www.karsteau.fr

Traçage artificiel KarstEAU : Injection de fluorescéine à la perte de la Revengudo (Signes) réalisée le 13 février 2011

Compte-rendu de l'injection

par
Bruno Arfib, Thierry Lamarque

En collaboration avec les spéléologues du CDS 83

Marseille, le 17/03/2011

Remerciements :

- Ce traçage artificiel dans la perte de la Revengudo (Signes) a été grandement facilité par la collaboration des spéléologues du Var et des Bouches du Rhône.

Merci à tous les bénévoles pour leur collaboration et efficacité, et tout particulièrement :

- ✓ Les spéléologues présents lors de l'injection du colorant : Franck Prévost, Laure Mattéoli, Clémence Prévost, Luc Rossi, Herrick Fessard, Philippe Michel, Chantal Balssa, Christian Liguori, Adèle Mirlit, Denis Laty, Julien Laty, Louisa Arfib, Manon Arfib, Etienne Arfib, Philippe Maurel, Jean-Pierre Lucot, Lucas Susini-Mercier, Valérie Mercier, Sandrine Chaubaud, André Taxil, Jean-Marc Bérenger ; ainsi que ceux qui ont pu participer aux réunions préparatoires du CDS (particulièrement Hervé Tainton pour les cavités proposées).
- ✓ Christian Liguori (LGG Le Beausset), François Souret (Cuges) et Alain Gairoard (Cuges) pour la recherche active de la cavité d'injection.
- ✓ Franck Prévost pour la mise à disposition de son camion et d'une cuve de 1000 litres d'eau, Philippe Michel pour la clé de la borne incendie.
- ✓ Philippe Maurel pour le suivi vidéo et les contacts presse.

- Nous tenons également à remercier :

- ✓ les pompiers de Signes,
- ✓ M. Jean MICHEL, Maire de Signes,
- ✓ les particuliers, collectivités locales, société des eaux qui nous donnent accès à leurs forages pour le suivi du traceur sur le terrain,

- Le projet KarstEAU bénéficie du soutien financier de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, du Conseil Général du Var, du Conseil Général des Bouches-du-Rhône et de la Région Provence-Alpes-Côtes d'Azur.

Contact :

Bruno ARFIB – Université de Provence
Laboratoire de Géologie des Systèmes et Réservoirs Carbonatés
Case 67 - 3 place V. Hugo
13331 Marseille cedex 3
Tel : 04 13 55 07 48 / 06 73 68 13 05
email : bruno.arfib@univ-provence.fr
www.karsteau.fr

Pour citer ce rapport :

Arfib B., Lamarque T. (2011) Traçage artificiel KarstEAU : Injection de fluorescéine à la perte de la Revengudo (Signes) réalisée le 13 février 2011. Compte-rendu de l'injection. Université de Provence. 16 pages

1. Introduction

Le projet KarstEAU étudie l'hydrogéologie de l'Unité du Beausset, afin d'améliorer les connaissances sur les circulations d'eau souterraine, de Cassis à Toulon d'ouest en est, et de la Sainte Baume à la mer du nord au sud. Trois traçages artificiels sont programmés durant le premier semestre 2011.

Le premier traçage artificiel a été réalisé le 18 janvier 2011 dans l'embut sud-ouest du poljé de Cuges les Pins par l'injection de 50 kg d'acide amino G.

Le second traçage artificiel a été réalisé le 8 février 2011 dans la perte de Mauregard (Ceyreste) par l'injection de 30 kg de Sulphorhodamine B.

Ce compte-rendu présente **le troisième traçage** réalisé le 13 février 2011 dans la perte de la Revengudo (Signes) par l'injection de Fluorescéine. 150 litres de traceur (teneur en fluorescéine 30,2%, soit 45,2 kg de fluorescéine pure) ont été injectés entre 14h00 et 14h45, suivis de 12 m^3 d'eau apportée par les pompiers.

