

DEPARTEMENT DE L'HERAULT

COMMUNE DE SOUBES

**Amélioration des connaissances des circulations d'eaux souterraines
dans le système de l'Aven des Perles et de l'Event de Soubès
par traçages colorés**

- - -

Rapport final

Conseil départemental de l'Hérault

Mairie de Soubès

GSM – Groupe spéléologique de Montpeyroux



janvier 2019

Conseil départemental de l'Hérault
DGA Aménagement du Territoire
Service Hydrogéologie
1977 avenue des Moulins - Mas d'Alco
34087 MONTPELLIER cedex 4



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le Groupe Spéléologique de Montpeyroux qui est à l'initiative de ce projet. Les spéléologues ont pris contact avec le Conseil départemental pour obtenir un soutien technique et pour partager leurs interrogations sur les circulations souterraines dans l'Event de Soubès. Soucieux du devenir des eaux et conscient de la présence d'un captage communal, ils ont démontré leur intérêt pour l'acquisition et le partage de connaissance afin d'engager des démarches de protection pertinentes et adaptées.

Nous avons préparé ensemble toute l'intervention et certains spéléologues ont été présents à toutes les étapes de l'opération.

Je remercie également la mairie de Soubès pour son soutien et son intérêt. La mairie a notamment pris en charge le coût des analyses au laboratoire. Les agents techniques ont réalisé des prélèvements d'eau manuel tous les jours durant plusieurs semaines.

Je remercie donc tous les acteurs et bénévoles qui ont accordé du temps à cette opération. Sans eux, les injections de colorants et les nombreux prélèvements d'eau n'auraient pas été possibles.

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	5
1.1. Contexte général du projet	5
1.2. Contexte géologique local	5
1.3. Approche spéléologique	6
1.4. Inventaire des colorations	6
2. DESCRIPTION DU PROJET	8
2.1. Réflexion générale - questionnement	8
2.2. Description du projet de traçages colorés	8
2.2.1. Les injections	8
2.2.2. Les restitutions	9
3. ORGANISATION DE L'OPERATION	11
3.1. Visites préalable – Préparation	11
3.2. Phase d'injections	11
3.3. Modalité de surveillance de la restitution	13
4. RESULTATS DE L'OPERATION	14
4.1. Points d'eau suivis en continu par fluorimètre	14
4.1.1. Rivière souterraine dans l'évent à l'aval du siphon S4	14
4.1.2. Source des Coutelles – aval	16
4.1.3. Source de Ladoux	18
4.2. Points d'eau suivis en prélèvement manuel	18
4.2.1. Présentation des résultats	18
4.2.2. Cas de la source de Bronzinadouïre	19
4.2.3. Cas des sources du Lias dans le vallon du Subrebet	19
5. INTERPRETATION DES RESULTATS	20
5.1. Relation entre l'Aven des Perles et l'Event de Soubès	20
5.2. Relation Aven des Perles / Sources des Coutelles	20
5.3. Relation Aven des Perles / Source Bronzinadouïre	23
5.4. Synthèse des circulations	23
6. CONCLUSION	24

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Vue de l'injection du colorant dans l'Aven des Perles	12
Figure 2 - Localisation de l'injection du colorant dans l'Event de Soubès sur la topographie	12
Figure 3 - Courbe de restitution des traceurs dans la rivière souterraine de l'Event de Soubès	14
Figure 4 - Courbe de restitution au captage des Coutelles aval	16
Figure 5 - Bloc diagramme du karst local en période de basses et moyennes eaux	21
Figure 6 - Bloc diagramme du karst local en période de hautes eaux	22
Figure 7 - Schéma altimétrique des circulations souterraines	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Caractéristiques des injections	11
Tableau 2 - Liste des points de surveillance et modalités de suivi	13
Tableau 3 - Résultats des traçages au niveau du suivi de l'Event de Soubès	15
Tableau 4 - Résultats des traçages au niveau de la source des Coutelles aval	17
Tableau 5 - Données de restitutions sur les points surveillés	18

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Plan de situation et localisation des points de l'étude
Annexe 2 : Contexte géologique
Annexe 3 : Plan de l'Event de Soubès reporté sur fond topographique
Annexe 4 : Coupe développée de l'Event de Soubès et zooms en 4 zones
Annexe 5 : Coupe développée de l'Aven des Perles
Annexe 6 : Planche photographique illustrant les sites surveillés
Annexe 7 : Graphique de la restitution des traceurs – rivière souterraine Event Soubès
Annexe 8 : Graphique de la restitution des traceurs – captage des Coutelles aval
Annexe 9 : Fiches de surveillance de la restitution de traceurs sur les points d'eau suivis par prélèvement manuel et par fluocapteurs
Annexe 10 : Carte de synthèse des circulations souterraines démontrées dans l'expérience
Annexe 11 : Inventaire des colorations existantes

LISTE DES ABREVIATIONS

GSM : Groupe Spéléologique de Montpeyroux
GERSAM : Groupe d'Etudes et de Recherche Spéléologique et Archéologique de Montpellier
SCM : Spéléo Club de Montpellier
SCL-GV : Spéléo Club de Lodève - Groupe Vallot
GSL : Groupe Spéléologique du Languedoc

1.

Contexte et objectifs

1.1. Contexte général du projet

La commune de Soubès utilise les sources des Coutelles pour son alimentation en eau potable depuis 1960 pour le captage amont et depuis 1970 pour le captage aval. En complément, elle dispose du forage de Saint Pons pour faire face aux besoins de pointe.

Les sources de Coutelles sourdent d'un système karstique formé au sein des calcaires du Lias inférieur (Hettangien).

En amont topographique et à l'extrémité du ruisseau de Subrebet se développe l'« Event de Soubès », une cavité reconnue par les spéléologues du GERSAM qui ont procédé à la désobstruction de l'entrée effondrée, puis par les spéléologues du GSM qui continuent de l'explorer à ce jour. La cavité se développe selon un axe nord-sud suivant une faille géologique marquée. Elle est parallèle à une autre faille située à l'ouest dont un rôle est pressenti dans le drainage souterrain conduisant aux sources des Coutelles. La cavité possédant une rivière souterraine d'un débit non négligeable, l'interaction entre ce système et le système des Coutelles reste à établir. La carte de l'Annexe 1 présente la situation géographique des différents points intéressant le projet.

La mairie est fortement impliquée pour l'amélioration des connaissances du système aquifère capté pour son eau potable. Elle encourage et aide le club de spéléologie dans ses explorations souterraines.

Fort de leurs découvertes et souhaitant mener des investigations plus scientifiques, le GSM a demandé à la mairie et au Conseil départemental une aide technique pour la mise en place de traçages colorés dont l'objectif permettrait de mieux comprendre les circulations complexes au sein du système de l'Event de Soubès.

1.2. Contexte géologique local

La bordure méridionale du plateau du Larzac visible dans la vallée de la Brèze de Soubès à Saint Etienne de Gourgas montre la superposition de calcaires et de dolomies jurassiques (Bathonien-Oxfordien) formant le plateau. Cette partie supérieure est déposée sur des formations du Lias dont le toit est composé de marnes, surmontant des formations calcaires et dolomitiques du Lias inférieur. Le tout repose sur des formations argilo-gréseuses du Trias en fond de vallée. Les cours d'eau, et notamment la Brèze, ont permis de mettre à jour ces affleurements et de modeler les vallées du secteur. La carte de l'Annexe 2 présente un extrait de la géologie locale.

D'un point de vue structural, la faille de Saint Michel au nord montre un rejeu en faille normale à regard sud-est, remontant ainsi le compartiment septentrional. Elle constitue une véritable barrière entre deux systèmes karstiques nord et sud. On observe également que la bordure sud du plateau du Larzac est hachée par de nombreux accidents plurikilométriques d'axe nord-sud. La cavité de l'Event de Soubès se développe d'ailleurs selon cet axe privilégié (Annexe 3).

D'un point de vue hydrogéologique, les calcaires et les dolomies du Jurassique, ainsi que ceux du Lias, peuvent constituer des aquifères distincts superposés. La couche de marne séparant les deux aquifères peut cependant se révéler perméable, comme l'attestent des colorations du plateau réapparues dans les sources du Lias en pied de talus (Orengo, Février 1995) (Touet, Novembre 2009).

Les principales circulations souterraines connues sont :

- Saut du Lièvre (Pégairolles de l'Escalette) -> Source de l'Avocat (Saint Etienne G.)
- Aven des Perles (Soubès) -> Source des Coutelles (Soubès)

La limite de partage des eaux souterraines entre le système de l'Avocat et de l'Event de Soubès n'est pas tout à fait établie. En effet, il se pose la question de la source du Bronzinadouire (AEP de Saint Etienne de Gourgas) qui n'aurait pas été surveillée lors du traçage Saut du Lièvre ressorti à l'Avocat.

Cette source a fait l'objet d'une visite ponctuelle lors du traçage depuis la perte du Pont Noir (1964) lorsque la restitution a été observée à l'Avocat (visite des lieux par le propriétaire de la ferme de Gourgas). Le nombre de visites n'est pas connu, ni le nombre de personnes à avoir constaté l'absence de restitution de colorant.

A l'ouest du système de l'Event de Soubès, le système alimentant la source de Ladoux (Pégairolles de l'Escalette) n'est pas non plus connu. Ce point a été surveillé lors du traçage du saut du Lièvre et lors du traçage de l'Aven des Perles. Aucune sortie n'a été constatée.

L'individualisation des systèmes karstiques reste donc à établir, ainsi que leur fonctionnement. Le rôle des deux aquifères superposés du Jurassique et du Lias confère certainement des particularités de stockage, de drainance polyphasée et de circulations préférentielles.

1.3. Approche spéléologique

Le club de spéléologie GSM a rencontré plusieurs difficultés dans sa reconnaissance souterraine. En effet, la présence de la rivière souterraine dans la partie basse du réseau génère la formation de siphons par endroit. Convaincu par la continuité de la galerie, le GSM a insisté dans son exploration et a procédé à la vidange de plusieurs siphons pour progresser. Il a ensuite élargi certains passages pour s'affranchir de façon définitive des siphons.

Actuellement, le GSM a reconnu la galerie jusqu'au siphon S5, mais cette reconnaissance implique une plongée pour franchir le siphon S4 (première en 1981). En 2010, au cours d'une opération d'envergure, le club avait procédé à la vidange du S4 pour reconnaître, sans plongée, la galerie jusqu'au S5. Il a ainsi acquis une parfaite connaissance de la cavité. La rivière souterraine assure un écoulement pérenne au niveau du S3 et sa vidange pour permettre un passage sans plongée n'est pas aisée.

La cavité étant remontante entre S3 et S5, la rivière souterraine n'est pas visible sur cette portion. On retrouve la rivière au niveau du S4 avec un écoulement pérenne. La question se pose alors de savoir si la rivière au niveau du S3 provient totalement du S5 ?

En effet, entre les deux siphons, les spéléologues ont mis en évidence la présence d'une cheminée remontante sur au moins 80 m. Ces conduits drainant en permanence des écoulements, il n'a pas été possible de mesurer la hauteur exacte. On peut penser que ces arrivées d'eau proviennent d'un étage supérieur, en l'occurrence du Bajocien. Les cheminées favoriseraient donc un mélange naturel entre les deux aquifères carbonatés. Cette contribution s'effectuerait entre le S5 et le S4.

Le rôle de cette compartimentation pourrait être intéressant pour mieux comprendre la contribution de chacun des aquifères au débit des sources mais également à leur qualité.

Cette hypothèse viendrait appuyer les résultats de la coloration de janvier 1969 décrite au chapitre suivant.

1.4. Inventaire des colorations

Un inventaire des colorations connues a été réalisé après recherche bibliographique dans les publications spéléologiques, les rapports géologiques (hydrogéologues agréés, étude de vulnérabilité).

Le tableau de synthèse des connaissances est présenté en Annexe 11. Les colorations douteuses ont été critiquées et argumentées. Elles seraient à refaire pour acquérir plus de précisions sur les écoulements souterrains locaux.

Les principales colorations au sein du système étudié et les systèmes limitrophes sont les suivantes :

- Aven des Perles ou Aven n°2 du mas de Rouquet ou grotte aven des ossements (Pégairolles de l'Escalette) -> Source des Coutelles (Soubès)

En 1969, en période de crue, un colorant est injecté à l'Aven des Perles se développant dans les calcaires et dolomies jurassiques du Causses par le GERSAM. Il est réapparu aux sources des Coutelles 333 heures après avoir parcouru une distance théorique 2,25 km. Il avait été conclu que l'eau empruntait un cheminement indirect. R. Roux qualifie le résultat de « curieux » car les vitesses de circulations calculées sont faibles alors que le système était en crue et que le colorant est ressorti concentré.

On peut penser que le colorant s'est trouvé piégé pendant la crue car seule cette hypothèse permet de restituer un colorant concentré lors de la décrue.

- Aven n°1 du Mas du Saut du Lièvre ou Aven del sot de la lebro (Saint Michel) -> Source de l'Avocat (Saint Etienne de G.)

Le traçage a été effectué par le SCL-GV en 1985 et commenté par Henri Salvayre. L'injection de 1,5kg de fluorescéine en poudre a été réalisée dans une perte de l'actif au sein de la cavité à la côte – 91 m. Le colorant est réapparu 90 heures plus tard à la source de l'Avocat après avoir parcouru 7,20 km, soit une vitesse d'écoulement de 80 m/h.

Cette vitesse rapide conduit à penser que l'écoulement est libre et il faut noter que l'injection a été réalisée directement dans les calcaires hettangiens.

- Aven Vailhé (Pégairolles de l'Escalette) -> Source de Ladoux (Pégairolles de l'Escalette)

Cette coloration aurait été réalisée par le GSL. Aucune bibliographie n'a été retrouvée sur ce traçage.

- Aven-perte des Cats (Pégairolles de l'Escalette) -> Source de l'Avocat (Saint Etienne de G.)

Cette coloration a été repérée en bibliographie dans le rapport de M. Reille, hydrogéologue agréé (Reille, Juin 1991) dans son rapport sur le captage de la source de Bronzinadouire. Elle n'a pas été identifiée dans d'autres publications postérieures (BGRM, 24 décembre 1990). Cette coloration nous semble très douteuse.

Après enquête auprès du milieu spéléologique, cette coloration n'est pas du tout connue. De plus, cet aven n'est pas identifié comme actif. Nous ne la considérerons pas dans ce rapport.

2. Description du projet

2.1. Réflexion générale - questionnement

Fort de la description précédente, des questions se posent à plusieurs échelles, partant des circulations au sein de la cavité à une vision plus territoriale sur les systèmes aquifères et leurs limites.

Au sein de la cavité, il faut tenter de répondre aux questions suivantes :

- L'eau du S5 est-elle identique à celle de la rivière au niveau S4 ?
- Les arrivées par les cheminées remontantes entre S4 et S5 contribuent-elle à une modification des écoulements et de la qualité de l'eau au niveau du S3 ?
- Y'a-t-il des arrivées d'eau du Jurassique en amont des cheminées remontantes ? En amont du S5 ? Autrement dit, peut-on dire que le mélange des deux aquifères se fait dans ce secteur préférentiel ?

A l'échelle du territoire, les questions suivantes motivent le projet :

- L'écoulement entre l'aven des Perles et les sources des Coutelles transite-t-il dans l'Event ?
- La circulation souterraine Aven des Perles / Sources des Coutelles peut-elle ressortir à un ou plusieurs autres points non surveillés dans les colorations précédentes ?
- Les sources des autres systèmes connus, négatives au traçage « Aven des Perles / Source des Coutelles », sont-elles connectées au système de l'Event dans les conditions du traçage de ce projet ?

Afin d'essayer de répondre aux diverses questions, il est prévu de réaliser deux traçages colorés en simultané et une analyse d'échantillons d'eau pour connaître les profils hydrochimiques des différents points.

2.2. Description du projet de traçages colorés

Le projet consiste en l'injection de deux colorants différents. La période choisie d'août 2013 est relativement adéquate compte-tenu des pluies tardives du mois de mai et même du mois de juin. En effet, les systèmes étant encore chargés entrent progressivement en régime de décrue pour tendre vers l'étiage estival ou de début d'automne. Les traceurs colorés suivront donc les écoulements naturels de vidange sans être influencés par une quelconque crue.

2.2.1. Les injections

La première injection est prévue dans l'Aven des Perles afin de rééditer le traçage de 1969. Cette fois-ci, plus de points seront surveillés, notamment sur le secteur des Coutelles et surtout à l'intérieur de l'Event afin de savoir si la circulation transite dans la cavité. Le suivi des autres sources du secteur révélées négatives en 1969 sera de nouveau réalisé.

La seconde injection se fera dans le réseau actif souterrain en amont du siphon S4. Cette opération délicate nécessitera une plongée du siphon S4 par des spéléologues pour acheminer et injecter le colorant. Ils profiteront d'être présent au S5 pour effectuer un prélèvement d'eau dans l'amont de l'actif avant l'injection.

Le type et les quantités de traceurs seront choisis selon les méthodes reconnues (Schudel, 2002).

Le fait que les sources des Coutelles soient des captages d'eau potable est prioritaire pour les choix des colorants : ils doivent être alimentaires et les quantités doivent être réduites afin de ne pas colorer le réseau public d'eau potable.

La préparation des traceurs sera réalisée de la façon suivante :

Traceurs conditionnés en poudre, dilués après pesée (solubilité est de 200 à 500 g/l) dans de l'eau, conditionnement dans des bidons étanches, stockage des bidons dans des sacs hermétiques.

Le préparateur n'aura pas de lien avec les sites de surveillance après avoir préparé les produits.

Sur place, une mesure du débit sera réalisée si cela est possible.

Les coordonnées de l'entrée de la cavité sont :

Point de suivi	Commune	Code BSS	Coordonnées Lambert 93		Altitude
			X (en m)	Y (en m)	Z (m NGF)
Aven des Perles	Pégairolles-de-l'Escalette	09626X0007/PERLES	728 624	2 630 285	703

2.2.2. Les restitutions

Les points à surveiller sont précisés dans le tableau suivant.

