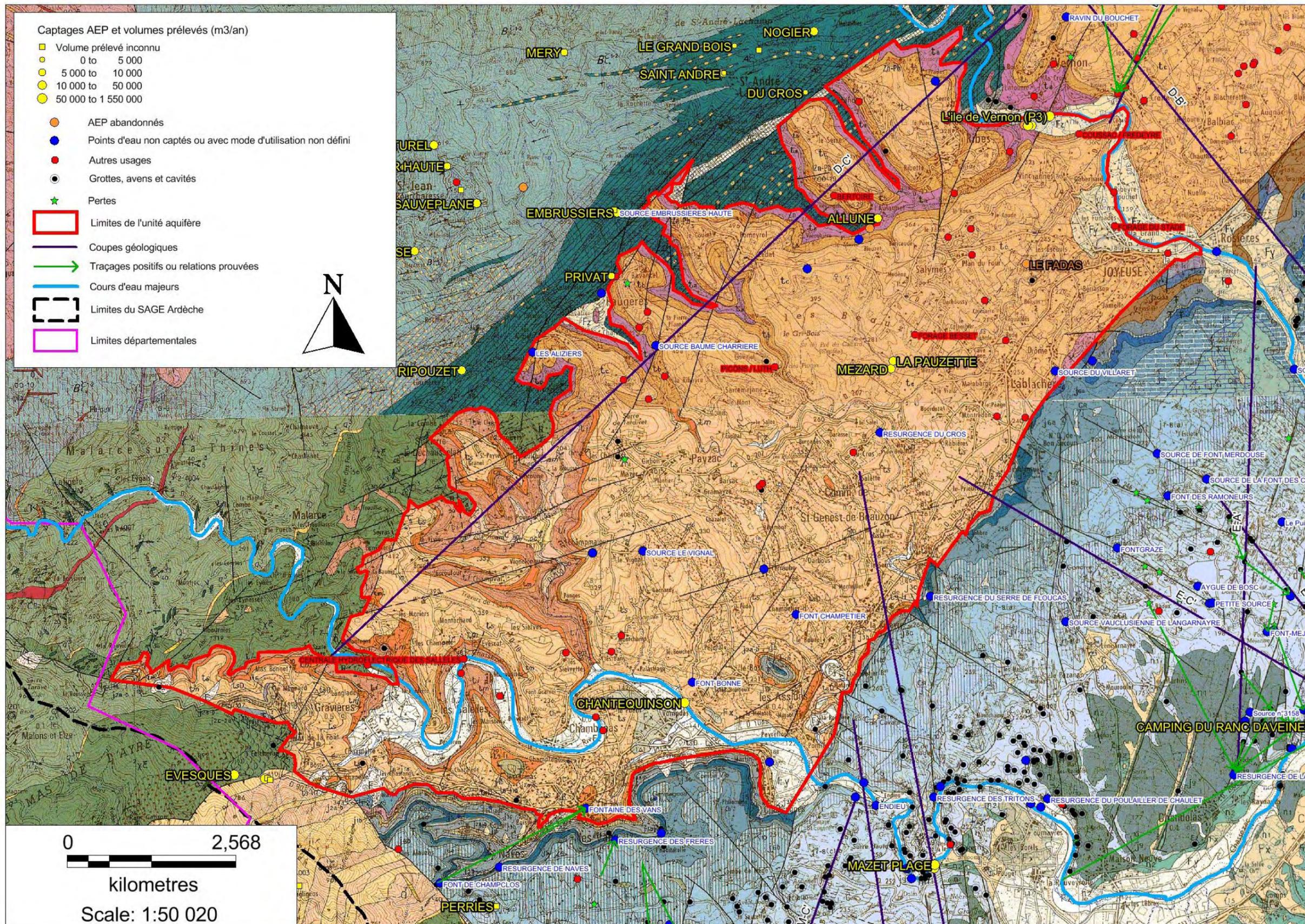


Figure 143 : limite de l'unité Lablachère sur fond géologique

4.7.2. Hydrogéologie

4.7.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Sur l'unité Lablachère, l'aquifère le plus important reste celui du Trias supérieur étant donné qu'il constitue une très grande majorité des terrains affleurants. En partie Nord et Nord-Ouest de l'unité, les ruisseaux ont entaillé le massif gréseux pour mettre à nu les formations triasiques sous-jacentes voire même les schistes de la série de Joyeuse.