La perte de la Revengudo est une cavité naturelle qui s'ouvre dans les calcaires urgoniens sur le plateau du Camp, au nord de la Zone d'Activité de Signes et au sud de la carrière Croquefigue. L'objectif de ce traçage est d'étudier l'écoulement souterrain à partir de la zone d'infiltration la plus au nord de l'unité du Beausset. Cette zone constitue une limite de partage des eaux souterraines entre les bassins versants du Gapeau, du Revest les Eaux (le Las), des gorges d'Ollioules (la Reppe), du Grand Vallat, de la baie de La Ciotat et de Cassis (sources sous-marines de Port Miou et Bestouan).

2. Participants

- **Equipe KarstEAU**: Bruno Arfib (Université de Provence), Thierry Lamarque (Spélé-H_2O)
- **Aménagement du site et participation générale** : l'ensemble des spéléologues présents lors de l'injection, cités dans les remerciements.
- **Injecteurs du traceur**: Herrick Fessard (LGG le Beausset, Président du CDS 83), Chantal Balssa (LGG, Aragnous), Denis Laty (LGG)
- **Injecteurs d'eau** : Franck Prevost, Herrick Fessard, Chantal Balssa, Denis Laty
- **Test d'absorption du 3 février 2011** : Alain Gairoard (Spéléo-Club de Cuges), Laurent Jovet (Explo canyon Provence), Thierry Lamarque (Spélé-H_2O)
- **Pompiers de Signes** : Caporal Gérard Mazzola, Sapeur Cyril Mauric.

3. Test préalable d'absorption de la perte de la Revengudo du 3 février 2011

La perte de la Revengudo a été repérée sur le terrain parmi la dizaine de cavités visitées se trouvant dans le secteur (www.fichiertopo.fr/) : Le Loire qui prie, Le Rhino, Le Céros, le B2000, L'Avatar avec le Spéléo-Club du Beausset (LGG) ainsi que dans la carrière de Croquefigue (Spéléo-Club de Cuges). Cette cavité présente l'avantage d'être facilement accessible et répond au critère de s'ouvrir dans les calcaires urgoniens sur la limite supposée ouest-est des bassins versants régionaux. De plus, c'est une perte qui draine les eaux de ruissellement lors des pluies, nous assurant que le traceur sera bien entrainé vers la profondeur. A l'origine, l'entrée de la perte était obstruée par de l'argile et des cailloutis, ce qui

a nécessité quelques séances de désobstruction avec Christian Liguori pour atteindre la diaclase finale 4 mètres plus bas.

Toutefois, étant d'un développement exploré par l'homme très limité (4 mètres de longueur!), un test d'absorption d'eau sans traceur a été réalisé préalablement au traçage artificiel réel afin de vérifier que la cavité draine bien rapidement l'eau en profondeur. Un test similaire avait été réalisé préalablement à la mise en œuvre du premier traçage artificiel 2011 sur l'embut de Cuges (Cf. le rapport Arfib, Lamarque, Souret, 2011[1]).

Déroulement du test d'absorption de la perte de la Revengudo du 3 février 2011 :

- Arrivée vers 10h45 d'Alain avec un tracteur et une remorque chargée de 2 cuves d'1 m^3 remplies d'eau (Photos 1).

- 11h : installation des tuyaux d'injection et positionnement des cuves au dessus de la perte.

- 11h10 à 11h15 : Injection des 2 m^3 d'eau. Thierry se trouve dans la cavité pour prendre quelques photos et observer l'opération : "*Le niveau d'eau est monté de 10 cm remplissant le fond de la diaclase, puis le reste de l'eau s'est infiltré rapidement dans les entrailles de la cavité. On pouvait entendre un léger bruit de cascatelle.*"

La cavité absorbe bien et sera donc retenue pour le troisième traçage 2011.

