

Département de l'Aude

**Communauté de Communes
du Limouxin
(Commune de Bugarach)**

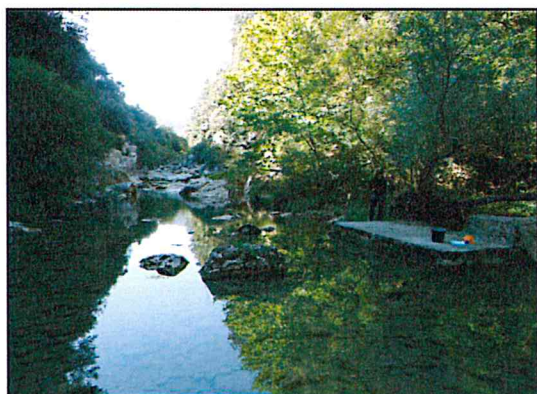
Bureau d'études



29, pl.Pierre Bonnet, 73460 Grésy-sur-Isère
04 79 31 21 03 - contact@coherence-eau.fr
www.coherence-eau.fr

**AUTORISATION ET PROTECTION DES
CAPTAGES D'EAU POTABLE
DOSSIER D'ENQUÊTES PUBLIQUE ET
PARCELLAIRE**

Source de la Ferrière



Sarl au capital de 5000 €
RCS Chambéry : 518 386 511 Code APE : 7112 B



*Pièce 2
Etudes de traçage*

Février 2017



Département de l'Aude

**Communauté de Communes
du Pays de Couiza**

Bureau d'études

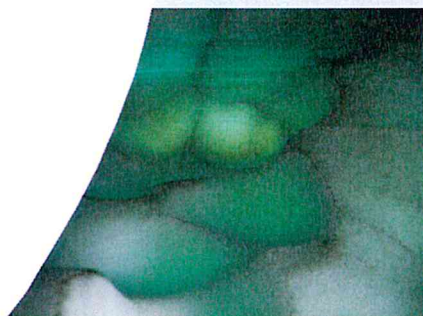


29, pl. Pierre Bonnet, 73460 Grésy-sur-Isère
04 79 31 21 03 contact@coherence-eau.fr
www.coherence-eau.fr

**OPERATION DE TRACAGE DES EAUX
SOUTERRAINES PAR COLORATION
Captage de la Ferrière
Commune de Bugarach**

**Rapport de l'étude menée
du 12 mars
au 11 avril 2013**

Sarl au capital de 5000 €
RCS Chambéry : 518 386 511 Code APE : 7112 B



Avril 2013



Table des matières

I.CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....	3
II.CONDITIONS HYDROLOGIQUES LE JOUR DE L'OPÉRATION.....	4
III.INJECTION DES TRACEURS.....	6
IV.SUIVI DES TRACEURS.....	8
IV.1.SUIVI VISUEL DE L'URANINE	8
IV.2.SUIVI VISUEL DE LA SULFORHODAMINE B	8
IV.3.SUIVI AU CAPTAGE À L'AIDE D'UN FLUORIMÈTRE.....	9
V.RÉSULTATS DU TRAÇAGE.....	12
VI.INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	13
VII.CONCLUSION.....	14

I. Contexte de l'étude

Dans le cadre de la régularisation administrative réglementaire du captage de la Ferrière alimentant en eau potable les communes de Bugarach (en partie) et Rennes-les-Bains (en totalité), un dossier préparatoire a été réalisé par le bureau d'études COHERENCE en date du 30 juin 2012.

Ce dossier décrivait le contexte hydrogéologique d'alimentation de la source de la Ferrière et mettait en avant des interrogations relatives à l'extension du bassin versant calcaire vers l'est d'une part, et à de possibles communications hydrologiques entre la rivière la Blanque et la source de la Ferrière d'autre part. Ce dossier proposait ainsi de lever ces interrogations en procédant à des opérations de traçage des eaux souterraines.

Le bureau d'études Cohérence a donc répondu à la consultation lancée en août 2012 par la collectivité pour la réalisation de deux double traçages.

1/ Un premier double-traçage en conditions de hautes eaux de la Blanque, avec d'une part une injection de traceur dans cette rivière en amont du village de Vialasse afin de mettre en évidence une éventuelle relation des eaux superficielles avec le captage dans ces conditions hydrologiques particulières où les eaux de la rivière viennent submerger tout ou partie du site du captage (mise en évidence dans ce cas d'éventuelles défauts d'étanchéité du génie civil de l'ouvrage placé en bordure immédiate du lit de la rivière), et d'autre part une seconde injection sur la montagne située à l'est, au lieu-dit la Calvière, en un point à définir en fonction des possibilités d'infiltration offertes sur le terrain. Ceci afin de circonscrire au mieux l'ampleur du futur périmètre de protection rapprochée.

2/ Un second double-traçage en conditions de basses eaux de la Blanque, avec là aussi d'une part une injection de traceur dans cette rivière en amont du village de Vialasse afin de mettre en évidence une éventuelle relation avec le captage (pertes possibles d'eaux de surface dans le lit mineur de la rivière), et d'autre part une seconde injection de nouveau sur la montagne à l'est vers le lieu-dit Calvière, mais si possible en un point différent du précédent traçage, afin d'apporter de nouveaux éléments sur l'étendue du bassin versant de la source de la Ferrière.

C'est donc dans ce cadre que la présente opération de traçage par coloration des eaux a été réalisée. Cette étude complémentaire fait partie intégrante de la procédure de protection du captage.

L'opération en hautes eaux de la rivière La blanque s'est déroulée du 12 mars au 11 avril 2013. La mise en oeuvre du matériel de suivi au captage et la reconnaissance du point d'injection sur la montagne au lieu-dit la Calvière (en compagnie de Monsieur Georges TRICOIRE, habitant de Bugarach) ont été effectuées le mardi 12 mars 2013. Les injections de colorants ont eu lieu quand à elles le mercredi 13 mars en présence de madame Céline MEINIER et messieurs et messieurs Luc DA RÉ et Denis OUSTRY du Conseil Général de l'Aude.

II. Conditions hydrologiques le jour de l'opération

De grosses précipitations ont marqué le début du mois de mars 2013 dans l'Aude. La semaine précédant l'opération, la rivière Agly présentait semble-t-il un débit équivalent à celui observé lors des inondations de 1999. Après prise de contact avec la mairie de Bugarach, nous décidons de projeter la double opération de coloration pour le mercredi 13 mars 2013.

Ce jour-là, nous constatons sur place que :

1/ La rivière la Blanque est effectivement en hautes eaux mais la crue très importante de la semaine précédente est passée. Elle a d'ailleurs complètement submergé l'ouvrage, y compris son capot non étanche, et les eaux de la rivière ont manifestement investi l'intérieur de la chambre de captage. Les conditions de hautes eaux que nous recherchions sont en fait optimales en ce 13 mars, car le débit du cours d'eau est toujours suffisant pour que l'ouvrage soit en partie submergé, mais pas trop tout de même car il nous faut accéder à l'ouvrage pour placer notre appareillage à l'intérieur.



Passage de la rivière la Blanque à hauteur du captage de la Ferrière le 13 mars 2013

Nous réalisons un jaugeage chimique (au sel NaCl) de la rivière La Blanque le mercredi 13 mars à 11h50 pour nous donner une indication du débit de la rivière le jour de l'expérience, et ce à hauteur du captage de la Ferrière.

Ce jaugeage donne un débit de la rivière de 1 280 l/s.

2/ Le point d'injection repéré la veille, le mardi 12 mars sur la montagne de Calvière, sur les indications précieuses d'un habitant de Bugarach qui a bien voulu nous accompagner sur place, est une source semble-t-il pérenne, de faible débit, alimentant un vaste trou d'eau de 8 à 10m de diamètre et d'au moins 1m de profondeur. Ce trou d'eau sert de point d'abreuvement pour les bêtes sauvages et a dû servir par le passé de point d'abreuvement pour le bétail, avant que le site ne soit recolonisé par les bois.



L'écoulement qui en émerge circule en surface sur quelques dizaines de mètres selon une faible pente en sous-bois et se ré-infiltre dans le terrain. Le débit estimé ce jour de cet écoulement est voisin de 0,5 à 1 l/s.

3/ Le débit de la source de la Ferrière est difficile à apprécier. Il est la somme de ce qui passe par l'adduction menant les eaux vers Rennes-les-Bains, plus ce qui est pompé par Bugarach pour son réseau dit des Gascous, plus le trop-plein de l'ouvrage captant. La mairie de Bugarach a pris soin d'arrêter manuellement les pompes menant vers Gascous, au cas où le colorant rentrerait dans le réseau.

Il n'y a donc pas de débit ce jour partant vers ce réseau-là.

La lecture du compteur sur l'adduction de Rennes-les-Bains, donne un débit dérivé moyen entre le 12 et le 13 mars de 1,32 l/s. La mesure au seau du trop-plein du captage donne un débit de 8,75 l/s.

Le débit total de la source de la Ferrière peut donc être estimé en ce 13 mars à 10,07 l/s que l'on arrondira à 10 l/s.



Trop-plein du captage de la Ferrière

On note aussi que le niveau de l'eau dans la chambre de captage est plus bas de 8,5cm par rapport au niveau de l'eau dans la rivière le 12 mars à 16h00 et de 6cm le 13 mars à 12h00 (décrue en cours) : le niveau d'eau a baissé de 3cm dans la rivière en 20 heures alors que sur cette même durée, le niveau d'eau n'a baissé que de 0,5cm dans le captage.

Les quelques caractéristiques physico-chimiques relevées donnent :

Lieu	Température	Conductivité (à 25°C)
Source - point d'injection Calvière	5,9°C	105 µS/cm
Rivière La Blanque au point d'injection du colorant (pont romain)	7,8°C	427 µS/cm
Rivière La Blanque au niveau du captage de la Ferrière	8,0°C	448 µS/cm
Captage de la Ferrière	14,7°C	519 µS/cm

III. Injection des traceurs

Cf : carte de situation en annexe 1.