Point de suivi	Commune	Code BSS (si existant)	Distance de l'Aven des perles (km)	Coordonnées Lambert 93		Altitude
				X (m)	Y (m)	Z (m NGF)
Rivière souterraine aval S4 – Event de Soubès (-)	Soubès	09626X0029/CV	1,7	729 215	2 698 790	420
Source des Coutelles – amont	Soubès	09626X0025/COUTEL	2,2	728 900	6 298 042	350
Source des Coutelles – aval	Soubès	09626X0067/AVAL	2,2	728 890	6 298 040	348
Nouvelle source des Coutelles	Soubès	Pas de code	2,2	728 908	6 298 042	350
Source des Abricotiers	Soubès	Pas de code		728 560	6 297 870	333
Source de Boussière Nègre	Soubès	Pas de code	2,3	729 294	6 297 953	427
Source de Ladoux	Pégairolles-de-l'Escalette	09625X0231/LADOUX	2,3	726 282	6 301 063	320
Source de Bronzinadouire	Saint-Etienne-de-Gourgas	09626X0014/BRONZI	2,56	730 298	6 298 401	370
Source de la Baume	Soubès	09626X0046/COUTEL	3,07	728 303	6 297 239	267
Source Cécile	Soubès	Pas de code	3,24	728 130	6 297 104	259
Source du Pont	Soubès	Pas de code	2,45	728 793	6 297 889	320

Les sites ont été choisis pour valider certaines relations connues et également pour confirmer l'absence de relation sur des points non surveillés par le passé.

Le temps de transit a été estimé afin de d'établir la période de surveillance. Les données du traçage de 1969 fournissent les éléments suivants : vitesse de 7,5 m/h (assez faible car en crue !), débit injection 0,25 l/s, arrivée après 333 heures. Dans ces circonstances, nous avons une restitution plus longue, soit au-delà de 15 jours.

Compte-tenu du contexte du projet hors période de crue, le temps de transit risque d'être long pour l'injection à l'Aven des Perles (2 à 4 semaines).

Les échantillons d'eau prélevés seront analysés avec un fluorimètre par le Conseil départemental. En cas de besoin, certains échantillons seront envoyés à un laboratoire pour une analyse au spectrofluorimètre afin de confirmer le type de colorant présent.

Les fluocapteurs seront analysés selon la méthode classique (étuve et désorption dans une solution de potasse, analyses visuelles et au fluorimètre) ou envoyés à un laboratoire.

3. Organisation de l'opération

3.1. Visites préalable – Préparation

Durant les 15 derniers jours de juillet 2013, des visites préparatoires ont été réalisées afin de confirmer les possibilités d'injection et de suivi, de mesure de débit, de valider les points de suivi et d'affiner les modalités du suivi.

Source du Bronzinadouire

Cette source est également un captage d'eau potable pour la commune de Saint Etienne de Gourgas. Une visite a permis de montrer que la cavité connue des spéléologues est bien la ressource captée. Il est alors assez facile de mener un suivi par prélèvement manuel au niveau du trop-plein du captage qui coule en permanence. Un fluocapteur a été mis en place également.

Source de la Baume

Lors de la visite, il a été convenu que le prélèvement se ferait proche du départ du bassin de captage au niveau de la crépine. Les venues d'eau étant diffuses, il est difficile de localiser précisément les arrivées. Le point de départ est donc idéal car il concentre les circulations par aspiration. Un fluocapteur a été mis en place.

Source du Pont

Cette source a été identifiée par la mairie. Il semble qu'il s'agisse en fait d'une simple perte/résurgence du cours d'eau. Le contrôle physicochimique simple (conductivité, pH, température) le confirme. La mairie propose de prélever quand même ce point dans la mesure où il est sur le trajet de la tournée de prélèvement.

3.2. Phase d'injections

Les colorants ont été fournis par le Conseil départemental. Ils ont été dilués dans de l'eau et conditionnés dans des bidons étanches (4 ou 6 L) et enveloppés dans des sacs noirs.

Les injections ont été réalisées par les spéléologues du GSM et le Conseil départemental.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des injections :

Tableau 1 - Caractéristiques des injections

Numéro de l'injection	Point d'injection	Distance au point de restitution	Type de colorant	Quantité	Date - Heure	Opérateur
1	Aven des Perles	2,2 km (source des Coutelles)	Fluorescéine	1 kg, diluée dans 4 l d'eau	24 août 2013 - 17h30	Nicolas Liénart Gaby Gil
2	Event de Soubès – Rivière souterraine entre S4 et S5 à l'aplomb de la cheminée	1 km (source des Coutelles)	Amidorhodamine G (= sulforhodamine)	390 g diluée dans 4 l d'eau	24 août 2013 - 16h00	Bernard Galibert Daniel Baraille

La première injection a été assez simple à mettre en œuvre d'un point de vue spéléologique. L'injection n°1 de l'Aven des Perles s'est faite dans l'actif. Le débit était très faible et il n'a pas été possible de procéder à une mesure du débit. L'injection a été réalisée sur 15 minutes en versant délicatement le colorant pour qu'il puisse partir dans le filet d'eau. Malgré les précautions, une partie du colorant s'est épanchée sur les côtés argileux et sera ainsi retenu jusqu'à la prochaine crue.



Figure 1 - Vue de l'injection du colorant dans l'Aven des Perles

L'injection n°2 était plus complexe car elle nécessitait une plongée du siphon S4. Deux plongeurs ont alors traversé le siphon en emportant avec eux un bidon étanche de colorant. L'injection a été réalisée dans l'éboulis à l'aplomb de la cheminée remontante. A cet endroit, la cheminée apporte normalement un débit important par une cascade d'eau. Cependant, le jour de l'injection, la cascade était quasiment tarie. Les spéléologues ont donc collecté un peu d'eau à l'aide d'une bêche, puis ils ont procédé à l'injection dans l'éboulis et versé les quelques litres d'eau pour pousser le colorant. Il semble que cette poussée ait été insuffisante car le fluorimètre présent dans la rivière en aval n'a pas détecté de passage rapide de l'amidorhodamine G.

Cet incident d'injection (blocage du colorant) va finalement se révéler très intéressant pour l'interprétation future.

Nous ne disposons pas de photographies de cette injection.

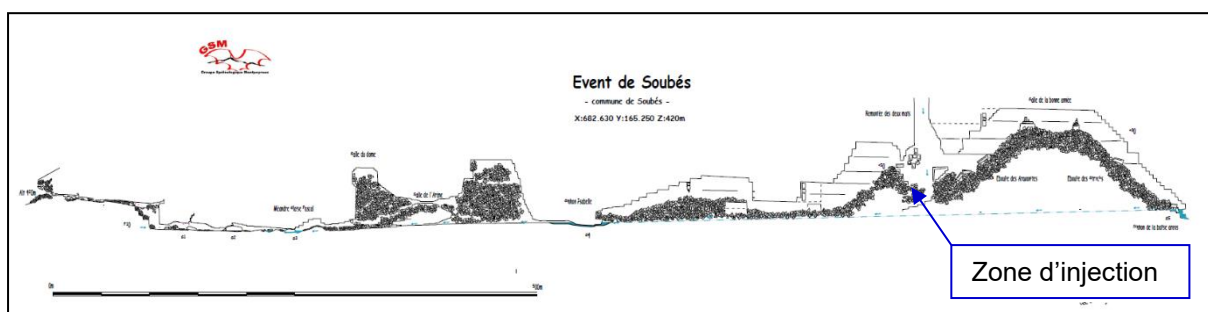


Figure 2 - Localisation de l'injection du colorant dans l'Event de Soubès sur la topographie

3.3. Modalité de surveillance de la restitution

La surveillance a été organisée selon les modalités suivantes et a nécessité l'intervention de plusieurs opérateurs.

Le tableau suivant présente le plan d'échantillonnage.

Tableau 2 - Liste des points de surveillance et modalités de suivi

Point de suivi	Type de suivi Fréquence			Opérateur
	FCA	PM	FL	
Rivière souterraine S5 (balise argos)	X			GSM
Cheminée remontante	X			GSM
Rivière souterraine aval S4 (-)	X		X 10 min	GSM CD34
Source des Coutelles – amont	X	X 2 jours		Mairie
Source des Coutelles – aval	X	X 2 jours	X 10 min	CD34 Mairie
Nouvelle source des Coutelles	X	X 2 jours		Mairie
Source des Abricotiers	X	X 2 jours		Mairie
Source de Boussière Nègre	X	X 2 jours		Mairie
Source de Ladoux	X		X 10 min	CD34
Source de Bronzinadouire	X	X 2 jours		Mairie
Source de la Baume	X	X 2 jours		Mairie
Source Cécile	X	X 2 jours		Mairie
Source du Pont	X	X 2 jours		Mairie

Légende : FCA = fluocapteur / PM = prélèvement manuel / FL = fluorimètre

CD34 = Conseil départemental de l'Hérault

Une planche photographique proposée en Annexe 6 présente une ou deux vues des différents sites surveillés.

4. Résultats de l'opération

4.1. Points d'eau suivis en continu par fluorimètre

4.1.1. Rivière souterraine dans l'évent à l'aval du siphon S4

Le suivi par le fluorimètre s'est déroulé sans aléa.

Le graphique illustre la restitution mesurée des traceurs et la turbidité. Un graphique en pleine page est présent en Annexe 7 pour plus de lisibilité.

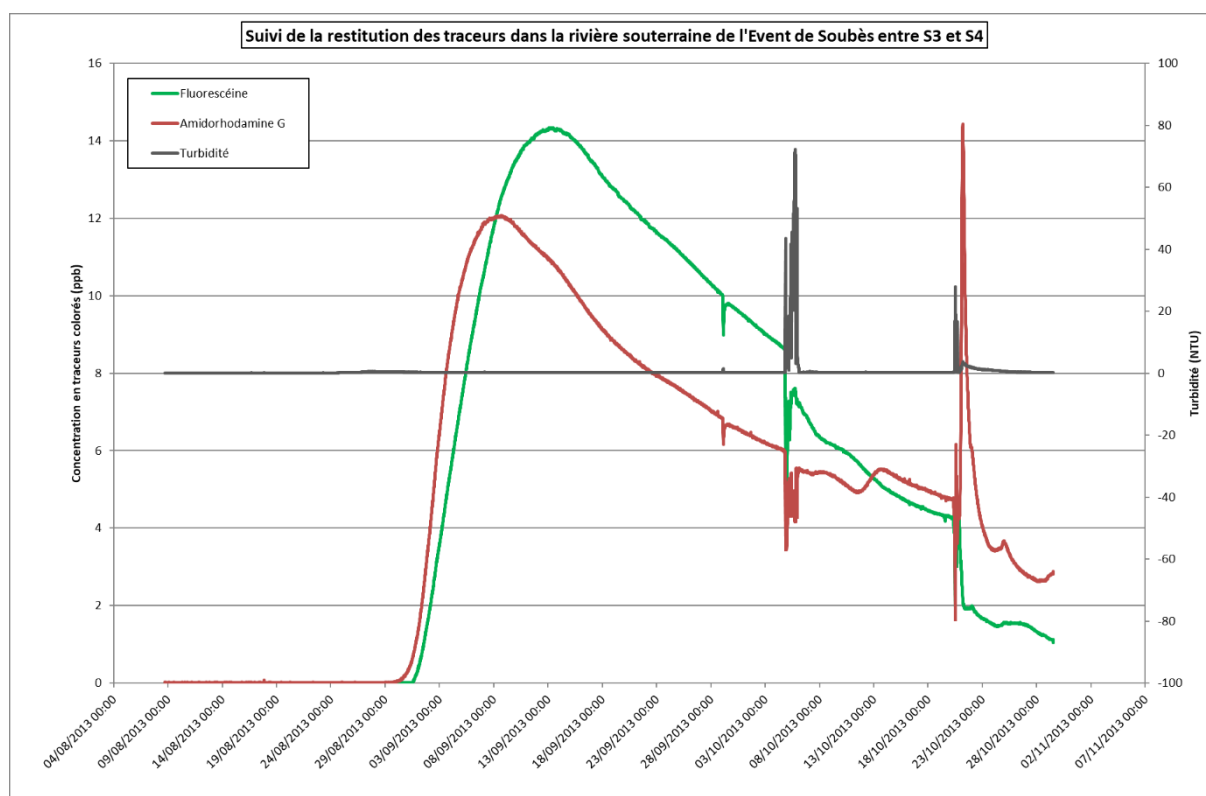


Figure 3 - Courbe de restitution des traceurs dans la rivière souterraine de l'Event de Soubès

Les deux colorants ont circulé dans la rivière de l'Event. On notera qu'ils apparaissent quasiment au même moment le 30 et 31 août, soit environ 7 jours après l'injection.

Les deux restitutions sont très nettes avec des concentrations fortes (plus de 1000 fois le bruit de fond).

La courbe de la turbidité a été décalée sur l'axe vertical secondaire afin de faciliter la lecture du graphique. Elle traduit la présence de deux épisodes de crues ayant entraîné la mise en suspension de particules, le 4 et le 20 octobre.

Tableau 3 - Résultats des traçages au niveau du suivi de l'Event de Soubès

Lieu d'injection	Avent des Perles	Cheminée S4/S5
Date d'injection	24 août 2013 – 17h30	24 août 2013 – 16h00
Traceur	Fluorescéine	Amidorhodmaine-G
Distance	2,2 km	300 m
Date de première apparition	31 août 2013 – 14h00	30 août 2013 – 1h45
Temps de première apparition	^A 164,5 heures (6j 20h 30 min)	^A 129 heures (5j 9h 45min)
Date point modal	13 sept. 2013 – 3h00	8 sept. 2013 – 16h00
Temps modal	^A 465,5 heures (19j 9h 30min)	^A 360 heures (15j 0h 0min)
Durée de la restitution	> 2 mois minimum	> 2 mois
Vitesse de première apparition	^A 13,37 m/h	^A 2,32 m/h
Vitesse moyenne	^A 4,72 m/h	^A 0,83 m/h

Nota : ^A = les chiffres ne traduisent pas la réalité d'un écoulement continu car le système n'a fonctionné qu'à partir de la mise en charge suffisante pour déborder dans la cheminée et alimenter la rivière souterraine (voir les explications dans l'interprétation des phénomènes observés)

Même si les valeurs temporelles obtenues ne peuvent pas être interprétées en terme de vitesse, les informations permettent de comprendre les circulations entre les systèmes aquifères et les régimes d'écoulements.

Pour interpréter cette restitution, il convient de rappeler que l'injection a été hasardeuse. Le colorant (Amido-G) injecté dans l'éboulis n'a jamais rejoint la rivière souterraine sous-jacente car on n'observe aucun signal dans les heures suivant l'injection. Il est resté piégé ou plaqué sur les blocs de pierres de l'éboulis, sans qu'aucune goutte ne rejoigne le cours d'eau souterrain.

A l'issue des premières pluies de début octobre, on peut supposer que l'aquifère supérieur s'est mis en charge progressivement et la cascade de la cheminée s'est activée. L'écoulement d'eau a alors rincé l'éboulis, entraînant ainsi le colorant Amido-G piégé depuis 7 jours. Cette hypothèse explique que le colorant Amido-G arrive en premier sur le fluorimètre.

Cependant, il est suivi de 24 heures par la fluorescéine. Cette observation traduit que l'eau ayant servi à lessiver l'éboulis était chargée en fluorescéine, et que cet aquifère supérieur est alors en contact avec le système des perles où a eu lieu l'injection.

L'aquifère supérieur contribue donc à l'alimentation en eau de la rivière souterraine de l'évent, mais seulement dans des conditions de moyennes à hautes eaux. Il est important de noter que la rivière ne s'est jamais arrêtée de couler. Elle dispose donc d'une arrivée d'eau pérenne entre le S5 et S4, issue de l'aquifère inférieur.

Le régime hydraulique de la rivière de l'Event présente donc un double fonctionnement avec une alimentation pérenne provenant d'un aquifère hettangien et une alimentation temporaire issue du bajocien, descendant rapidement par les cheminées dans la voute de la galerie pendant les moyennes et hautes eaux.

4.1.2. Source des Coutelles – aval

Le suivi par le fluorimètre s'est déroulé sans aléa.

Le graphique illustre la restitution mesurée des traceurs et la turbidité. Un graphique en pleine page est présent en Annexe 8 pour plus de lisibilité.

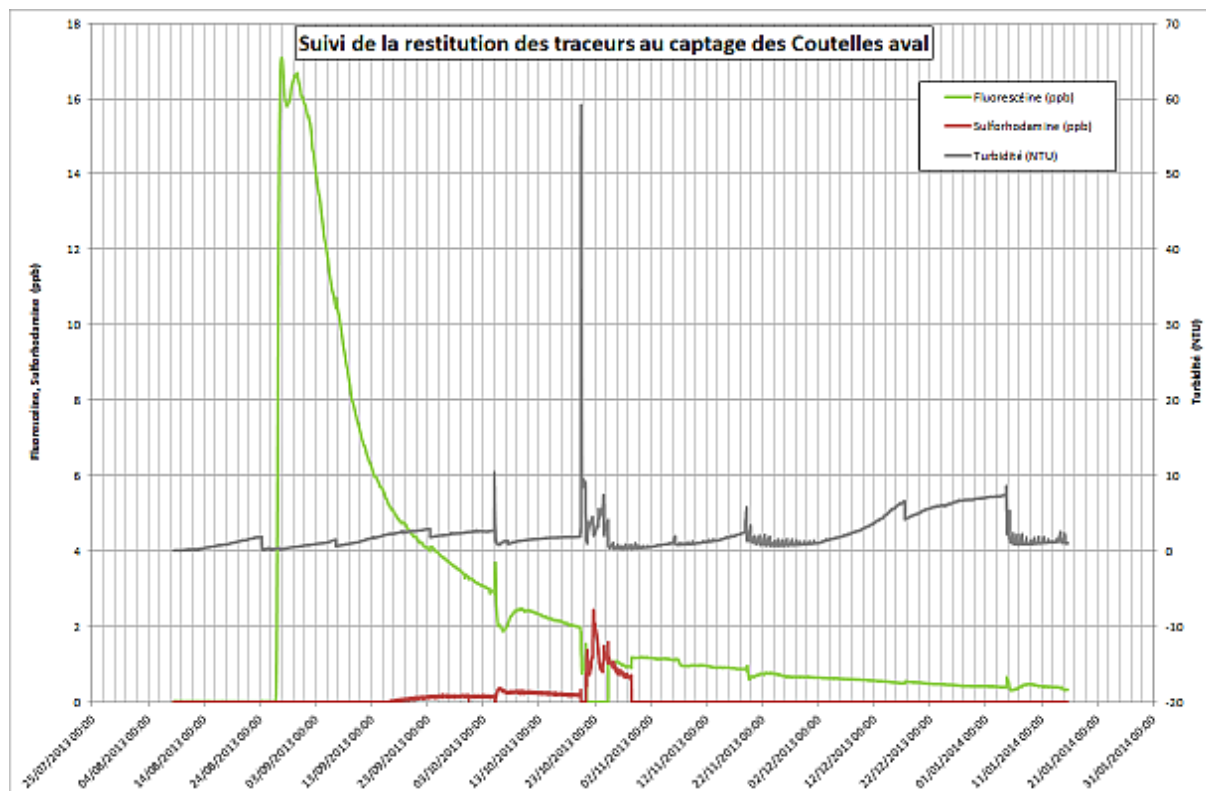


Figure 4 - Courbe de restitution au captage des Coutelles aval

Les deux colorants ont transité par la source des Coutelles aval.

