

# Traçages hydrogéologiques (12)

*Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activités Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols*

Avril 2014

A74662/A



## Syndicat Mixte Millau Viaduc 2

Hôtel de la Communauté de Communes Millau Grands Causses

1 Place du Beffroi

12100 MILLAU

Tél. : 05.65.61.40.20



Présenté par



Midi Pyrénées

Pôle Eaux ressource et  
géothermies

Diapason – Bâtiment B

Rue Jean Bart

31670 LABEGE

Tél. : 05.61.00.70.40

avec l'aide technique du



71, Boulevard de l'Ayrolle

12101 MILLAU

Tél. : 05.65.61.35.50

## Sommaire

	Pages
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MOYENS MIS EN ŒUVRE.....</b>	<b>6</b>
2.1. PERSONNES CONTACTEES .....	6
2.2. DOCUMENTS CONSULTES .....	7
<b>3. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE.....</b>	<b>8</b>
3.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	8
3.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE .....	10
<b>4. PROTOCOLE DE MULTITRAÇAGES MIS EN ŒUVRE.....</b>	<b>13</b>
4.1. OBJECTIFS DES TRAÇAGES.....	13
4.2. PHASE PREALABLE.....	14
4.2.1. Phase préalable de prévention .....	14
4.2.2. Tests d'infiltration .....	14
4.3. MISE EN ŒUVRE DE L'OPERATION DE MULTITRAÇAGES .....	15
4.3.1. Choix et justification des traceurs utilisés .....	16
4.3.2. Technique et localisation des points d'injection .....	16
4.3.3. Choix des points de suivi .....	19
4.3.4. Méthodologie d'injection .....	19
4.3.5. Méthodologie de suivi de la restitution .....	20
4.3.6. Méthodologie de suivi des débits .....	21
4.3.7. Analyse des échantillons.....	22
<b>5. RESULTATS DES TRAÇAGES.....</b>	<b>23</b>
5.1. APPROCHE GENERALE.....	23
5.2. RESULTATS DES MESURES DE DEBITS .....	23
5.2.1. Données débitmétriques de la source de la Mère de Dieu.....	23
5.2.2. Données débitmétriques de la source des Vals.....	24
5.2.3. Données débitmétriques de la source de Moulibez .....	25
5.2.4. Données débitmétriques.....	26
5.3. RESULTATS DES RESTITUTIONS EN TRACEURS .....	27
5.3.1. Restitution de la sulforhodamine B injectée dans la fosse 1.....	27
5.3.2. Restitution de l'éosine injectée dans la fosse 2.....	29
5.3.3. Restitution de la fluorescéine injectée dans la fosse 3.....	30
5.3.4. Restitution de la fluorescéine à la source de Moulibez.....	34
5.4. BILAN DES DONNEES DES TRAÇAGES .....	36
<b>6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>39</b>
6.1. SYNTHESE GENERALE .....	39
6.2. APPORT DES TRAÇAGES A LA COMPREHENSION DU FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DU CAUSSE ROUGE .....	39
6.3. APPORT DES TRAÇAGES CONCERNANT LA VULNERABILITE DU PROJET L'EXTENSION DU PARC D'ACTIVITES MILLAU-VIADUC ET DE EMBLEMES DES FUTURS BASSINS D'ORAGE .....	40
6.4. RECOMMANDATIONS .....	41

*Syndicat Mixte Millau Viaduc 2*  
*Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité*  
*Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pélagayrols*  
*A74662/A*

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Localisation du projet de la zone d'extension.....	5
Figure 2 : Coupe géologique synthétique du Causse Rouge – source SIGES .....	8
Figure 3 : Carte morphostructurale du Causse Rouge – source rapport Antea A15245/B.....	9
Figure 4 : Principaux bassins d'alimentation des sources du Causse Rouge – source SIGES .....	10
Figure 5 : Limites du Causse Rouge – extrait rapport Antea A12245 .....	11
Figure 6 : Localisation des tests d'infiltration – source J.L GRAVELLIER & C.FOURCADIER.....	15
Figure 7 : Localisation des fosses d'injection .....	17
Figure 8 : Localisation des points d'injection et de suivi.....	18
Figure 9 : Injections des traceurs .....	20
Figure 10 : Matériel de suivi .....	21
Figure 11 : Evolution du débit de la source de la mère de Dieu .....	24
Figure 12 : Evolution du débit de la source de Moulibez.....	25
Figure 13 : Evolution du débit de la source des Fialets.....	26
Figure 14 : Restitution de la sulforhodamine B au niveau de la source de la Mère de Dieu .....	28
Figure 15 : Restitution de l'éosine au niveau de la source de la Mère de Dieu .....	29
Figure 16 : Observations visuelles de la restitution de fluorescéine à la source de la Mère de Dieu le 21/01/14 à 17h15 .....	30
Figure 17 : Restitution de la fluorescéine au niveau de la source de la Mère de Dieu .....	31
Figure 18 : Restitution de la fluorescéine au niveau de la source des Vals .....	33
Figure 19 : Restitution de la fluorescéine au niveau de la source de Moulibez .....	34
Figure 20 : Courbes de restitutions des traçages.....	37
Figure 21 : Bilan des restitutions .....	38

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Personnes contactées .....	6
Tableau 2 : Documents consultés .....	7
Tableau 3 : Résultats des tests d'infiltration – source J.L GRAVELLIER & C.FOURCADIER .....	14
Tableau 4 : Définition des quantités de traceur utilisées pour les injections .....	16
Tableau 5 : Caractéristiques des fosses d'injection .....	16
Tableau 6 : Caractéristiques des points de suivi .....	19
Tableau 7 : Limites de détection du CETRAHE .....	19
Tableau 8 : Matériel et points de suivi.....	20
Tableau 9 : Limites de détection du CETRAHE .....	22
Tableau 10 : Mesures de débits effectuées au niveau de la source de la Mère de Dieu.....	24
Tableau 11 : Mesures de débits effectuées au niveau de la source de Moulibez .....	25
Tableau 12 : Mesures de débits effectuées au niveau de la source des Fialets .....	26
Tableau 13 : Bilan de la restitution de la sulforhodamine à la Mère de Dieu.....	28
Tableau 14 : Bilan de la restitution de l'éosine à la Mère de Dieu .....	30
Tableau 15 : Bilan de la restitution de la fluorescéine à la Mère de Dieu .....	32
Tableau 16 : Bilan de la restitution de la fluorescéine à la source des Vals .....	33
Tableau 17 : Bilan de la restitution de la fluorescéine à la source de Moulibez .....	35
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des données obtenues par les traçages.....	36

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Planches photographiques des points de suivi
Annexe 2 : Résultats des analyses en laboratoire
Annexe 3 : Interprétations des traçages

## 1. Introduction

Le Syndicat Mixte Millau Viaduc 2 projette l'extension du parc d'activités Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pélagayrols (**cf. figure 1**).

Ce secteur est rattaché à la région naturelle des avants-causses et plus précisément du Causse Rouge. Ce causse est drainé par plusieurs sources dont 2 d'entre elles (sources de Bousterjak et Fontliane) étaient anciennement captées pour l'alimentation en eau potable par le Syndicat Intercommunal à Vocation Multiples (SIVOM) du Tarn et du Lumansonesque. L'avis sanitaire de l'hydrogéologue agréé M. ASTRUC situe la zone d'extension du parc d'activités sur le bassin d'alimentation de ces 2 sources.

Afin d'évaluer l'impact potentiel du projet sur la ressource en eau souterraine, la CCMGC a mandaté Antea Group afin de réaliser trois traçages hydrogéologiques depuis l'emplacement des futurs bassins d'orages.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- vérifier l'appartenance du projet aux bassins d'alimentation des sources de Bousterjak et de Fontliane ou d'autres sources ;
- constituer un pollutogramme qui permettra, en cas de départ intempestif de polluant dans le milieu naturel, de prendre des mesures de sécurisation nécessaires pour les syndicats, collectivités et usagers concernés ;
- caractériser les systèmes karstiques tracés à partir des informations fournies sur le transit de l'eau (vitesses et temps de séjours des eaux, DTS, volumes d'eau tracés...) ;
- estimer la vulnérabilité intrinsèque des aquifères à partir des données concernant la capacité épuratoire du karst (dilution, vitesses de transfert).



## Syndicat Mixte Millau Viaduc 2

Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnaud-Pégayrols  
A74662/A

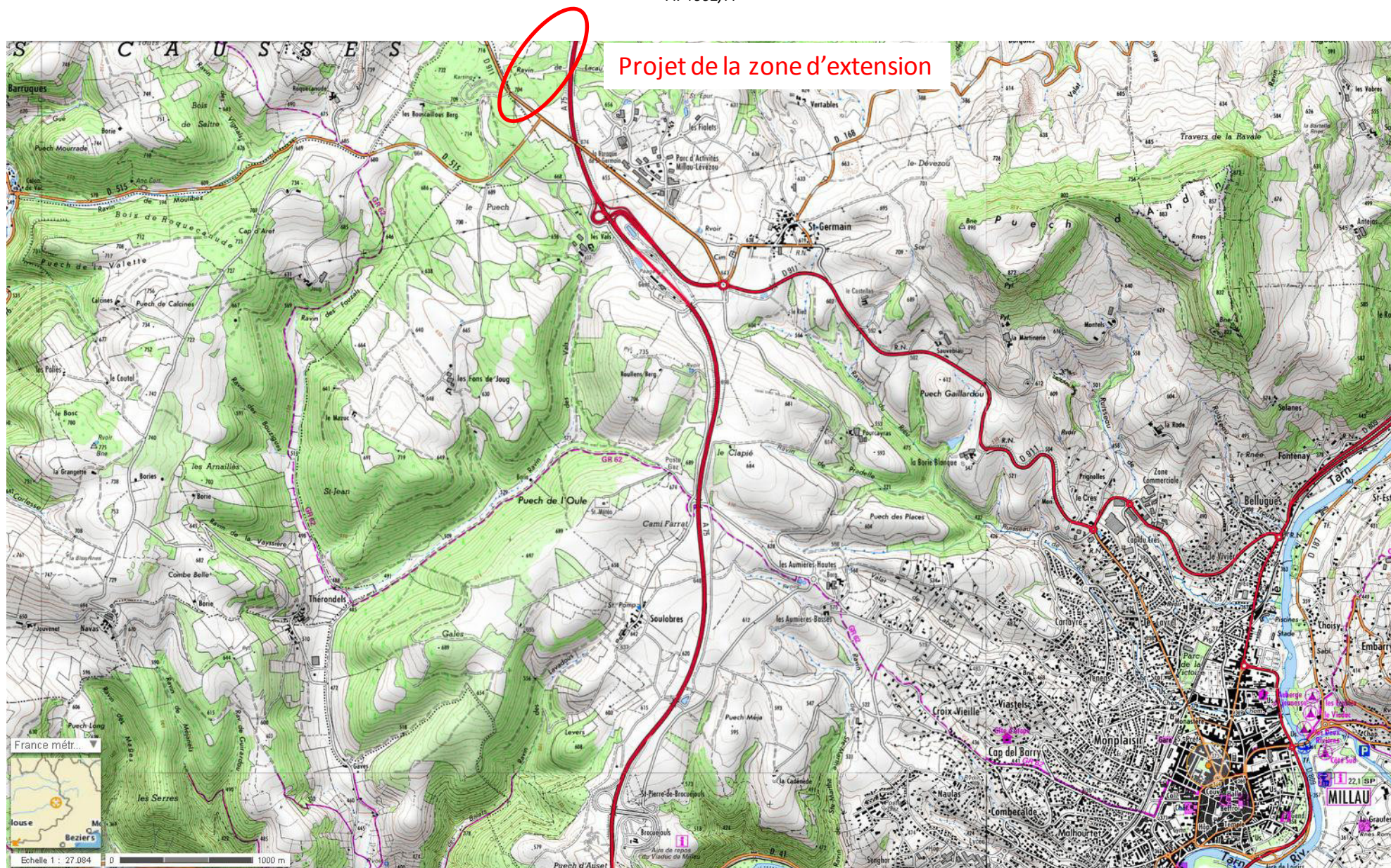


Figure 1 : Localisation du projet de la zone d'extension



## 2. Moyens mis en œuvre

### 2.1. Personnes contactées

Au cours de cette étude, différents interlocuteurs ont été contactés puis rencontrés. La liste des contacts est fournie dans le tableau suivant :