L'aire d'alimentation de l'unité est ici représentée par l'ensemble de la surface d'affleurement des grès du Trias supérieur (poreux). Malgré la mise à nu du Trias moyen en partie Nord de l'unité, **on ne dénombre pas de pertes majeures au niveau des ruisseaux**. En effet, les calcaires dolomitiques du Trias moyen sont bien connus pour être le siège d'une pseudo-karstification importante, favorisant, comme c'est le cas pour l'unité Rosières, l'enfoncement souterrain de quelques cours d'eau.

Le découpage du relief laisse toutefois entrevoir quelques émergences d'intérêt (source de Bertoire, source du Fadas, source de Champmajour...). Dans ce système, les plus grosses sources sont liées soit à un réseau de pseudo-karstification du Trias supérieur, soit aux karstifications des dolomies du Trias moyen. L'aquifère du Trias inférieur est peu représenté sur l'unité Lablachère, on retiendra qu'il peut présenter des risques de mauvaise qualité d'eau (cf. Largentière).

Quelques sources présentent des débits intéressants, elles sont l'exutoire de réseaux pseudo-karstiques : source de Freydeyre ou Coussac à Joyeuse, source du Fadas à Joyeuse, source de Bertoire à Saint-André-Lachamp, source du Pigeonnier à Payzac.

Au niveau des reliefs de plateaux, il y a peu de sources mais on peut accéder aux ressources importantes du Trias supérieur par forage, comme par exemple dans le secteur de Salymes à Lablachère où il existe une dizaine de forages agricoles profonds de 100 à 140 mètres ou encore pour les forages de la Puzette et Mézard (exploités et anciennement exploités) destinés à l'AEP de la commune de Lablachère.

Les réseaux spéléologiques importants et/ou les grosses émergences associées aux phénomènes karstiques sont :

- La grotte de Ribes, la plus septentrionale, se développe dans le Trias moyen et présente un écoulement pérenne d'environ 0,5 l/s.
- La Baume Dupré à Faugères est la cavité la plus haute en altitude connue sur le Trias et se développe sur une assise marneuse. Le ruisseau souterrain a un débit de 0,25 l/s en moyenne eau.
- La Baume Charrière a fait l'objet d'une topographie spéléologique en 2013 (développement 140 mètres)
- La Baume du Luth est une source pérenne d'un débit variant de 0,25 l/s à 50 l/s de faible développement.
- La Fontaine de Champetier se développe dans le Trias supérieur sans assise marneuse. Les débits observés varient de 0,25 l/s à 30 l/s.

- La Fontaine du Vignal se développe sur près de 2 Km dans le Trias supérieur. Les débits observés varient de 0,5 l/s à 50 l/s.
- Sarméjeanne se développe sur environ 3560 mètres au sein du trias moyen. Le débit mesuré par nos soins le 03/12/2015 était de 15 l/s.

L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur sont de faible extension. Les explorations spéléologiques n'ont pas permis de mettre en évidence une karstification profonde. Les faibles débits observés et même en hautes eaux indiquent un faible potentiel de ce secteur pour constituer un réservoir karstique. La carte ci-dessous présente quelques réseaux spéléologiques de l'unité Lablachère.