On notera que la fluorescéine apparaît très tôt par rapport aux prévisions, 49 heures après l'injection. L'Amido-G n'apparaît qu'au bout de 540 heures (soit 22 jours).

La courbe de la turbidité a été décalée sur l'axe vertical secondaire pour faciliter la lecture du graphique. Elle traduit la présence de deux épisodes de crues ayant entraîné la mise en suspension de particules, le 4 et le 20 octobre.

La courbe de restitution de la fluorescéine est unimodale avec une montée très rapide et une décroissance assez rapide également. Le pic de concentration correspond à 855 fois le bruit de fond. La vitesse de première apparition est de 44,44 m/h et elle est assez classique dans les karsts locaux. Le temps modal est très court après la première arrivée ; ainsi, la vitesse moyenne est relativement élevée. Ces caractéristiques indiquent un réseau karstique moyennement développé qui permet un écoulement assez rapide et direct.

L'Amido-G montre une restitution faible en 3 temps avec paliers progressifs. Les deux derniers paliers sont dus à des crues qui ont poussé le colorant dans le système et ont généré une augmentation de la concentration. Le dernier palier a créé un léger pic car la crue a été plus forte. La restitution s'arrête nette quelques jours après. Le phénomène de crue est illustré nettement par la courbe de turbidité ; seule la première arrivée n'est pas provoquée par une crue.

Tableau 4 - Résultats des traçages au niveau de la source des Coutelles aval

Lieu d'injection	Aven des Perles	Cheminée S4/S5
Date d'injection	24 août 2013 – 17h30	24 août 2013 – 16h00
Traceur	Fluorescéine	Amidorhodamine-G
Distance	2,2 km	1 km
Date de première apparition	26 août 2013 – 19h00	^A 16 sept.2013 – 12h00
Temps de première apparition	49,5 heures (2j 1h 30min)	^A 540 heures (22j 12h 0min)
Date point modal	27 août 2013 – 22h00	22 oct. 2013 – 17h30
Temps modal	76,5 heures (3j 4h 30 min)	^A 1 417,5 heures (59j 1h 30 min)
Durée de la restitution	2 mois minimum	2 mois environ
Vitesse de première apparition	44,44 m/h	^A 1,85 m/h
Vitesse moyenne	28,76 m/h	^A 0,70 m/h

Nota : ^A = les chiffres ne traduisent pas la réalité d'un écoulement continu car le système n'a fonctionné qu'à partir de la mise en charge suffisante pour déborder dans la cheminée et alimenter la rivière souterraine

La restitution de l'Amido-G n'est pas recevable car le colorant est resté piégé dans l'éboulis. Cependant, on constate également que l'Amido-G met 16 jours depuis son passage au fluorimètre dans l'Event jusqu'au captage de la source aval.

Ainsi, on peut établir le traçage relatif suivant :

- Première apparition de l'Amido-G au Fluorimètre de l'Event = 31 août à 14h
- Première apparition de l'Amido-G au Fluorimètre de la source aval = 16 sept. à 12h
- Temps de passage = 15 jours 12 heures = 372 heures
- Distance = 1 000 m
- Vitesse = 2,69 m/h

La vitesse de circulation de l'Event à la source captée est très faible. Cette information est essentielle pour la vulnérabilité du système. On peut considérer que le captage est peu vulnérable par rapport à l'Event.

La concentration de l'Amido-G est très faible dans le captage. Elle passe de 14 ppb dans l'Event à 2 ppb dans le captage durant la crue du 20 octobre.

Les sources des Coutelles ne sont pas le seul exutoire de l'Event.

La circulation de l'Aven des Perles à la source des Coutelles aval est assez rapide car le colorant a parcouru les 2,2 kilomètres en 76 heures. La vitesse de première apparition est de 44 m/h et la vitesse moyenne proche de 30 m/h ; ces valeurs sont caractéristiques des karst locaux, jugés comme médiocres. Ceci pourrait s'expliquer par le caractère hétérogène des séries carbonatées, pourtant puissantes de plusieurs centaines de mètres, qui alternent des calcaires purs, avec des dolomies et des calcaires plus marneux.

Il existe une relation directe entre l'Aven des Perles et la source des Coutelles aval, sans que le réseau souterrain n'emprunte l'Event. Néanmoins, le passage de l'Amido-G en quantité faible indique que la liaison entre l'Event et la source existe mais avec des vitesses de circulations faibles traduisant une karstification peu développée.

4.1.3. Source de Ladoux

Le suivi par le fluorimètre s'est déroulé sans aléa.

Le bruit de fond s'est maintenu à 0,33 ppb durant tout le suivi du 27 août au 6 septembre, soit sur 10 jours.

La source se situe en amont du système et à l'ouest, à une distance de 2 300 m.

Le suivi a été arrêté le 6 septembre 2013. La vitesse de circulation serait passée sous la valeur de 10 m/h et compte-tenu du débit de la source de Ladoux, les vitesses dans cette partie du karst sont vraisemblablement supérieures. De plus, la restitution était en cours à la source des Coutelles et à l'Event depuis plusieurs jours.

Il n'existe pas de relation directe entre l'Aven des Perles et la source de Ladoux. Cela semble cohérent avec les écoulements connus, les axes de fracturation et les pendages des formations géologiques. Son bassin d'alimentation reste à identifier.

4.2. Points d'eau suivis en prélèvement manuel

4.2.1. Présentation des résultats

Les autres points de suivis de l'étude ont fait l'objet de prélèvements manuels et de suivi par fluocapteurs.

Les échantillons d'eau ont été analysés en fluorimétrie. Certains échantillons positifs ont été contrôlés en spectrofluorimétrie.

Les fluocapteurs ont été analysés en spectrofluorimétrie.

L'analyse en fluorimétrie a été réalisée avec un fluorimètre FL30 par le Conseil départemental. L'analyse en spectrofluorimétrie a été confiée au laboratoire du CETRAHE (Orléans).

Les résultats des analyses sont présentés sur des fiches en Annexe 9 et sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 5 - Données de restitutions sur les points surveillés

Point de suivi	Résultat Fluorescéine		Résultat Amido-G		Commentaire
	FCA	PM	FCA	PM	
Rivière souterraine S5	?	?	?	?	FCA non récupéré
Cheminée remontante	?	?	?	?	FCA non récupéré
Rivière souterraine aval S4 (-)	?	?	?	?	FCA non récupéré
Source des Coutelles – amont	na	+	na	+	1 ^{ère} apparition = 28/08
Source des Coutelles – aval	na	+	na	+	1 ^{ère} apparition = 28/08
Nouvelle source des Coutelles	na	+	na	+	1 ^{ère} apparition = 28/08
Source des Abricotiers	+	+	-	-	1 ^{ère} apparition = 28/08
Source de Boussière Nègre	+	+	-	-	1 ^{ère} apparition = 30/08
Source de Ladoux	na	na	na	na	
Source de Bronzinadouire	+	+	-	-	1 ^{ère} apparition = 30/08
Source de la Baume	+	-	-	-	Trace dans le FCA
Source Cécile	+	+	-	-	1 ^{ère} apparition = 21/10 (?)
Source du Pont	na	+	-	-	1 ^{ère} apparition = 28/08

na : non analysé

4.2.2. Cas de la source de Bronzinadouïre

La première apparition de la fluorescéine date du 30 août, soit environ 140 heures après l'injection. Le suivi par prélèvement manuel ne permet pas plus de précision.

La vitesse de circulation est de l'ordre de 18,3 m/h ; ce qui est deux fois plus faible que pour le transit de l'Aven des Perles vers les Coutelles.

Les concentrations mesurées sont très faibles : 10 fois le bruit de fond et 100 fois moins que les concentrations de l'Event et des sources des Coutelles.

La courbe de restitution semble montrer une seconde arrivée mi-octobre, qui pourrait impliquer une restitution plurimodale. Cette hypothèse ne pourra pas être vérifiée car le suivi n'a pas été poursuivi au-delà du 21 octobre et une seule mesure est disponible.

La source Bronzinadouïre appartient donc au même bassin hydrogéologique que les sources des Coutelles.

Nous pouvons regretter de ne pas avoir surveillé la source de l'Avocat pour entériner définitivement ces conclusions sur la séparation des hydrosystèmes « Perles/Coutelles-Bonzinadouïre » et « Lièvre-Cochon-Pont noir/Avocat ». Ce suivi devra être mis en place lors d'un éventuel prochain traçage.

4.2.3. Cas des sources du Lias dans le vallon du Subrebet

Les sources du Lias (Hettangien), dont les Coutelles font parties, représentent les exutoires inférieurs du bassin hydrogéologique concerné au contact des formations imperméables du Trias (Rhétien).

La première apparition de la fluorescéine est quasiment identique sur toutes les sources : Coutelles, Abricotiers, Pont.

La source Cécile présente une restitution très tardive vers le 21 octobre avec des concentrations faibles.

La source de la Baume ne présente que des traces de fluorescéine dans le fluocapteur.

La source Cécile et la source de la Baume pourraient ne pas être connectées au système aquifère du Lias Aven des Perles/Coutelles. En effet, les faibles concentrations et le temps d'apparition décalés peuvent s'expliquer par des pertes d'eau colorées en provenance des Coutelles dans le ruisseau du Subrebet qui rejoindraient les deux sources. Si tel est le cas, la vulnérabilité de ces sources pourraient exister.

On retiendra que les vitesses d'apparition sont assez élevées pour une situation d'étiage et compte-tenu de la karstification moyenne des formations rencontrées. Il est cependant avéré que les eaux du Jurassique colorées à la fluorescéine rejoignent par percolation le réservoir du Lias sous-jacent au travers des zones faillées dans le Toarcien.

Le cas de l'Event de Soubès montre que cette relation peut être singulière (cheminée) mais il est possible de considérer que certaines jonctions se réalisent au niveau de zones broyées.

L'aquifère du Lias peut alors être considéré comme un réservoir à multiples compartiments, sans relation horizontale et avec une alimentation partielle ou totale par la drainance des eaux de l'aquifère supérieur du Jurassique.

5. Interprétation des résultats

On présentera dans un premier temps les conclusions sur la relation entre l'Aven des Perles et l'Event de Soubès démontrée pour la première fois, et on étendra les hypothèses de circulations entre les karsts du système hydrogéologique de Soubès.

5.1. Relation entre l'Aven des Perles et l'Event de Soubès

La courbe de restitution du traçage obtenue dans la rivière de l'Event de Soubès montre que la rivière n'est pas alimentée par le karst jurassique si la cheminée de l'Event ne coule pas. La cheminée représente donc la seule alimentation par drainance du karst supérieur.

Cela implique que la rivière de l'Event est alimentée par un bassin hydrogéologique en amont de la cheminée, et que ce dernier est indépendant de l'aquifère hettangien situé sous le secteur de l'Aven des Perles.

La compartimentation de l'aquifère hettangien semble également confirmée par les autres suivis sur les sources Abricotiers et du Pont.

Ainsi, selon les conditions hydrauliques au sein des karsts :

- En période de basses eaux, la cheminée de drainance du karst supérieur est tarie et la rivière souterraine est alimentée uniquement par un karst amont indépendant du karst hettangien entre l'Aven des Perles et les sources des Coutelles.
- En période de moyennes et hautes eaux, la cheminée de drainance du karst supérieur est active (observation rapportée par le GSM) ; la rivière souterraine se trouve alimentée par le karst amont et la drainance du karst jurassique.

Cette observation démontre la compartimentation verticale des systèmes karstiques des Coutelles (sources et Event) avec une mise en relation nécessitant des conditions de moyennes à basses eaux et un niveau piézométrique suffisant dans le karst supérieur pour permettre à l'eau souterraine d'atteindre la cheminée et ainsi débordée par drainance vers le karst inférieur : il s'agit d'une alimentation par débordement.

Ce fonctionnement est assez singulier de l'Event puisque les circulations sont rapides vers les autres sources en aval du système. Une nouvelle expérience de coloration en période de crue permettrait de savoir si la saturation de l'aquifère hettangien est généralisable, y compris pour l'Event.

5.2. Relation Aven des Perles / Sources des Coutelles

Contre toute attente, la fluorescéine est réapparue pour la première fois le 26 août 2013 à 20h00, soit 51 heures seulement après l'injection. Compte-tenu de la distance parcourue de 2,2 km, la vitesse moyenne peut être évaluée à 44 m par heure.

Ce traçage représente une surprise car les conditions d'août 2013 se situaient en étiage sévère. En effet, l'injection a été délicate compte-tenu du faible débit dans l'Aven des Perles. Si l'on se réfère au traçage de 1969, le même trajet a été parcouru en période de crue en 333 heures, soit 282 heures de plus !

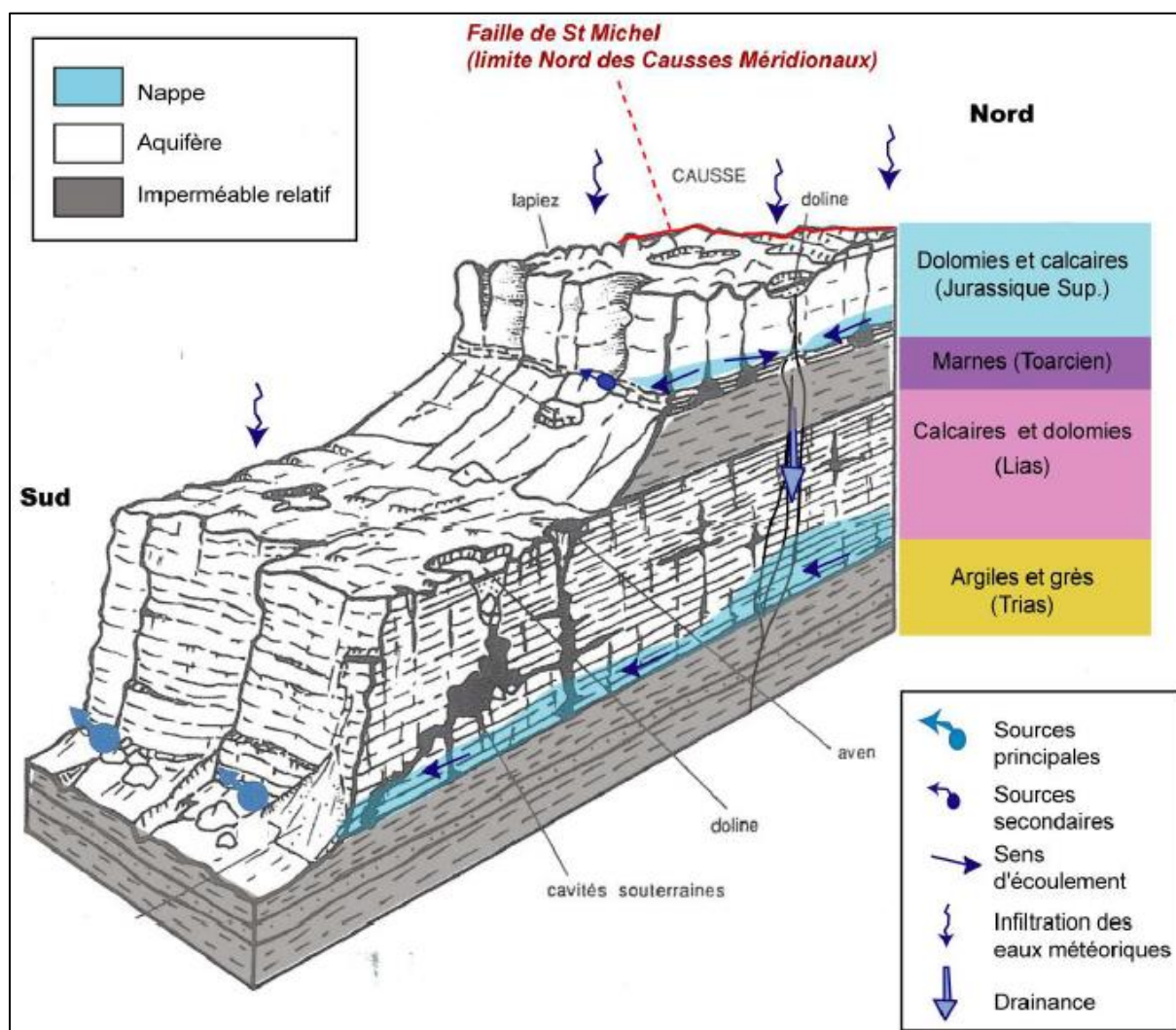
La remarque de R. Roux (Roux, 1971) sur « *la curiosité de ce traçage lent dont la restitution sort concentrée* » prend alors tout son sens si l'on formule l'hypothèse suivante :

En période de crue, les calcaires hettangiens représentant la partie inférieure de cet aquifère « à double étage » sont saturés. Les eaux en provenance des calcaires bajociens composant la partie haute du système se retrouvent alors piégées dans une zone de stockage perchée, le colorant gardant ainsi toute sa concentration. Ce n'est que lors de la décrue de la partie inférieure que l'eau colorée piégée se retrouve mobilisée pour quitter le réservoir perché et rejoindre l'aquifère inférieure puis les sources. Cette hypothèse est également cohérente d'un point de vue géologique au sens strict car les pendages des calcaires sont dirigés vers le nord.

Ainsi, tout écoulement gravitaire vers le sud est rendu plus difficile. Néanmoins, durant cette période de saturation de l'étage inférieur, il n'est pas impossible que des circulations plus ou moins horizontales interviennent au sein des calcaires bajociens et contribuent à l'activation temporaire des sources perchées.

Nous proposons ainsi un modèle de fonctionnement bimodal du système en fonction des conditions de saturation du niveau inférieur.