Organisme	Personnes contactées	Observations
<b>Communauté de Commune de Millau Grands Causses</b>	M. RASCALOU 06.72.51.21.89 b.rascalou@cc-millaugrandscausses.fr	Organisation des traçages et création des fosses d'injection
<b>Parc Naturel Régional des Grands Causses</b>	M. Laurent DANNEVILLE Responsable du pôle eau et assainissement 05.65.61.43.59 laurent.danneville@parc-grands-causses.fr	Accès aux captages de Bousterjack et Fontliane et appui technique
	M. Christophe APOLITE Assistant de question hydrogéologue 05.65.61.43.67 christophe.apolit@parc-grands-causses.fr	
<b>SIVOM des gorges du Tarn et du Lumansonesque</b>	M. Claude CABEL 06.40.48.31.67 secretariat@sivom-tarn-lumensonesque.fr	Accès aux captages de Bousterjack et Fontliane
<b>Mairie de Millau</b>	M. Daniel GUARRIC 05.65.59.50.00 Service-communication@millau.fr	Accès aux sources de la Mère de Dieu et des Fialets
<b>CBE Horizon</b>	M. Yves NICOL 06.37.32.00.15	Accès à la source de Moulibez
/	M. JEANTET et Mme GEYNET 06.89.67.36.58 et 06.26.95.00.06	Accès à la source de la Mère de Dieu
/	M. et Mme BERNET 05.65.58.71.59	Accès à la source des Douzes
/	M. Bertrand BONNEFOUS	Accès à la source des Vals

**Tableau 1 : Personnes contactées**

*Syndicat Mixte Millau Viaduc 2*  
*Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité*  
*Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pélagayrols*  
*A74662/A*

## 2.2. Documents consultés

Cette étude s'appuie sur plusieurs documents et banques de données :

Titre	Source
Carte géologique de la France à 1/1 000 000	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - <a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a>
Carte géologique de la France au 1/50 000 – Feuille de ST BEAUZELY	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - <a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a>
Carte géologique de la France au 1/50 000 – Feuille de Millau	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - <a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a>
Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines en Midi-Pyrénées (SIGES) Fiche 140 : Causse de Millau	SIGES <a href="http://sigesmpy.brgm.fr">sigesmpy.brgm.fr</a>
Paysages de l'Aveyron	Paysages de l'Aveyron <a href="http://paysageaveyron.fr">paysageaveyron.fr</a>
Alimentation en eau potable de la ville de Millau. Rapport préliminaire. Jean Margat, D.S.63.A70, juillet 1963	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - <a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a>
Evaluation des ressources hydrauliques de la France. Etat des connaissances et synthèse hydrogéologique du département de l'Aveyron. BRGM 79SGN550MPY, J.ROCHE, septembre 1979	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - <a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a>
Parc Naturel Régional des grands Causses. Etude hydrogéologique du Causse Rouge (Aveyron). Connaissance, aménagement et protection des ressources en eau souterraine. Rapport A12245/B, avril 1998	Antea Group
SIVOM des gorges du Tarn et du Lumansonesque. Périmètres de protection des sources de Fontliane et Bousterjack – Commune d'Aguessac (12). Avis de l'hydrogéologue agréée. J.,G. ASTRUC, Mai 2007	SIVOM des gorges du Tarn et du Lumansonesque
Guide méthodologique. Les outils de l'hydrogéologie karstique pour la caractérisation de la structure et du fonctionnement des systèmes karstiques et l'évaluation de leur ressource. BRGM/RP-58237-FR, mars 2010	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) - <a href="http://infoterre.brgm.fr">infoterre.brgm.fr</a>
Projet d'extension de la zone d'activité Millau-Viaduc 2. Expertise hydrogéologique préalable aux traçages des eaux souterraines – Tests d'infiltration. JL GRAVELLIER & C.FOURCADIER, SCP de géomètres Experts D.P.L.G Bureau d'Etudes – Ingénierie, D4076, décembre 2013	Communauté de Communes de Millau Grands Causses

**Tableau 2 : Documents consultés**

### 3. Contexte général de l'étude

#### 3.1. Contexte géologique

Le Causse Rouge qui surplombe la ville de Millau est formé de terrains appartenant au Trias et au Jurassique inférieur (Lias) (J1) qui constituent la couverture mésozoïque du massif cristallin du Lézou. La série calcaires est faiblement inclinée vers le sud-est (environ 10°) et repose en discordance sur le socle métamorphique hercynien et le Permien (cf. figure 2).

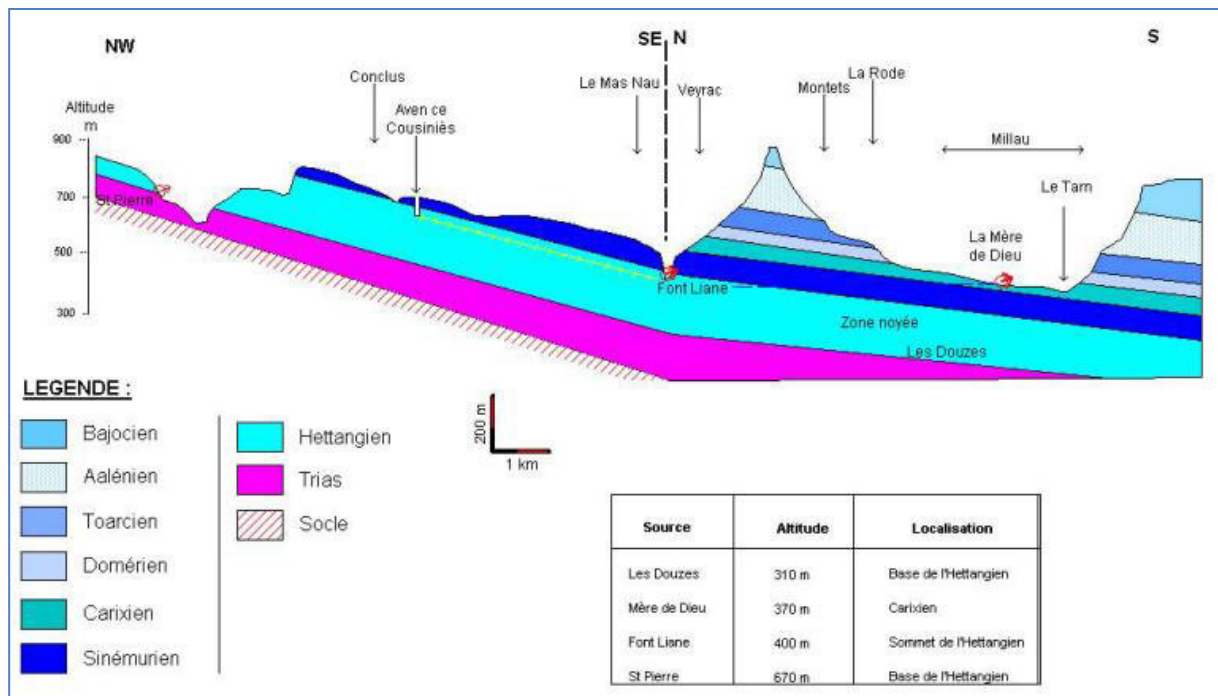


Figure 2 : Coupe géologique synthétique du Causse Rouge – source SIGES

Le secteur du projet de la zone d'extension est situé sur les terrains de l'Hettangien et du Sinémurien (Lias inférieur), à proximité du massif basaltique d'Azinières et chevauche le faisceau de failles de Saint-Laurent (cf. figure 3).

A l'inverse du Causse du Larzac, les formes karstiques de surface sont peu abondantes sur le Causse Rouge. Elles sont concentrées pour l'essentiel dans la partie nord et sont principalement représentées par des Dolines.



## Syndicat Mixte Millau Viaduc 2

Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
A74662/A

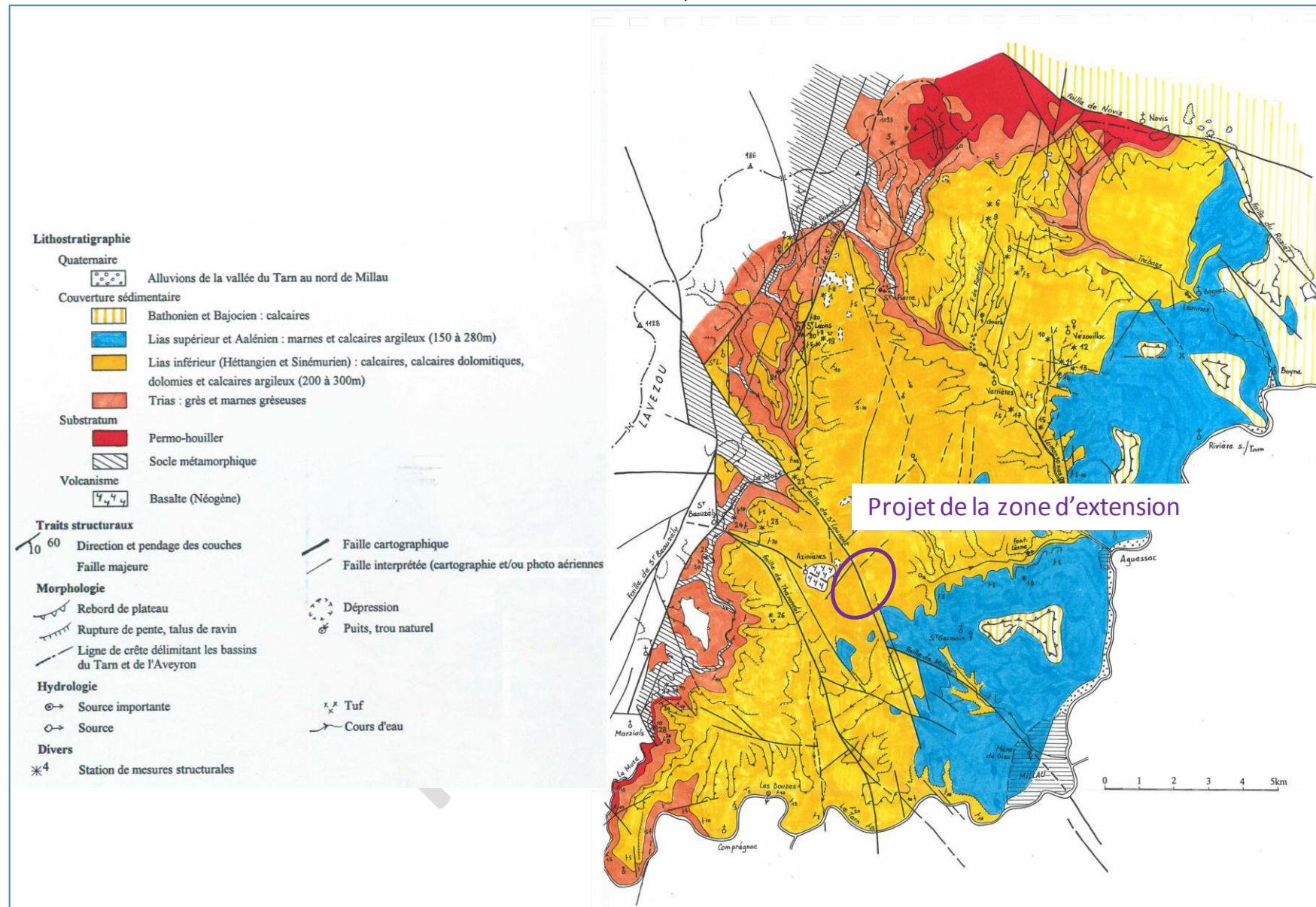


Figure 3 : Carte morphostructurale du Causse Rouge – source rapport Antea A15245/B

### 3.2. Contexte hydrogéologique

D'une manière générale, le Causse Rouge se comporte comme un grand système aquifère karstique développé dans les grès du Trias et les calcaires de la base de l'Héttangien.

Il est possible de distinguer trois secteurs distincts sur le Causse Rouge (cf. figure 5) :

- **la zone septentrionale** : limitée au nord par les massifs cristallins et au sud par la vallée du Lumansonesque. Cette zone est marquée par la présence de nombreuses pertes, alimentant des réseaux souterrains à écoulement libre fréquemment développés dans les grès du Trias ;
- **la zone médiane** : limitée au nord par la vallée du Lumansonesque et au sud par le faisceau de faille de Saint-Laurent, ce secteur est dominé par le plateau central ;
- **la zone méridionale** : limitée au nord par le faisceau de failles de Saint-Laurent et au sud par la vallée du Tarn, cette zone où s'ennoient les séries carbonatées présente vraisemblablement une zone noyée importante et donc un fonctionnement hydraulique différent du reste du Causse.

La zone d'étude est située à l'intersection entre la zone intermédiaire et la zone méridionale.

Le causse Rouge est drainé par 5 sources principales qui délimitent 5 principaux bassins d'alimentation (cf. figure 4).