Le **mercredi 13 mars 2013**, de 8h50 à 9h05, nous procédons à l'injection de **2 kg de Fluorescéine (Uranine)**, en poudre, dans les eaux du ruisseau au lieu-dit la Calvière, en aval immédiat du trou d'eau qui correspond à son point d'émergence, à savoir au point de coordonnées Lambert 2 étendu :

X = 599,920 km

Y = 1765,440 km

et d'altitude 620m, soit 265m de dénivelé plus haut que le captage de la Ferrière, et 1800m à l'est/sud-est en ligne droite.

Malgré le faible débit du ruisseau et la pente très peu prononcée à ce niveau, la dilution du colorant s'opère très bien. Les eaux se ré-infiltrent progressivement et en totalité tout au long des quelques dizaines de mètres (environ 50m) en aval du point d'injection.



Mercredi 13 mars 2013 à 11h50 : injection de 2 kg de Fluorescéine à la Calvière

Afin d'obtenir les meilleurs résultats, nous utilisons comme traceur l'uranine sodique (fluorescéine), colorant fluorescent couramment employé en milieu poreux et/ou fissuré. Ce traceur, d'un faible coût, présente des caractéristiques intéressantes : fort taux de restitution, faible adsorption, inoffensif pour l'environnement.

Le **mercredi 13 mars 2013**, de 10h10 à 10h15, nous procédons à l'injection de **2 kg de Sulforhodamine B**, en poudre, dans les eaux de la Blanque à hauteur du pont romain, à savoir au point de coordonnées Lambert 2 étendu :
X = 599,380 km
Y = 1764,470 km
et d'altitude 400m, soit 45m de dénivelé plus haut que le captage de la Ferrière, et 1800m au sud-est en ligne droite.

Le débit de la Blanque au point d'injection n'a pas été mesuré mais il peut être estimé à 1000 l/s environ. La dilution s'est réalisée sans problème, le fort débit et la pente accusée du torrent à ce niveau favorisant le mélange.



hauteur du Pont Romain

Nous utilisons comme traceur la Sulforhodamine B, colorant fluorescent également couramment employé en milieu poreux et/ou fissuré. Malgré des caractéristiques un peu moins intéressantes que la Fluorescéine, ce traceur a l'avantage de présenter un spectre d'émission très distinct de l'Uranine, ce qui permet une injection simultanée sans risque de confusion des deux traceurs au niveau du suivi par le fluorimètre.

IV. Suivi des traceurs

IV.1. Suivi visuel de l'Uranine

La ré-infiltration quasi immédiate dans le milieu souterrain des eaux du ruisseau où a été exécutée l'injection du colorant fait qu'un suivi visuel du colorant n'est dans ce cas pas possible.

IV.2. Suivi visuel de la Sulforhodamine B

A partir du moment de l'injection dans la Blanque, le colorant est suivi visuellement dans le lit de la rivière jusqu'à hauteur du captage.

A 11h40, 90 minutes après l'injection, le début du nuage visuel arrive à hauteur du pont de Vialasse.



A 12h00, 110 minutes après l'injection, le pic du nuage visuel arrive à hauteur de ce même pont.



A 12h15, 125 minutes après l'injection, le début du nuage visuel arrive à hauteur du captage de la Ferrière.

A 12h45, 155 minutes après l'injection, le pic du nuage visuel arrive à hauteur du captage de la Ferrière.

A 14h00, 230 minutes après l'injection, la fin du nuage visuel quitte le niveau du captage.



Ce suivi visuel permet de calculer la vitesse de transfert du colorant dans la Blanque entre le point d'injection et le captage de la Ferrière, sachant que la distance parcourue entre ces deux points est de 2700m dont 1900m entre le pont romain et le pont de Vialasse et 800m entre ce pont et le captage de la Ferrière.

La vitesse de progression du **début du nuage** (vitesse maximale du colorant dans la rivière) s'établit ainsi à 0,35 m/s entre le pont romain et pont de Vialasse, et à 0,38 m/s entre ce pont et le captage. La vitesse sur le trajet complet de 2700m est de **0,36 m/s**.

La vitesse de progression du **pic du nuage** (vitesse modale du colorant dans la rivière) s'établit quant à elle à 0,29 m/s entre le pont romain et pont de Vialasse, et à 0,30 m/s entre ce pont et le captage. La vitesse sur le trajet complet de 2700m est de **0,29 m/s**.

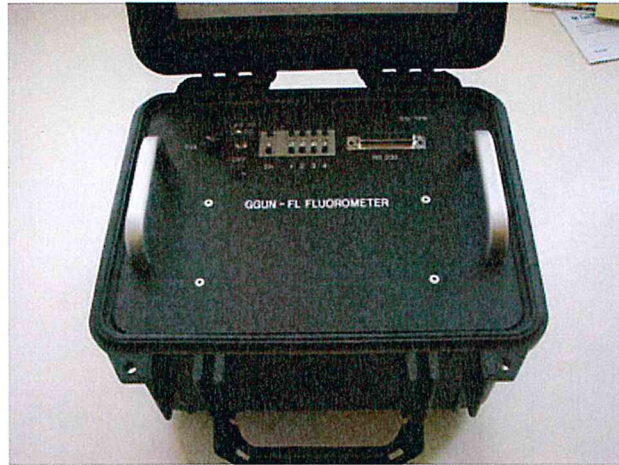
IV.3. Suivi au captage à l'aide d'un fluorimètre

Les deux traceurs fluorescents injectés sont par ailleurs suivis en continu jusqu'à la fin de l'expérience, sur un point de suivi unique à savoir le captage de la Ferrière, et ce à l'aide d'une sonde fluorimétrique automatique (de type G GUN FL 24 développée par la société Albillia) installée dans le local même de la chambre de captage, le mardi 12 mars.

Cette méthode est d'une grande fiabilité puisqu'il n'y a plus de prélèvement d'eau, donc plus de risque de contamination des échantillons les uns avec les autres. De plus, l'analyse se faisant en continu, les résultats sont accessibles en temps réel. Enfin, le matériel employé présente un seuil de détection très bas équivalent au spectrofluorimètre de laboratoire, le rendant particulièrement adapté à ce type d'étude.

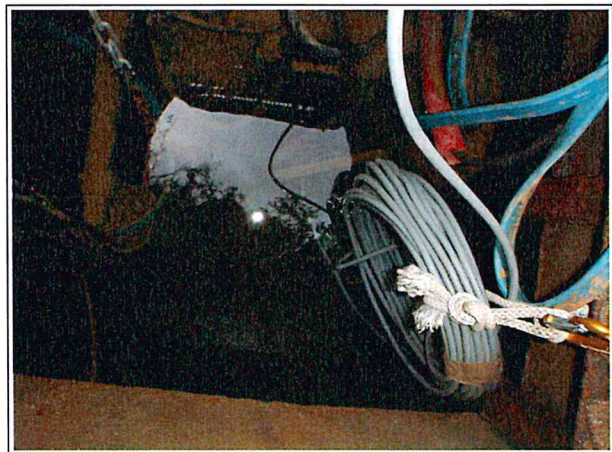
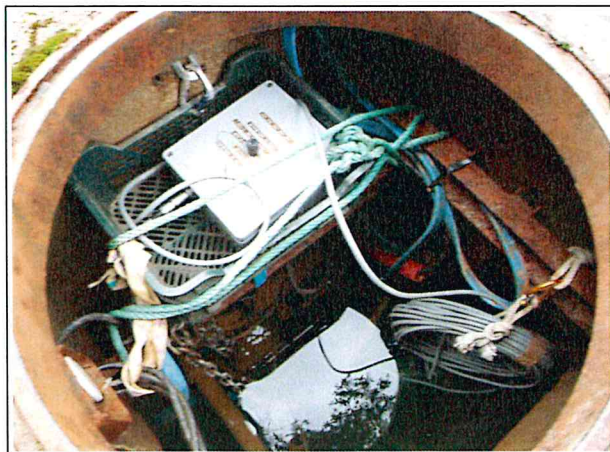


**Sonde fluorimétrique GGUN
FL24 pour forage (Albillia)**



Enregistreur automatique (Albillia)

Pour permettre des mesures directement sur l'exhaure, la sonde et son boîtier d'acquisition sont installés dans la chambre de captage elle-même. Le boîtier étanche est ainsi déposé dans un panier plastique fixé aux parois intérieures de l'ouvrage. Le fluorimètre, une fois installé, est mis en marche à 17h07 le mardi 12 mars, soit près de 16 heures avant l'injection de l'Uranine à la Calvière. Le pas de temps choisi pour le suivi est de une mesure toutes les 15 minutes.



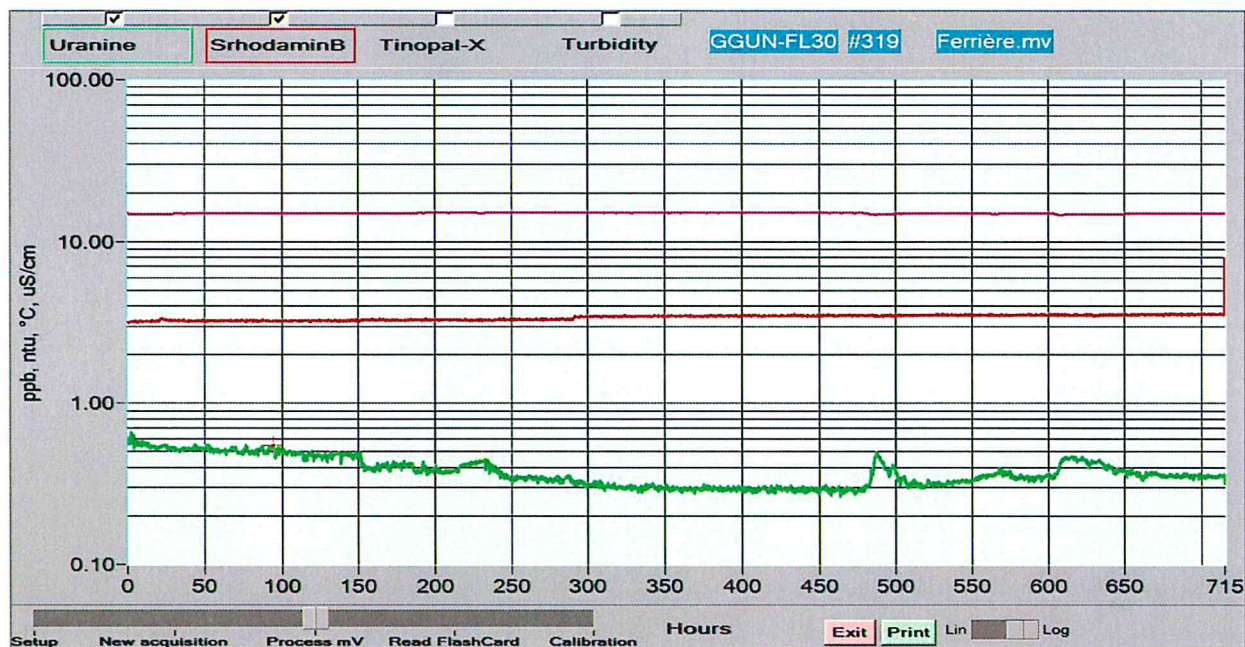
L'appareil est resté en place jusqu'au jeudi 11 avril 2013, à 12h38, soit **30 jours de suivi** ou plus exactement 29 jours, 19 heures et 31 minutes. Soit un total de 716 heures.