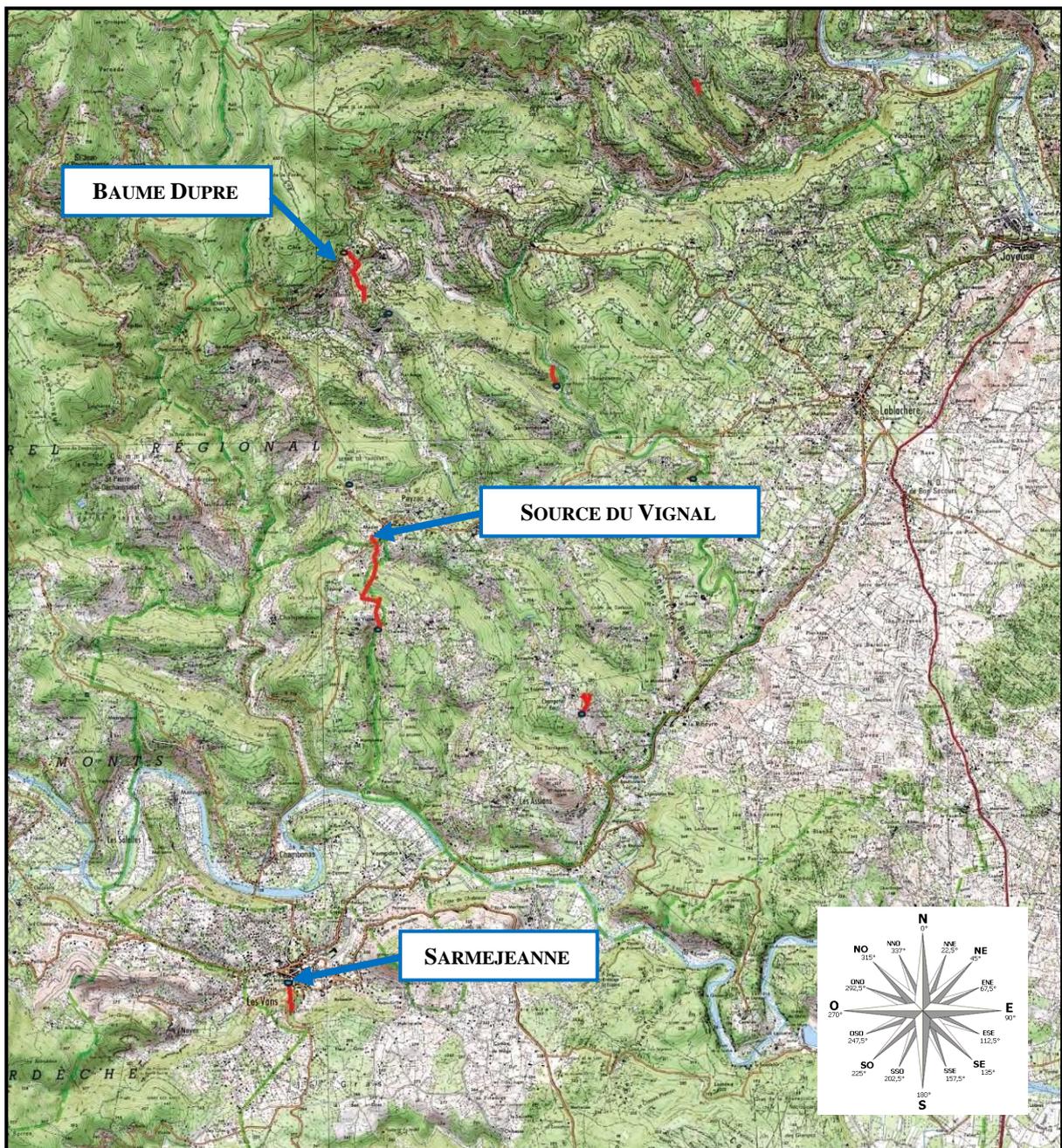


Figure 144 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Lablachère (Source : CDS 07)

Les principaux réseaux de pseudo-karstification sont les suivants :

NOM	Cavité	Commune	Données hydrologiques			Données topographiques	
			SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
Champmajour (grotte de)		Chambonas	non	permanent	source	44	3
Dupré (baume)		Faugères	non	temporaire	perte	848	47
Fadas (source captée du)		Joyeuse	non	permanent	source	131	8
RB1 (grotte)		Joyeuse		temporaire	perte	40	-6
Ribes (fontaine de)		Joyeuse		permanent		280	-5
Champetier (fontaine de)		Les assions	non	permanent		400	5
Font Bonne (grotte)		Les assions		permanent	source	115	
Elzède (grotte de l')		Malbosc		temporaire		14	-2,5
Chaurand (grotte de)		Payzac		permanent	source	30	
Luth (baume du)		Payzac		permanent	source	350	1
Pigeonnier (grotte du)		Payzac		permanent	source	240	2
Quillard (aven du)		Payzac		temporaire	perte	56	-10
Vignal (fontaine du)		Payzac	temporaire	permanent	source	1900	30
Cros (résurgence du)		St Genest de Beazon	non	permanent	source	83	
Sarmejeanne (grotte de)		Les Vans	oui	permanent	résurgence	350	

Tableau 56 : principaux réseaux de pseudo-karstification (Source : CDS07)

4.7.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Il n'existe pas de réseau de suivi piézométrique sur l'unité « Lablachère ». On peut toutefois noter l'existence de nombreux forages privés et agricoles autour du village de Lablachère (ex : forages à Salymes...) tout comme sur la commune de Joyeuse (innombrables forages privés, forage du stade...). Il pourrait à l'avenir être envisagé d'effectuer une piézométrie pour l'ensemble des forages connus ayant recoupé l'aquifère triasique.