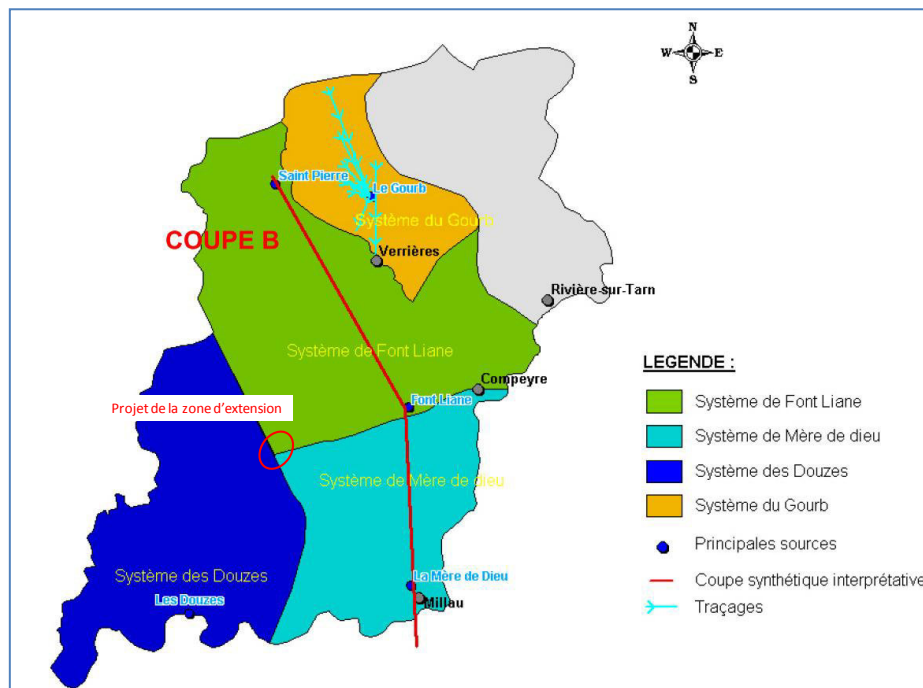


Figure 4 : Principaux bassins d'alimentation des sources du Causse Rouge – source SIGES



Syndicat Mixte Millau Viaduc 2  
Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité  
Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
A74662/A

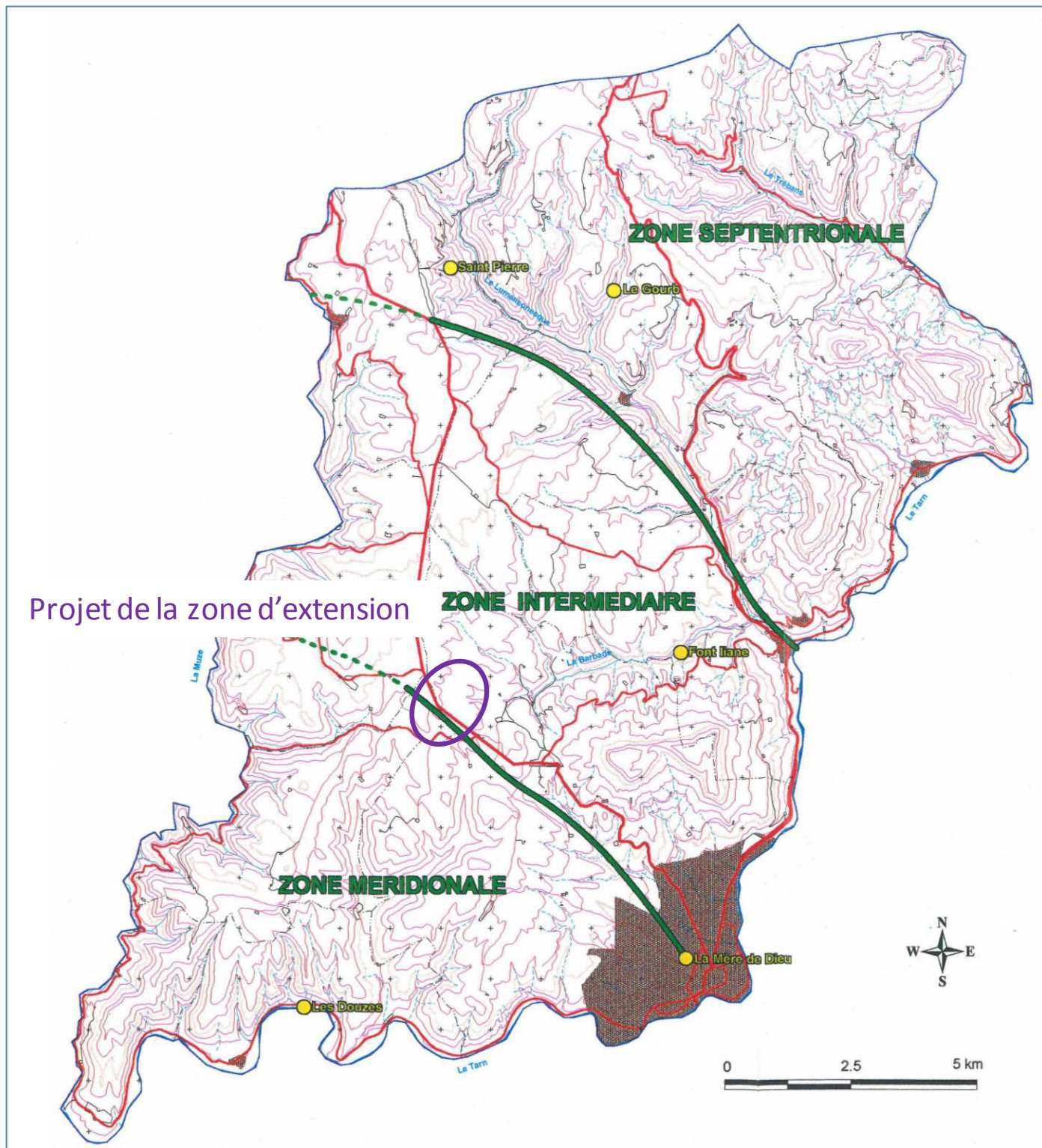


Figure 5 : Limites du Causse Rouge – extrait rapport Antea A12245

*Syndicat Mixte Millau Viaduc 2*  
*Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité*  
*Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégyrols*  
*A74662/A*

Parmi les 5 sources principales, on distingue :

- **la source de Saint Pierre**, située dans la partie amont de la vallée du Lumansonesque, près de la ferme abandonnée de Saint Pierre. Les eaux sourdent des grès à ciment calcaire du passage Trias-Héttangien. Le plancher de l'aquifère est constitué par les grès et argiles du Trias ;
- **la source des Douzes**, elle se situe dans la vallée du Tarn, au lieu dit Les Douzes, en contrebas de la route D41. La résurgence se situe dans les dolomies hettangiennes. Le contact entre ces dolomies et les grès du Trias se situerait vers 40 m de profondeur. Des dépôts de tufs calcaires apparaissent à 50 m à l'ouest de la source, au dessus de la route, avec une épaisseur de l'ordre de 5 m. Ils montrent que le niveau d'émergence est descendu ;
- **la source du Gourp**, située au pied du versant ouest du Vallon des Pincelles, 500 m en amont du Moulinou. La vasque formant l'émergence est ouverte dans les dolomies hettangiennes, à 70 m de la limite supérieure de l'étage. Le contact avec le Trias, à la base se situerait à une centaine de mètres de profondeur. Une puissante couche de tufs calcaires se développe 300 m en aval, à une altitude inférieur de 20 m. Cette source constitue probablement un trop-plein ;
- **la source de Fontliane**, située au fond du vallon des Barbades. Les eaux sortent des dolomies hettangiennes, 18 m au dessus de la limite Hettangien-Sinémurien. Le contact avec les grès et argiles du Trias se situerait vers 150 m de profondeur ;
- **la source de la Mère de Dieu**, située dans l'agglomération de Millau, quartier Montplaisir (ravin de la Cabre). La source est captée dans les calcaires argileux du Carixien. La limite avec le Sinémurien pourrait se situer 15 à 20 m en dessous.



## 4. Protocole de multitraçages mis en œuvre

### 4.1. Objectifs des traçages

La technique du traçage artificiel est couramment utilisée en hydrogéologie karstique afin de vérifier l'existence d'une relation entre une zone d'infiltration et un ou plusieurs exutoires.

L'opération de traçage nécessite cependant de respecter certaines conditions, notamment :

- l'injection du traceur doit se faire de façon instantanée, de manière à obtenir une réponse impulsionnelle facilement interprétable ;
- la masse de traceur injectée doit être suffisante pour que sa présence puisse être détectée à l'exutoire ;
- l'échantillonnage à la sortie du système karstique doit être effectué à un pas de temps adapté, afin de caractériser les variations de concentration du traceur restitué en fonction du temps ;
- des mesures de débits couplées à des mesures de hauteurs d'eau doivent être réalisées au niveau des exutoires afin de pouvoir effectuer un bilan massique de l'opération.

Dans l'étude des aquifères karstiques, on scinde en général les traçages en 2 catégories en fonction de l'objectif fixé :

- **les traçages de reconnaissance** dont la finalité est de déterminer l'appartenance d'un point ou d'un secteur au bassin d'alimentation d'une source, captée ou non ;
- **les traçages de simulation** dont l'objectif est de connaître de façon précise les paramètres du transit du traceur entre un point d'injection et un point de résurgence connu (captage). Ce type de traçage permet alors de simuler des pollutions.

## 4.2. Phase préalable

### 4.2.1. Phase préalable de prévention

L'injection de traceur, si elle n'est pas maîtrisée, peut engendrer une coloration des eaux souterraines (sources, forages...) ou superficielles (ruisseau, cours d'eau...). Cette coloration, totalement inoffensive pour la santé humaine et le milieu aquatique, peut constituer une gêne importante vis-à-vis des usagers de l'eau (agriculteur, particuliers, syndicats, pêcheurs) jusqu'à l'arrêt total de la distribution en eau potable si elle s'avère trop importante. Il est donc primordial de communiquer sur l'innocuité du traceur et sur l'objectif de l'opération.

En partenariat avec le Parc Naturel Régional des Grands Causses, la Préfecture, la DDT, l'ARS, le Conseil Général et d'autres usagers de l'eau ont été prévenus par courriers ou e-mails une semaine avant l'injection des traceurs.

Un article a été publié dans le Midi Libre le 21/01/14 afin de toucher un public plus large.

### 4.2.2. Tests d'infiltration

Le principe choisi a été d'injecter un traceur différent dans 3 fosses creusées au tractopelle. La vérification de l'infiltrabilité de la zone à infiltrer (capacité à infiltrer les eaux) était donc importante avant toute injection, ceci afin d'éviter le piégeage des traceurs en surface.

Des tests d'infiltrations ont été effectués par le bureau d'étude JL GRAVELLIER & C.FOURCADIER le 12 décembre 2013 dans des fosses creusées à l'emplacement ou à proximité des bassins d'orage prévus dans le projet (cf. figure 6).

Les résultats des essais d'infiltration sont présentés dans le tableau suivant.

Sondage	P
S1	$0.9675 / 20 / (60 \times 24) / 6.194 = 11.2 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$
S2	$2.0592 / 20 / (60 \times 24) / 15.81 = 9.4 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$
S3	$1.58355 / 20 / (60 \times 24) / 13.229 = 8.6 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$
S4	$0.5775 / 20 / (60 \times 24) / 5.51 = 7.5 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$
S5	$2.85 / 20 / (60 \times 24) / 14.36 = 14.3 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$
S6	$1.1264 / 20 / (60 \times 24) / 9.38 = 8.6 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$
S7	$0.2688 / 20 / (60 \times 24) / 6.464 = 3.0 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$
S8	$0.713 / 20 / (60 \times 24) / 9.428 = 5.4 \text{ m}^3/\text{jour/m}^2$

**Tableau 3 : Résultats des tests d'infiltration – source J.L GRAVELLIER & C.FOURCADIER**

Les perméabilités calculées pour les 8 fosses sont homogènes et comprises entre 3,0 et 14,3 m<sup>3</sup>/j/m<sup>2</sup> soit entre 3,5.10<sup>-5</sup> et 1,7.10<sup>-4</sup> m/s.

Ces perméabilités sont considérées comme fortes et sont tout à fait adaptées aux opérations d'injection de traceur.