Photos 1 : Tracteur, cuves et tuyau d'eau d'Alain lors du test d'absorption préalable de la perte de la Revengudo [photos T. Lamarque, 03/02/11]

4. Lieu de l'injection : la perte de la Revengudo

La perte de la Revengudo est une cavité naturelle qui s'ouvre sur le plateau du Camp (commune de Signes) à 457 mètres d'altitude (Figure 1), à moins d'une centaine de mètres du croisement entre la route D2 et la route D402 qui relient le plateau du Camp à Signes. A 1,3 km au sud de la perte se trouve la zone d'activité de Signes, et à 1,1 km au nord-ouest la carrière Croquefigue.

La perte de la Revengudo s'ouvre dans une dépression d'une dizaine de mètres de diamètre dans les calcaires urgoniens. La perte est une cavité de petites dimensions, explorée jusqu'à -3 m sous la surface du sol (Figure 2), au droit d'une diaclase d'orientation NO-SE. L'eau des

[1] Arfib B., Lamarque T., Souret F. (2011) Test d'infiltration dans l'embut sud-ouest de Cuges les Pins réalisé le 17 décembre 2010. Préparation des traçages artificiels KarstEAU. Rapport Université de Provence du 15/01/11. 16 pages

pluies ruisselant sur les terrains alentour du sud vers le nord est absorbée par l'orifice, puis s'écoule en cascatelles au fond de la diaclase.

Lors de l'injection du traceur, le 13 février 2011, le temps est beau, aucun écoulement de surface n'a lieu. A 20 mètres à l'ouest de l'orifice, des marques de ruissellement montrent un écoulement temporaire du sud vers le nord dans le chemin (Figure 1). Un petit barrage est aménagé sur le bord du chemin, ainsi qu'une tranchée, en vue de drainer les eaux de ruissellement futur en direction de la perte de la Revengudo. Cette tranchée sera efficace, comme nous le constaterons sur le terrain dès le 14 février 2011 lors de pluies importantes sur le secteur ; la perte absorbera alors l'eau de ruissellement durant plusieurs heures.

Ce troisième traçage consécutif sur le nord de l'unité du Beausset est le plus oriental (Figure 3). Il se trouve sur la limite Est-Ouest de partage des eaux, entre les deux exutoires vauclusiens de Port Miou à l'Ouest et du Ragas de Dardennes à l'Est.

Pour mémoire, rappelons que ce troisième traçage était initialement prévu dans les pertes du Latay, à 5,2 km au nord-nord-est de la perte de la Revengudo. Ce point d'injection des pertes du Latay a été finalement abandonné (ou reporté) afin de ne pas prendre de risque d'avoir une coloration potentielle de la source embouteillée de Beaupré (Signes). Toutefois, le risque était faible car le bassin d'alimentation de Beaupré est connu pour s'étendre sur le massif d'Agnis (communication personnelle E. Gilli et source Beaupré).

Figure 1 : Localisation de la perte de la Revengudo (Signes) sur fond de carte 1/25000 (source: géoportail.fr, mise en forme B. Arfib)