Nous disposons de quelques mesures de niveau piézométriques notamment sur les forages de la Puzette et sur le forage Mézard lors de l'essai de débit réalisé en avril 2011 :

- Niveau statique Puzette le 10/09/2009 = -59,21 m/Tn, (forage de reconnaissance)
- Niveau statique Puzette le 07/04/2011 = -52,87 m/Tn (forage d'exploitation)
- Niveau statique Mézard le 11/04/2011 = -28,55 m/Tn

Le forage Mézard et le forage Puzette captent tous les deux l'aquifère du Trias supérieur cependant le forage Mézard capte des arrivées d'eau peu profondes ce qui explique les différences importantes des niveaux statiques entre ces deux ouvrages pourtant très proches (le forage de la Puzette est cimenté jusqu'à -70 m/Tn aveuglant ainsi les arrivées d'eau trop superficielles).

On notera que les directions d'écoulement peuvent s'effectuer différemment au sein des étages du Trias :

- Le sens d'écoulement suit le pendage (vers le Sud-Est) pour les formations triasiques supérieures et inférieures lorsque celles-ci ne sont pas affectées par les failles.
- Pour le Trias moyen, le sens d'écoulement reste également majoritairement dans le sens du pendage mais les réseaux pseudo-karstiques se sont également développés suivant les directions suivantes (Nord à Sud et Nord-Ouest à Sud-Est).

Il faut noter tout de même une exception : la source de Freydeyre (Coussac) à Joyeuse possède un développement Nord-Sud au sein du Trias moyen avec un écoulement vers le Nord drainant ainsi les eaux du plateau de Vinchannes vers la plaine de l'île de Vernon.

4.7.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Voici les paramètres hydrodynamiques calculés lors du pompage d'essai sur le forage de la Puzette (BE Rabin, [66]) :

Le pompage d'essai a débuté par des paliers de débit et la courbe caractéristique du forage d'exploitation de la Puzette montre clairement que le débit critique n'a pas été atteint à 54 m³/h dans les conditions de l'essai. Un pompage d'essai de longue durée a ensuite été effectué en deux phases ; l'allure des courbes en descente et en remontée caractérise une nappe semi-captive à débit retardé ; les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère ont été déterminées par la méthode semi-logarithmique de JACOB :

- du 11 au 12/04/2011 sur environ 12 heures au débit moyen de 53,5 m³/h :
 - Descente forage de la Puzette : $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 - Remontée forage de la Puzette : $3,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- du 12 au 14/04/2011 pour une durée totale de 58 heures et 23 minutes au débit moyen de 47,8 m³/h :
 - Descente forage de la Puzette : $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 7,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 - Remontée forage de la Puzette : $2,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 - Descente forage Mézard : $5,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
 $3,5 \cdot 10^{-5} < \text{coeff. emmagasinement} < 1,9 \cdot 10^{-3}$

Au débit moyen de 47,8 m³/h pendant 58h23, le niveau dynamique dans le forage de la Puzette était de 89,99 m/TN, soit un rabattement de 37,22 m ou un débit spécifique de 1,28 m³/h/m.

Voici quelques données complémentaires fournies par D. CUCHE [67] :

➤ Hydrodynamiques:

A partir de deux types d'essais de pompage : par paliers et de longue durée à 14,50 m³/h., l'interprétation des mesures donnent les résultats suivants:

- Débit spécifique : $Q = 1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.
- Transmissivité : $2,51 \text{ E}^{-04} < T > 3,02 \text{ E}^{-04}$
- Perméabilité : $6,27 \text{ E}^{-06} < K > 7,55 \text{ E}^{-06}$

Nous ne disposons d'aucun rapport de traçage sur l'unité « Lablachère ». Les données spéléologiques du CDS07 indiquent toutefois un essai de coloration positif entre le réseau de Baume Dupré et la source de Chavêche à Faugères sans toutefois apporter plus de précision sur les quantités de traceur mises en œuvre ni même sur le traceur employé.