Syndicat Mixte Millau Viaduc 2  
 Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité  
 Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
 A74662/A

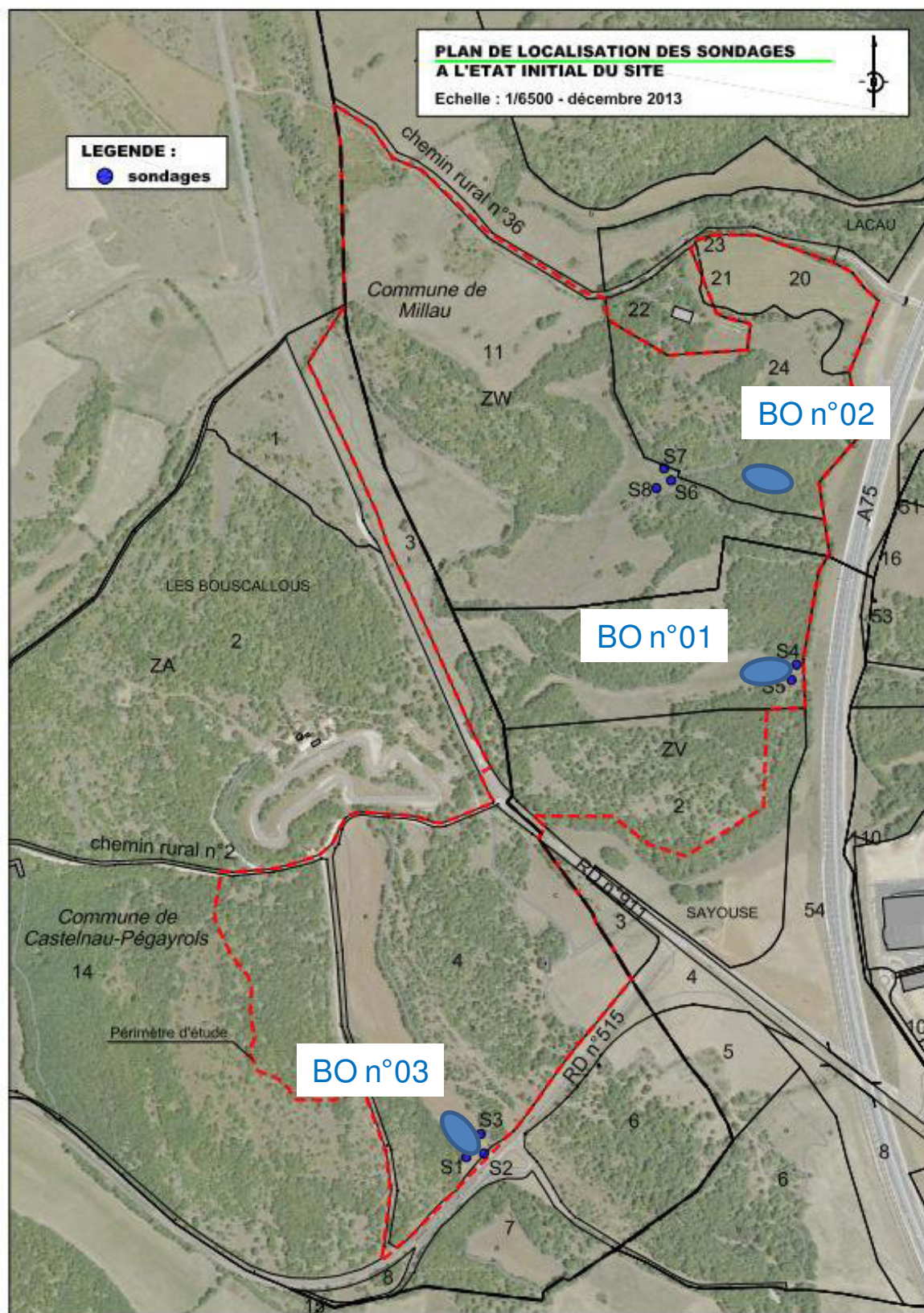


Figure 6 : Localisation des tests d'infiltration – source J.L GRAVELLIER & C.FOURCADIERMise en œuvre de l'opération de multitraçages

### 4.2.3. Choix et justification des traceurs utilisés

Les traceurs utilisés sont des substances totalement inoffensives et couramment utilisées en hydrogéologie. De ce fait, l'ensemble des traceurs était adapté au contexte de l'étude (sorties possibles sur des captages AEP), sans engendrer de contraintes fortes en termes de potabilité de l'eau et de gêne dans la distribution des abonnés.

De plus, les traceurs injectés sont des traceurs fluorescents faciles à mettre en œuvre et à analyser par les laboratoires spécialisés.

Afin d'assurer des restitutions de bonnes qualités, les quantités de traceur injectées devaient être adaptées au contexte géologique et hydrogéologique local, c'est-à-dire prendre en compte :

- les phénomènes d'absorption pouvant apparaître dans la zone non saturée et tout au long du cheminement souterrain ;
- les remplissages karstiques importants, tapissant le fond des dolines, des igues ou autres phénomènes karstiques ;
- l'interférence de certains traceurs dont les longueurs d'ondes sont souvent proches et rendent difficile la détection en laboratoire.

Les quantités et la nature des traceurs finalement retenus sont présentées dans le tableau suivant :

N° Fosse	Traceur	Masse (kg)
1	Sulforhodamine B	7,0
2	Eosine	7,0
3	Fluorescéine	7,0

**Tableau 4 : Définition des quantités de traceur utilisées pour les injections**

### 4.2.4. Technique et localisation des points d'injection

La localisation des points d'injection correspond aux emplacements prévus des futurs bassins d'orage de l'extension de la zone industrielle. Trois fosses au tractopelle de 50 m<sup>3</sup> (5 x 5 x 2 m) ont ainsi été creusées (cf. **tableau 5 et figure 7**).

Les caractéristiques géographiques des fosses sont les suivantes :

N° fosse	X L2e (m)	Y L2e (m)	Z (mNGF)
1	654 407	1 905 446	665
2	654 185	1 905 671	675
3	654 003	1 904 784	675

**Tableau 5 : Caractéristiques des fosses d'injection**



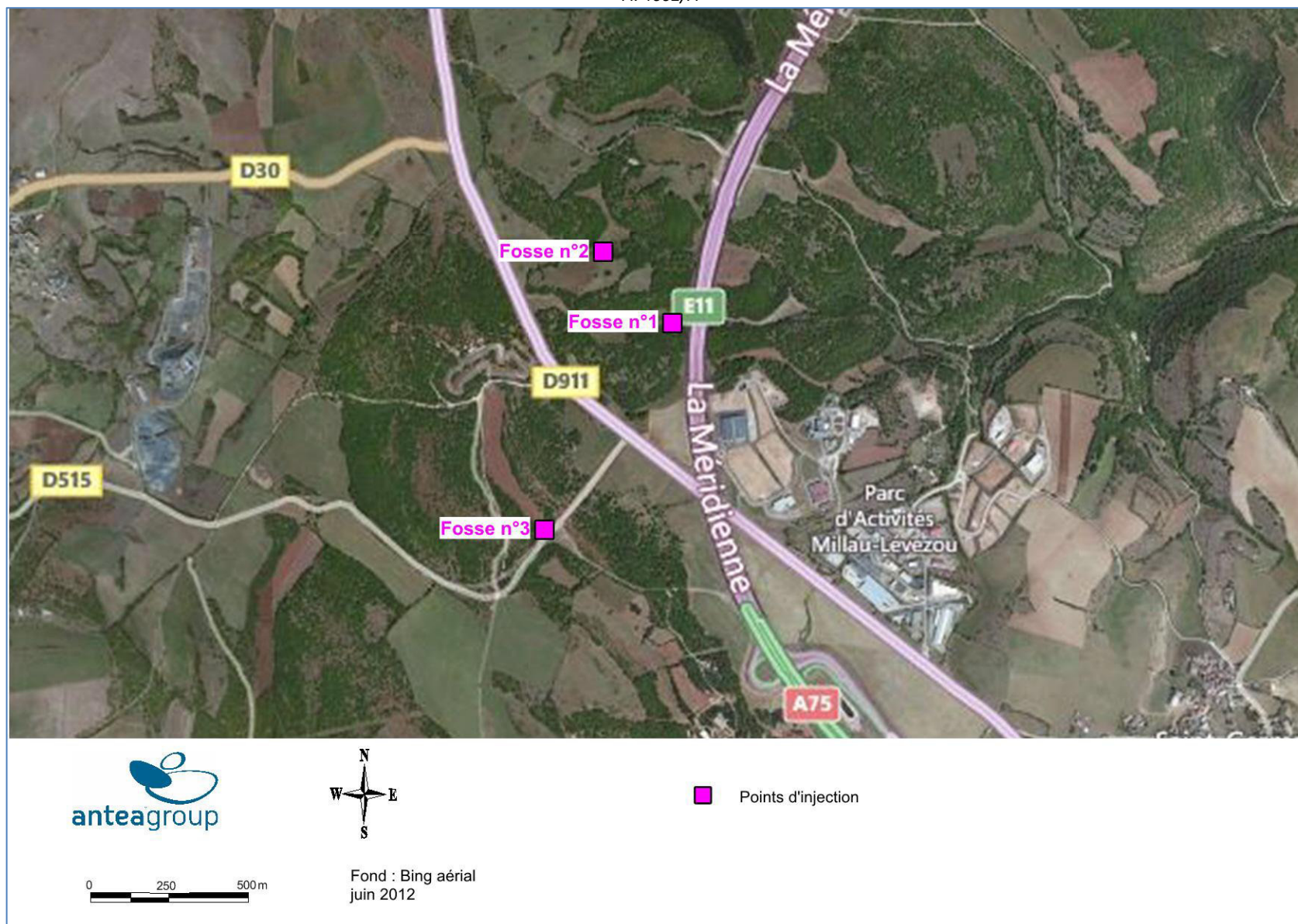


Figure 7 : Localisation des fosses d'injection



## Syndicat Mixte Millau Viaduc 2

Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
A74662/A

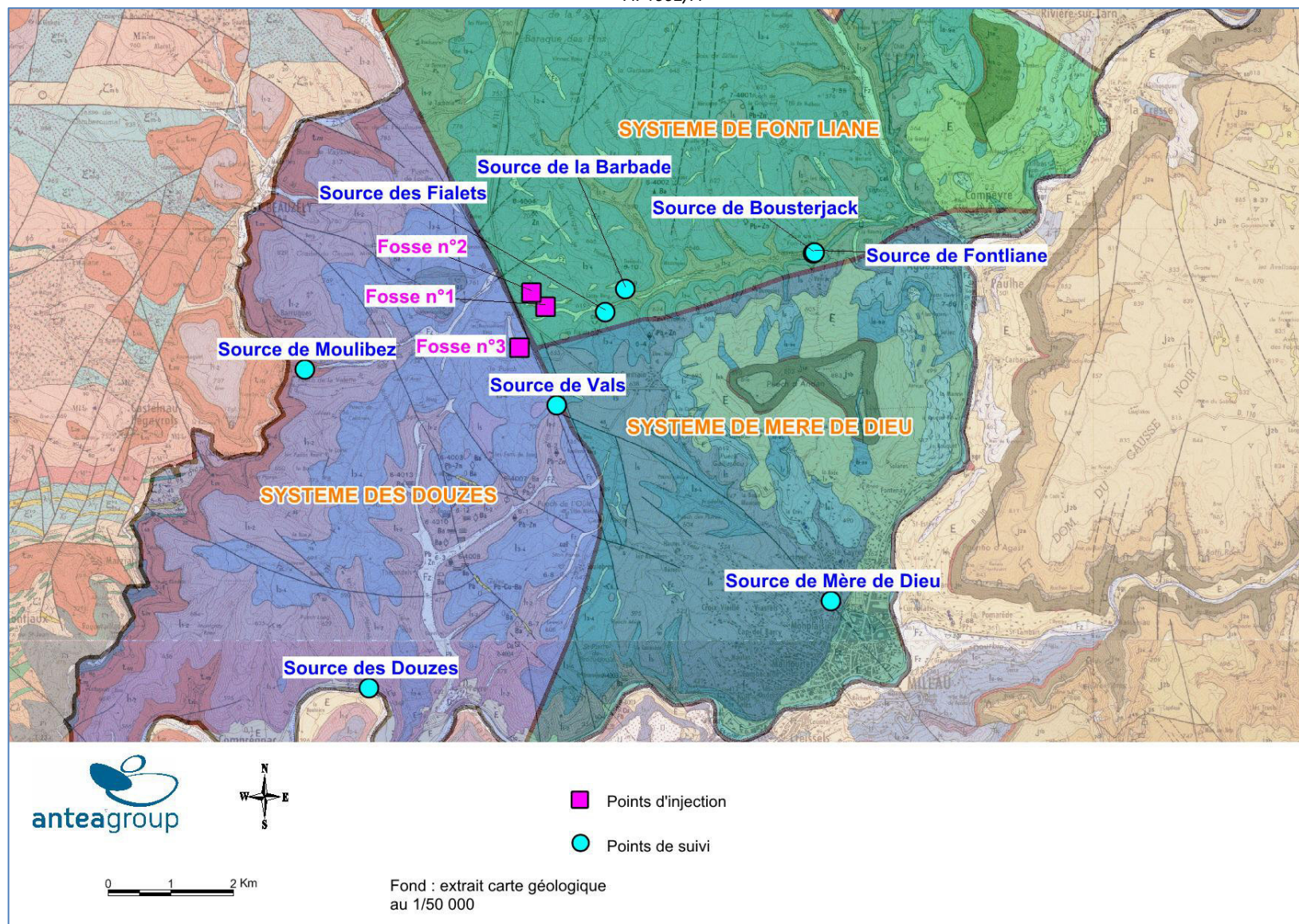


Figure 8 : Localisation des points d'injection et de suivi

#### 4.2.5. Choix des points de suivi

Le choix des points de suivi a été effectué en concertation avec le Parc Naturel Régional des Grands Causses et s'est porté sur les principales sources du secteur. Les planches photographiques sont présentées en **annexe 1**.

Les 8 points de suivi retenus sont présentés dans le tableau suivant et sur la **figure 8**.

Système	Point de suivi	Usage	X L2e	Y L2e	Z (m NGF)
<b>Système de la Mère de Dieu</b>	Source des Vals	AEP particulier	654 606	1 903 882	610
	Source de la Mère de Dieu	Aucun	658 995	1 900 792	390
<b>Système de Fontliane</b>	Source des Fialets	Aucun	655 363	1 905 368	600
	Source de la Barbade	Aucun	655 673	1 905 734	580
	Source de Bousterjack	Ancien AEP	658 668	1 906 338	440
	Source de Fontliane	Ancien AEP	658 690	1 906 349	440
<b>Système des Douzes</b>	Source de Moulibez	AEP particulier	650 589	1 904 414	560
	Source des Douzes	AEP particulier	651 653	1 899 338	350

**Tableau 6 : Caractéristiques des points de suivi**

#### 4.2.6. Méthodologie d'injection

L'injection des traceurs a nécessité un apport d'eau par citernage.