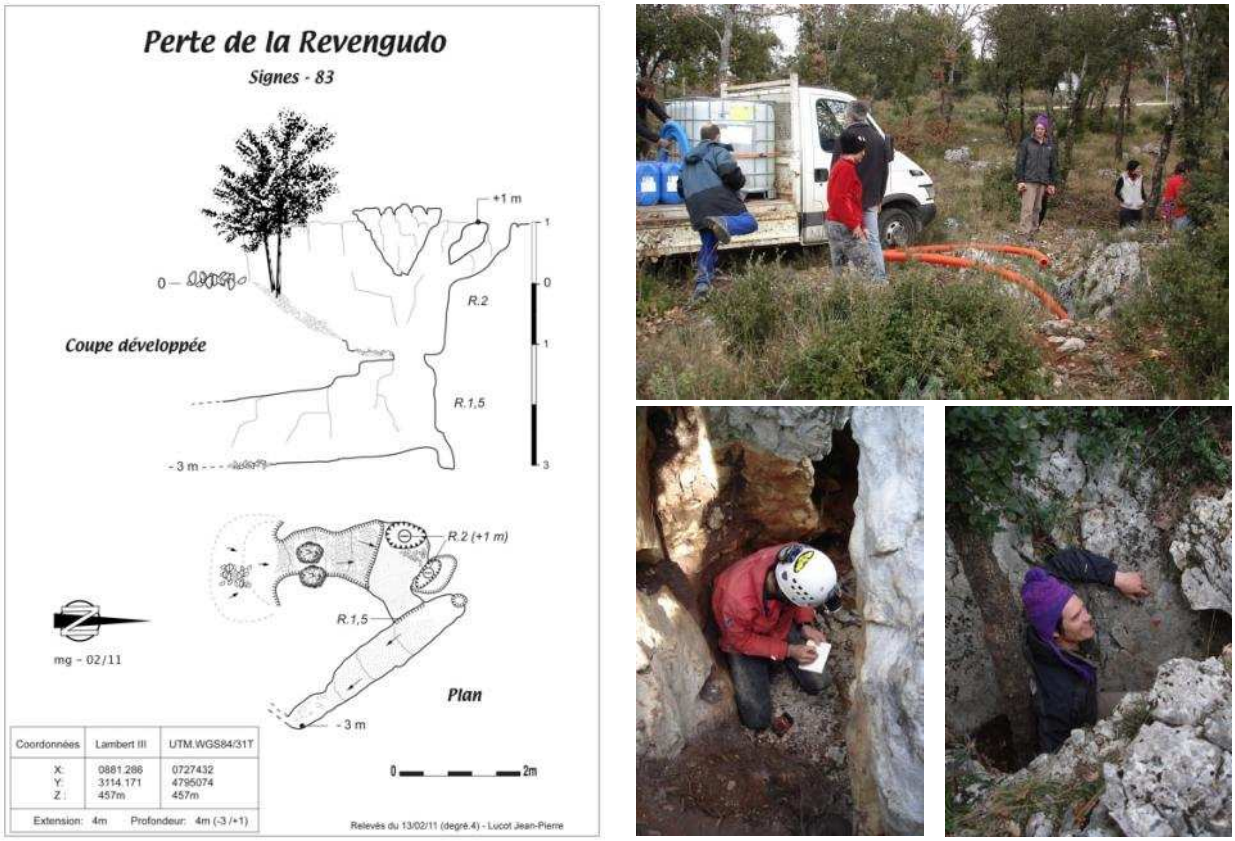


Figure 2 : Topographie et photos de l'entrée de la Perte de la Revengudo (Topographie J-P. Lucot, Photos B. Arfib)

Figure 3 : Localisation des traçages à la perte de la Revengudo (Signes), à la perte du Mauregard (Ceyreste) et à l'Embut sud-ouest de Cuges sur photo aérienne (source: géoportail.fr, mise en forme B. Arfib)

5. Traceur artificiel

Le traceur artificiel employé pour ce traçage est de l'uranine, appelé communément Fluorescéine. La fluorescéine a été achetée en solution chez ArtEColor (Lozanne- France), conditionnée en 6 bidons de 25 kg (lot 8865, emballages n°76608, 76609, 76610, 76611, 76612, 76613 ; certificat de conformité donné à la fin de ce rapport).

La teneur en fluorescéine de la solution est de 30,2%. 150 kg de traceur ont été injectés représentant 45,3 kg de fluorescéine pure. La fluorescéine est un colorant fluorescent, visible à forte concentration avec une couleur verte et invisible à faible concentration.

Remarque : la fluorescéine peut être achetée en solution ou en poudre. La solution présente l'avantage d'être facilement injectée sur le terrain, par déversement direct des bidons. La fluorescéine en poudre doit préalablement à l'injection être diluée dans de l'eau. La poudre est environ deux fois plus concentrée que la solution, présentant une teneur de l'ordre de 75%. A titre de comparaison, les 150 kg de solution de fluorescéine injectés à la perte de la Revengudo représentent environ 60 kg de fluorescéine en poudre.