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Réseau de la Baume Dupré	Source de Chavêche			
Font De Champclos	Sarreméjanne	1 kg (fluorescéine)		
Pertes du Bourdaric	Sarreméjanne	1 kg (fluorescéine)		

Tableau 57 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Lablachère

4.7.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Vu la vaste surface d'affleurement des **grès du Trias supérieur** pour l'unité « Lablachère », **il existe sans nul doute un potentiel quantitatif important au sein de cet aquifère** (ce potentiel se confirme également par l'abondance des forages privés et/ou agricoles sur l'unité et les débits annoncés par les foreurs). De plus, vus les débits des seules sources associées au Trias moyen, on suppose également qu'un **potentiel intéressant existe au sein des calcaires dolomitiques du Muschelkalk**.

Pour mémoire, il existe quelques captages AEP sur le secteur mais **seuls les forages de Mézard (forage plus exploité à ce jour) et Pazette constituent des prélèvements d'eau souterraine**. En effet les autres captages sont soit des sources abandonnées (Dupuy, Fadas) soit des prises d'eau en rivière (Alune, Chantequinson) voir même des puits en nappe alluviale (puits de l'île de Vernon).

Voici les données disponibles sur le potentiel quantitatif des quelques points d'eau importants :

- **Forage de la Pazette** (Trias Sup) : débit critique > 54 m³/h ; **débit exploitable maxi recommandé 50 m³/h** ; débit d'exploitation actuelle (2016) de 30 m³/h.
- **Forage Mézard** (Trias Sup) : débit exploitable défini pour 12 m³/h.
- Il existe de nombreux forages privés et agricoles sur les grès du Trias supérieur que ce soit à proximité du village de Lablachère, de Joyeuse ou plus au Sud du côté des Vans. **Ces forages disposent pour la plupart d'une profondeur proche de 100 mètres avec des débits compris entre 10 et 20 m³/h**. Malgré nos connaissances du terrain et les enquêtes menées dans le cadre de cette étude, il est certain qu'il existe encore un bon nombre de forages (essentiellement privés) qui ne sont pas ici répertoriés.
- **La source de Freydeyre ou Coussac** (Trias moy) : débit d'étiage de 66 m³/h le 22/08/2011.
- **La source de Sarméjanne aux Vans** (Trias moy) : débit mesuré le 03/12/2015 = 54,5 m³/h.
- **La source de Bertoire à Saint-André-Lachamp** (Trias moy) : Débit d'étiage donné pour 5 m³/h.

On dénombre une multitude de petites sources sur l'ensemble de l'unité qui présentent des débits importants en période de crue (Baume du luth, Champetier, Vignal...). Elles émergent toutes principalement du Trias supérieur et présentent des débits très limités voir nuls à l'étiage.

4.7.4. Echanges nappe/rivière

Contrairement à l'unité Rosières, **nous ne disposons que de très peu de réseaux se développant au sein du Trias moyen**. Etant donné que les calcaires dolomitiques du Trias moyen sont sensibles à la formation de réseaux karstiques, ceux-ci favorisent, lorsque qu'ils recourent les écoulements superficiels, les pertes de cours d'eau. On peut toutefois citer le réseau de Sarméjanne aux Vans :

réseau se développant au sein du Trias moyen (350 m) et dont une partie de l'eau pourrait être issue du ruisseau du Bourdaric (ruisseau se perdant totalement à l'aval de Naves).

Etant donné le pouvoir d'infiltration des grès du Trias supérieur (perméabilité d'interstice), il est possible que certains ruisseaux circulants sur l'unité Lablachère puissent disposer de pertes diffuses alimentant la nappe des grès supérieurs (ruisseaux et affluents de l'Auzon, du Salindres, du Sure...).

4.7.5. Qualité des eaux

Au niveau qualité de l'eau, nous disposons d'un suivi qualitatif (ARS07) au niveau du forage de la Pazuzette. **Globalement, la qualité de l'eau est conforme aux normes de potabilité.** Voici ci-dessous la liste des éléments disponibles en notre possession (Source : ARS07, données importées dans la Base de données RM Ardèche).