Les volumes injectés ont été de 42 m<sup>3</sup> pour les fosses n°1 et 2 et de 30 m<sup>3</sup> pour la fosse n°3. Le protocole consistait à injecter 2 m<sup>3</sup> d'eau afin de vérifier la capacité d'infiltration du point retenu et de pousser ensuite le traceur à l'aide du volume restant d'eau claire (cf. **figure 9**).

Pour chacun des 3 sites, le volume d'eau versé s'est totalement infiltré dans les fosses.

Le tableau suivant résume les dates d'injection.

Injection	Fosse	Date
<b>Sulforhodamine B</b>	1	17 janvier 2014 à 9h15
<b>Eosine</b>	2	17 janvier 2014 à 12h
<b>Fluorescéine</b>	3	17 janvier 2014 à 14h20

**Tableau 7 : Limites de détection du CETRAHE**



*Syndicat Mixte Millau Viaduc 2*  
*Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité*  
*Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols*  
*A74662/A*



Injection de sulforhodamine – fosse n°1



Injection d'éosine – fosse n°2



← Injection de fluorescéine  
fosse n°3

**Figure 9 : Injections des traceurs**

#### 4.2.7. Méthodologie de suivi de la restitution

Le suivi des restitutions s'est effectué sur l'ensemble des sources, à l'aide de fluorimètres de terrain type SCHNEGG couplés à des préleveurs autonomes d'une capacité de 24 flacons de 0,5 à 1 litre.

La surveillance s'est déroulée du mercredi 15 janvier 2014 au lundi 17 février 2014 soit pendant 1 mois. Au cours de ce suivi, 7 tournées de maintenance ont été effectuées par un ingénieur d'Antea Group.

Le **tableau 8** ainsi que la **figure 10** résument et illustrent le matériel mis en place.

Système	Point de suivi	Préleveur automatique	Fluorimètre de terrain	Jaugeages
Système de la Mère de Dieu	Source des Vals	Oui	Non	Oui si écoulement
	Source de la Mère de Dieu	Oui	Oui	Oui
Système de Fontliane	Source des Fialet	Oui	Non	Oui
	Source de la Bardabe	Oui	Oui	Oui
	Source de Bousterjack	Oui	Oui	Non
	Source de Fontliane	Oui	Oui	Oui
Système des Douzes	Source de Moulibez	Oui	Non	Non
	Source des Douzes	Oui	Oui	Oui

**Tableau 8 : Matériel et points de suivi**



*Syndicat Mixte Millau Viaduc 2*  
*Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité*  
*Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols*  
*A74662/A*



Préleveur automatique – source de la Mère de Dieu



Fluorimètre – source de Bousterjack



Préleveur automatique – source de Fontliane



Fluorimètre – source des Douzes

**Figure 10 : Matériel de suivi**

#### *4.2.8. Méthodologie de suivi des débits*

Afin de suivre les débits des sources, des mesures ponctuelles ont été effectuées à l'occasion des tournées de maintenance au micro-moulinet ou au sceau gradué (technique adaptée en fonction des caractéristiques des ouvrages).

Les sources de Bousterjack et Fontliane font l'objet d'un suivi avec enregistrement en continu par le Parc Naturel Régional des Grands Causses.

#### 4.2.9. Analyse des échantillons

Les échantillons prélevés par les préleveurs automatiques ont été stockés dans des flacons en verre brun fumé rincés à l'eau prélevée. L'analyse par spectrofluorimétrie a été réalisée par la Cellule R&D d'Expertise et de Transfert en TRAçage Appliqués à l'Hydrogéologie et à l'Environnement (CETRAHE) de l'université d'Orléans.

Le spectrofluorimètre utilisé est un appareil mono-faisceau dont la résolution du balayage spectral est de l'ordre de 2 nm. Sous l'action d'un rayon lumineux de longueur d'onde bien précise (pic d'excitation), les produits fluorescents émettent un rayonnement (pic d'émission) dont l'amplitude est proportionnelle à la concentration du produit analysé.

La comparaison entre l'amplitude obtenue sur l'échantillon et l'amplitude d'une gamme étalon réalisée sur le même colorant permet alors de déterminer la concentration du produit. La comparaison entre les longueurs d'ondes des échantillons analysés (spectres d'émission et d'excitation) et du traceur utilisé lors de l'injection permet de vérifier que l'intensité mesurée correspond bien aux produits recherchés.

Ainsi le spectre positif signifie que le colorant est présent dans l'échantillon analysé. A l'inverse, si le spectre est négatif, le produit analysé n'est pas le colorant mais un tout autre produit comme la matière organique ou divers polluants pouvant contenir un mélange fluorescent interférent avec la mesure. Les résultats des analyses effectuées sont présentés en **annexe 2**.

Les seuils de détections de chaque substance utilisée sont résumés dans le tableau suivant :

Traceur	Eaux naturelles optiquement propres (µg/l)	Bruit de fond élevé (µg/l)
<b>Sulforhodamine B</b>	0,2	0,5
<b>Eosine</b>	0,05	0,1
<b>Fluorescéine</b>	0,001	0,01

**Tableau 9 : Limites de détection du CETRAHE**

## 5. Résultats des traçages

### 5.1. Approche générale

Un traçage consiste à observer l'évolution du transfert d'une matière soluble dans l'eau (en général un traceur fluorescent) entre un point d'injection et un ou plusieurs points de restitution.

Un résultat de traçage doit donc toujours être illustré par la courbe de restitution (donnant la répartition des concentrations en fonction du temps) ainsi que par la courbe de Distribution des Temps de Séjour (DTS) permettant de décrire le transit du traceur dans le système traçage. Elle correspond au flux de traceur normé par rapport à la masse de traceur restitué.

La maîtrise des débits au point de restitution permet d'effectuer un bilan massique du traçage, et donc de calculer le pourcentage de restitution en traceur. Il correspond au rapport entre la masse injectée et la masse restituée.

On retiendra qu'une opération de traçage permet de calculer de nombreux paramètres dont :

- l'analyse du **flux de sortie**, permettant d'obtenir la masse de traceur restituée et donc le pourcentage de restitution en traceur, caractéristique des phénomènes d'autoépuration du système karstique ;
- le **temps moyen de séjour** et la vitesse moyenne de transit permettant de décrire le déplacement du nuage ;
- le **taux de dilution** du système tracé permettant d'évaluer l'impact qualitatif potentiel de la ressource captée en cas de pollution du système.

### 5.2. Résultats des mesures de débits

#### 5.2.1. Données débitmétriques de la source de la Mère de Dieu

Les données de débits de la source de la Mère de Dieu mesurées au micro-moulinet sont présentées sur le **tableau 10** et la **figure 11**.

Les opérations de traçage ont été ponctuées de nombreux épisodes pluvieux (données météorologiques relevées à la station de Millau).

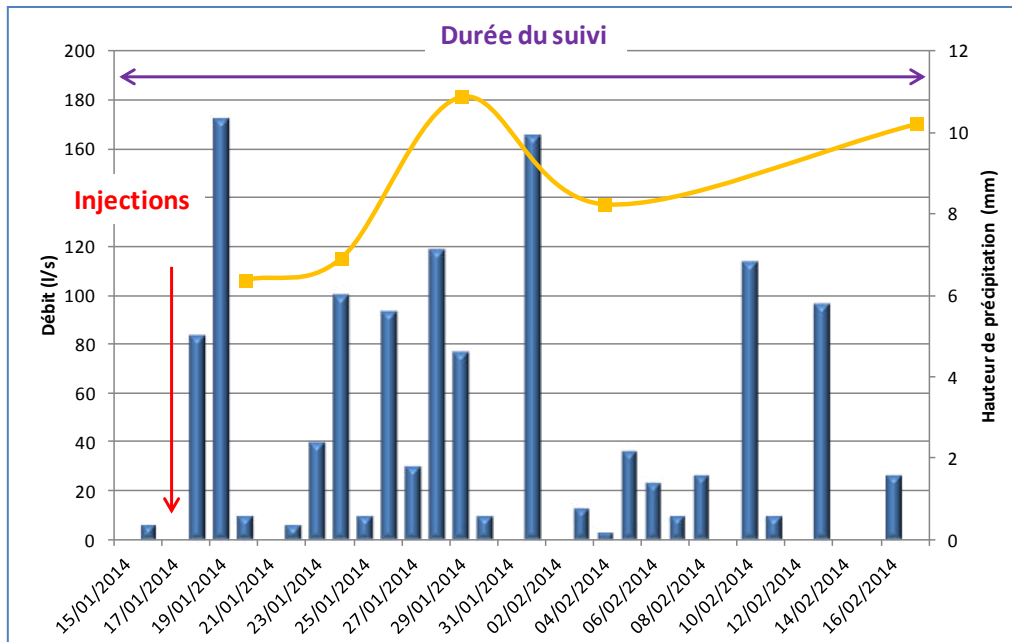
Ainsi le débit de la source de la Mère de Dieu augmente fortement entre le 20 et le 29 janvier (de 106 à 181 l/s) pour diminuer le 4 février (137 l/s) et ré-augmenter le 17 février (170 l/s).

Le débit moyen calculé sur la série de 5 valeurs est de 120 l/s.

Syndicat Mixte Millau Viaduc 2  
 Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité  
 Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
 A74662/A

Date	Débit (l/s)
20/01/2014	106
24/01/2014	115
29/01/2014	181
04/02/2014	137
17/02/2014	170

**Tableau 10 : Mesures de débits effectuées au niveau de la source de la Mère de Dieu**



**Figure 11 : Evolution du débit de la source de la mère de Dieu**

### 5.2.2. Données débitmétriques de la source des Vals

La configuration de la source des Vals ne permet pas la réalisation de mesures de débits (aucun trop plein). Seul un faible écoulement est présent quelques mètres en aval en période de fortes précipitations. Ainsi, seule deux mesures ont pu être effectuées au micro-moulinet :

- le 20/01/14 avec un débit de l'ordre de 1 l/s ;
- le 24/01/14 avec un débit de l'ordre de 2 l/s.



### 5.2.3. Données débitmétriques de la source de Moulibez

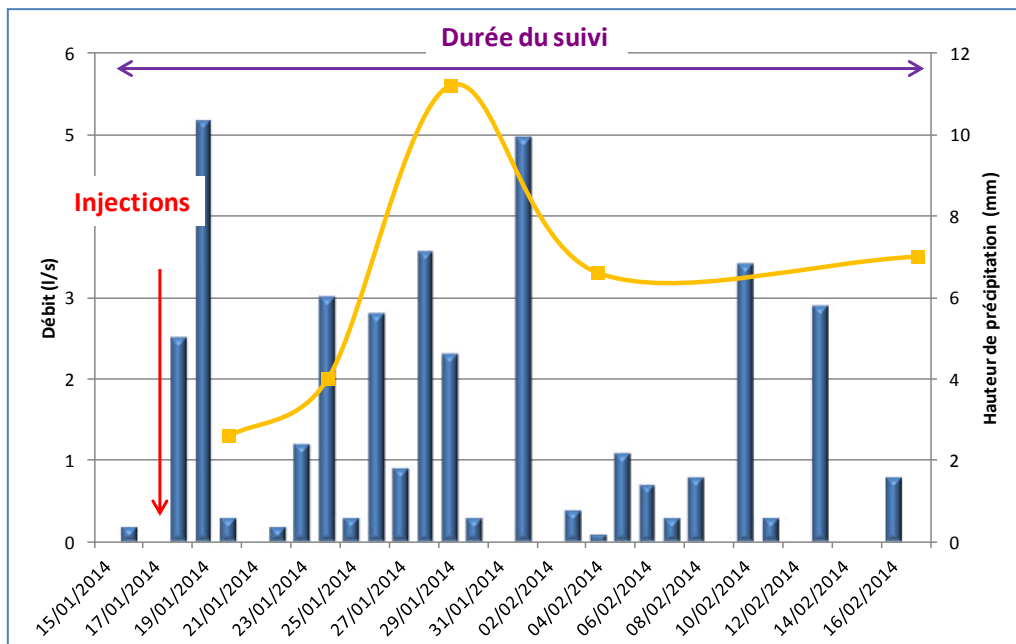
Les données de débits de la source de Moulibez mesurées au sseau gradué sont présentées sur le **tableau 11** et la **figure 12**.

Le débit de la source augmente fortement entre le 20 et le 29 janvier (de 1,3 à 5,6 l/s) pour diminuer le 4 février (3,3 l/s) et ré-augmenter le 17 février (3,5 l/s).

Son débit moyen calculé sur une série de 5 mesures est de 3,1 l/s.