6. Déroulement de l'injection du 13/02/11

6.1. Tranchée de drainage des eaux de ruissellement et dispositif d'injection

Le 13 février 2011, nous sommes une vingtaine de spéléologue au rendez-vous donné à 10h30. Certains s'affairent à creuser une tranchée sur une longueur d'une vingtaine de mètre pour drainer les eaux de ruissellement futur (lors des pluies) du chemin sud-nord vers la perte (Photo 2). D'autres installent le tuyau de 75 mm de diamètre reliant la surface et le fond de la cavité, qui permettra d'injecter directement les bidons de colorant à partir de la surface (Photo 3).

Photo 2 : Creusement de la tranchée

Photo 3 : Installation du tuyau à l'entrée de la perte de la Revengudo

6.2. Injection du traceur artificiel et de l'eau de chasse.

- 11h30 : La cuve de 1000 litres d'eau de Franck est remplie au village de Signes sur la borne incendie du Canal de Provence (eau brute) en face du stade.

- 13h40 : La cuve est amenée en camion jusqu'au bord de la cavité. 800 litres d'eau sont déversés afin d'humecter la cavité et de préparer ainsi le passage du colorant.

- 14h00 – 14h45 : Les 6 bidons de 25 kg de fluorescéine liquide sont injectés par l'équipe d'injecteurs. Les bidons sont vidés l'un après l'autre à partir de la surface dans le tuyau de 75

mm de diamètre, se déversant ainsi directement au bas de la cavité 4 mètres plus bas (Photos 4). Les bidons sont ensuite rincés avec environ 100 litres d'eau de la cuve de Franck.

- 14h45 : Les pompiers de Signes arrivent avec le Camion Citerne Grande Capacité de 12 000 litres. Se garant au nord de la cavité, ils tirent 60 mètres de tuyau.

- 15h00 – 15h20 : Les 12 000 litres d'eau sont injectés à partir de la surface directement vers la profondeur à l'aide du tuyau 75 mm en place.

- 15h30 : L'entrée de la cavité est lavée avec les 100 derniers litres de la cuve de Franck

- 16h00 : Tout le matériel est évacué, principalement par Denis et Chantal.

L'eau des pompiers est utilisée pour entrainer le traceur plus rapidement vers la profondeur et limiter le piégeage dans la zone non saturée. Les 12 m^3 d'eau injectés se sont immédiatement infiltrés au fond de la cavité.

Photos 4 : Injection de fluorescéine à la perte de la Revengudo le 13/03/11

6.3. La pluie dès le lendemain

Le 14 février, soit le lendemain de l'injection de fluorescéine à la perte de la Revengudo, la région a subi des pluies importantes. Le barrage en travers du chemin sud-nord et la tranchée jusqu'à la perte ont permis de drainer les eaux de ruissellement vers la perte. L'eau ne ruisselait pas encore à 15h (observation Chantal Balssa). Le ruissellement et l'entrée d'eau dans la perte de la Revengudo a probablement dû commencer vers 18h le 14 février 2011, au moment d'un énorme orage autour du Beausset (observation au Beausset Bruno Arfib). Le 15 février, Thierry Lamarque observait sur la perte de fortes traces d'écoulement et un faible écoulement résiduel (<0,5l/s).