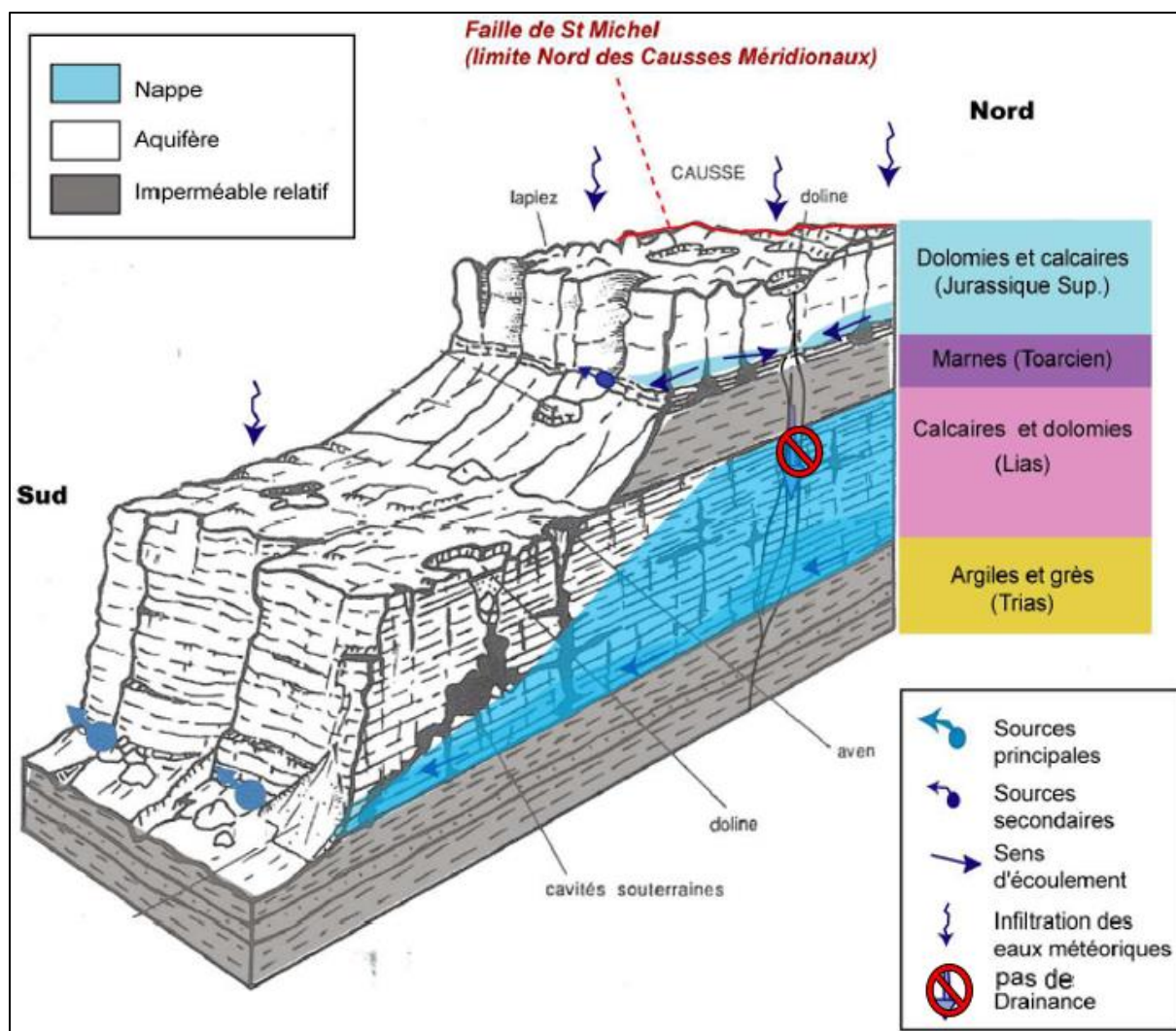
Les croquis de la Figure 5 et de la Figure 6 illustrent les fonctionnements selon les contextes.



Source : Hydrofis

Figure 5 - Bloc diagramme du karst local en période de basses et moyennes eaux

En condition de basses et moyennes eaux, on observe que l'aquifère inférieur du Lias est non saturé et que les écoulements ont lieu à la base du système au contact du Trias.



Source : Hydrofis - modifié

Figure 6 - Bloc diagramme du karst local en période de hautes eaux

En condition de hautes eaux, on observe que l'aquifère inférieur du Lias est saturé. Les écoulements se font toujours à la base au contact du Trias mais la porosité cinématique n'est pas suffisante pour évacuer le trop-plein d'eau. Cela est possible dans des karsts dits « médiocres » dont le processus de karstification n'a pas permis de développer de grands réseaux.

Cette hypothèse ne correspond pas à la description de l'Event de Soubès dont les galeries sont de belles dimensions. Cependant, le phénomène de retard à la restitution n'a été observé que sur les sources des Coutelles et nous avons vu que l'écoulement entre l'Event et les sources est relativement faible.

Ainsi l'hypothèse de saturation pourrait ne s'appliquer que pour le sous-système Perles/Coutelles, mais ne pas être valable pour l'Event. Nous savons que l'Event peut se mettre en charge totalement, ce qui conforterait l'hypothèse de la saturation des systèmes inférieurs. Une nouvelle expérience de coloration en période de crue permettrait de comprendre les comportements de l'Event et des sources des Coutelles. Il faut cependant retenir que l'équipement d'un fluorimètre dans l'Event en période crue est assez dangereux et que le matériel pourrait subir de lourdes avaries.

5.3. Relation Aven des Perles / Source Bronzinadouïre

La source de Bronzinadouïre constitue un exutoire de l'Hettangien situé dans le cirque de Gourgas, sur son flanc ouest. Malgré sa proximité et une altitude équivalente à la source de l'Avocat, la source ne ferait pas partie du même bassin hydrogéologique (absence de coloration lors du traçage de la perte du Pont Noir (SCM, 1964)).

La circulation de l'Aven des Perles à la source Bronzinadouïre est donc confirmée par cette expérience. Cependant, les faibles concentrations de colorant conduisent à penser que ce système est doté d'une autre alimentation (mélange de deux eaux).

La présence d'une faille majeure dans l'axe de la Serre de Molenty ne joue pas de rôle dans une compartimentation du karst. Cet écoulement implique un transit d'ouest vers l'est, à l'encontre des axes de fracturations. Cela pourrait justifier sa lenteur relative.

On ignore si la majorité de l'écoulement se produit dans la série jurassique avant une drainance verticale vers l'Hettangien (fonctionnement de l'évent) ou si le drainage vertical se produit en amont au plus près de l'Aven des Perles.

Il faut retenir de l'opération de traçage que la source Bronzinadouïre appartient au même bassin hydrogéologique que les sources des Coutelles, au moins dans des conditions d'étiage.

5.4. Synthèse des circulations

Les résultats sont présentés sous forme cartographique en Annexe 10.

Les relations avec la source du Pont, la source de la Baume et la source Cécile n'ont pas été représentées compte-tenu de la possibilité d'infiltration dans des pertes du Subrebet.

Une représentation altimétrique est proposée sur la figure suivante afin d'illustrer les dénivelés présents.

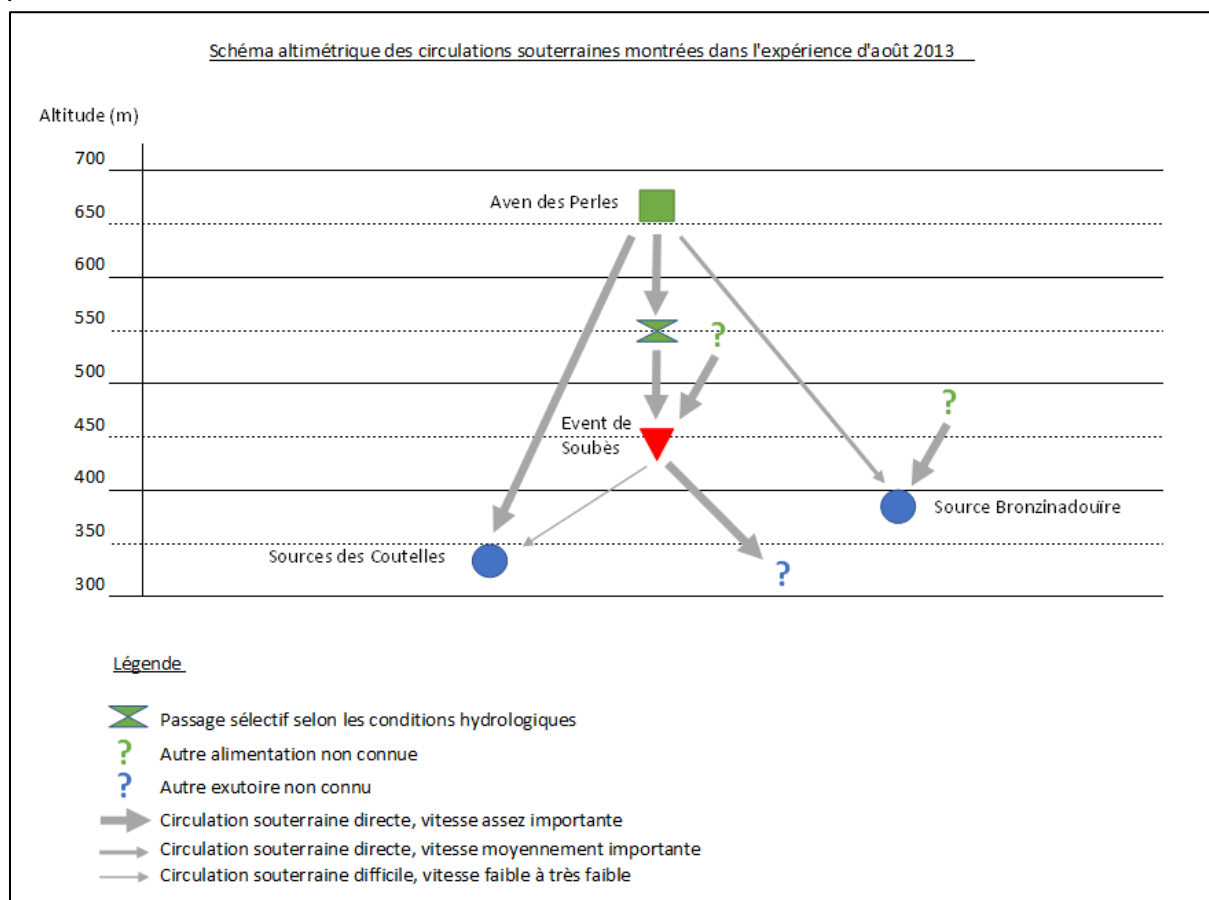


Figure 7 - Schéma altimétrique des circulations souterraines

6. Conclusion

L'expérience de colorations menée en août 2013 sur le bassin hydrogéologique des Coutelles (Soubès) était l'occasion de disposer de données quantitatives sur une relation démontrée en 1969. L'objectif était également d'améliorer les connaissances sur le lien entre la rivière souterraine de l'Event de Soubès et les sources des Coutelles, et sur la relation entre le karst jurassique supérieur et le Lias.

L'injection de colorants à l'Aven de Perles et en amont du siphon S4 dans l'Event a été réalisée en période d'étiage assez sévère.

L'Amido-G injectée dans l'Event est restée piégée du fait de l'absence d'écoulement. La fluorescéine de l'Aven des Perles a pénétré dans le karst par un faible écoulement.

Les premières apparitions de fluorescéine ont été observées 51 heures après aux sources des Coutelles et sous 96 heures pour les autres sources sourdant à la base du Lias. La rapidité de cette circulation dans le contexte d'étiage a été surprenante. Les vitesses traduisent une drainance assez rapide pour environ 300m de dénivelé sur 2 200 m de parcours. Elles démontrent la perméabilité sélective des marnes du Toarcien.

La source de Bronzinadouire a révélé l'arrivée de la fluorescéine après 144 heures, indiquant ainsi son appartenance au bassin hydrogéologique des Coutelles.

Les apparitions de l'Amido-G n'ont été constatées qu'à la suite d'une petite pluie qui a mis en charge le karst jurassique ; ce qui a permis la drainance par une cheminée vers la rivière de l'Event. L'eau descendant a lessivé l'éboulis où était piégé le colorant. Cette eau était également chargée en fluorescéine ; ce qui démontre le phénomène d'alimentation singulière par l'aquifère supérieur et la présence d'un second système hydrogéologique en amont de la rivière de l'Event, non colorée avant la mise en charge de la cheminée.

Les données historiques du traçage de 1969 montraient une circulation très lente en crue avec une restitution concentrée. Les résultats de la présente expérience en étiage permettent de formuler des hypothèses cohérentes avec l'observation historique.

Nous retiendrons que le système hydrogéologique local est constitué de deux aquifères superposés à pendage nord, séparés par une zone de marnes dont la perméabilité est sélective d'un point géographique et d'un point de vue hydrologique. Ainsi, l'aquifère inférieur de l'hettangien est alimenté partiellement ou totalement par une drainance depuis le jurassique. Cette drainance est active et rapide sur certains secteurs mais requière certaines conditions de mise en charge sur d'autres (cheminée de l'Event). A cela, s'ajoute une compartimentation de l'aquifère hettangien dont les zones alimentées par le karst jurassique ne communiquent pas nécessairement horizontalement avec les autres. L'amont de l'Event montre l'existence d'un système hydrogéologique non connecté avec les calcaires jurassiques du secteur de l'Aven des Perles.

Pour l'intérêt exploratoire des spéléologues, l'opération permet d'affirmer qu'il existe un réseau parallèle à l'Event, assez karstifié et qui ne communique pas, ou peu, avec la rivière de l'Event. La présence d'une faille majeure sur les sources des Coutelles et parallèle à la faille de l'Event laisse présager une fracturation drainante selon cet axe.

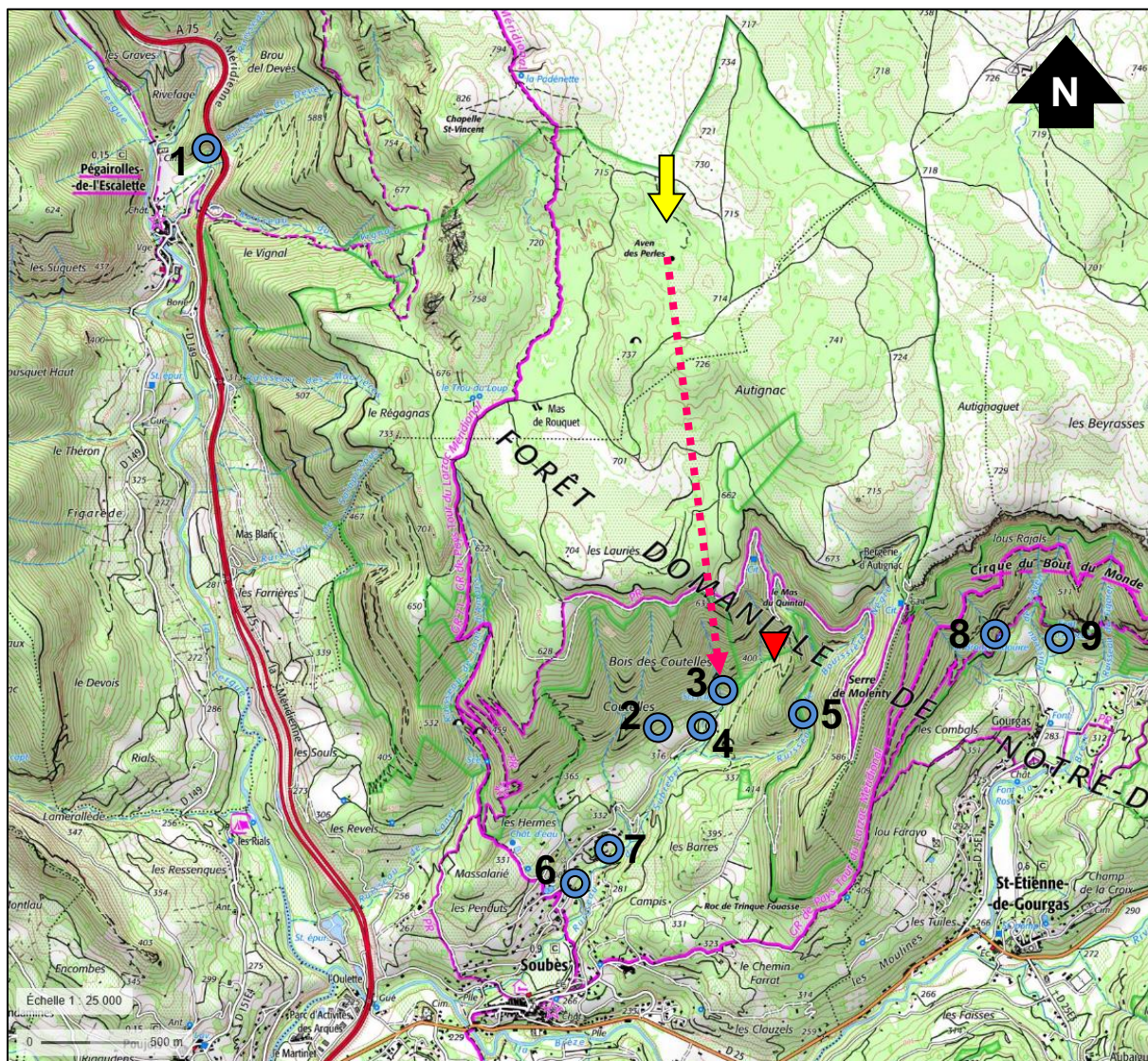
D'un point de vue sanitaire pour les captages des sources des Coutelles, l'opération démontre que la rivière de l'Event est très peu en relation avec les sources. L'activité spéléologique dans la cavité présente ainsi un risque très faible, sachant que les explorateurs sont respectueux dans leur pratique car conscients de la présence du captage.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE consultée dans le cadre de l'étude

- BGRM (1990). *Approche globale de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution*. Montpellier.
- GERSAM (1992). *Document de synthèse confidentiel sur l'inventaire spéléologique du Larzac et de la Séranne*. Montpellier.
- Hydrofis-BRL (2015) - *Etude de connaissance de l'hydrologie de surface du bassin amont de la Lergue, contributions des eaux souterraines aux débits d'étiage dans le bassin*. 74 pages
- Orengo, R (1995). *Avis sanitaire concernant les périmètres de protection des sources des Bois de Coutelles et du forage de Saint Pons*. Avis sanitaire, Soubès.
- Reille, J.-L. (1991). *Détermination des périmètres de protection des points de prélèvements d'eau destiné à la consommation humaine - Expertise de l'hydrogéologue agréé - Captage de la source de Bronzinadouire*. AEPC HA 34 91-011. Juin 1991
- Roux, R. (1971). *Etude du réseau Aven des Perles - Source captée de Soubès*. *Bulletin de la fédération de spéléologie de l'Hérault* - GERSAM - Comité Départemental de Spéléologie - n°1.
- Schudel (2002). *Utilisation des traceurs artificiels en hydrogéologie* - Guide pratique.
- SCM (1964). *Notes relatives à la coloration effectuée le 11/11/1964 à 16h45 au niveau du Pont Noir*. Saint-Pierre-de-la-Fage. Note du 8 novembre 1964
- SCL GV (1985). *Traçage Saut du Lièvre-l'Avocat*. Article partiel extrait d'une publication non connue.
- Touet, F. (2009). *Avis de l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique - rapport final - captage des Coutelles - Commune de Soubès*. Avis sanitaire, Soubès.
- GSM (1999). *De la perfo à la plume...30 ans d'exploration*. Historique, descriptif, contexte hydrogéologique et topo. Publication du GSM