Date	Débit (l/s)
20/01/2014	1.3
24/01/2014	2
29/01/2014	5.6
04/02/2014	3.3
17/02/2014	3.5

**Tableau 11 : Mesures de débits effectuées au niveau de la source de Moulibez**



**Figure 12 : Evolution du débit de la source de Moulibez**

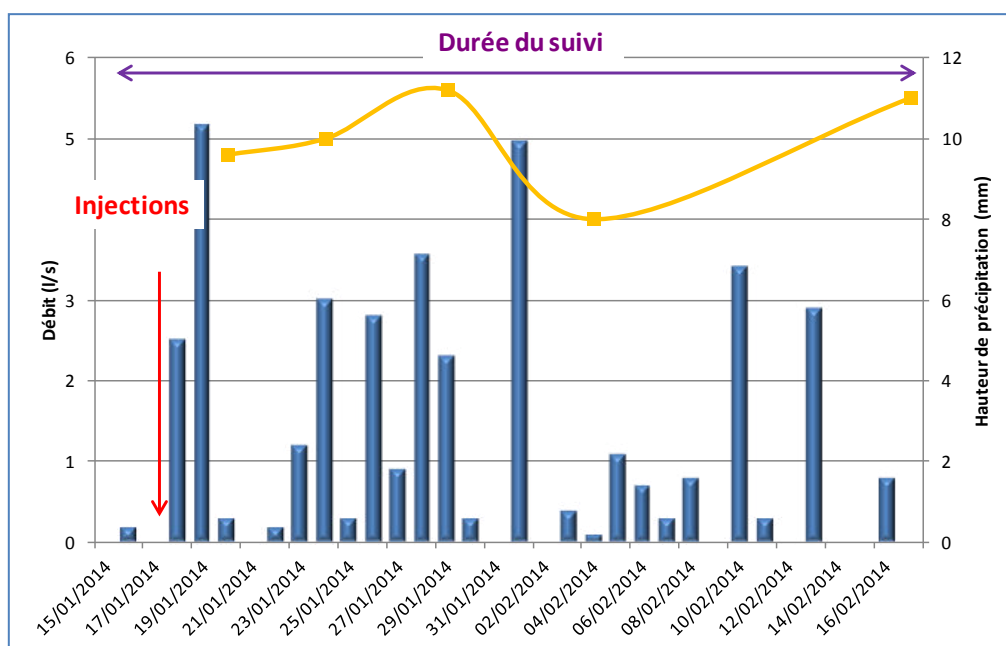
### 5.2.4. Données débitmétriques

Les données de débits de la source des Fialet mesurées au sceau gradué sont présentées sur le **tableau 12** et la **figure 13**.

Le débit de la source des Fialets est assez régulier et stable au cours du temps. Il varie entre 4 et 5,6 l/s. Le débit moyen calculé sur une série de 5 mesures est de 5 l/s.

Date	Débit (l/s)
20/01/2014	4.8
24/01/2014	5
29/01/2014	5.6
04/02/2014	4
17/02/2014	5.5

**Tableau 12 : Mesures de débits effectuées au niveau de la source des Fialets**



**Figure 13 : Evolution du débit de la source des Fialets**

### 5.3. Résultats des restitutions en traceurs

#### 5.3.1. Restitution de la sulforhodamine B injectée dans la fosse 1

L'injection de sulforhodamine B a eu lieu le 17 janvier 2014 à 9h15. Les suivis effectués avec les fluorimètres indiquent une restitution du traceur au niveau de la source de la Mère de Dieu. Aucune autre restitution n'a été décelée sur les autres points de suivi. Cette restitution a ensuite été confirmée par les analyses en laboratoire. Les résultats détaillés des interprétations sont présentés en **annexe 3**.

La courbe de restitution obtenue présente une forme uni-modale caractéristique (**cf. figure 14**) et une queue de restitution assez étalée.

Les premières arrivées sont mesurées le 20 janvier 2014 à 10h, soit 72,8 h après l'injection. La distance entre la fosse n°1 et la source de la Mère de Dieu étant de 6 530 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur est de 90 m/h.

Le maximum de concentration est atteint le 21 janvier à 17h avec 61,2 µg/l de traceur. Le temps modal correspondant est de 104 h soit une vitesse modale de 63 m/h.

La concentration diminue ensuite progressivement. La fin de la restitution est calculée le 30 janvier vers 12 h soit 13,1 j après l'injection. Le temps de passage du traceur est de 10,1 j.

La période de surveillance a permis d'observer une restitution de l'ordre de 1 300 g soit 18,5% de la masse du traceur injectée.

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est de  $8,7 \cdot 10^{-9} \text{ l}^{-1}$ . Ainsi pour un déversement de 50 kg d'une substance potentiellement polluante et miscible à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles du traçage, la concentration maximale attendue à la source de la Mère de Dieu serait de l'ordre de 440 µg/l. La restitution se ferait sur une durée de l'ordre de 10 jours.



Syndicat Mixte Millau Viaduc 2  
 Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité  
 Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
 A74662/A

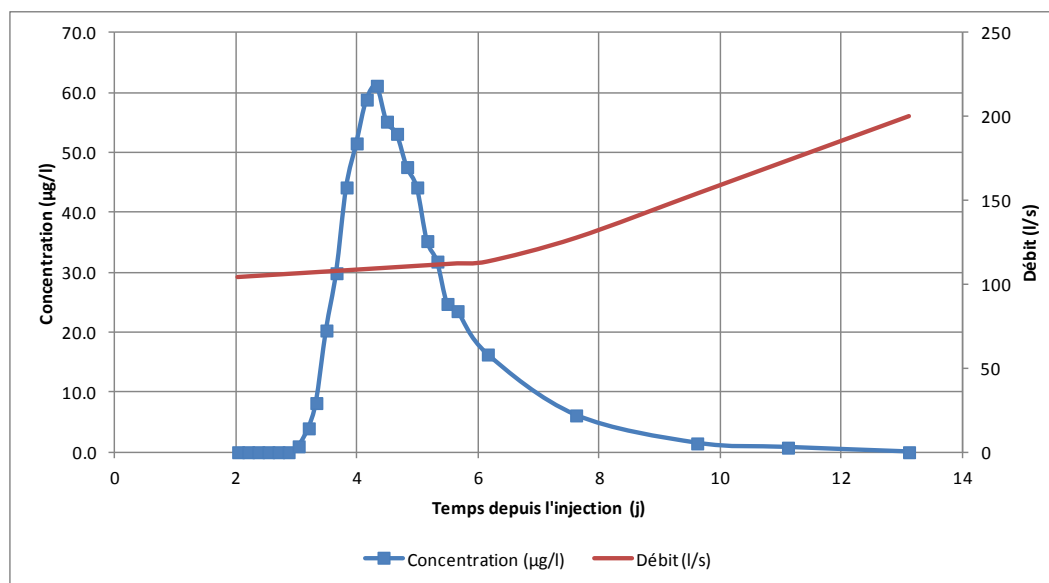


Figure 14 : Restitution de la sulfurhodamine B au niveau de la source de la Mère de Dieu

Injection	
Lieu d'injection	Fosse n°1
Restitution	Mère de Dieu
Date d'injection	17/01/2014 09:15
Traceur	Sulfurhodamine
Distance entre l'injection et la restitution (m)	6 530
Masse injectée (g)	7 000
Masse restituée (g)	1 294
Restitution %	18,5
Temps	
Apparition du traceur (j)	3,0
Temps modal (j)	4,3
Temps moyen de séjour (j)	5,2
Durée de restitution (j)	10,1
Vitesses	
Vitesse d'apparition (m/j)	2 154
Vitesse modale (m/j)	1 510
Vitesse moyenne (m/j)	1333
Vitesse apparente (m/j)	1 256
Concentration et dilutions	
Concentration initiale (g/l)	0,2
Concentration max (g/l)	6,1E-5
Dilution unitaire (l <sup>-1</sup> )	8,7E-9
DTS max (s <sup>-1</sup> )	5,2E-6

Tableau 13 : Bilan de la restitution de la sulfurhodamine à la Mère de Dieu

### 5.3.2. Restitution de l'éosine injectée dans la fosse 2

L'injection d'Eosine a eu lieu le 17 janvier 2014 à 12h. Les analyses effectuées au laboratoire indiquent une restitution du traceur au niveau de la source de la Mère de Dieu. Aucune autre restitution n'a été décelée sur les échantillons prélevés aux autres sources.

La courbe de restitution obtenue présente une forme uni-modale caractéristique (cf. **figure 15**) et une queue de restitution assez étalée.

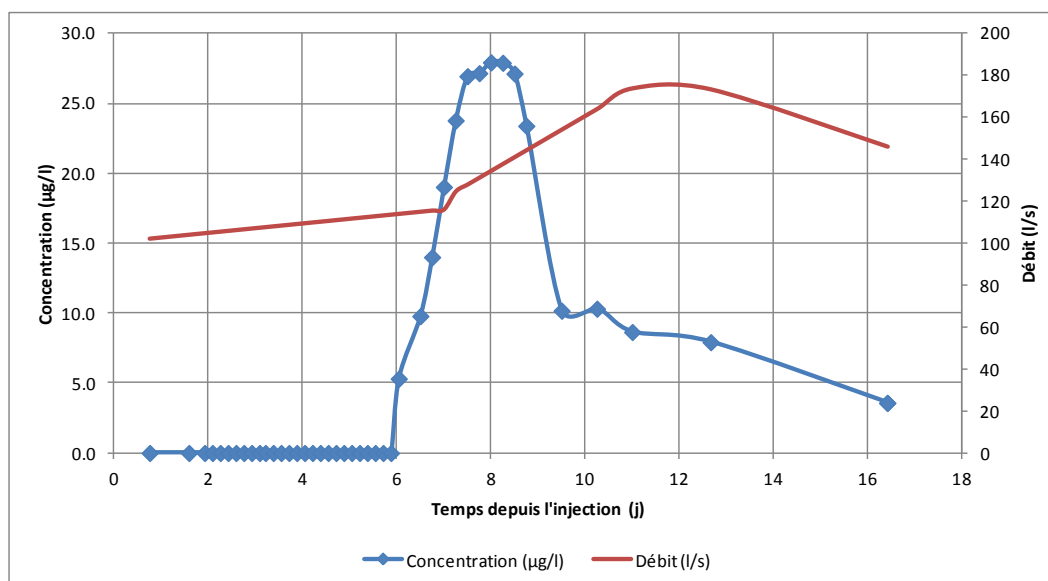
Les premières arrivées sont mesurées le 23 janvier 2014 à 13h, soit 145 h après l'injection. La distance entre la fosse n°2 et la source de la Mère de Dieu étant de 6 840 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur est de 47 m/h.

Le maximum de concentration est atteint le 25 janvier à 12h avec 27,9 µg/l de traceur. Le temps modal correspondant est de 192 h soit une vitesse modale de 36 m/h.

La concentration diminue ensuite progressivement. La fin de la restitution est calculée le 5 février vers 12 h soit 19 j après l'injection. Le temps de passage du traceur est de 13 j.

La période de surveillance a permis d'observer une restitution de l'ordre de 1 500 g soit 21,7% de la masse du traceur injectée.

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est de  $4,0 \cdot 10^{-9} \text{ l}^{-1}$ . Ainsi pour un déversement de 50 kg d'une substance potentiellement polluante et miscible à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles du traçage, la concentration maximale attendue à la source de la Mère de Dieu serait de l'ordre de 200 µg/l. La restitution se ferait sur une durée de l'ordre de 13 jours.



**Figure 15 : Restitution de l'éosine au niveau de la source de la Mère de Dieu**

Injection	
Lieu d'injection	Fosse n°2
Restitution	Mère de Dieu
Date d'injection	17/01/2014 12:00
Traceur	Eosine
Distance entre l'injection et la restitution (m)	6 840
Masse injectée (g)	7 000
Masse restituée (g)	1516
Restitution %	21,7
Temps	
Apparition du traceur (j)	6,0
Temps modal (j)	8,0
Temps moyen de séjour (j)	10,0
Durée de restitution (j)	13,0
Vitesses	
Vitesse d'apparition (m/j)	1 132
Vitesse modale (m/j)	855
Vitesse moyenne (m/j)	729
Vitesse apparente (m/j)	687
Concentration et dilutions	
Concentration initiale (g/l)	0,2
Concentration max (g/l)	2,8E-5
Dilution unitaire (l <sup>-1</sup> )	4,0E-9
DTS max (s <sup>-1</sup> )	5,5E-6

**Tableau 14 : Bilan de la restitution de l'éosine à la Mère de Dieu**

### 5.3.3. Restitution de la fluorescéine injectée dans la fosse 3

L'injection de fluorescéine a eu lieu le 17 janvier 2014 à 14h20. Les suivis effectués avec les fluorimètres indiquent une restitution du traceur au niveau de la source de la Mère de Dieu, des Vals et de Moulibez. Ces restitutions sont toutes confirmées par les analyses en laboratoire (spectres positifs). Une restitution visuelle a aussi été observée à l'occasion de la première tournée de maintenance du matériel à la source de la Mère de Dieu (cf. figure 16).