7. Le traçage du 13 février 2011 en photos

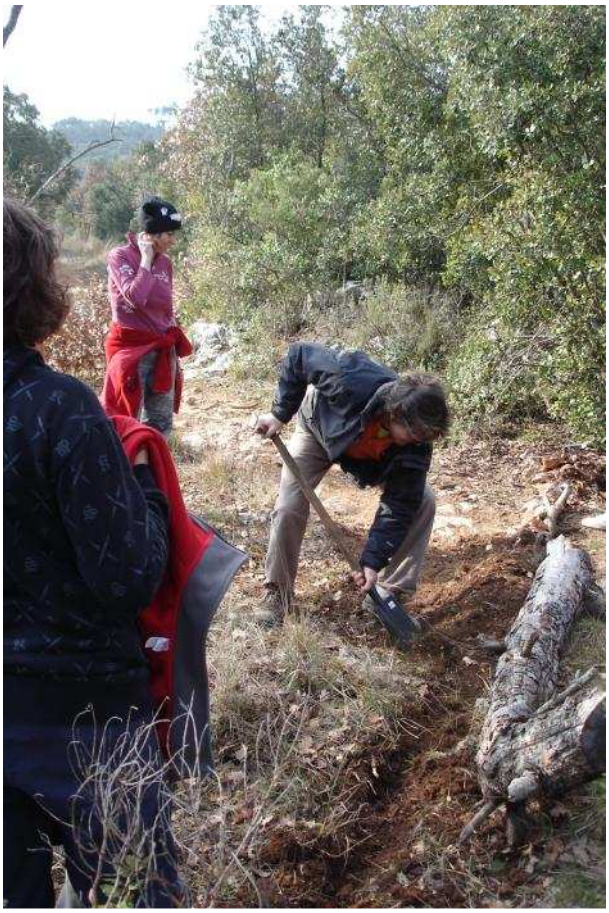


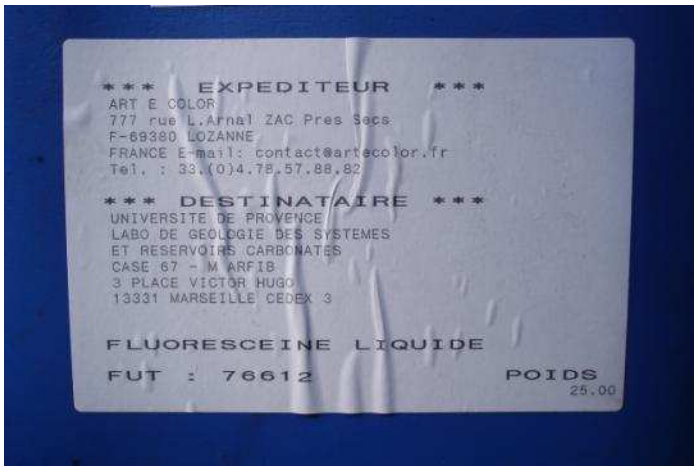
Photo 5 : La cuve de 1000 litres de Franck, qui permettra de "lubrifier" la cavité avant l'injection du colorant, puis de nettoyer les bidons et les abords du site

🡸 Photo 6 : Mise en place du barrage au ruissellement de surface du chemin sud-nord situé à 20 mètres à l'ouest de la perte de la Revengudo

Photos 7 : Installation du tuyau d'injection à partir de la surface

Photos 8 : Les spéléos bénévoles à l'heure de la pause déjeuner

Photo 9 : La perte de la Revengudo – vue en direction du nord (photo du 16 mars 2011, la perte absorbe)



Photos 10 : La fluorescéine liquide en bidons

Photo 11 : Injection de fluorescéine liquide par Herrick et Chantal à la perte de la Revengudo, filmés par Philippe Maurel.

Photo 12 : Le déversement de la fluorescéine liquide très concentrée

Photo 13 : Rinçage des bidons après injection. L'eau est verte, teintée par la fluorescéine

Photos 14 : Les pompiers de Signes – Camion Citerne Grande Capacité 12 000 litres

Photo 15 : Injection des 12 m^3 d'eau des pompiers dans la perte de la Revengudo à partir de la surface

Photo 16 : Nettoyage du site pour éliminer les quelques traces de fluorescéine en surface

Photo 17 : Traces de fluorescéine diluée, couleur verte, dans la perte de la Revengudo

Le 16 mars 2011 : Ruissellement de surface lors des pluies et écoulement dans la perte

Photo 18 : Le chemin d'axe sud-nord, situé à 20 mètres à l'ouest de la perte, transformé en ruisseau temporaire lors des pluies du 16/03/11. L'eau est déviée vers la perte par le barrage fait le 13/02/11 lors de l'injection de fluorescéine.