ANNEXES



Source : IGN, GEOPORTAIL

Légende



Aven des Perles



Sources : 1 = Ladoux / 2 = Abricotiers / 3 = Coutelles (AEP) / 4 = Pont /
5 = Bouissière Nègre / 6 = Source Cécile / 7 = Source Baume /
8 = Bronzinadouïres / 9 = Avocat

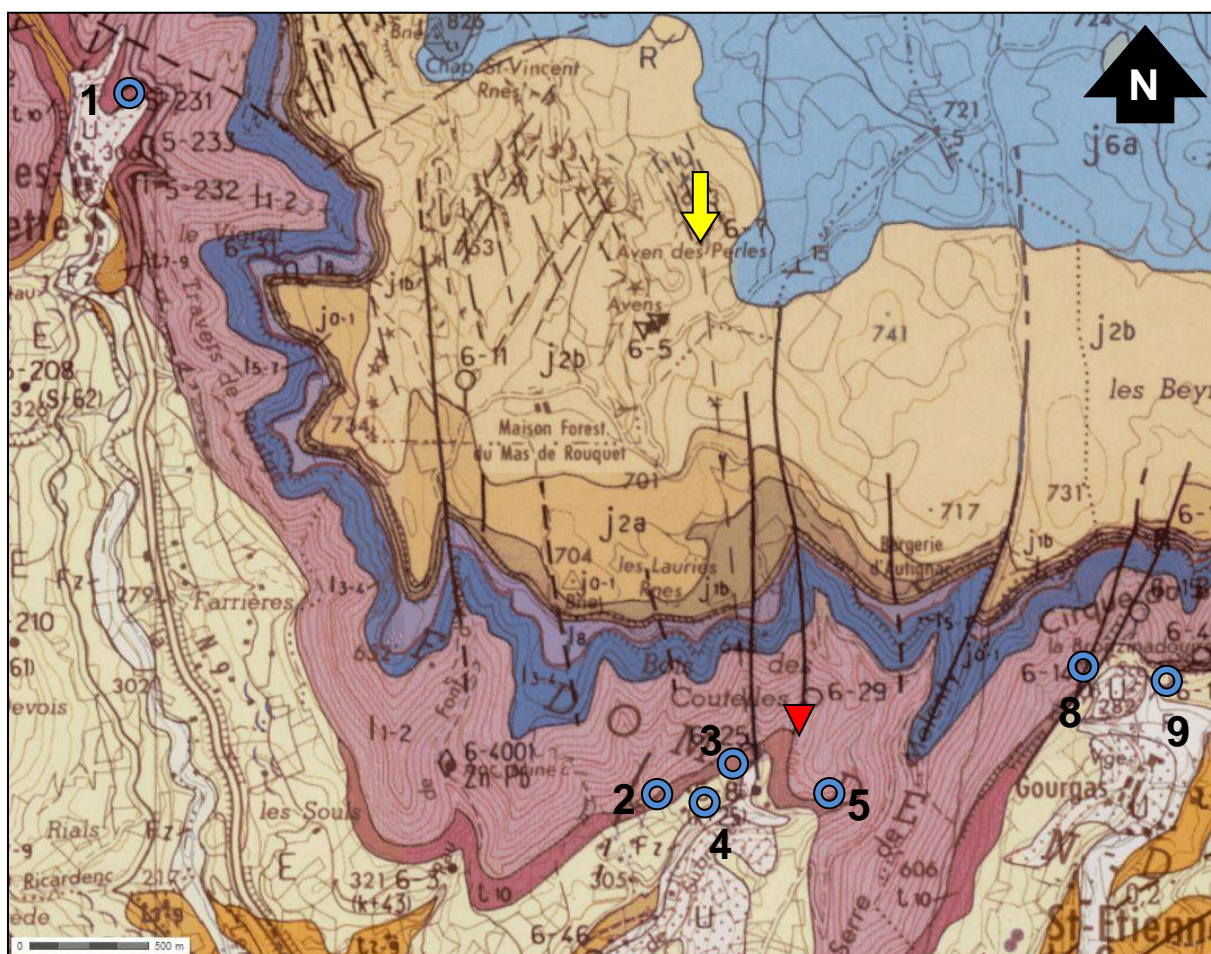


Event de Soubès



Circulation karstique connue (Traçage de 1969)









Annexe 1 : Plan de situation et localisation des points de l'étude



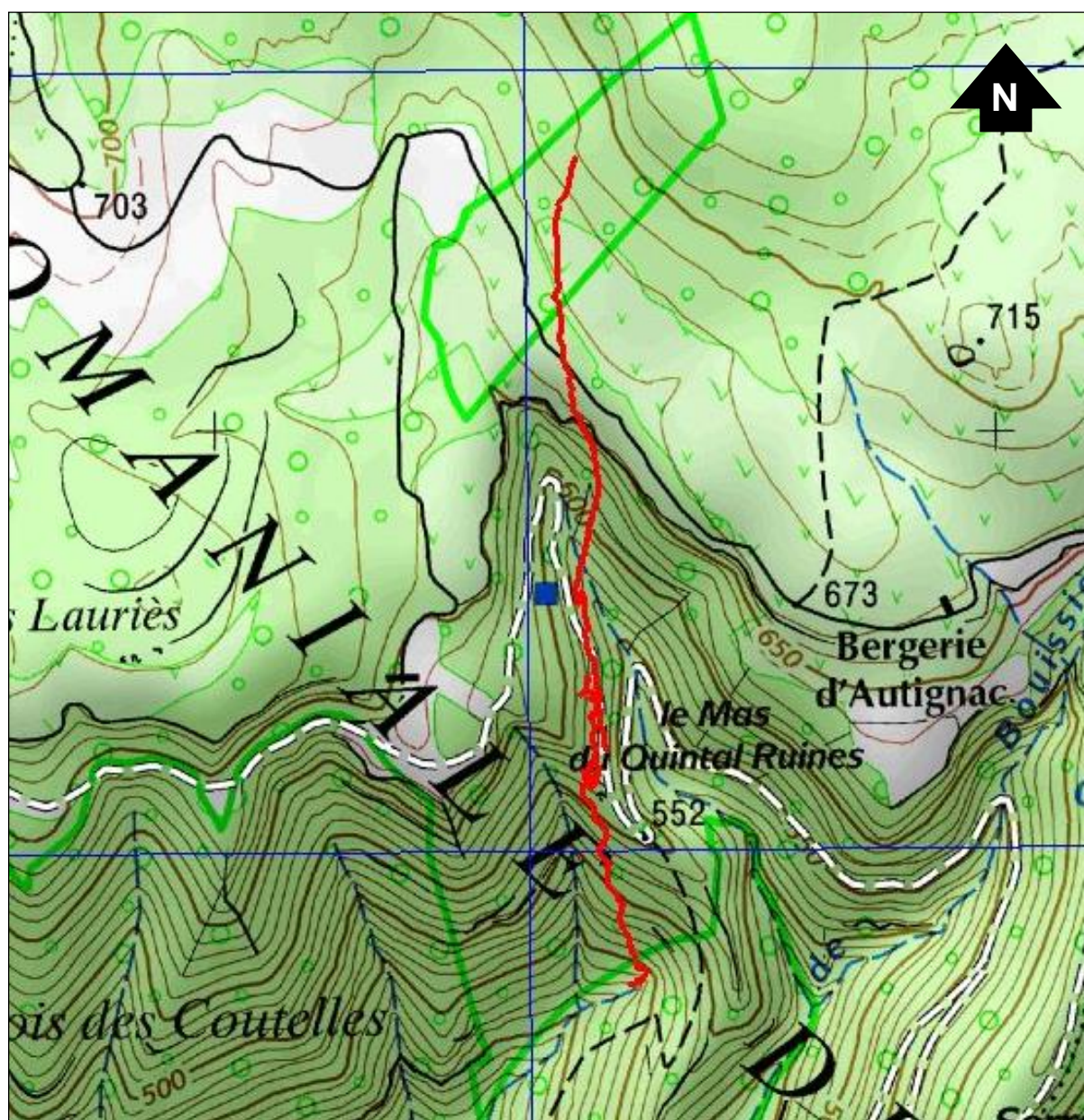
Source : Infoterre

Légende

Lithologie

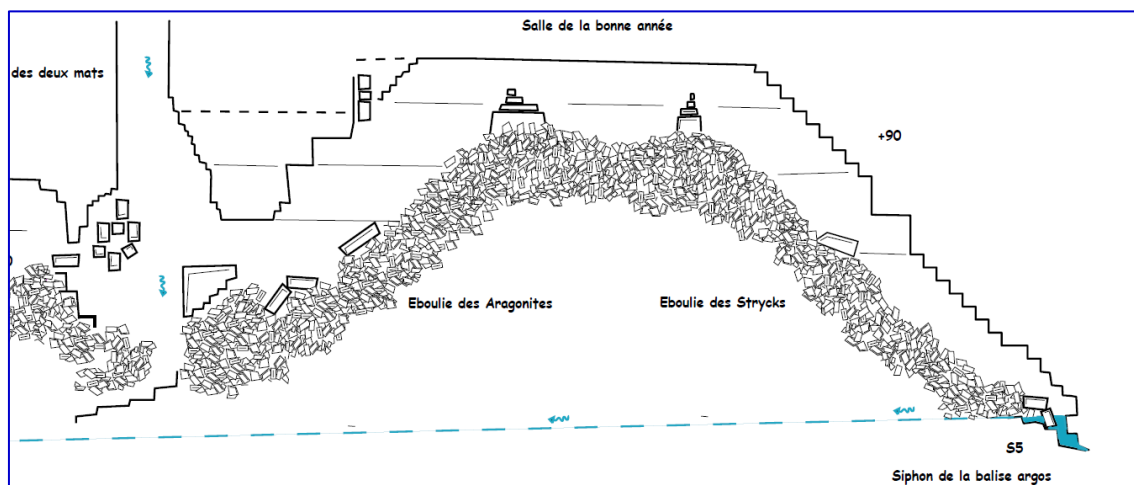
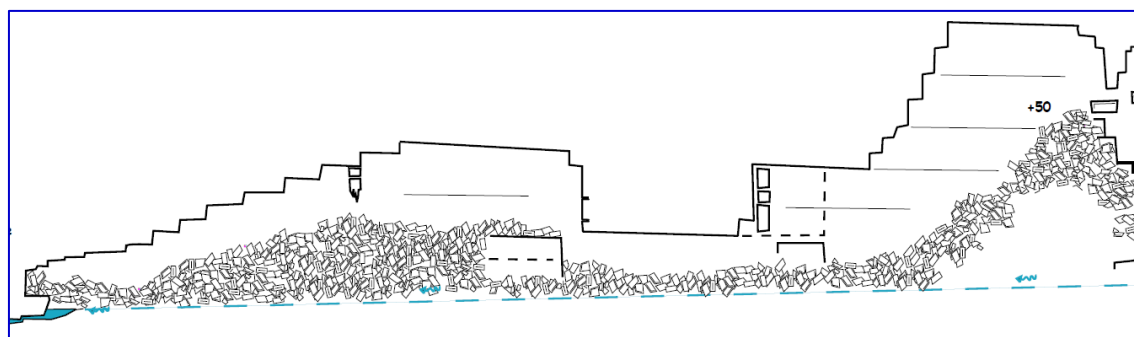
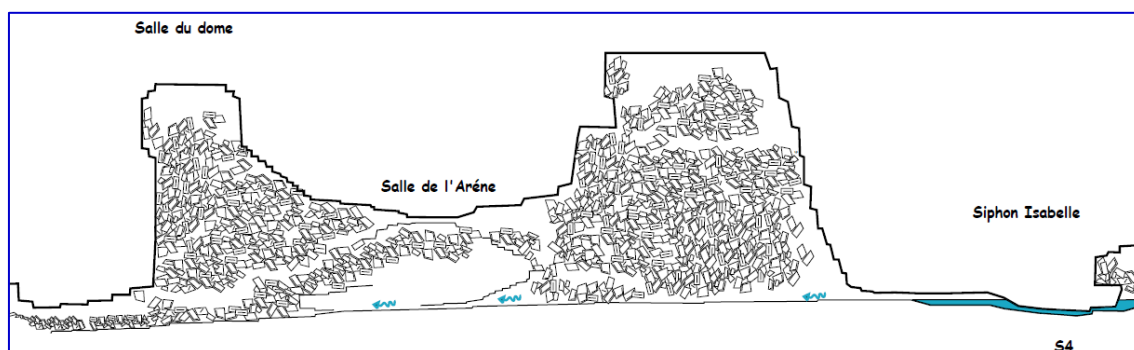
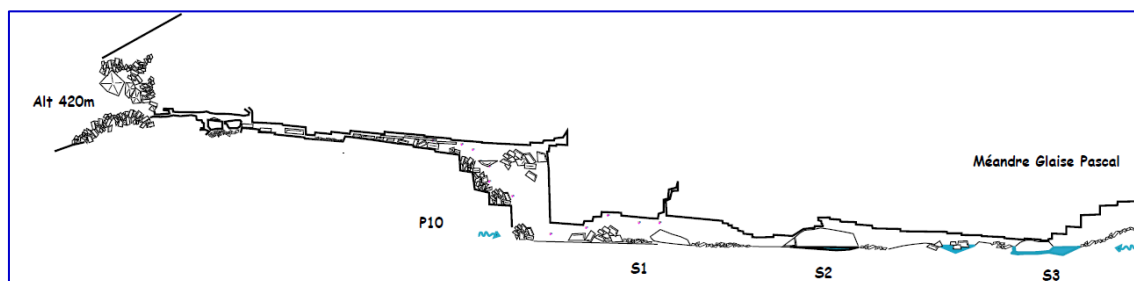
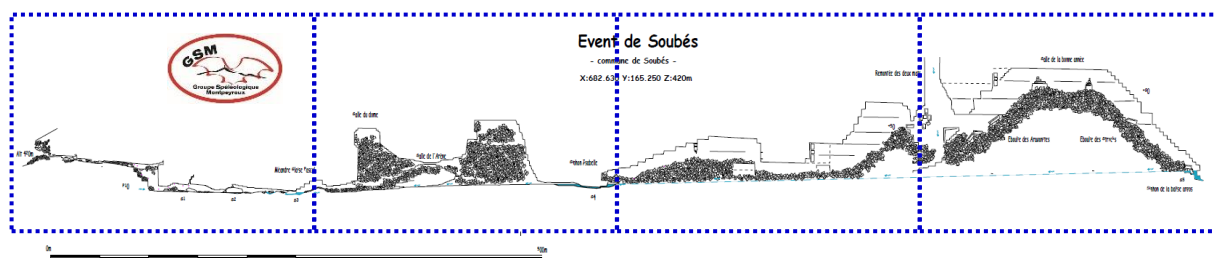
	J6a : Calcaires sublithographiques en petits bancs - (Oxfordien supérieur)
	J2b : Dolomie massive ruiniforme du Larzac (Bathonien supérieur)
	J2a : Calcaires en petits bancs, bioclastiques et en plaquettes (Bathonien inférieur)
	J1b : "Dolomie du Caylar", localement calcaires fin à la base (Bajocien supérieur)
	I8 : Marnes grises feuilletées, "schistes carton" à la base (Toarcien supérieur)
	I3-4 : Calcaires biodétritiques à chailles et dolomie, surface perforée au sommet - Pas de l'Escalette - Domaine du Seuil caussenard (Sinémurien)
	I1-2 : Dolomie ("dolomie cubique") et calcaires dolomitiques en petits bancs (Hettangien)
	t10 : Calcaires, dolomies, marnes noires du Rhétien (Trias supérieur)

Annexe 2 : Contexte géologique



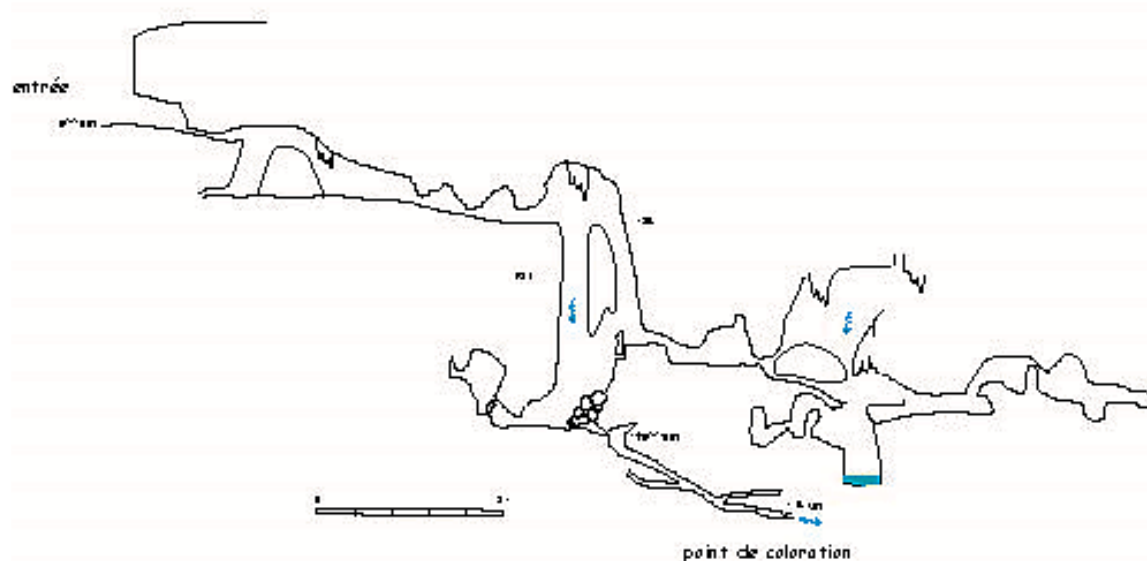
Source : GSM

Annexe 3 : Plan de l'Event de Soubès reporté sur fond topographique



Annexe 4 : Coupe développée de l'Event de Soubès et zooms en 4 zones

Aven-grotte des Perles ou Aven n°2 du Mas de Rouquet



Annexe 5 : Coupe développée de l'Aven des Perles

Annexe 6 : Planche photographique illustrant les sites surveillés

Event de Soubès (Rivière souterraine aval S4)