Paramètre	Moyen	Maxi	Mini	Norme AEP	Unité
Conductivité à 25°C	442,50	610,00	380,00	200 - 1000	µS/cm
pH	7,78	7,90	7,50	6.5 - 9	unité pH
Turbidité néphélobométrique NFU	0,31	0,60	0,11	1	NFU
Dureté	21,78	27,70	18,70	30	°F
Carbone organique total	0,00	0,00	0,00	2	mg/l C
Ammonium (en NH4)	0,00	0,00	0,00	0.1	mg/l
Nitrites (en NO2)	0,00	0,00	0,00	0.5	mg/l
Nitrates (en NO3)	2,10	3,50	0,00	50	mg/l
Aluminium total	3,13	5,00	0,00	200	µg/l
Fer total	71,25	110,00	56,00	200	µg/l
Manganèse total	10,00	25,00	3,00	50	µg/l
Sulfates	106,10	171,00	72,00	250	mg/l
Chlorures	1,88	3,80	0,00	250	mg/l
Bore mg/L	0,01	0,01	0,00	1	mg/l
Potassium	1,82	2,00	1,70	12	mg/l
Sodium	1,95	2,30	0,92	200	mg/l
Hydrocarbures aromatiques pol	0,00	0,00	0,00	0.1	µg/l
Total des pesticides analysés	0,00	0,00	0,00	0.5	µg/l

Tableau 58 : bilan de la qualité de l'eau pour le forage de la Pazuzette (ARS07)

On remarque toute de même des **concentrations importantes en fer total et sulfates** dans l'eau du forage de la Pazuzette.

Même si la concentration est en deçà des normes de potabilité, **la présence de sulfates engendre une certaine corrosivité vis-à-vis des canalisations métalliques.** En effet, depuis la mise en service du forage de la Pazuzette, la commune de Lablachère (exploitant) doit faire face à des problèmes d'eaux rouges sur le réseau de distribution, phénomène lié bien évidemment à la corrosivité de l'eau d'autant plus que les canalisations anciennes de la commune reste un facteur aggravant (réseau datant des années 30).

Pour ce qui est de l'aquifère du Trias, nos connaissances de terrain permettent d'affirmer qu'**il existe un problème récurrent de turbidité et/ou de venues de sables dans les forages exploitant l'aquifère des grès du Trias supérieur.** Ces problèmes sont principalement dus au mauvais équipement des

forages (crépines artisanales, absence de massif filtrant...) ou simplement à un surdimensionnement des pompes (la plupart des forages sont équipés hydrauliquement dès la fin des travaux de foration selon les estimations faites par les foreurs (air-lift ou petit pompage d'une heure...). **C'est le cas du forage Mézard (Lablachère) ou du forage du Stade (Joyeuse)**, ces forages ont été vraisemblablement mal équipés et ces derniers présentent une turbidité très importante. A noter que la commune de Lablachère, lorsqu'elle exploitait encore le forage Mézard, devait mettre en service le forage en continu durant plus d'une semaine (avec rejet au milieu naturel) avant de disposer d'une eau conforme du point de vue de la turbidité.

A noter également que les eaux des sources issues du Trias peuvent présenter également une grande sensibilité à la turbidité (ex source Dupuy, source Bertoire...).

Globalement la qualité des eaux au sein du trias supérieur reste bonne étant donné le pouvoir filtrant des formations gréseuses majoritairement à l'affleurement au sein de l'unité Lablachère (une attention particulière doit être faite à l'égard des sulfates dissous). A noter que pour le Trias moyen, la qualité des eaux reste moyenne à médiocre puisque les eaux issues du Trias moyen proviennent dans la plupart des cas de pertes de ruisseaux (ex : réseau de Sarméjeanne aux Vans, en lien avec les pertes du ruisseau du Bourdaric). Pour le Trias inférieur, non représenté sur l'unité Lablachère, nous ne disposons pas de paramètre qualitatif des eaux souterraines mais nous pouvons aisément corroborer les informations données pour l'unité Largentière : *Le Trias inférieur contient des métaux, majoritairement des sulfures (pyrite, chalcopirite) des sulfates (évaporites et sulfures altérés) et du fer, qui rendent son eau le plus souvent impropre à la consommation et à l'irrigation (Burgéap, 1970; Roure, 1997).*

4.7.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

Pour l'unité Lablachère, la vulnérabilité globale est plutôt faible à moyenne. Nous avons recensé beaucoup de phénomènes de pseudo-karstifications du Trias supérieur et quelques réseaux au sein du Trias moyen. Il n'existe pas ou peu de pertes de ruisseaux hormis la perte totale du ruisseau du Bourdaric aux Vans.