**Figure 16 : Observations visuelles de la restitution de fluorescéine à la source de la Mère de Dieu le 21/01/14 à 17h15**



### 5.3.3.1. Restitution de la fluorescéine à la Mère de Dieu

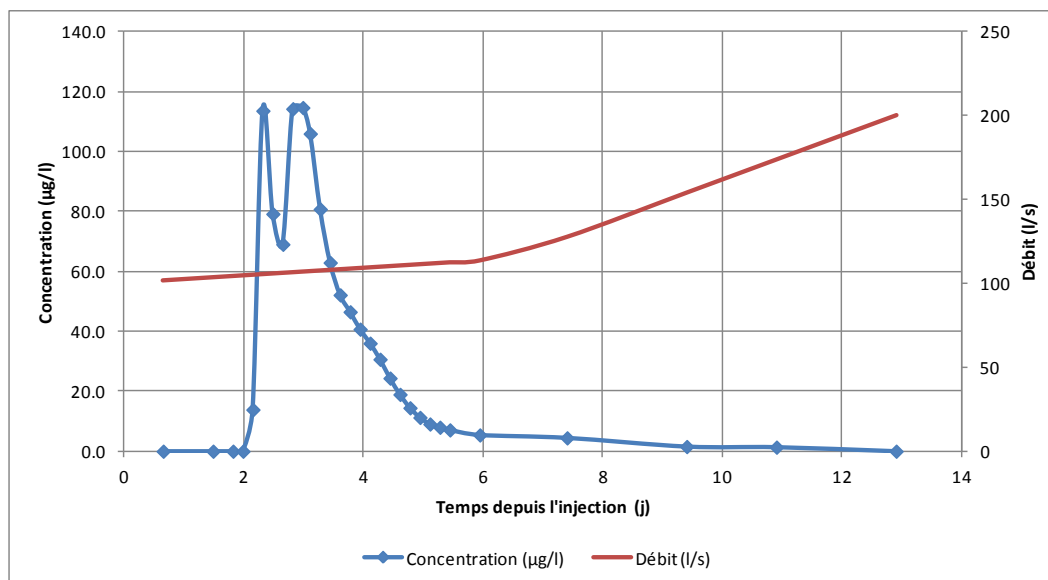
La courbe de restitution obtenue présente une forme bi-modale avec deux pics de restitution (**cf. figure 17**) et une queue de restitution assez étalée.

Les premières arrivées sont mesurées le 19 janvier 2014 à 18h, soit 52 h après l'injection. La distance entre la fosse n°3 et la source de la Mère de Dieu étant de 6 380 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur est de 123 m/h.

Le maximum de concentration est atteint le 20 janvier à 14h (deuxième pic) avec 114,7 µg/l de traceur. Le temps modal correspondant est de 72 h soit une vitesse modale de 89 m/h.

La concentration diminue ensuite progressivement. La fin de la restitution est calculée le 30 janvier vers 12 h soit 12,9 j après l'injection. Le temps de passage du traceur est de 10,8 j. La période de surveillance a permis d'observer une restitution de l'ordre de 1 790 g soit 25,6% de la masse du traceur injectée.

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est de  $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ l}^{-1}$ . Ainsi pour un déversement de 50 kg d'une substance potentiellement polluante et miscible à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles du traçage, la concentration maximale attendue à la source de la Mère de Dieu serait de l'ordre de 820 µg/l. La restitution se ferait sur une durée de l'ordre de 10,8 jours.



**Figure 17 : Restitution de la fluorescéine au niveau de la source de la Mère de Dieu**

Syndicat Mixte Millau Viaduc 2  
 Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité  
 Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
 A74662/A

Injection	
Lieu d'injection	Fosse n°3
Restitution	Mère de Dieu
Date d'injection	17/01/2014 14:20
Traceur	Fluorescéine (uranine)
Distance entre l'injection et la restitution (m)	6 380
Masse injectée (g)	7 000
Masse restituée (g)	1791
Restitution %	25,6
Temps	
Apparition du traceur (j)	2,2
Temps modal (j)	3,0
Temps moyen de séjour (j)	3,7
Durée de restitution (j)	10,8
Vitesses	
Vitesse d'apparition (m/j)	2 961
Vitesse modale (m/j)	2 137
Vitesse moyenne (m/j)	1 930
Vitesse apparente (m/j)	1 713
Concentration et dilutions	
Concentration initiale (g/l)	0,2
Concentration max (g/l)	1,2E-4
Dilution unitaire (l <sup>-1</sup> )	1,7E-8
DTS max (s <sup>-1</sup> )	6,9E-6

**Tableau 15 : Bilan de la restitution de la fluorescéine à la Mère de Dieu**

### 5.3.3.2. Restitution de la fluorescéine à la source des Vals

Plusieurs pics de restitution sont observés sur les analyses spectrofluorimétriques (**cf. figure 18**) sans toutefois dessiner une courbe de restitution structurée.

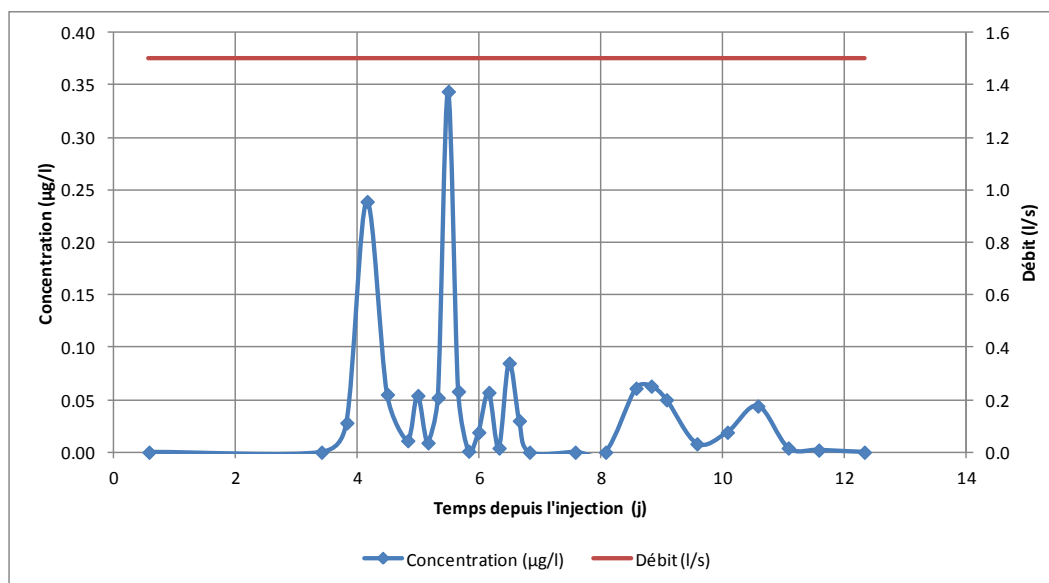
Les premières arrivées sont identifiées le 21 janvier 2014 à 10h, soit 91,7 h après l'injection. La distance entre la fosse n°3 et la source des Vals étant de 1 100 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur est de 12 m/h.

La teneur en traceur la plus importante est observée le 23 janvier à 2h avec 0,34 µg/l de traceur. La fin de la restitution se ferait autour du 29 janvier vers 22 h soit 12,3 j après l'injection.

Sur la base de ces résultats, le taux de restitution reste très faible, de l'ordre de 0,0006 % de la masse du traceur injectée (soit 0,04 g de traceur restitué sur 7000).

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est de  $4,9 \cdot 10^{-11} \text{ l}^{-1}$ .

Syndicat Mixte Millau Viaduc 2  
 Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité  
 Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
 A74662/A



**Figure 18 : Restitution de la fluorescéine au niveau de la source des Vals**

Injection	
Lieu d'injection	Fosse n°3
Restitution	Vals
Date d'injection	17/01/2014 14:20
Traceur	Fluorescéine (uranine)
Distance entre l'injection et la restitution (m)	1 100
Masse injectée (g)	7 000
Masse restituée (g)	0,04
Restitution %	0,0006
Temps	
Apparition du traceur (j)	3,8
Temps modal (j)	5,5
Temps moyen de séjour (j)	6,3
Durée de restitution (j)	8,5
Vitesses	
Vitesse d'apparition (m/j)	288
Vitesse modale (m/j)	201
Vitesse moyenne (m/j)	195
Vitesse apparente (m/j)	175
Concentration et dilutions	
Concentration initiale (g/l)	0,2
Concentration max (g/l)	3,4E-7
Dilution unitaire (l <sup>-1</sup> )	4,9E-11
DTS max (s <sup>-1</sup> )	1,2E-5

**Tableau 16 : Bilan de la restitution de la fluorescéine à la source des Vals**



### 5.3.4. Restitution de la fluorescéine à la source de Moulibez

La courbe de restitution obtenue présente une forme bimodale (cf. figure 19) avec deux pics de restitution.

Les premières arrivées sont mesurées le 20 janvier 2014 à 16h30, soit 74,2 h après l'injection. La distance entre la fosse n°3 et la source de Moulibez étant de 3 420 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur est de 46,1 m/h.

Le maximum de concentration est atteint le 22 janvier à 0h30 avec 3,47 µg/l de traceur. Le temps modal correspondant est de 106,2 h soit une vitesse modale de 32,2 m/h.

La concentration diminue ensuite et présente un second pic le 28 janvier à 20h30. La fin de la restitution est calculée le 12 février vers 12 h soit 25,9 j après l'injection. Le temps de passage du traceur est de 22,8 j.

La période de surveillance a permis d'observer une restitution de l'ordre de 1,4 g soit 0,02% de la masse du traceur injectée.

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est de  $5,0 \cdot 10^{-10} \text{ l}^{-1}$ . Ainsi pour un déversement de 50 kg d'une substance potentiellement polluante et miscible à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles du traçage, la concentration maximale attendue à la source de Moulibez serait de l'ordre de 25 µg/l. La restitution se ferait sur une durée de l'ordre de 22,8 jours.

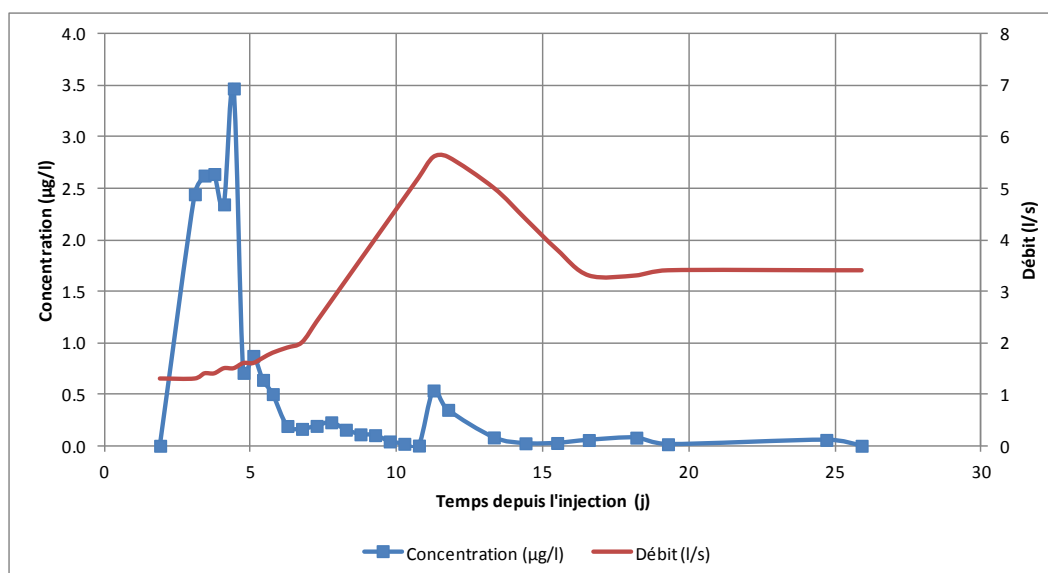


Figure 19 : Restitution de la fluorescéine au niveau de la source de Moulibez

Syndicat Mixte Millau Viaduc 2  
 Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité  
 Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols  
 A74662/A

Injection	
Lieu d'injection	Fosse n°3
Restitution	Moulibez
Date d'injection	17/01/2014 14:20
Traceur	Fluorescéine (uranine)
Distance entre l'injection et la restitution (m)	3420
Masse injectée (g)	7 000
Masse restituée (g)	1,44
Restitution %	0,02
Temps	
Apparition du traceur (j)	3,1
Temps modal (j)	4,4
Temps moyen de séjour (j)	6,6
Durée de restitution (j)	22,8
Vitesses	
Vitesse d'apparition (m/j)	1107
Vitesse modale (m/j)	773
Vitesse moyenne (m/j)	628
Vitesse apparente (m/j)	518
Concentration et dilutions	
Concentration initiale (g/l)	0,2
Concentration max (g/l)	3,5E-6
Dilution unitaire (l <sup>-1</sup> )	5,0E-10
DTS max (s <sup>-1</sup> )	3,6E-6

Tableau 17 : Bilan de la restitution de la fluorescéine à la source de Moulibez

## 5.4. Bilan des données des traçages

Les données synthétiques des restitutions des traçages sont présentées en suivant.