Il n'a pas subi d'envolement pendant la durée du suivi, malgré des conditions météorologiques globalement défavorables.

Le 11 avril, jour de retrait de l'appareillage, la rivière la Blanque présente un débit estimé (non jaugé) à environ 500 l/s. Le niveau de l'eau dans la chambre de captage est plus bas de 1cm par rapport au niveau de l'eau dans la rivière.

V. Résultats du traçage

Après démontage de l'installation métrologique le 11 avril à 12h38, nous avons pu exploiter la carte mémoire extraite du boîtier d'acquisition des données. Le logiciel FLUO, associé au fonctionnement du Fluorimètre, nous a permis de produire la courbe de restitution, affichant les concentrations respectives en Uranine et en Sulforhodamine B (en ppb), en fonction du temps écoulé (en heures). En voici le rendu :



En ordonnée :

Concentration en Uranine (en ppb) ———

Concentration en Sulforhodamine B (en ppb) ———

Température (en °C) ———

En abscisse :

Temps (en heures)

Nous observons que ni l'Uranine, ni la Sulfo-Rhodamine B ne sont ré-apparues à la source de la Ferrière sur toute la période de suivi.

Les valeurs observées correspondent respectivement aux « bruits de fond » liés à la fluorescence naturelle des eaux. Ces bruits de fond n'ont pas évolué de manière franche et significative pouvant témoigner d'une quelconque restitution de l'un ou l'autre des deux traceurs.

VI. Interprétation des résultats.

Des résultats présentés ci-avant, il ressort que, dans les conditions de l'expérience :

- 1/ il n'y a pas de transfert des eaux de la rivière La Blaque vers le captage de la Ferrière.
- 2/ il n'y a pas de transfert des eaux depuis le point d'injection choisi sur la montagne de Calvière vers le captage de la Ferrière.

VII. Conclusion

L'opération de double-traçage des eaux, réalisée avec des injections de traceurs chimiques fluorescents menées respectivement dans la rivière la Blanque au niveau du Pont Romain d'une part, et sur la montagne de Calvière au point d'injection choisi à 620m d'altitude d'autre part, en conditions de hautes eaux, avec suivi des eaux au captage de la Ferrière, opération réalisée entre le 13 mars et le 11 avril 2013, a démontré :

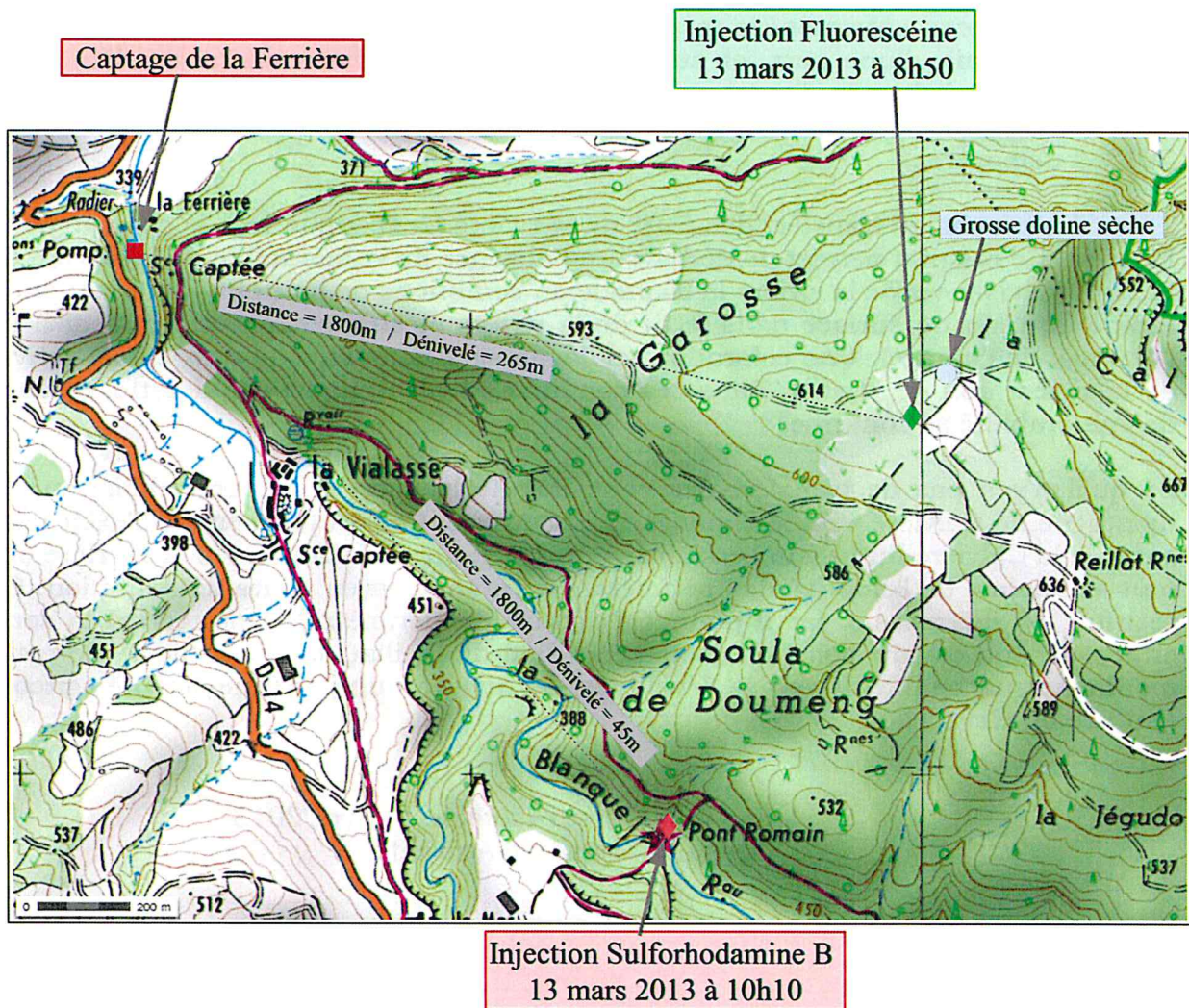
1/ qu'il n'y a pas de transfert des eaux de la rivière La Blanque vers le captage de la Ferrière. Ce résultat permet de déduire une absence de vulnérabilité de la source de la Ferrière vis-à-vis de la rivière la Blanque en conditions de hautes eaux (circulation rapide de l'eau de surface dans le lit de la rivière et submersion du génie civil de l'ouvrage de captage). Une coloration analogue sera donc effectuée en étiage estival de la rivière afin de vérifier, dans ces conditions hydrologiques-là, si cette absence de vulnérabilité se confirme.

2/ qu'il n'y a pas de transfert des eaux depuis le point d'injection choisi sur la montagne de Calvière vers le captage de la Ferrière. Ce résultat permet d'exclure la zone de la Calvière du bassin versant hydrogéologique de la source de la Ferrière ou, tout au moins, de l'emprise des périmètres de protection en cours de définition. Ce résultat est intéressant car il permet d'exclure du périmètre de protection la zone située au sud-est du point d'injection, au lieu-dit Reillat, la seule partie de cette montagne susceptible de voir se développer de nouveau un jour une activité agricole (culture ou élevage).

Fait à Grésy-sur-Isère, le 16 avril 2013
Denys Bourgeois, co-gérant



Annexe 1 : plan de situation



Département de l'Aude

**Communauté de Communes
du Pays de Couiza**

Bureau d'études

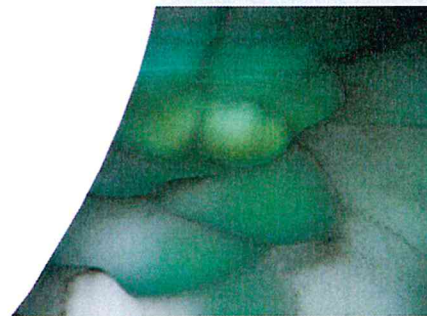


29, pl. Pierre Bonnet, 73460 Grésy-sur-Isère
04 79 31 21 03 contact@coherence-eau.fr
www.coherence-eau.fr

**OPERATION DE TRACAGE DES EAUX
SOUTERRAINES PAR COLORATION
Captage de la Ferrière
Commune de Bugarach**

**Rapport de l'étude menée
du 18 septembre
au 26 octobre 2013**

Sarl au capital de 5000 €
RCS Chambéry : 518 386 511 Code APE : 7112 B



Décembre 2013



Table des matières

I.CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....	3
II.CONDITIONS HYDROLOGIQUES LE JOUR DE L'OPÉRATION.....	4
III.INJECTION DES TRACEURS.....	10
IV.SUIVI DES TRACEURS.....	12
IV.1.SUIVI VISUEL DE L'URANINE	12
IV.2.SUIVI VISUEL DE LA SULFORHODAMINE B	12
IV.3.SUIVI AU CAPTAGE À L'AIDE D'UN FLUORIMÈTRE.....	13
V.RÉSULTATS DU TRAÇAGE.....	15
V.1.COURBES DE RESTITUTION.....	15
V.2.TAUX DE RESTITUTION.....	16
V.2.1.L'Uranine.....	16
V.2.2.La Sulforhodamine B.....	17
VI.INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	18
VI.1.POUR L'URANINE (INJECTÉE DANS LE RUISSEAU DE CASS-RATS).....	18
VI.2.POUR LA SULFORHODAMINE B (INJECTÉE DANS LA BLANQUE).....	18
VII.CONCLUSION.....	20

I. Contexte de l'étude

Dans le cadre de la régularisation administrative réglementaire du captage de la Ferrière alimentant en eau potable les communes de Bugarach (en partie) et Rennes-les-Bains (en totalité), un dossier préparatoire a été réalisé par le bureau d'études COHERENCE en date du 30 juin 2012 (version finale).