Nous sommes donc ici en présence d'un aquifère important au sein des grès du Trias supérieur. Cet aquifère à porosité d'interstices dispose d'une filtration naturelle ce qui permet d'améliorer la qualité et la protection des eaux souterraines. Pour les quelques sources associées au Trias moyen (Freydeyre, Sarméjeanne...), il faut être très prudent quant à l'origine des eaux (souvent liée à des pertes de ruisseaux comme c'est le cas pour Sarméjeanne) ce qui confère à ces sources une très grande vulnérabilité.

Pour l'aquifère du Trias inférieur, peu représenté en termes de points d'eau sur l'unité Lablachère, il faut garder en tête que ce dernier reste géo-chimiquement très vulnérable (risque de dissolution du gypse comme c'est le cas sur l'ensemble des unités aquifères triasiques de la bordure sous-cévenole).

L'occupation des sols est variée sur cette unité (Tableau 59 et Figure 145). L'habitat est plutôt diffus avec tout de même une ville (Les Vans) et quelques villages (Joyeuse, Ribes, Lablachère, Payzac, St-Genest-de-Beauzon, Faugères, Les Assions, Chambonas, Gravières, Les Sallèles).

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	1,51	1,83%
221 : Vignobles	1,16	1,40%
231 : Prairies	3,59	4,35%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	29,52	35,70%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	4,51	5,46%
311 : Forêts de feuillus	3,87	4,68%
312 : Forêts de conifères	28,63	34,61%
313 : Forêts mélangées	6,08	7,36%
321 : Pelouses et pâturages naturels	1,33	1,60%
322 : Landes et broussailles	0,82	0,99%
323 : Végétation sclérophylle	0,21	0,25%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,47	1,77%
	82,71	100,00%

Tableau 59 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Lablachère

Les zones naturelles sont toutefois relativement préservées tout comme les zones agricoles. Au niveau de l'occupation des sols on retrouve globalement (source CLC 2006) :