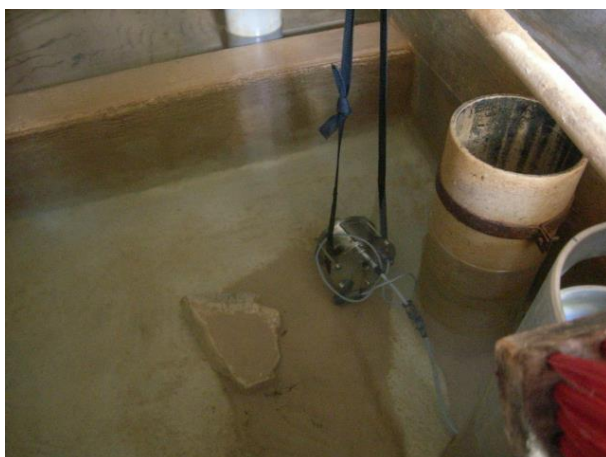


Vue du fluorimètre en place



Vue sur la centrale d'acquisition en paramétrage

Source (captage) des Coutelles



Coutelles Aval - Vue du fluorimètre en place



Coutelles Amont - Vue de la pose du FCA



Coutelles Source nouvelle - Vue d'un jaugeage

Source des Abricotiers



Vue lors de la pose du FCA



Vue lors du retrait du FCA (bassin vide)

Source de Bouissière Nègre



Vue de la pose du FCA



Vue d'une mesure physicochimique

Source de la Bronzinadouire



Grotte (source)



Mesures au trop-plein (FCA dans ruisseau)

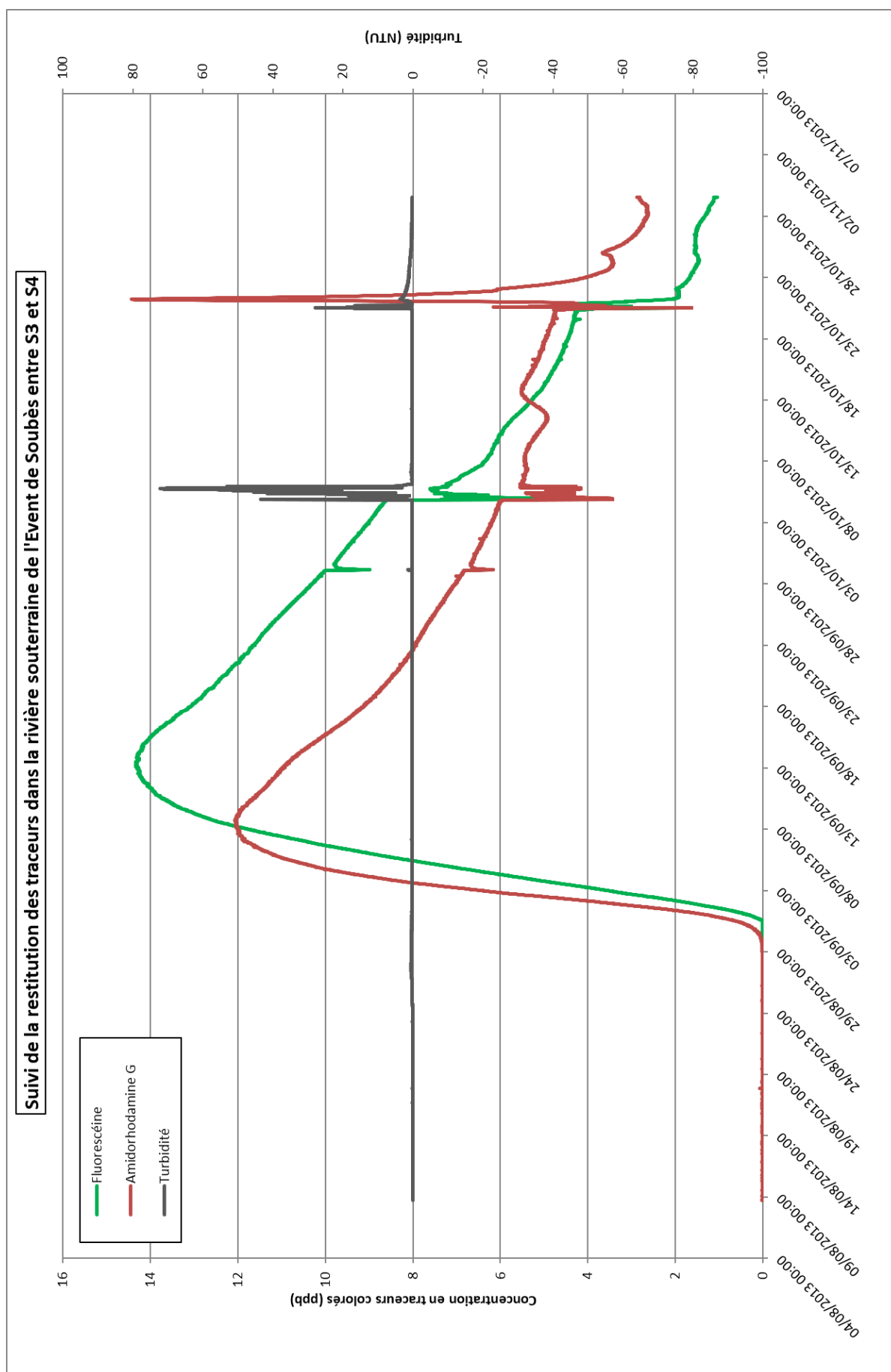
Source de la Baume



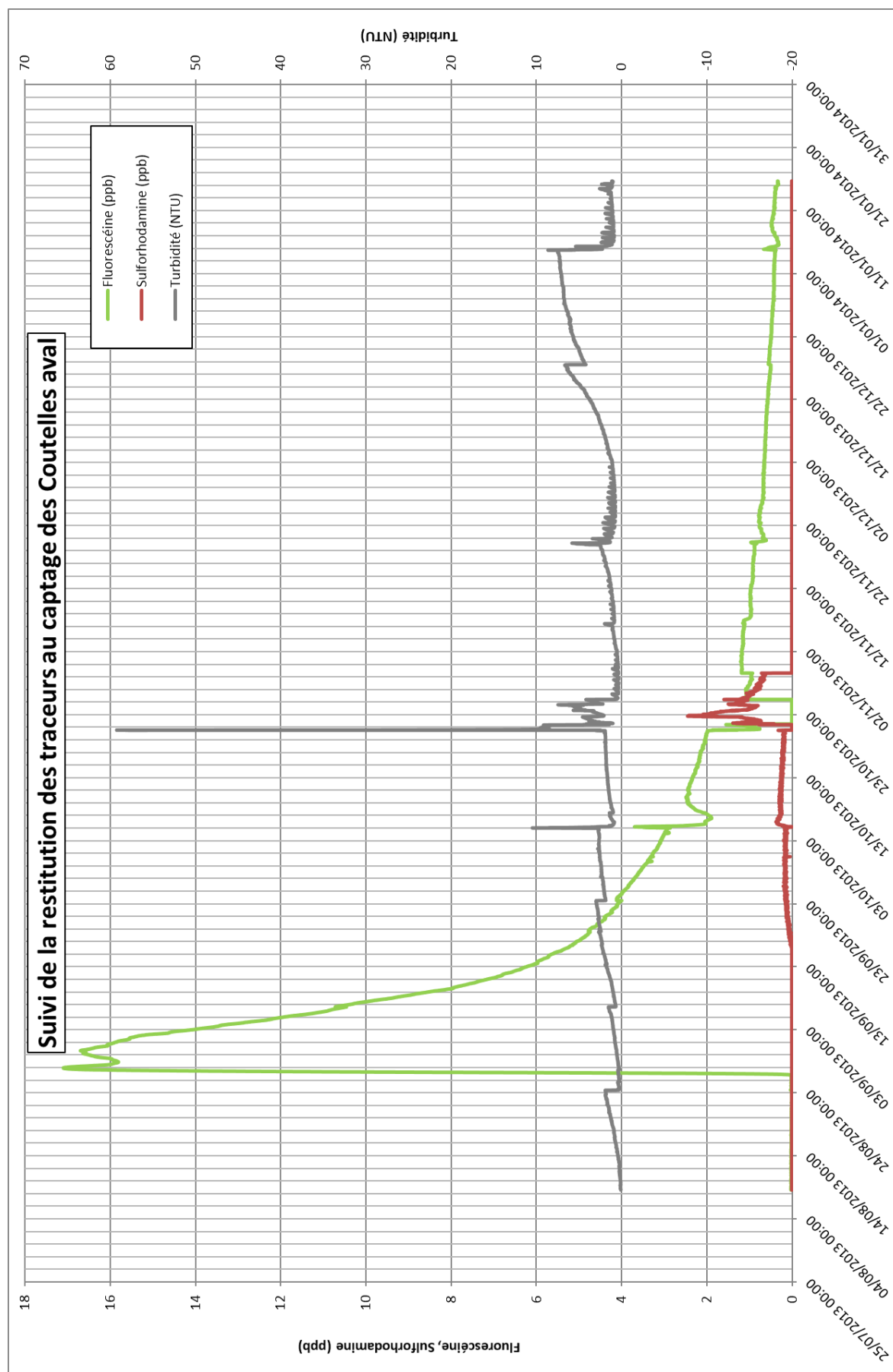
Vue extérieure



Vue intérieure



Annexe 7 : Graphique de la restitution des traceurs – rivière souterraine Event Soubès



Annexe 8 : Graphique de la restitution des traceurs – captage des Coutelles aval

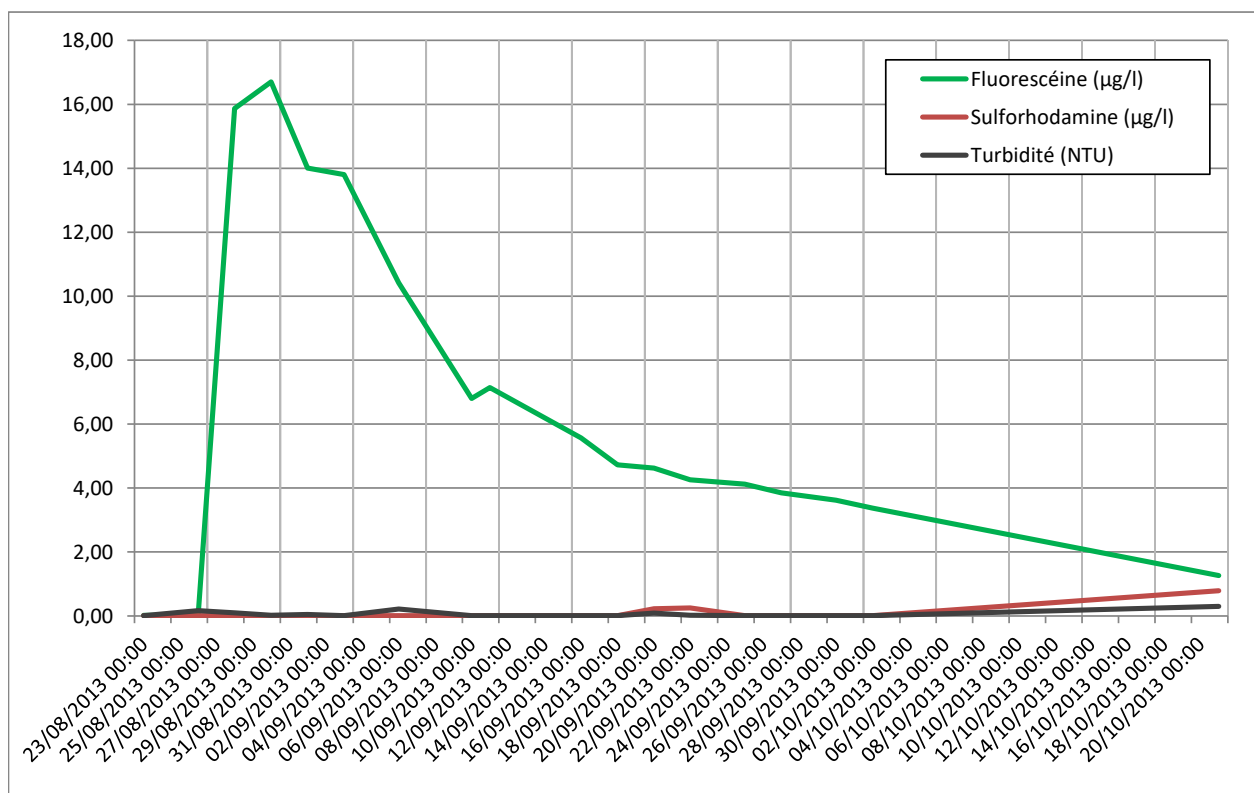
**Annexe 9 : Fiches de surveillance de la restitution de traceurs sur les points d'eau suivis par
prélèvement manuel et par fluocapteurs**

Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Source des Coutelles aval (captage AEP)

Commune : Soubès

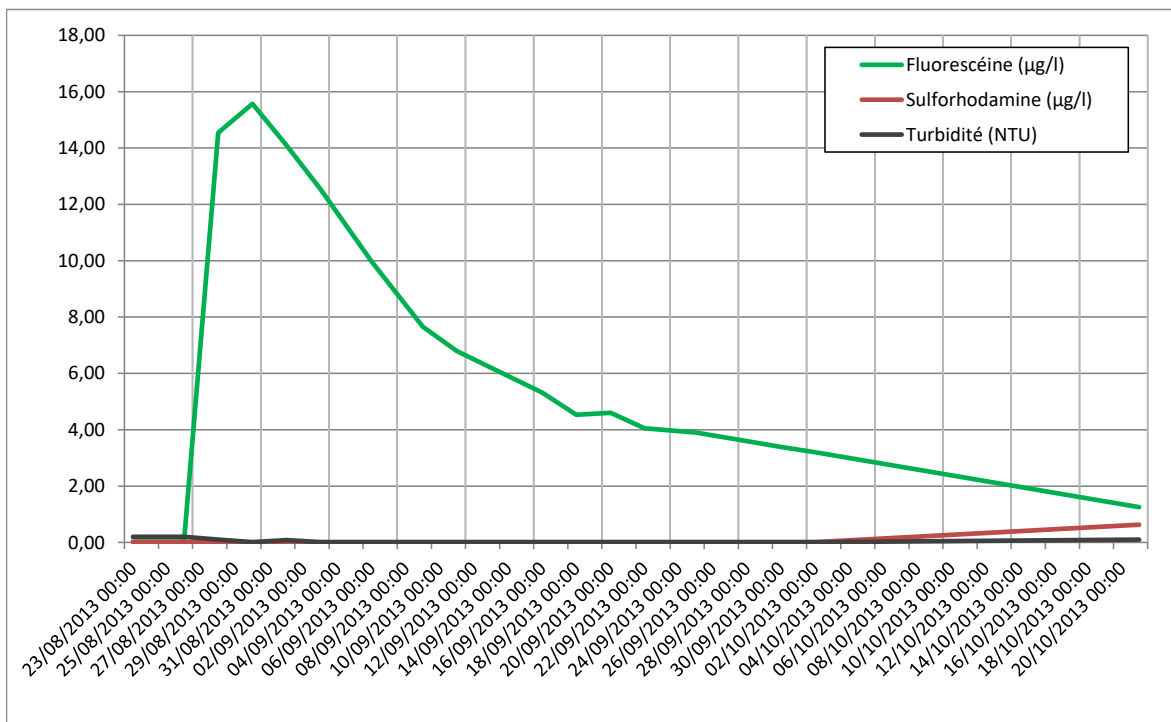
Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre					
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 11:30	0,02	0,01	0,01	Carrière C	Carrière C
26/08/2013 16:20	0,02	0,01	0,17	Carrière C	Carrière C
28/08/2013 15:05	15,87	0,01	0,10	Ramond P	Ramond P
30/08/2013 14:46	16,70	0,01	0,02	Ramond P	Ramond P
01/09/2013 15:25	14,01	0,01	0,05	Carrière C	Carrière C
03/09/2013 16:15	13,80	0,01	0,01	Carrière C	Carrière C
06/09/2013 14:30	10,42	0,01	0,22	Carrière C	Carrière C
10/09/2013 08:15	6,80	0,01	0,01	Carrière C	Carrière C
11/09/2013 14:34	7,14	0,01	0,01	Carrière C	Carrière C
16/09/2013 10:09	5,57	0,01	0,01	Ramond P	Ramond P
18/09/2013 13:40	4,73	0,01	0,01	Ramond P	Ramond P
20/09/2013 14:59	4,62	0,23	0,09	Ramond P	Ramond P
22/09/2013 14:25	4,26	0,25	0,02	Ramond P	Ramond P
25/09/2013 14:36	4,12	0,01	0,01	Ramond P	Ramond P
27/09/2013 14:16	3,85	0,01	0,01	Ramond P	Ramond P
30/09/2013 10:36	3,62	0,01	0,01	Ramond P	Ramond P
02/10/2013 16:04	3,37	0,01	0,01	Ramond P	Ramond P
21/10/2013 10:03	1,26	0,79	0,30	Ramond P	Ramond P
Analyse des échantillons d'eau au spectrofluorimètre					
30/08/2013 14:46					
21/10/2013 10:03					



Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Source des Coutelles amont (captage AEP)
Commune : Soubès

Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre					
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 11:47	0,03	0,01	0,20	Carrière C	
26/08/2013 16:20	0,03	0,01	0,20	Carrière C	
28/08/2013 15:11	14,54	0,01	0,10	Ramond P	Apparition Fluo
30/08/2013 14:51	15,57	0,01	0,01	Ramond P	
01/09/2013 15:25	14,10	0,01	0,08	Carrière C	
03/09/2013 16:15	12,53	0,01	0,01	Carrière C	
06/09/2013 14:50	9,96	0,01	0,01	Carrière C	
09/09/2013 16:52	7,66	0,01	0,01	Carrière C	
11/09/2013 15:30	6,79	0,01	0,01	Carrière C	
16/09/2013 10:14	5,32	0,01	0,01	Ramond P	
18/09/2013 13:46	4,53	0,01	0,01	Ramond P	
20/09/2013 15:06	4,60	0,01	0,01	Ramond P	
22/09/2013 14:30	4,05	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 14:41	3,90	0,01	0,01	Ramond P	
27/09/2013 14:13	3,70	0,01	0,01	Ramond P	
30/09/2013 10:42	3,39	0,01	0,01	Ramond P	
02/10/2013 16:01	3,20	0,01	0,01	Ramond P	
21/10/2013 10:10	1,25	0,63	0,10	Ramond P	
Analyse des échantillons d'eau au spectrofluorimètre					
28/08/2013 15:11					
21/10/2013 10:10					