Ce dossier décrivait le contexte hydrogéologique d'alimentation de la source de la Ferrière et mettait en avant des interrogations relatives à l'extension du bassin versant calcaire vers l'est d'une part, et à de possibles communications hydrologiques entre la rivière la Blanque et la source de la Ferrière d'autre part. Ce dossier proposait ainsi de lever ces interrogations en procédant à des opérations de traçage des eaux souterraines.

Le bureau d'études Cohérence a donc répondu à la consultation lancée en août 2012 par la collectivité pour la réalisation de deux double traçages.

1/ Un premier double-traçage en conditions de hautes eaux de la Blanque, avec d'une part une injection de traceur dans cette rivière en amont du village de Vialasse afin de mettre en évidence une éventuelle relation des eaux superficielles avec le captage dans ces conditions hydrologiques particulières où les eaux de la rivière viennent submerger tout ou partie du site du captage (mise en évidence dans ce cas d'éventuelles défauts d'étanchéité du génie civil de l'ouvrage placé en bordure immédiate du lit de la rivière), et d'autre part une seconde injection sur la montagne située à l'est, au lieu-dit la Calvière, en un point à définir en fonction des possibilités d'infiltration offertes sur le terrain. Ceci afin de circonscrire au mieux l'ampleur du futur périmètre de protection rapprochée.

2/ Un second double-traçage en conditions de basses eaux de la Blanque, avec là aussi d'une part une injection de traceur dans cette rivière en amont du village de Vialasse afin de mettre en évidence une éventuelle relation avec le captage (pertes possibles d'eaux de surface dans le lit mineur de la rivière), et d'autre part une seconde injection de nouveau sur la montagne à l'est vers le lieu-dit la Calvière, mais si possible en un point différent du précédent traçage, afin d'apporter de nouveaux éléments sur l'étendue du bassin versant de la source de la Ferrière.

C'est donc dans ce cadre que la présente opération de traçage par coloration des eaux a été réalisée. Cette étude complémentaire fait partie intégrante de la procédure de protection du captage.

L'opération en basses eaux de la rivière La Blanque s'est déroulée du 18 septembre au 26 octobre 2013. La mise en oeuvre du matériel de suivi au captage et la reconnaissance du point d'injection d'abord sur la montagne au lieu-dit la Calvière (sur les indications préalables de Monsieur Georges TRICOIRE, habitant de Bugarach), puis dans les gorges du ruisseau de Cass-Rats, ont été effectuées le jour même des injections des colorants. Celles-ci ont eu lieu le mercredi 18 septembre en présence de madame Céline MEINIER et monsieur Denis OUSTRY du Conseil Général de l'Aude.

II. Conditions hydrologiques le jour de l'opération

Les mois de juillet, août et la première moitié du mois de septembre ont été secs. Aucune précipitations importantes n'ont été constatées sur le secteur de Bugarach. Après prise de contact avec la mairie de Bugarach, nous décidons de projeter la double opération de coloration pour le mercredi 18 septembre 2013.

Ce jour-là, nous constatons sur place que :

1/ La rivière la Blanque est effectivement en basses eaux avec un débit mesuré ce jour à 20-25 l/s. Les conditions de basses eaux que nous recherchions sont en fait optimales en ce 18 septembre.

2/ Le captage (une fois les pompes arrêtées) débite au trop-plein 1,5 l/s (après stabilisation).

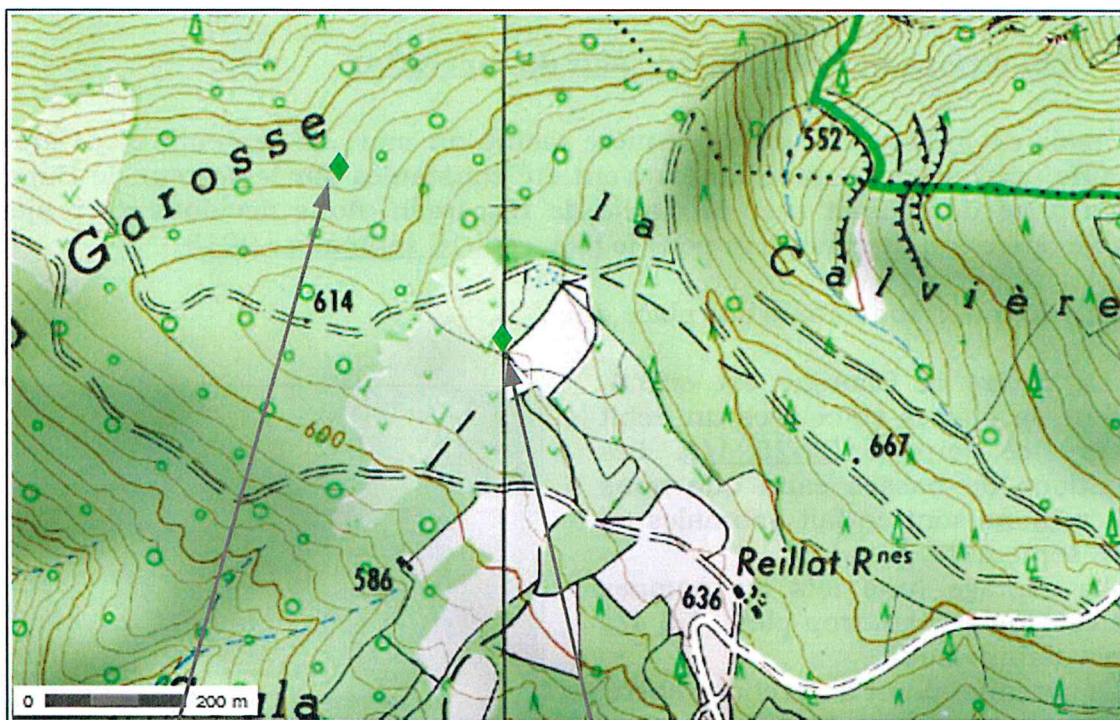
3/ Le potentiel point d'injection repéré ce jour sur la montagne de Calvière, sur les indications d'un habitant de Bugarach qui avait bien voulu nous accompagner sur place au printemps, est une source finalement non pérenne, dont le débit est malheureusement nul aujourd'hui. Cette source est située au point de coordonnées Lambert 2 étendu X= 599,750km, Y= 1765,700 km et à l'altitude 570m. Il s'agit d'une source émergeant en interstrates entre deux bancs de calcaires pluridécimétriques rattachés au Turonien sommital (C3c). Cette émergence semble pouvoir offrir un bon débit en période pluvieuse au vu de la morphologie du lit du ruisseau en aval, mais en situation d'étiage, elle tarit manifestement (elle draine vraisemblablement en amont une formation épikarstique assez étendue). De fait, nous ne pouvons réaliser l'injection en ce point aujourd'hui. Nous réfléchissons alors pour déterminer quel autre site d'injection serait intéressant à réaliser. Après étude de la carte géologique et de son interprétation possible sur le terrain, nous décidons d'aller reconnaître le lit du ruisseau de Cass-Rats, en amont du pont de la route D14.



Passage de la rivière la Blanque à hauteur du captage de la Ferrière le 18 septembre 2013



Gorges du ruisseau de Cass-Rats



Injection envisagée de la Fluorescéine pour l'opération du 18 septembre 2013

Injection de la Fluorescéine réalisée le 13 mars 2013 à 8h50



Source non pérenne sur la montagne de la Calvière où était projetée l'injection de la Fluorescéine en ce 18 septembre 2013, finalement abandonnée en ce lieu.

En effet, ce ruisseau, qui draine un vaste bassin versant amont développé sur des formations marneuses à caractère imperméable rattachées à l'Albien basal (n6b-7a) (cf : *extrait de la carte géologique ci-après*), vient ponctuellement, sur une courte distance (environ 200 mètres seulement), recouper les calcaires à rudistes du Turonien Moyen à Supérieur (C3b), ceux-là mêmes dont sourdent les eaux de la source de la Ferrière. Ensuite, plus en aval, le lit du ruisseau de Cass-Rats poursuit son cours d'abord sur les formations des marnes bleues de Sougraigne, à caractère imperméable (C5bM), puis sur les dépôts marno-calcaires globalement imperméables (sur leur puissance totale) du Coniacien Supérieur (C4b-5a).

Le ruisseau de Cass-Rats vient alors confluer en rive gauche avec la rivière La Blanque, environ 800m en aval du pont romain. Ce sont d'ailleurs ces deux dernières formations imperméables (C5bM et C4b-5a) qui occupent l'essentiel du bassin versant topographique en rive gauche de la Blanque à partir du pont romain et ce jusqu'au captage de la Ferrière et qui nous faisait par conséquent exclure l'implication de ce versant rive gauche dans l'alimentation de la dite source (cf : *notre dossier préparatoire destiné à l'hydrogéologue agréé de novembre 2011*), en tout cas dans tout le secteur au droit du captage lui-même. Ce constat nous faisait donc rechercher l'origine de l'eau de la source davantage en rive droite de la Blanque, là où les calcaires du Turonien Moyen (C3b) perméables, les formations marno-calcaires du Turonien sommital (C3c) semi-perméables, et enfin les calcaires du ocre graveleux du Coniacien inférieur (C4a) perméables, affleurent largement.