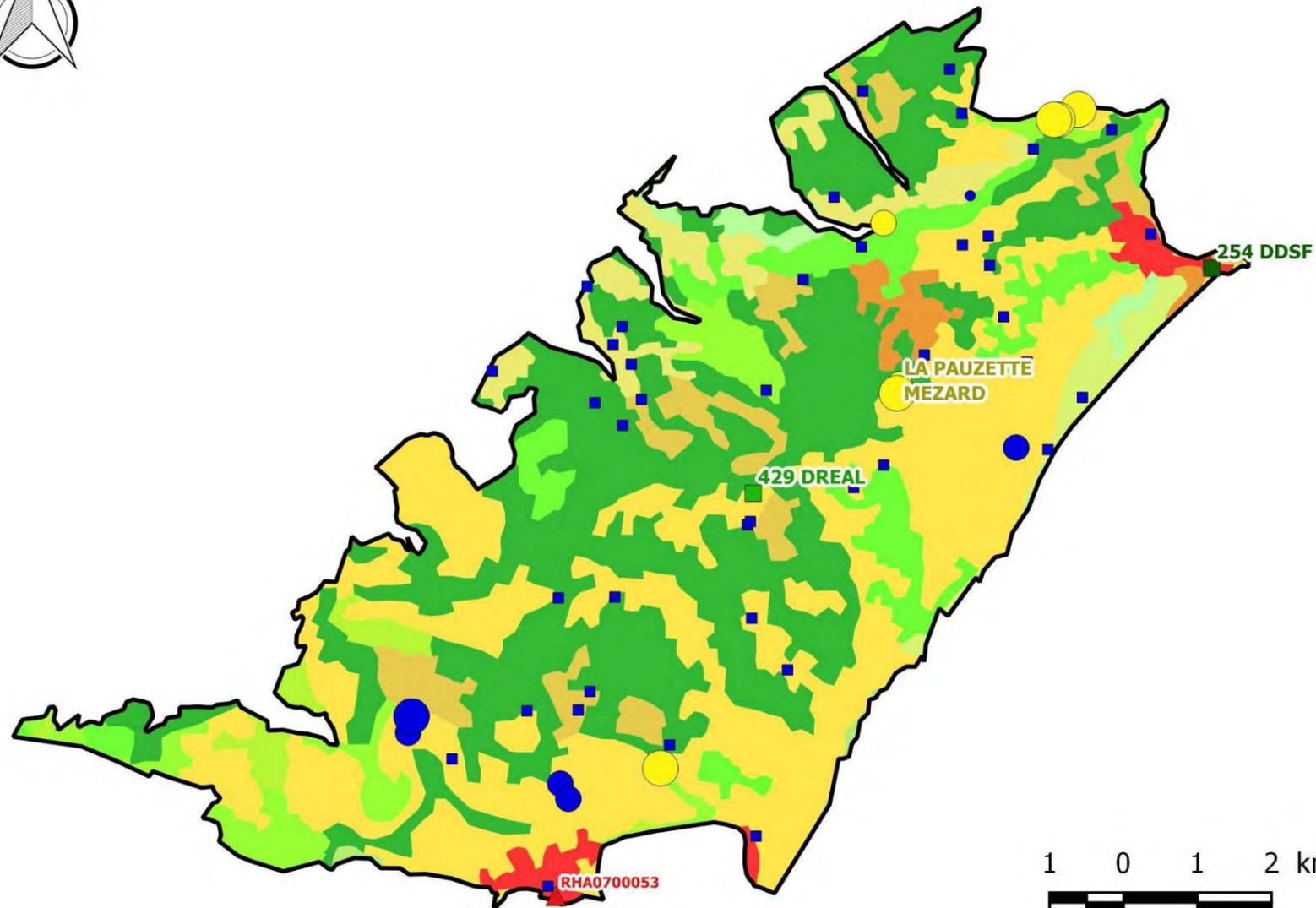
- des zones cultivées au niveau des plaines et des terrasses cultivées (vignobles, vergers et petits fruits).
- de la forêt « mélangée » et de la forêt de feuillus dominant la partie Nord-Ouest de l'unité.

Il est certain que le tissu urbain se développera dans les années futures notamment à proximité des zones déjà urbanisée (Les Vans, Joyeuse..).

Il existe 2 installations ICPE en fonctionnement au sein de cette unité, il s'agit de :

- **l'entreprise « LEYRIS » à Payzac** enregistrée sous « Produits explosifs (stockage de) » ; « Broyage, concassage, ...et autres produits minéraux ou déchets non dangereux inertes » ; « Produits minéraux ou déchets non dangereux inertes (transit) »
- **L'entreprise « LES SALAISONS DE BEAUME DROBIE » à Joyeuse** enregistrée sous « Alimentaires (préparation ou conservation) produits d'origine animale »

Il existe un ancien site industriel référencé dans la base de données BASIAS : l'entreprise « Teinturerie Nouvel Frères » aux Vans dont l'activité est terminée (ref : RHA0700053).



- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles et commerciales
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aeroports
- Extraction de matériaux
- Décharges
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Périmètres irrigués en permanence
- Rizières
- Vignobles
- Vergers et petits fruits
- Oliveraies
- Prairies
- Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Végétation sclérophylle
- Forêt et végétation arbustive en mutation
- Plages, dunes et sable
- Roches nues
- Végétation clairsemée
- Zones incendiées
- Glaciers et neiges éternelles
- Marais intérieurs
- Tourbières
- Marais maritimes
- Marais salants
- Zones intertidales
- Plans d'eau
- Lagunes littorales
- Estuaires
- Mers et océans

Légende

- BASIAS
- ICPE DREAL
- ICPE DDSF
- Limites de l'unité aquifère

AEP captés

- Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 1550000 m³/an

Points d'eau non AEP

- Pas de prélèvement ou Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m³/an
- 5000 - 10000 m³/an
- 10000 - 50000 m³/an
- 50000 - 300000000 m³/an

Figure 145 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Lablachère