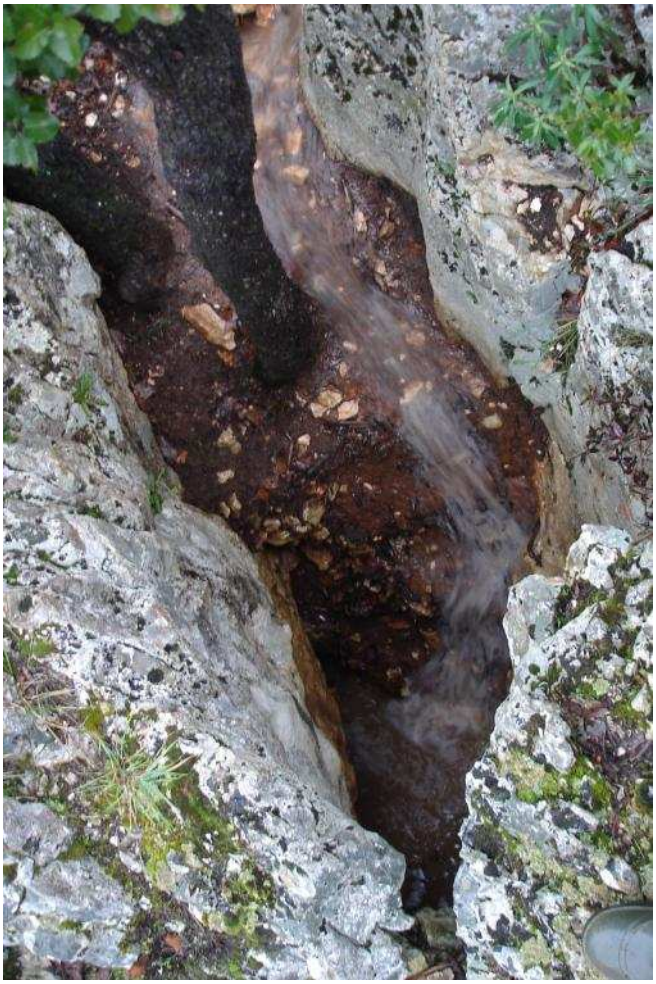


Photo 19 : La perte de la Revengudo absorbant l'eau de ruissellement de surface le 16/03/11, provenant du chemin drainé par la tranchée faite le 13/02/11 lors de l'injection de fluorescéine

Photo 20 : La perte de la Revengudo absorbant l'eau de la tranchée le 16 mars 2011 (vue en direction du nord)

Art E' Color
Pigments & colorants

CERTIFICAT DE CONFORMITE :

CI : A.Y.73

PRODUIT : FLUORESCEINE Liquide	**DATE :** 13/02/2010
LOT : 8865 (09-10/002)	**Emballages :** 76608 - 76613

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

PARAMETRES	STANDARD	LOT 8865 (09-10/002)
Apparence	Liquide brun rouge foncé	Identique
Insolubilité en solution aqueuse alcaline	0,2 % max.	0,12 %
pH (à 20°C)	9.0 min.	9.7
Teneur en fluorescéine	32 ± 2 %	30.2%

Date : 08/07/2010

ISO 9001 : 2000
777 rue Louis Arnal - ZAC Les Prés Secs - F-69380 LOZANNE - France
☎ 33.(0)4.78.57.88.82 33.(0)4.78.57.88.84 contact@artecolor.fr Site : www.artecolor.fr
SAS au capital de 179 128 € - RCS LYON B 321 225 914 - N° TVA : FR 20 321 225 914 - APE : 4675Z