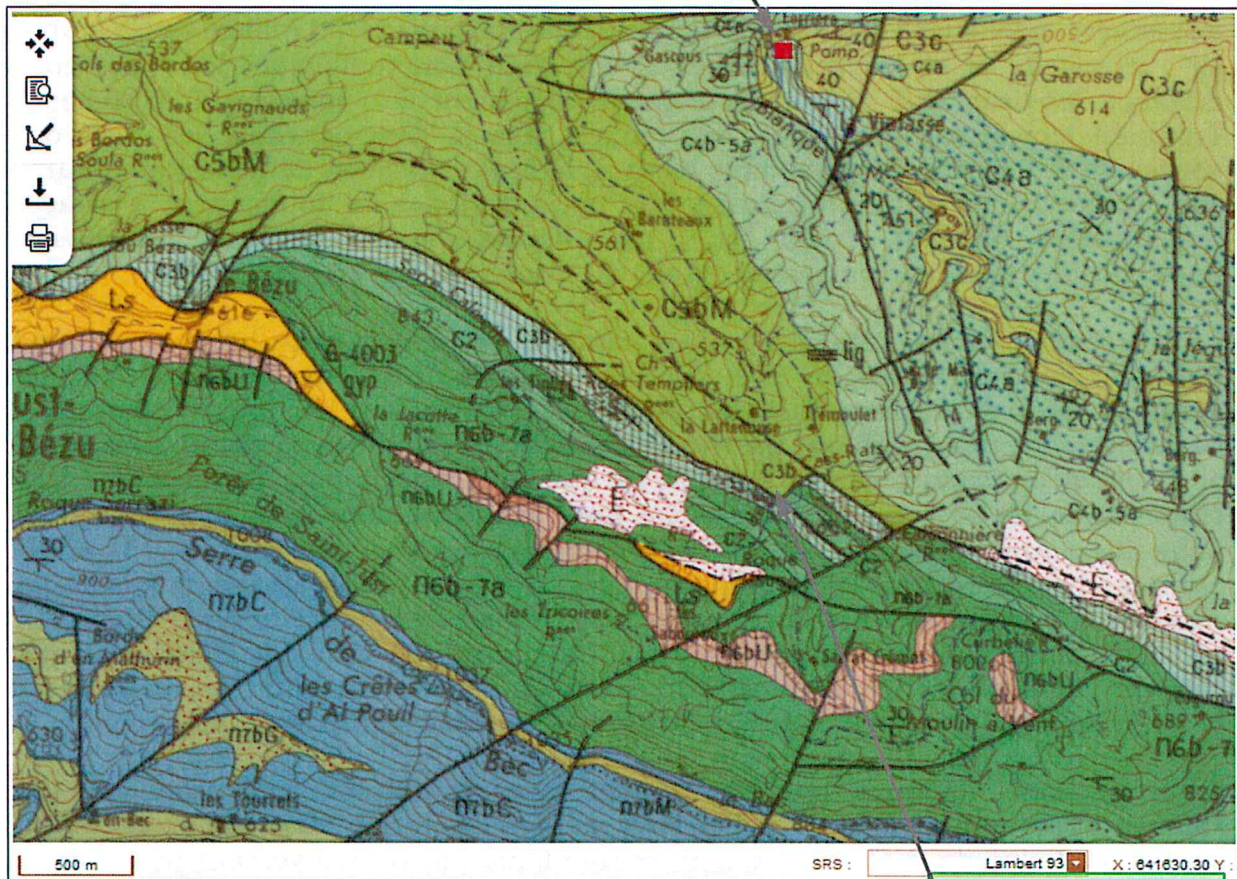
Nous pensons toujours que ce versant rive droite est bien impliqué dans l'alimentation de la source de la Ferrière, mais la coloration effectuée en mars 2013 sur la montagne de la Calvière a montré une limite du bassin versant de ce côté-là. Le point d'injection que nous envisagions sur cette montagne de la Calvière pour la présente opération de septembre 2013 devait permettre d'affiner cette limite un peu plus au nord, mais cela ne s'avère donc pas possible techniquement, faute d'eau au point d'injection.

C'est sur ces considérations que nous remontons à pied le lit du torrent de Cass-Rats en amont du pont de la route D14. D'abord parcouru par un léger filet d'eau cascasant sur les bancs des marno-calcaires du Coniacien Supérieur (C4b-5a), dont ce filet émerge au gré des interstrates recoupées, il est ensuite complètement sec au droit des marnes bleues de Sougraigne (C5bM). C'est encore également le cas alors que l'on s'engage par l'aval dans les gorges formées par les calcaires massifs du Turonien Moyen (C3b).

Mais le ruisseau actif est bientôt retrouvé. Il se perd de façon très ponctuelle au niveau d'une marmite de géant, au travers des graviers tapissant le fond de cette dernière, sans qu'aucune fissure ni pénétrable ni impénétrable à l'homme ne soit visible.

Ce ruisseau ne présente pas un fort débit (environ 1 l/s estimé), mais il est constant lorsqu'on remonte vers l'amont. C'est dans ce ruisseau, occupant le lit de Cass-Rats, que nous décidons d'injecter ce jour la Fluorescéine.

Captage de la Ferrière



C4b-5a. Coniacien supérieur — Santonien inférieur.

Gorges de Cass-Rats

- **Dans la zone sous-pyrénéenne s.st.**, l'intervalle Coniacien supérieur

Santonien inférieur est constitué des 2 membres de la formation des Marnes de Bugarach (M. Bilotte, 1985), à savoir, de bas en haut :

—Marno-calcaires à *Gauthiericeras* : ils assurent la transition entre les Calcaires de Montferrand sous-jacents et les Marnes à *Micraster* sus-jacentes. Ils sont peu épais (6 à 10 m) et se composent de calcaires marneux strato-décroissants (20 à 5 cm) séparés par des intervalles marneux strato-croissants (5 à 20 cm). Ils ont livrés entre autres, *Gauthiericeras margae* et *Parabevahites emscheris*, ainsi que *Dicarinella concavata*, *M. schneegansi*, *M. coronata*, *M. angusticarinata*, ...

—Marnes à *Micraster* et *Texanites* ; la série épaisse en moyenne de 80 m est homogène et se singularise par l'abondance des échinides, *Micraster corbaricus*, *Cardiaster integer*, *Echinocorys vulgaris*, ... Les céphalopodes sont très abondants (M. Bilotte et M. Collignon, 1981; M. Bilotte, 1985); le genre *Texanites* y est représenté par l'espèce *gallicus*, forme-index du Santonien inférieur.

Les Marnes à *Micraster* largement développées dans les synclinaux de Rennes-les-Bains et de Bugarach — Soulatgé, réapparaissent à la faveur d'accidents tectoniques dans la partie occidentale de la feuille, en particulier au Nord de Rennes-le-Château et dans l'écaille du Roc de Midi, sous le chevauchement du bassin de Quillan.

c5bM. **Marnes bleues de Sougraigne à *Placenticeras syrtale*** (100 à 200 m). Ces marnes bleues silteuses et micacées occupent la position du pro-delta dans l'édifice deltaïque du Santonien supérieur. Elles sont surtout caractérisées par l'abondance de leur faune pélagique, ammonites et foraminifères, par exemple : *Placenticeras syrtale*, *Tetragonites rouvillei*, *Jouaniceras sicardi*, *Scaphites senessei*, *Globotruncana fornicata*, *Gl. lapparenti*, *Margino-truncana marginata*, *M. coronata*,..., de la Jouane. Leur partie sommitale, au confluent de la Blanque et de la Sals., lieu-dit le Moulin (Moulin Tiffou des auteurs) livre déjà *Gl. arca*. Les grès encore marins qui, en ce lieu comme à Sougraigne, couronnent la formation des Marnes bleues renferment *Lacazina elongata* et *Broeckina dufresnoyi* (M. Bilotte, 1970 ; 1985).

• **Séquence de dépôt C₁ (Clansayésien «moyen» à Albien basal).**

Épaisse de plus de 1300 m et présentant une évolution granulométrique négative, cette séquence occupe les parties occidentale et centrale du «bassin» de Quillan et s'articule en deux formations F₁ et F₂ se succédant sans coupure majeure et regroupées sur la feuille sous le sigle n6b-7a.

— La formation F₁ ou «Mamo-calcaires et pélites de Ginoles» (300 m) est l'homologue des «Marnes noires à *Hypacanthoplites*» connues dans l'ensemble du domaine pyrénéen (B. Peyberès, 1976) ; elle comprend deux membres dont les faciès successifs traduisent un approfondissement du milieu de dépôt :

—F_{1a} (100 m) : mamo-calcaires de plate-forme, reposant sur les calcaires n6bU) et livrant près du col du Portel, des ammonites de la sous-zone à *Rubricosus* (Clansayésien «moyen») de la zone à *Jacobi*, dont *Hypacanthoplites rubricosus* et *H. elegans*, et, plus haut, des ammonites (*H. corrugatus* ou *H. shepherdii*) de la zone à *Tardefrucata* (J. Esquevin *et al.*, 1971 in B. Peyberès, 1976);

—F_{1b} (200 m): pélites de plate-forme distale débordant transgressivement F_{1a} vers le Nord-Est et reposant directement sur n6bU près de Saint-Just et du Bézu (ce qui traduit une rétrogradation du continent vers le Nord-Est). On observe bien ces faciès dans le quartier de la Jonquière à l'Ouest de Quillan. L'ensemble F₁ est interprété comme l'intervalle transgressif de la séquence C₁.

— La seconde formation, F₂ ou «Grès de Laval», correspond aux «Grès verts, inférieurs» des Corbières (B. Peyberès, 1976). Il s'agit d'un épais (1 000 m) ensemble grésopélitique et glauconieux, à taux de sédimentation très élevé, rapporté au système de dépôt deltaïque. Affleurant surtout le long de la rive droite de l'Aude, cette formation comporte des pélites et des siltites laminées, des pélites sableuses prodeltaïques et des grès glauconieux frontodeltaïques (carrière Jourdan près de Laval), organisés en séquences négatives qui traduisent la progradation des dépôts vers le Sud-Ouest, c'est-à-dire vers l'axe du bassin. La limite supérieure de F₂ est fixée à l'apparition brusque des termes carbonatés et pélitiques de F₃, à faciès de plate-forme distale ; cette surface est localement marquée par une véritable discordance angulaire. Les «Grès de Laval» livrent des ammonites de la zone à *Mammillatum*, c'est-à-dire du sommet de l'Albien inférieur (J. Esquevin *et al.*, 1971, in B. Peyberès, 1976). Ils sont interprétés comme représentant le prisme de haut-niveau marin de la séquence de dépôt C₁. Intercalée entre les cycles LZB₄₋₂ (Urgonien) et UZA₁₋₁ (séquence C₂), la séquence C₁ n'est corrélable avec aucun des cycles eustatiques de la charte de B.U. Haq *et al.* (1987).