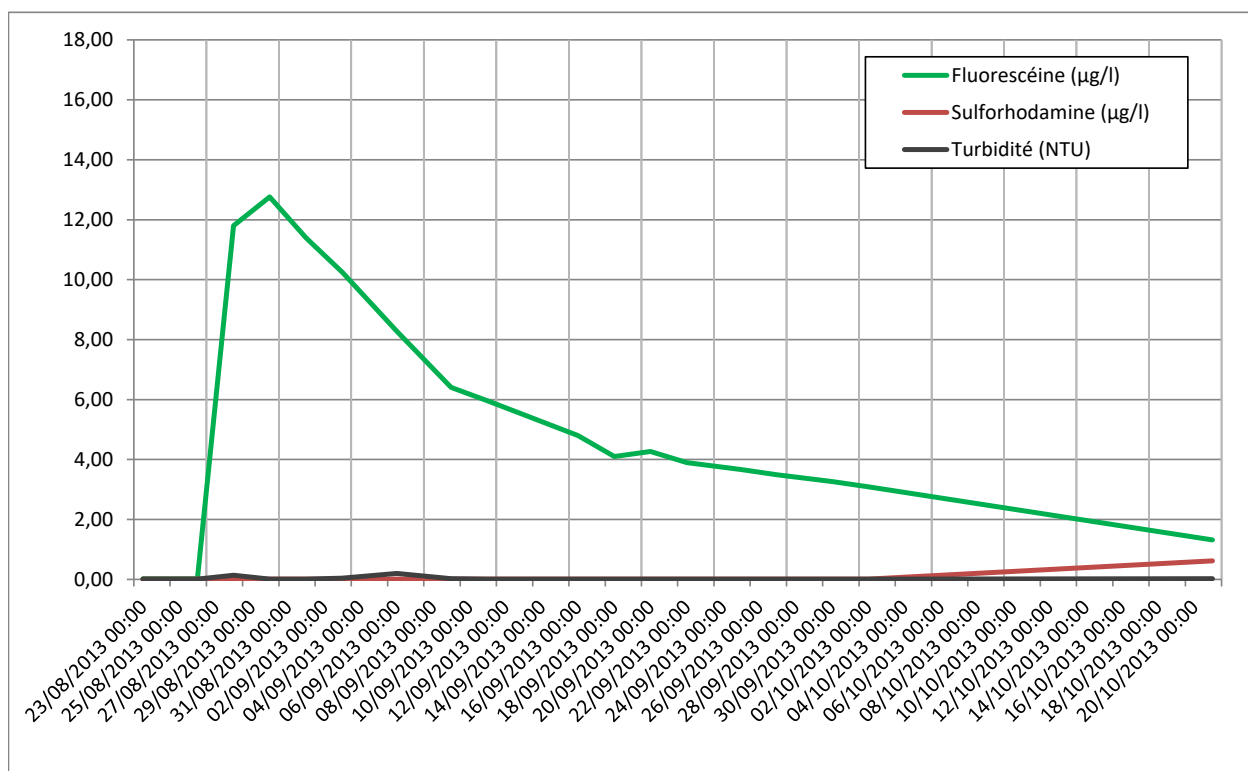
Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Source des Coutelles nouvelle

Commune : Soubès

Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre					
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 11:50	0,02	0,01	0,01	Carrière C	
26/08/2013 16:20	0,02	0,01	0,01	Carrière C	
28/08/2013 15:11	11,80	0,01	0,14	Ramond P	Apparition Fluo
30/08/2013 14:54	12,76	0,01	0,01	Ramond P	
01/09/2013 15:30	11,39	0,01	0,01	Carrière C	
03/09/2013 16:15	10,25	0,01	0,04	Carrière C	
06/09/2013 14:54	8,28	0,01	0,20	Carrière C	
09/09/2013 16:55	6,40	0,01	0,02	Carrière C	
11/09/2013 15:26	5,96	0,01	0,01	Carrière C	
16/09/2013 10:13	4,80	0,01	0,01	Ramond P	
18/09/2013 13:45	4,10	0,01	0,01	Ramond P	
20/09/2013 15:03	4,27	0,01	0,01	Ramond P	
22/09/2013 14:30	3,90	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 14:42	3,67	0,01	0,01	Ramond P	
27/09/2013 14:14	3,49	0,01	0,01	Ramond P	
30/09/2013 10:46	3,27	0,01	0,01	Ramond P	
02/10/2013 16:02	3,09	0,01	0,01	Ramond P	
21/10/2013 09:58	1,32	0,62	0,02	Ramond P	Apparition Sulfo

Analyse des échantillons d'eau au spectrofluorimètre					
28/08/2013 15:11					
21/10/2013 09:58					



Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Source abricotiers

Commune : Soubès

Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre

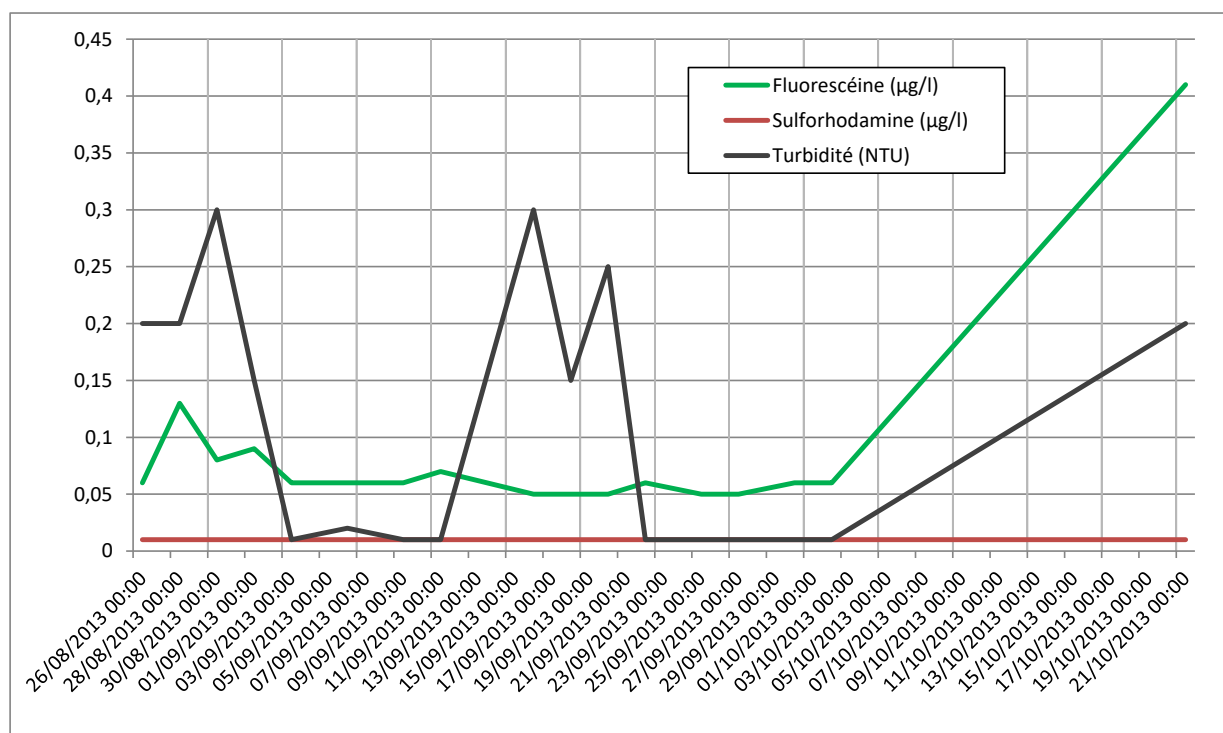
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
26/08/2013 16:10	0,06	0,01	0,20	Carrière C	
28/08/2013 14:56	0,13	0,01	0,20	Ramond P	Contrôle spectro
30/08/2013 14:30	0,08	0,01	0,30	Ramond P	
01/09/2013 15:15	0,09	0,01	0,15	Carrière C	
03/09/2013 16:00	0,06	0,01	0,01	Carrière C	
06/09/2013 14:18	0,06	0,01	0,02	Carrière C	
09/09/2013 16:20	0,06	0,01	0,01	Carrière C	
11/09/2013 14:55	0,07	0,01	0,01	Carrière C	
16/09/2013 10:00	0,05	0,01	0,30	Ramond P	
18/09/2013 14:41	0,05	0,01	0,15	Ramond P	
20/09/2013 14:53	0,05	0,01	0,25	Ramond P	
22/09/2013 14:18	0,06	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 14:29	0,05	0,01	0,01	Ramond P	
27/09/2013 14:03	0,05	0,01	0,01	Ramond P	
30/09/2013 10:29	0,06	0,01	0,01	Ramond P	
02/10/2013 15:52	0,06	0,01	0,01	Ramond P	
21/10/2013 09:45	0,41	0,01	0,20	Ramond P	Contrôle spectro

Analyse des échantillons d'eau au spectrofluorimètre

28/08/2013 14:56					
21/10/2013 09:45					

Analyse du fluocapteur au spectrofluorimètre

--	--	--	--	--	--

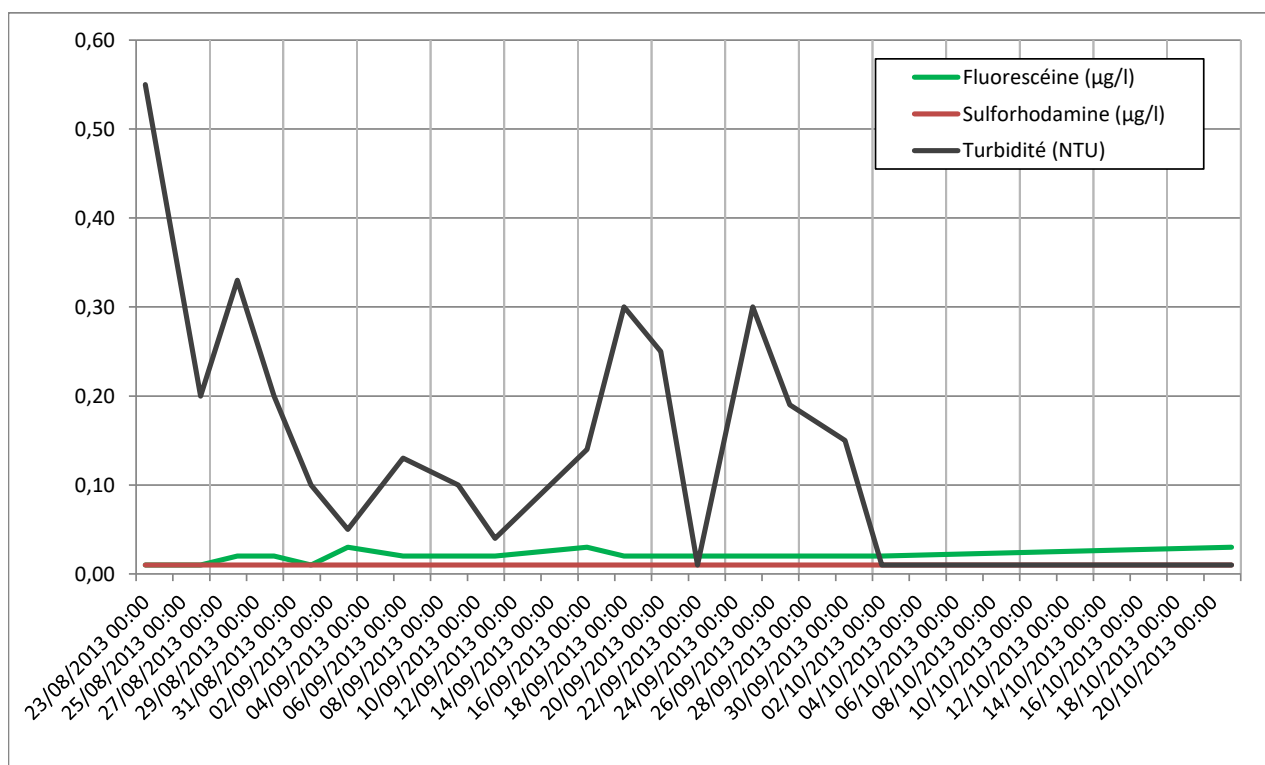


Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Source Baume

Commune : Soubès

Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre					
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 15:00	0,01	0,01	0,55	Carrière C	
26/08/2013 16:00	0,01	0,01	0,20	Carrière C	
28/08/2013 14:42	0,02	0,01	0,33	Ramond P	
30/08/2013 14:22	0,02	0,01	0,20	Ramond P	
01/09/2013 15:05	0,01	0,01	0,10	Carrière C	
03/09/2013 15:50	0,03	0,01	0,05	Carrière C	
06/09/2013 14:10	0,02	0,01	0,13	Carrière C	
09/09/2013 16:15	0,02	0,01	0,10	Carrière C	
11/09/2013 15:46	0,02	0,01	0,04	Carrière C	
16/09/2013 09:52	0,03	0,01	0,14	Ramond P	
18/09/2013 14:58	0,02	0,01	0,30	Ramond P	
20/09/2013 14:45	0,02	0,01	0,25	Ramond P	
22/09/2013 14:08	0,02	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 14:21	0,02	0,01	0,30	Ramond P	
27/09/2013 13:56	0,02	0,01	0,19	Ramond P	
30/09/2013 10:29	0,02	0,01	0,15	Ramond P	
02/10/2013 15:40	0,02	0,01	0,01	Ramond P	
21/10/2013 09:37	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
Analyse du fluocapteur au spectrofluorimètre					

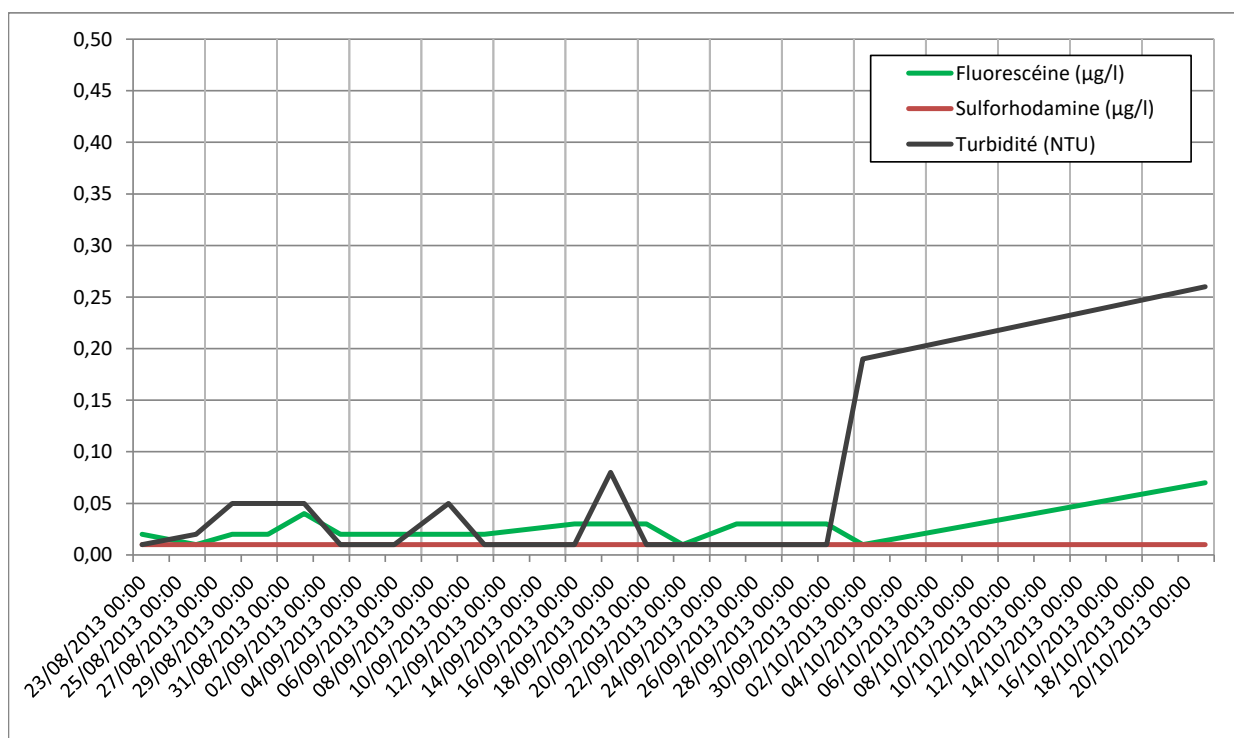


Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Source Cécile

Commune : Soubès

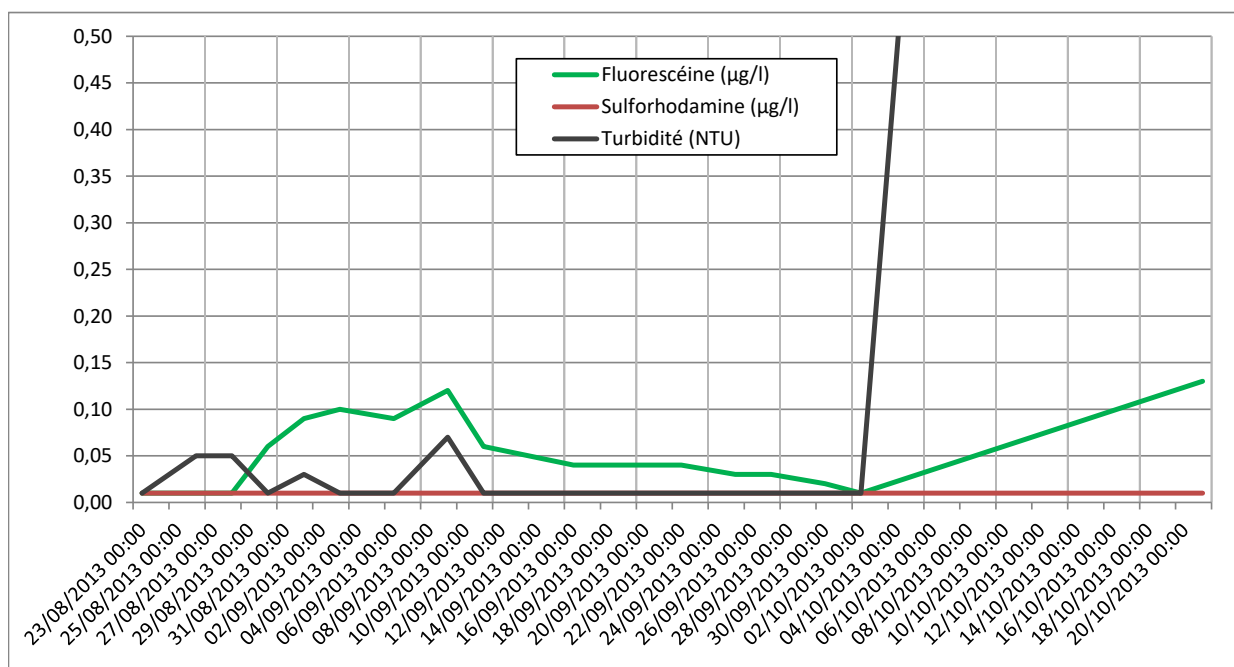
Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre					
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 16:15	0,02	0,01	0,01	Carrière C	
26/08/2013 15:46	0,01	0,01	0,02	Carrière C	
28/08/2013 14:26	0,02	0,01	0,05	Ramond P	
30/08/2013 14:10	0,02	0,01	0,05	Ramond P	
01/09/2013 16:20	0,04	0,01	0,05	Carrière C	
03/09/2013 16:50	0,02	0,01	0,01	Carrière C	
06/09/2013 15:35	0,02	0,01	0,01	Carrière C	
09/09/2013 15:40	0,02	0,01	0,05	Carrière C	
11/09/2013 14:15	0,02	0,01	0,01	Carrière C	
16/09/2013 09:37	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
18/09/2013 15:14	0,03	0,01	0,08	Ramond P	
20/09/2013 14:34	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
22/09/2013 13:53	0,01	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 14:09	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
27/09/2013 13:41	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
30/09/2013 10:07	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
02/10/2013 15:27	0,01	0,01	0,19	Ramond P	
21/10/2013 10:56	0,07	0,01	0,26	Ramond P	Contrôle spectro
Analyse des échantillons d'eau au spectrofluorimètre					
21/10/2013 10:56					
Analyse du fluocapteur au spectrofluorimètre					



Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Source Bronzinadouire
Commune : Saint Etienne de Gourgas

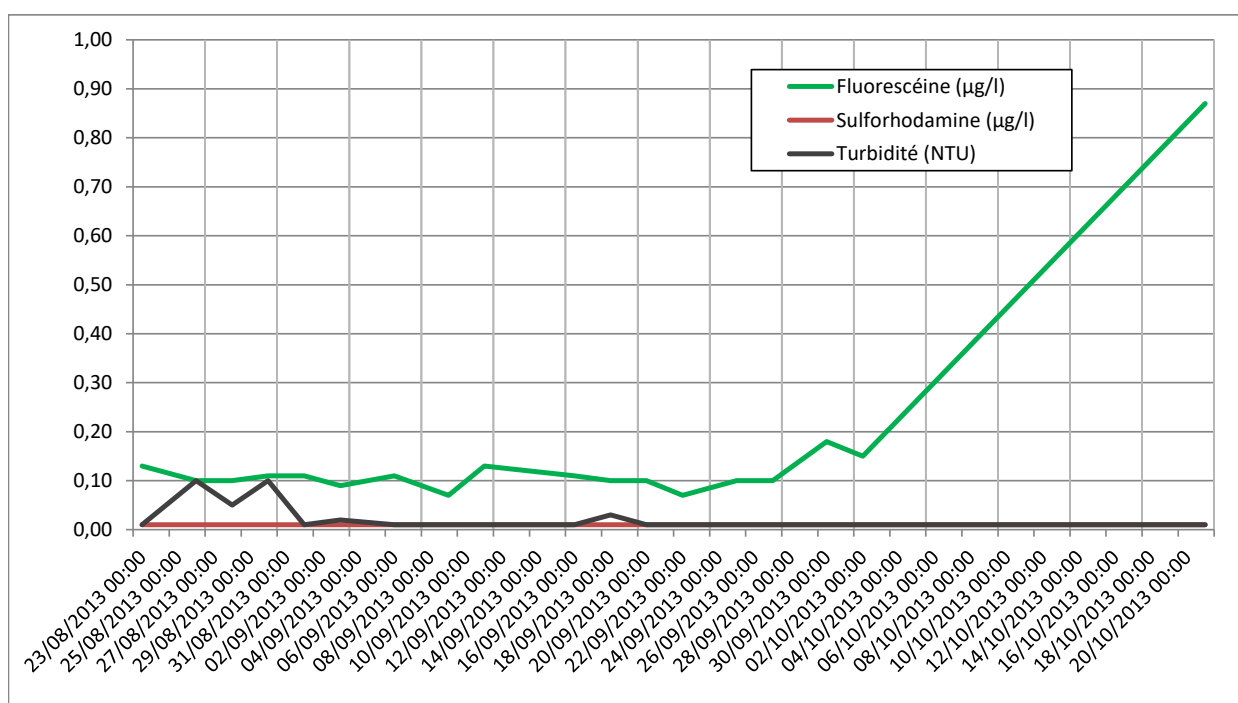
Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre					
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 15:30	0,01	0,01	0,01	Carrière C	
26/08/2013 17:00	0,01	0,01	0,05	Carrière C	
28/08/2013 16:26	0,01	0,01	0,05	Ramond P	
30/08/2013 15:35	0,06	0,01	0,01	Ramond P	Contrôle spectro
01/09/2013 16:40	0,09	0,01	0,03	Carrière C	
03/09/2013 17:05	0,10	0,01	0,01	Carrière C	
06/09/2013 15:55	0,09	0,01	0,01	Carrière C	
09/09/2013 16:45	0,12	0,01	0,07	Carrière C	Contrôle spectro
11/09/2013 14:37	0,06	0,01	0,01	Carrière C	
16/09/2013 11:18	0,04	0,01	0,01	Ramond P	
18/09/2013 15:41	0,04	0,01	0,01	Ramond P	
20/09/2013 15:44	0,04	0,01	0,01	Ramond P	
22/09/2013 15:17	0,04	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 15:43	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
27/09/2013 15:11	0,03	0,01	0,01	Ramond P	
30/09/2013 11:24	0,02	0,01	0,01	Ramond P	
02/10/2013 16:54	0,01	0,01	0,01	Ramond P	
21/10/2013 11:09	0,13	0,01	4,50	Ramond P	Contrôle spectro
Analyse des échantillons d'eau au spectrofluorimètre					
03/09/2013 17:05					
09/09/2013 16:45					
21/10/2013 11:09					
Analyse du fluocapteur au spectrofluorimètre					



Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

Point : Ruisseau Bouissière Nègre
Commune : Soubès

Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre					
Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 15:30	0,13	0,01	0,01	Carrière C	
26/08/2013 16:47	0,10	0,01	0,10	Carrière C	
28/08/2013 15:58	0,10	0,01	0,05	Ramond P	
30/08/2013 15:16	0,11	0,01	0,10	Ramond P	
01/09/2013 16:00	0,11	0,01	0,01	Carrière C	
03/09/2013 17:40	0,09	0,01	0,02	Carrière C	
06/09/2013 15:20	0,11	0,01	0,01	Carrière C	
09/09/2013 14:55	0,07	0,01	0,01	Carrière C	
11/09/2013 15:17	0,13	0,01	0,01	Carrière C	
16/09/2013 11:01	0,11	0,01	0,01	Ramond P	
18/09/2013 14:34	0,10	0,01	0,03	Ramond P	
20/09/2013 15:27	0,10	0,01	0,01	Ramond P	
22/09/2013 14:59	0,07	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 14:24	0,10	0,01	0,01	Ramond P	
27/09/2013 14:55	0,10	0,01	0,01	Ramond P	
30/09/2013 11:05	0,18	0,01	0,01	Ramond P	
02/10/2013 16:36	0,15	0,01	0,01	Ramond P	
21/10/2013 10:39	0,87	0,01	0,01	Ramond P	
Analyse des échantillons d'eau au spectrofluorimètre					
30/09/2013 11:05					
21/10/2013 10:39					
Analyse du fluocapteur au spectrofluorimètre					



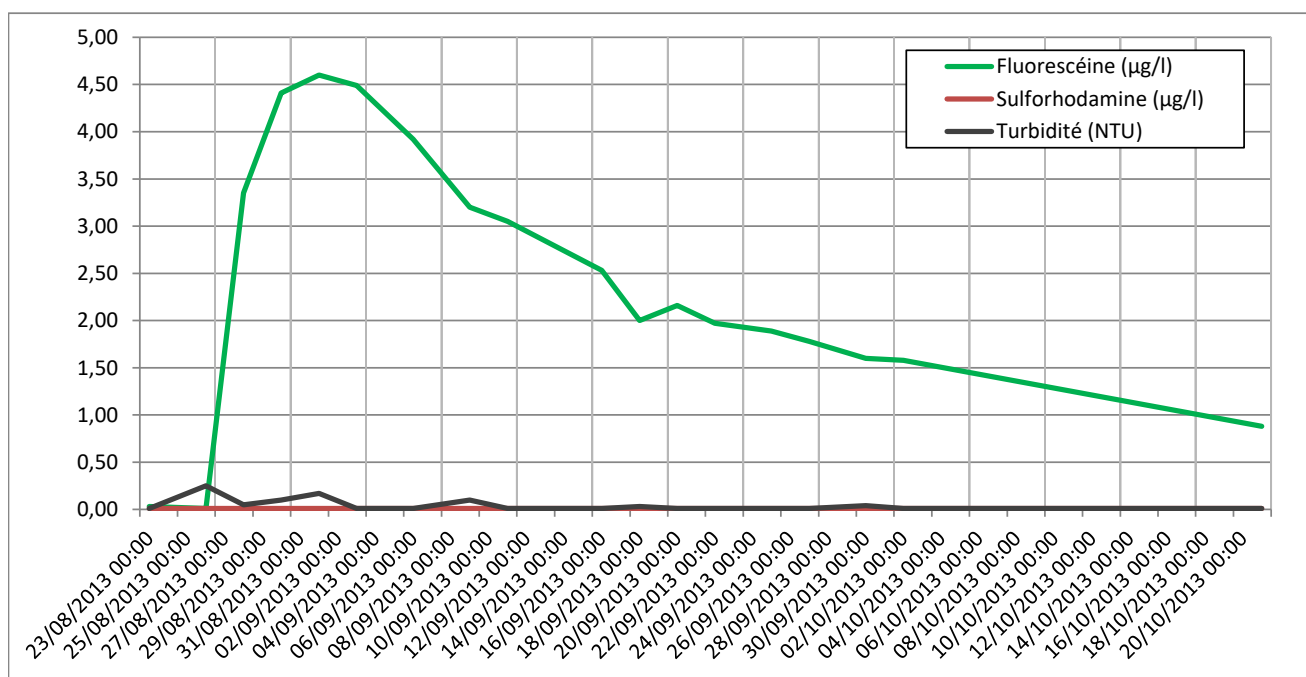
Fiche de surveillance de la restitution de traceurs

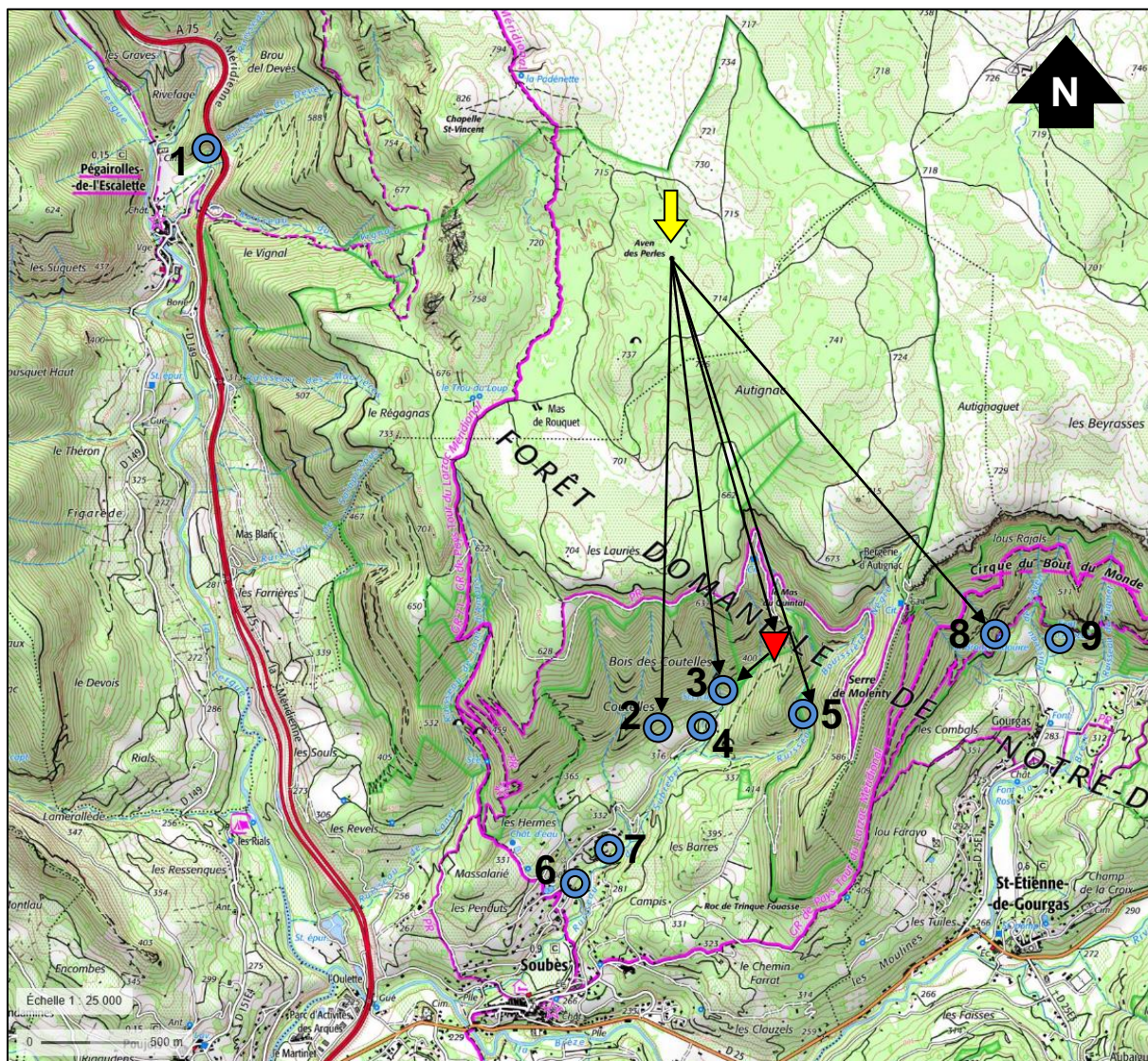
Point : Source du Pont

Commune : Soubès

Analyse des échantillons d'eau au fluorimètre

Date Heure	Fluorescéine (µg/l)	Sulforhodamine (µg/l)	Turbidité (NTU)	Préleveur	Commentaire
23/08/2013 11:30	0,03	0,01	0,01	Carrière C	
26/08/2013 16:30	0,01	0,01	0,25	Carrière C	
28/08/2013 15:27	3,35	0,01	0,05	Ramond P	
30/08/2013 14:59	4,41	0,01	0,10	Ramond P	
01/09/2013 15:40	4,60	0,01	0,17	Carrière C	
03/09/2013 17:20	4,49	0,01	0,01	Carrière C	
06/09/2013 14:59	3,92	0,01	0,01	Carrière C	
09/09/2013 16:29	3,20	0,01	0,10	Carrière C	
11/09/2013 15:02	3,05	0,01	0,01	Carrière C	
16/09/2013 10:45	2,53	0,01	0,01	Ramond P	
18/09/2013 14:19	2,00	0,01	0,03	Ramond P	
20/09/2013 15:12	2,16	0,01	0,01	Ramond P	
22/09/2013 14:38	1,97	0,01	0,01	Ramond P	
25/09/2013 15:06	1,89	0,01	0,01	Ramond P	
27/09/2013 14:36	1,78	0,01	0,01	Ramond P	
30/09/2013 10:50	1,60	0,01	0,04	Ramond P	
02/10/2013 16:21	1,58	0,01	0,01	Ramond P	
21/10/2013 10:12	0,88	0,01	0,01	Ramond P	





Source : IGN, GEOPORTAIL

Légende

Aven des Perles



Sources : 1 = Ladoux / 2 = Abricotiers / 3 = Coutelles (AEP) / 4 = Pont /
5 = Bouissière Nègre / 6 = Source Cécile / 7 = Source Baume /
8 = Bronzinadouïres / 9 = Avocat



Event de Soubès



Circulation karstique connue (Traçages de 1969 et de 2013)

Annexe 10 : Carte de synthèse des circulations souterraines démontrées dans l'expérience

Annexe 11 : Inventaire des colorations existantes

Point d'injection (code BSS ou code cavité)	Commune	Point de réapparition	Commune	Distance (km)	Dénivelé (m)	Pente (%)	Débit injection (l/s)	Débit restitution (l/s)	Colorant (quantité)	Résultat	Temps de passage (h)	Vitesse (m/h)	Date	Validité Commentaires	Référence bibliographique
Aven n°1 du Saut du Lièvre	Pégairolles de l'Escalette	Sources de l'avocat	Saint Etienne de Gourgas	7,2	485	6,7	3 à 4		Fluorescéine diluée dans ammoniacque (1,5 kg)	+	90	80	10/02/1985	Coloration visible à l'œil nu pendant 4 heures	
Perte du Pont Noir	Saint Pierre de la Fage	Sources n°1 et 2 de l'avocat	Saint Etienne de Gourgas				25			+			11/11/1964		SCM, 8 novembre 1964
		Source de la Bergère	Saint Etienne de Gourgas				10			+					
		Source de Bronzina-douïre	Saint Etienne de Gourgas							-					
		Rieussec (plusieurs points)	Saint Etienne de Gourgas							-				Douteux La source de la bergère ayant été colorée, le FCA en aval de la confluence Bergère/Rieussec aurait dû être positif	
Aven-grotte des Perles (ou aven N°2 du Mas de Rouquet)	Pégairolles de l'Escalette	Source des Coutelles (captée)	Soubès	2,5	365	14,5	0,25	30	Fluorescéine (3 kg)	+	333	7,5	12/01/1969	Le ruisseau du Subrebet a été fortement coloré du 26 janvier au 4 février 1969. Résultat curieux selon Roux (BRGM) : forte concentration du colorant mais vitesse très faible	Roux&GERSAM, 1971 BGRM, 24 décembre 1990
		Exsurgence de la Bronzinadouïre	Saint Etienne de Gourgas							-				Fluocapteur Vu l'impact de la coloration à la source de Coutelles (10 jours à l'œil nu), une liaison avec ce point se serait pas passée inaperçue	
		Sources de l'Avocat	Saint Etienne de Gourgas							-				Fluocapteur Vu l'impact de la coloration à la source de Coutelles (10 jours à l'œil nu), une liaison avec ce point se serait pas passée inaperçue	
		Source de Pégairolles (Source de Ladoux ?)	Pégairolles de l'Escalette							-				Fluocapteur Vu l'impact de la coloration à la source de Coutelles (10 jours à l'œil nu), une liaison avec ce point se serait pas passée inaperçue	
Aven-perte des Cats (LROCS0001 1471)	Pégairolles de l'Escalette	Sources de l'avocat	Saint Etienne de Gourgas							+			??	Douteux. Ce traçage est considéré comme faux. De plus, il ne serait pas cohérent avec les écoulements d'axe nord-sud rencontrés sur le reste des colorations	Reille 1991