Les quelques caractéristiques physico-chimiques relevées donnent :

Lieu	Température	Conductivité (à 25°C)
Ruisseau de Cass-Rats au point d'injection du colorant (gorges)	12,9°C	540 μ S/cm
Rivière La Blanque au point d'injection du colorant (pont romain)	15,9°C	407 μ S/cm
Rivière La Blanque au niveau du captage de la Ferrière	15,7°C	433 μ S/cm
Captage de la Ferrière	14,3°C	611 μ S/cm



Perte du ruisseau de Cass-Rats dans les gorges formées par les calcaires à rudistes du Turonien Moyen (X = 598,260 km, Y = 1763,700 km, Z= 470m).

III. Injection des traceurs

Cf: carte de situation en annexe 1.

Le **mercredi 18 septembre 2013**, de 14h00 à 14h10, nous procédons à l'injection de **2 kg de Sulforhodamine B**, en poudre, dans les eaux de la Blanque à hauteur du pont romain, à savoir au point de coordonnées Lambert 2 étendu :

X = 599,380 km

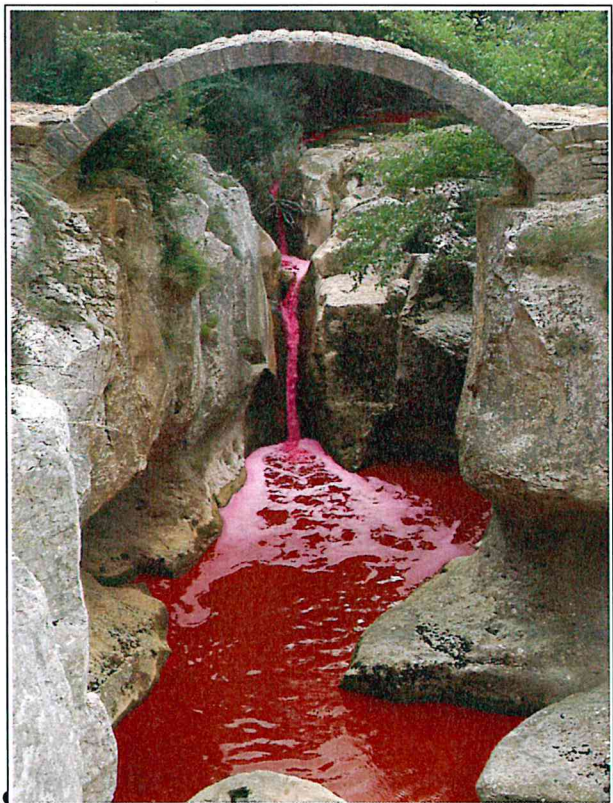
Y = 1764,470 km

et d'altitude 400m, soit 45m de dénivelé plus haut que le captage de la Ferrière, et 1800m au sud-est en ligne droite.

Le débit de la Blanque au point d'injection n'a pas été mesuré mais il peut être estimé à 10-15 l/s environ. La dilution s'est réalisée sans problème, le débit et la pente accusée du torrent à ce niveau favorisant le mélange.



hauteur du Pont Romain



Nous utilisons comme traceur la Sulforhodamine B, colorant fluorescent également couramment employé en milieu poreux et/ou fissuré. Malgré des caractéristiques un peu moins intéressantes que la Fluorescéine, ce traceur a l'avantage de présenter un spectre d'émission très distinct de l'Uranine, ce qui permet une injection simultanée sans risque de confusion des deux traceurs au niveau du suivi par le fluorimètre.

Le **mercredi 18 septembre 2013**, de 16h45 à 16h55, nous procédons à l'injection de **2 kg de Fluorescéine (Uranine)**, en poudre, dans les eaux du ruisseau de Cass-Rats, 80 mètres environ en aval de la confluence du point coté 502m, à savoir au point de coordonnées Lambert 2 étendu :
X = 599,920 km
Y = 1765,440 km
et d'altitude 498m, soit 143m de dénivelé plus haut que le captage de la Ferrière, et 2300m au sud en ligne droite (soit une pente moyenne de 6%).

Malgré le faible débit du ruisseau et la pente assez peu prononcée à ce niveau, la dilution du colorant s'opère très bien. Les eaux se ré-infiltrent dans les calcaires au niveau de la perte précédemment décrite, soit environ 200m en aval du point d'injection choisi.



Mercredi 18 septembre 2013 à 16h45 : injection de 2 kg de Fluorescéine dans le ruisseau de Cass-Rats

Afin d'obtenir les meilleurs résultats, nous utilisons comme traceur l'uranine sodique (fluorescéine), colorant fluorescent couramment employé en milieu poreux et/ou fissuré. Ce traceur, d'un faible coût, présente des caractéristiques intéressantes : fort taux de restitution, faible adsorption, inoffensif pour l'environnement.

IV. Suivi des traceurs

IV.1. Suivi visuel de l'Uranine

La perte du ruisseau de Cass-Rats se fait ponctuellement et en totalité 200 mètres en aval du point d'injection et 30m de dénivelé plus bas (pente moyenne de 15 %). Sur ce tronçon, nous avons mesuré la vitesse de progression du traceur (début du nuage) qui s'établit à 121 m/heure. On peut donc déduire que le colorant a atteint la perte et entamé son parcours souterrain 99 minutes après l'injection, soit à 18h25 le 18 septembre 2013.

Le suivi visuel ne s'est cependant pas arrêté là puisque le colorant a été observé visuellement et de façon très nette dans le réseau d'eau potable de Rennes-les-Bains, et ce dès le dimanche 22 septembre en milieu de matinée, soit environ 90 heures après l'injection, témoignant d'ores-et-déjà d'une relation certaine et massive (seuil de visibilité atteint) entre la perte du ruisseau de Cass-Rats et le captage de la Ferrière.

IV.2. Suivi visuel de la Sulforhodamine B

A partir du moment de l'injection dans la Blanque, le colorant est suivi visuellement dans le lit de la rivière. La présence de vastes plans d'eau en aval des gorges du pont romain, générant de gros volumes d'eau, combiné au débit modéré de la rivière (15 à 20 l/s), ont ralenti le colorant et généré des vitesses de transfert très lentes en surface. Nous estimons cette vitesse à environ 70 mètres /heure.

Le 18 septembre à 18h00, soit 4 heures après l'injection, le colorant n'a pas atteint le point visible depuis le belvédère dominant la Blanque 250m au sud-est du village de la Vialasse. Le point visible en question de la rivière est situé environ 1500m en aval du point d'injection du pont romain.

Le 19 septembre à 9h30, soit 19,5 heures après l'injection, le colorant n'est toujours pas parvenu en ce point-là. La vitesse de progression du traceur est donc forcément inférieure à 76m/heure, ce qui confirme notre estimation réalisée dans l'heure qui a suivi l'injection.

En se fondant par conséquent sur une vitesse moyenne de propagation du nuage coloré de 70m/heure dans la rivière la Blanque, on peut estimer que ce dernier est arrivé à hauteur du pont de Vialasse, 1900m en aval du pont romain, environ 27 heures après l'injection, soit le jeudi 20 septembre à 17h00. On peut estimer également que le colorant est arrivé à hauteur du captage de la Ferrière 2700m en aval du pont romain, environ 39 heures après l'injection, soit le vendredi 20 septembre à 5h00 du matin.

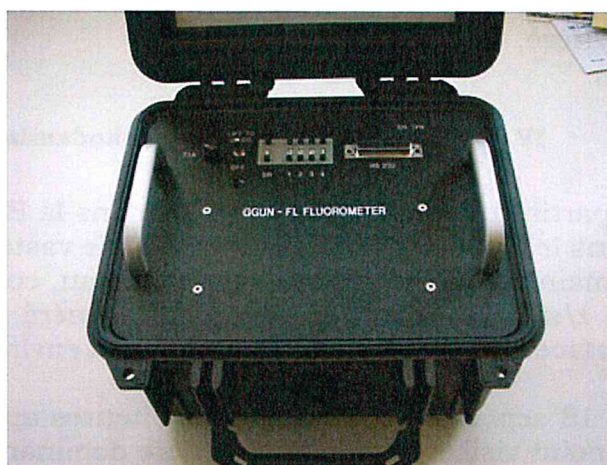
IV.3. Suivi au captage à l'aide d'un fluorimètre

Les deux traceurs fluorescents injectés sont par ailleurs suivis en continu jusqu'à la fin de l'expérience, sur un point de suivi unique à savoir le captage de la Ferrière, et ce à l'aide d'une sonde fluorimétrique automatique (de type G GUN FL 24 développée par la société Albillia) installée dans le local même de la chambre de captage, le mercredi 18 septembre.

Cette méthode est d'une grande fiabilité puisqu'il n'y a plus de prélèvement d'eau, donc plus de risque de contamination des échantillons les uns avec les autres. De plus, l'analyse se faisant en continu, les résultats sont accessibles en temps réel. Enfin, le matériel employé présente un seuil de détection très bas équivalent au spectrofluorimètre de laboratoire, le rendant particulièrement adapté à ce type d'étude.

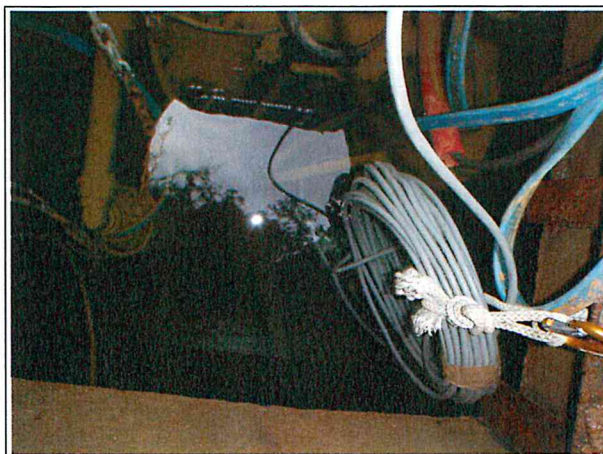
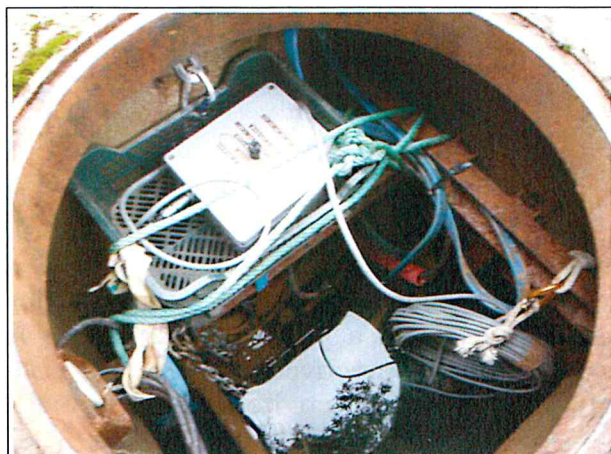


**Sonde fluorimétrique GGUN
FL24 pour forage (Albillia)**



Enregistreur automatique (Albillia)

Pour permettre des mesures directement sur l'exhaure, la sonde et son boîtier d'acquisition sont installés dans la chambre de captage elle-même. Le boîtier étanche est ainsi déposé dans un panier plastique fixé aux parois intérieures de l'ouvrage. Le fluorimètre, une fois installé, est mis en marche à 12h40 le mercredi 18 septembre, soit 80 minutes avant l'injection de la Sulforhodamine B au pont romain sur la Blanque et 245 minutes avant l'injection de l'Uranine dans le ruisseau de Cass-Rats. Le pas de temps choisi pour le suivi est de une mesure toutes les 15 minutes.



L'appareil est resté en place jusqu'au samedi 26 octobre 2013, à 18h45, soit **38 jours de suivi** ou plus exactement 38 jours, 4 heures et 5 minutes. Soit un total de 916 heures.

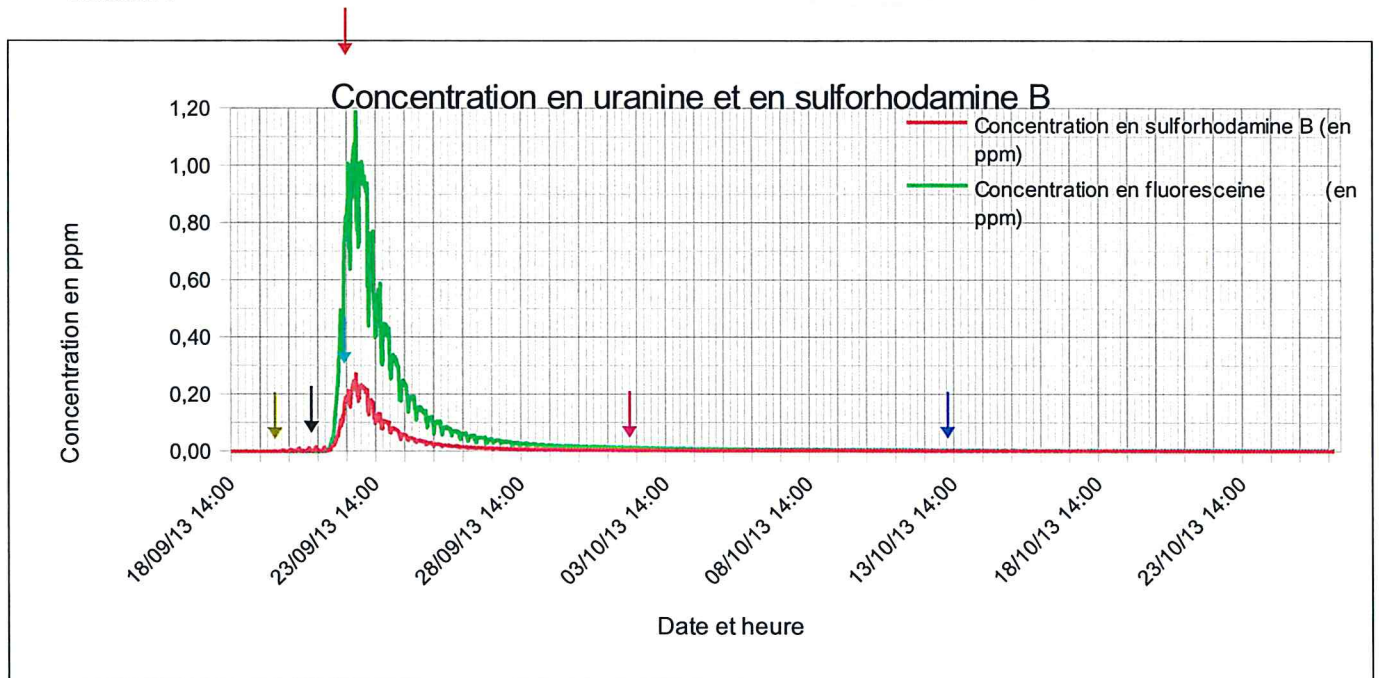
Il n'a manifestement pas subi d'envoie pendant la durée du suivi.

Le 26 octobre, jour de retrait de l'appareillage, la source de la Ferrière présente un débit 1,9 l/s. La Blanque offre quant à elle un débit estimé à 10-15 l/s. Le niveau de l'eau dans la chambre de captage est plus haut de 11cm par rapport au niveau de l'eau dans la rivière.

V. Résultats du traçage

V.1. Courbes de restitution

Après démontage de l'installation métrologique le 26 octobre à 18h45, nous avons pu exploiter la carte mémoire extraite du boîtier d'acquisition des données. Le logiciel FLUO, associé au fonctionnement du Fluorimètre, nous a permis de produire les courbes de restitution, affichant les concentrations respectives en Uranine et en Sulforhodamine B (en ppb), en fonction du temps écoulé (en heures). En voici le rendu :



En ordonnée :

Concentration en Uranine (en ppm) ————

Concentration en Sulforhodamine B (en ppm) ————

En abscisse :

Temps (en heures)

Nous observons en premier lieu que l'Uranine est nettement ré-apparue à la source de la Ferrière selon une courbe de restitution caractéristique :

↓ début de la restitution de l'Uranine à la source de la Ferrière le 21 septembre vers 19h50, soit 75 heures après l'injection.

↓ pic de la restitution de l'Uranine (1186 ppb soit 1,19 mg/l) à la source de la Ferrière le 22 septembre vers 16h50, soit 96 heures après l'injection.

↓ fin de la restitution « principale » de l'Uranine à la source de la Ferrière le 14 octobre vers 14h00, soit environ 25 jours (600 heures) après l'injection. Cette « fin » est toutefois relative, dans le sens où passée cette date, la restitution se poursuit encore mais à l'état de traces (concentrations inférieures à 3 ppb). Nous ne sommes alors en effet pas encore revenus au niveau du bruit de fond établi avant le traçage à environ 0,05 à 0,1 ppb. En fin du suivi réalisé, le 26 octobre à 18h50, soit 38 jours

Communauté de Communes du Pays de Couiza (11)

(916 heures) après l'injection, la concentration relevée s'établit encore à 1,2 ppb, mettant en évidence clairement que la restitution se poursuit encore (mais de manière très faible).

La Sulforhodamine B est par ailleurs également ré-apparue au captage de la Ferrière, mais dans de beaucoup plus faibles concentrations.

↓ début de la restitution de Sulforhodamine B à la source de la Ferrière le 20 septembre vers 8h05, soit 39 heures après l'injection.

↓ pic de la restitution de Sulforhodamine B (270 ppb) à la source de la Ferrière le 22 septembre vers 21h35, soit 101 heures après l'injection.

↓ fin de la restitution « principale » de Sulforhodamine B à la source de la Ferrière le 03 octobre vers 15h05, soit environ 14 jours (334 heures) après l'injection. Cette « fin » est toutefois relative, dans le sens où passée cette date, la restitution se poursuit encore mais à l'état de traces (concentrations inférieures à 3 ppb). Nous ne sommes alors en effet pas encore revenus au niveau du bruit de fond établi avant le traçage à environ 0,05 à 0,1 ppb. En fin du suivi réalisé, le 26 octobre à 18h50, soit 38 jours (916 heures) après l'injection, la concentration relevée s'établit encore à 0,5 ppb, mettant en évidence clairement que la restitution se poursuit encore (mais de manière très faible).

V.2. Taux de restitution

V.2.1. L'Uranine

Le calcul du taux de restitution de l'Uranine donne une valeur de **13 %** (rapport entre la masse restituée, de 260g, et la masse injectée de 2000g).

Le traceur a commencé à apparaître dans le captage **75 heures** après l'injection. La distance en ligne droite parcourue étant de 2300m, **la vitesse maximale de transfert s'établit à 31 m/heure.**

Le pic de restitution est passé **96 heures** après l'injection, soit une vitesse de transfert de ce pic de **24 m/heure (vitesse modale).**

Le nuage de colorant a poursuivi son transfert vers le captage jusqu'à au moins **916 heures** après l'injection (fin du suivi réalisé à la source). Notons que dès **600 heures** (soit 25 jours) après l'injection, l'Uranine est certes toujours restituée mais pour des concentrations désormais très faibles (< 3ppb).

La **durée de restitution** s'est donc établie, dans les conditions hydrologiques de l'expérience, à 916 heures minimum, soit **au moins 38 journées.**

V.2.2. La Sulforhodamine B

Le calcul du taux de restitution de la Sulforhodamine B donne une valeur de **3 %** (rapport entre la masse restituée, de 60g , et la masse injectée de 2000g).

Le traceur a commencé à apparaître dans le captage **39 heures** après l'injection. La distance en ligne droite parcourue étant là aussi de 2300m, **la vitesse maximale de transfert s'établit à 59 m/heure.**

Le pic de restitution est passé **101 heures** après l'injection, soit une vitesse de transfert de ce pic de **23 m/heure (vitesse modale).**

Le nuage de colorant a poursuivi son transfert vers le captage jusqu'à au moins **916 heures** après l'injection (fin du suivi réalisé à la source). Notons que dès **334 heures** (soit 14 jours) après l'injection, la Sulforhodamine B est certes toujours restituée mais pour des concentrations désormais très faibles (< 3ppb).

La **durée de restitution** s'est donc établie, dans les conditions hydrologiques de l'expérience, à 916 heures minimum, soit **au moins 38 journées.**

VI. Interprétation des résultats.

Des résultats présentés ci-avant, il ressort que, dans les conditions de l'expérience :

VI.1. Pour l'Uranine (injectée dans le ruisseau de Cass-Rats)

1/ Une relation forte a été mise en évidence entre le ruisseau de Cass-Rats et la source de la Ferrière.

2/ Le transfert des eaux du ruisseau de Cass-Rats vers le captage est assez rapide (75 heures) et laisse relativement peu de temps au gestionnaire pour court-circuiter l'ouvrage en cas de pollution.

3/ La durée de restitution depuis ce ruisseau de Cass-Rats est longue (25 jours pour l'essentiel de la restitution et au moins 38 jours pour celle-ci observée dans sa totalité), et imposerait une mise hors service du captage de cette durée-là en cas de pollution majeure des eaux sur le dit ruisseau.

4/ La **restitution** depuis Cass-Rats est quantitativement importante (13%). Cela signifie que 13% à minima du débit s'écoulant dans le ruisseau de Cass-Rats s'est ré-infiltré le jour de l'injection **et** a rejoint les eaux émergeant à la source.

5/ La rapidité du transfert souterrain de l'Uranine milite pour une circulation dans des chenaux assez ouverts. Le début du nuage coloré a en effet mis 75 heures pour atteindre le captage, ce qui implique que le temps de parcours souterrain serait dans cette configuration de $75 - 2$ (trajet superficiel dans le gorges) = 73 heures, pour un parcours de 2130m en ligne droite, soit une vitesse moyenne sous terre de 0,8 cm/s.

VI.2. Pour la Sulforhodamine B (injectée dans la Blanque)

1/ Alors qu'aucune relation entre la rivière la Blanque et la source de la Ferrière n'avait été mise en évidence en mars 2013 lors de notre opération de traçage en hautes eaux, une relation faible a été mise en évidence cette fois-ci, en conditions de basses eaux de la rivière.

2/ La Sulforhodamine B commence à parvenir au captage 39 heures après l'injection, ce qui témoigne a priori d'un transfert assez rapide des eaux de la Blanque vers celles de la source. En réalité, ce transfert des eaux de la rivière la Blanque vers le captage est en fait probablement très rapide, si l'on s'en tient au fait que l'injection du colorant s'est déroulée dans les eaux de la rivière à 2700m en amont du captage, et que ce colorant a justement mis (cf : *paragraphe IV.2 relatif au suivi visuel*) environ 39 heures en surface pour atteindre le niveau du captage. Or la première apparition du traceur dans les eaux de la source est observée 39 heures après l'injection. Il est fortement probable que la perte des eaux de la Blanque qui vient rejoindre les eaux de la source se fasse par conséquent à proximité amont de cette dernière. Et de fait que le parcours souterrain correspondant soit très court.

3/ La durée de restitution de la Sulforhodamine est néanmoins assez longue (14 jours pour l'essentiel de la restitution et au moins 38 jours pour celle-ci observée dans sa totalité), et imposerait une mise hors service du captage de cette durée-là en cas de pollution majeure des eaux sur la Blanque.

4/ La restitution depuis la Blanque est quantitativement non négligeable (3 %). Cela signifie que 3% du débit s'écoulant dans la rivière la Blanque s'est ré-infiltré le jour de l'injection et a rejoint les eaux émergeant à la source.

VII. Conclusion

L'opération de double-traçage des eaux, réalisée avec des injections de traceurs chimiques fluorescents menées respectivement dans la rivière la Blanche au niveau du Pont Romain d'une part, et dans le ruisseau de Cass-Rats au niveau de ses gorges d'autre part, en conditions de basses eaux, avec suivi des eaux au captage de la Ferrière, opération réalisée entre le 18 septembre et le 26 octobre 2013, a démontré :

1/ une **relation très nette** entre les eaux du ruisseau de Cass-Rats et les eaux du captage de la Ferrière. Dans les conditions de l'expérience, le taux de restitution à la source d'un éventuel polluant qui serait déversé dans le ruisseau de Cass-Rats s'élève **13%**.

2/ que cette relation est **assez rapide** (75 heures pour la première apparition du traceur), et **longue** dans la durée (la restitution du traceur se poursuit pendant 25 jours pour l'essentiel de la masse restituée, et pendant au moins 38 journées dans sa totalité – restitution non terminée en fin de suivi).

La présence d'un pic bien marqué combiné à un étalement faible de la courbe de restitution (abaissement assez rapide de cette dernière) indiquent la présence de circulations souterraines rapides, type chenaux ouverts, ménagés au sein d'une zone endokarstique majoritairement non saturée bien développée. Rappelons que le trajet souterrain fait 2130m en ligne droite pour 113 m de dénivelé.

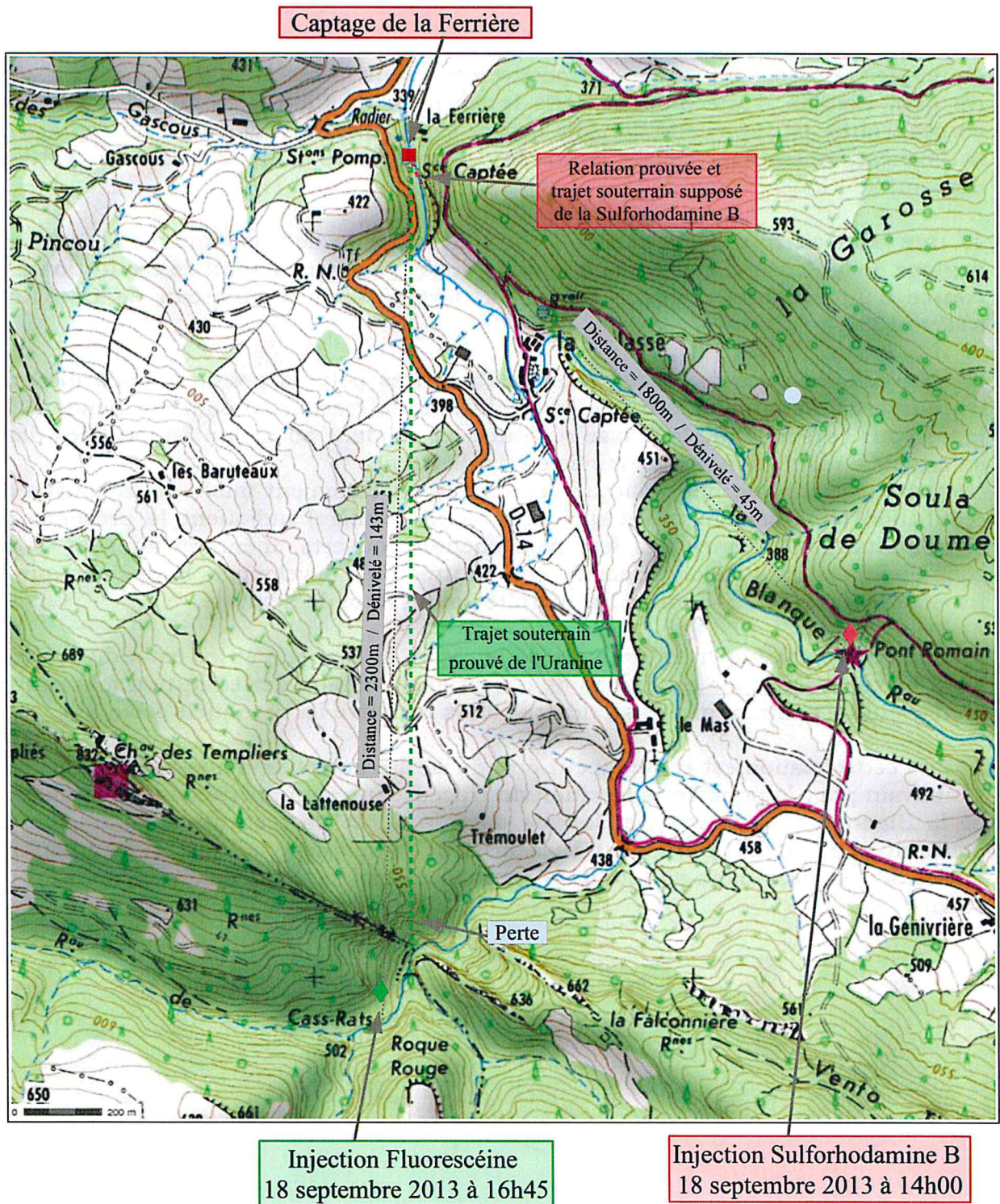
3/ une relation **faible** entre les eaux de la rivière la Blanche et les eaux du captage de la Ferrière. Dans les conditions de l'expérience, le taux de restitution à la source d'un éventuel polluant qui serait déversé dans la rivière La Blanche s'élève **3%**.

2/ que cette relation est **rapide** (peut-être de l'ordre de moins d'une heure de transit souterrain pour la première apparition du traceur, entre une perte dans le lit mineur de la Blanche et la source), et **longue** dans la durée (la restitution du traceur se poursuit pendant 14 jours pour l'essentiel de la masse restituée, et pendant au moins 38 journées dans sa totalité – restitution non totalement terminée en fin de suivi).

Fait à Grésy-sur-Isère, le 05 décembre 2013
Denys Bourgeois, co-gérant



Annexe 1 : plan de situation



Injection Fluorescéine
18 septembre 2013 à 16h45

Injection Sulforhodamine B
18 septembre 2013 à 14h00