Lieu d'injection	Fosse n°1	Fosse n°2	Fosse n°3		
Date d'injection	17/01/14 9h15	17/01/14 12h	17/01/14 14h20		
Traceur	Sulforhodamine	Eosine	Fluorescéine		
Restitution	Mère de Dieu	Mère de Dieu	Mère de Dieu	Vals	Moulibez
Distance apparente (m)	6 530	6 840	6 380	1100	3420
Masse injectée (g)	7 000	7 000	7 000		
Masse restituée (g)	1 294	1 516	1 791	0,04	1,4
Restitution (%)	18,5	21,7	25,6	0,00	0,02
Temps					
Apparition du traceur (j)	3,0	6,0	2,2	3,8	3,1
Temps modal (j)	4,3	8,0	3,0	5,5	4,4
Temps moyen de séjour (j)	5,2	10,0	3,7	6,3	6,6
Durée de restitution (j)	10,1	13,0	10,8	8,5	22,8
Vitesses					
Vitesse d'apparition (m/j)	2 154	1 132	2 961	288	1107
Vitesse modale (m/j)	1 510	855	2 137	201	773
Vitesse moyenne (m/j)	1 333	729	1 930	195	628
Vitesse apparente (m/j)	1 256	687	1 713	175	518
Concentrations et dilutions					
Concentration max (g/l)	$6,1 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-7}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
Dilution unitaire (l <sup>-1</sup> )	$8,7 \cdot 10^{-9}$	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$4,9 \cdot 10^{-11}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$
DTS max (s <sup>-1</sup> )	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	$6,9 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-6}$

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des données obtenues par les traçages



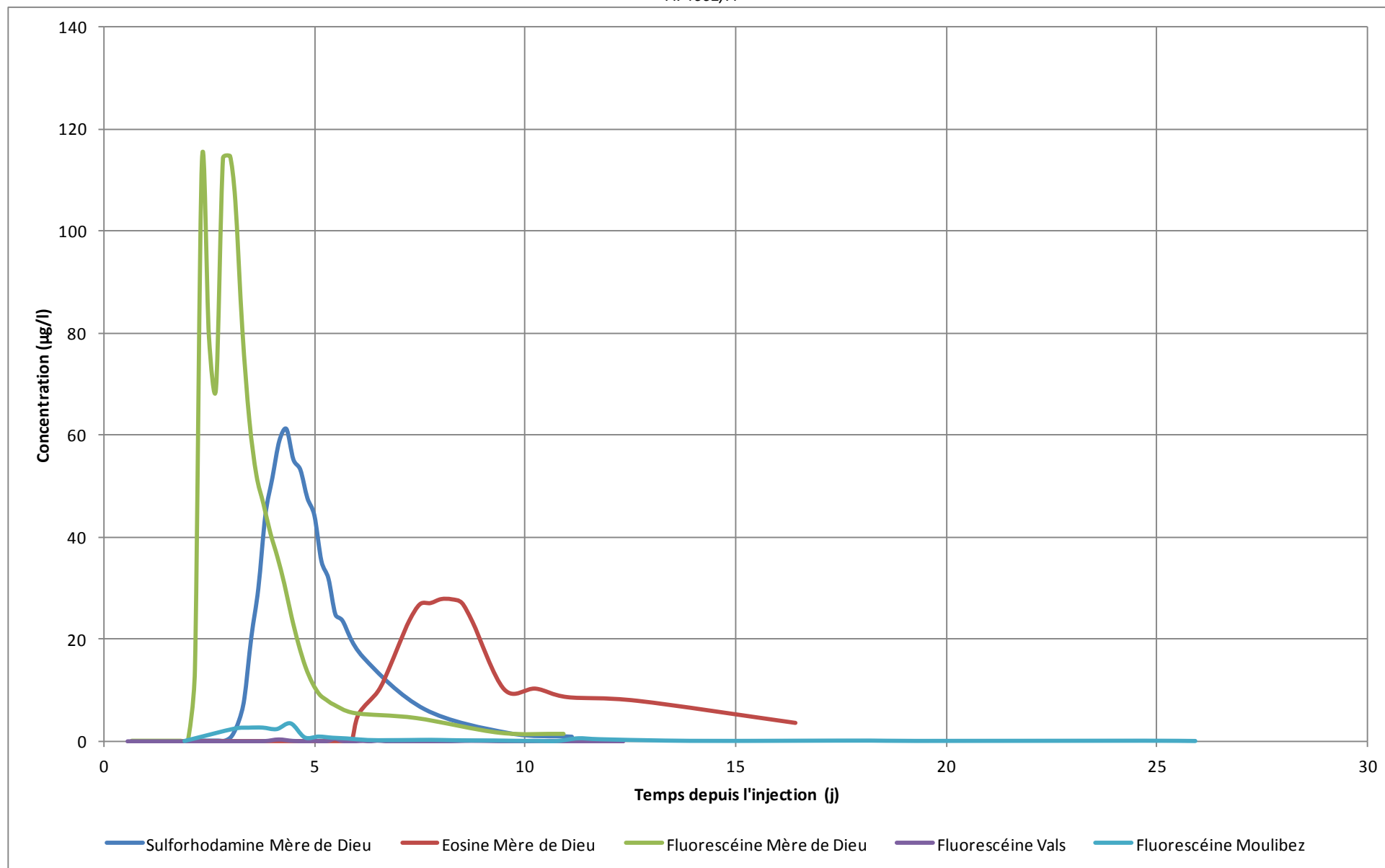


Figure 20 : Courbes de restitutions des traçages



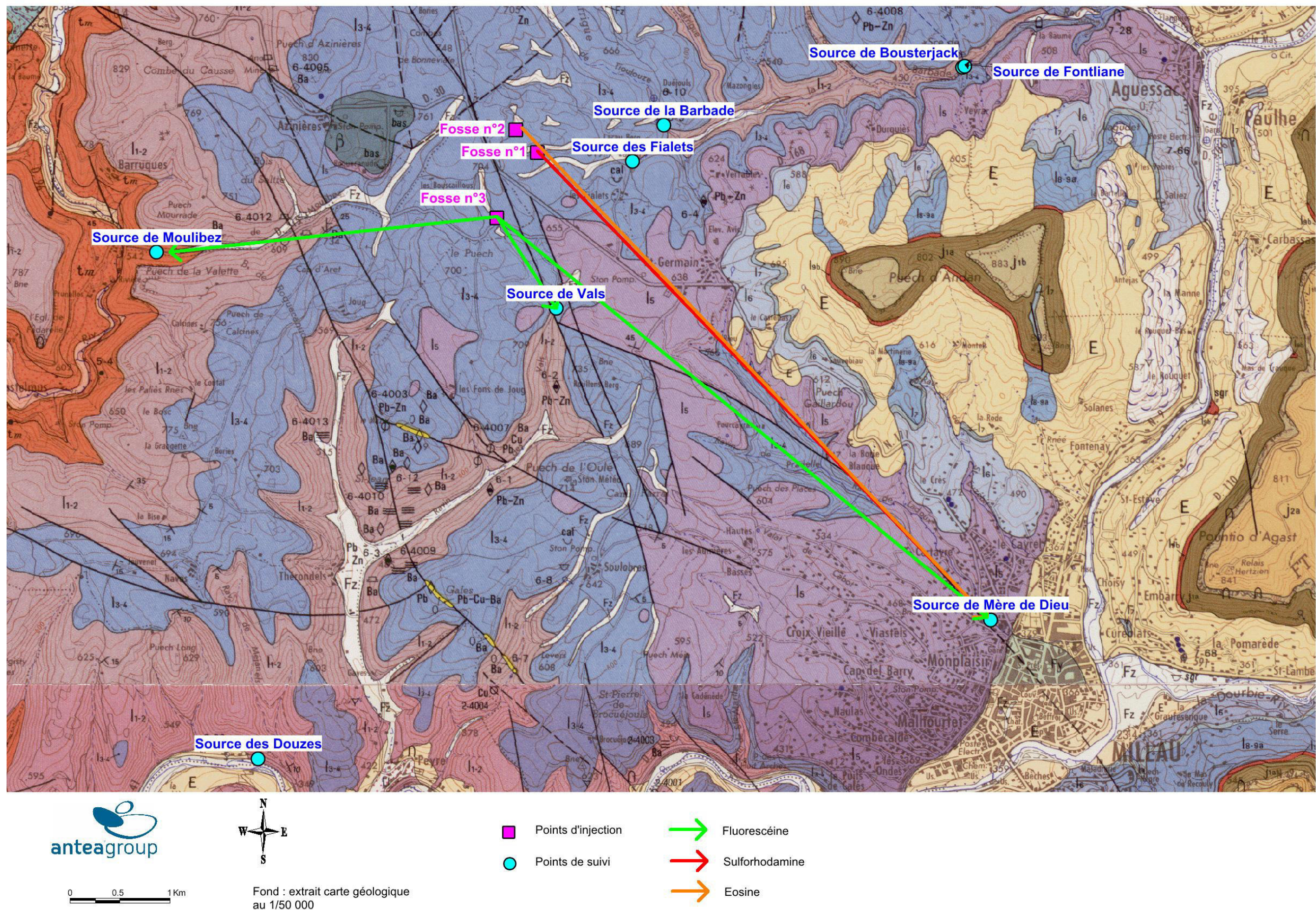


Figure 21 : Bilan des restitutions



## 6. Conclusion et recommandations

### 6.1. Synthèse générale

Antea Group a été missionné en janvier 2014 afin d'effectuer 3 injections de traceurs dans des fosses préalablement creusées aux emplacements des futurs bassins d'orage du projet l'extension du parc d'activités Millau-Viaduc.

Les objectifs principaux étaient de :

- déterminer le ou les bassin(s) d'alimentation concerné(s) par l'extension du parc d'activité ;
- simuler une pollution accidentelle, avec recueillement des eaux dans les bassins d'orage.

Les restitutions ont été suivies au niveau de 8 sources préalablement choisies en accord avec le Parc Naturel Régional des Grands Causses.

Au total, 5 restitutions de traceurs ont été observées et les trois traceurs ont été retrouvés. Pour les trois traceurs, la quasi-totalité des restitutions a été mesurée au niveau de la source de la Mère de Dieu située dans le centre ville de Millau et non captée. Les eaux de la source s'écoulent via un canal bétonné à travers Millau pour rejoindre le Tarn.

De faibles restitutions ont été mesurées aux niveaux des sources de Vals et de Moulibez captées pour de l'alimentation en eau potable de particuliers.

### 6.2. Apport des traçages à la compréhension du fonctionnement hydrogéologique du Causse Rouge

Les principales restitutions sont observées au niveau de la source de la Mère de Dieu (entre 18 et 26 % de chacun des traceurs). Les vitesses d'apparition des traceurs (entre 1100 et 3000 m/j) sont élevées et la structuration des courbes de restitution indiquent que le traceur a emprunté un réseau de drainage bien développé jusqu'à l'exutoire.

Ce réseau de drainage peut être mis en relation avec la structure géologique du secteur. En effet, il est fort probable que les traceurs aient suivi un réseau d'écoulement s'étant développé à partir du faisceau de failles de Saint-Laurent dont la partie la plus à l'Est est retrouvée au niveau de la source de la Mère de Dieu.

Cependant la majeure partie des traceurs n'a pas été retrouvé indiquant soit l'existence de forts phénomènes de sorption ou de piégeage soit la présence d'exutoires non connus. La rétention de traceur dans les fosses d'injection ne peut pas expliquer à elle seule le faible pourcentage de traceur retrouvé car l'infiltration d'eau a été totale et très rapide.

La restitution de fluorescéine observée au niveau de la source des Vals met en évidence une relation entre les infiltrations de surface au niveau de la fosse n°3 et le système perché des Vals. En effet, compte tenu de son débit et sa variabilité, cette source draine probablement un bassin d'alimentation plus superficiel, plus réduit et moins karstifié. L'écoulement provenant de la source s'infiltré plus loin pour rejoindre le système de la Mère de Dieu (relation hydrogéologique prouvée par le Parc).

La sortie de fluorescéine mesurée au niveau de la source de Moulibez est plus compliquée à expliquer et confirme des communications entre les niveaux des calcaires du Lias inférieur (Sinémurien, Héttangien) et les grès du Trias.

De manière générale, les fosses n°1 et 2 appartiennent au système kastique de la Mère de Dieu avec des directions d'écoulement de type NO-SE et des vitesses de circulation rapides. La fosse n°3 est quand à elle située à l'intersection de plusieurs systèmes karstiques :

- le système profond et bien développé de la Mère de Dieu ;
- le système superficiel des Vals ;
- le système de Moulibez (communications profondes et/ou superficielles).

### **6.3. Apport des traçages concernant la vulnérabilité du projet l'extension du parc d'activités Millau-Viaduc et de emplacements des futurs bassins d'orage**

L'emplacement de la zone d'extension du parc d'activité de Millau Viaduc et plus précisément l'emplacement des futurs bassins d'orage, correspond à une zone très vulnérable pour le système karstique de la Mère de Dieu. Les taux de restitution des traceurs sont importants et les faibles dilutions calculées (entre  $9.10^{-9}$  et  $2.10^{-8}$  l<sup>-1</sup>) indiquent une infiltration directe vers la zone noyée du karst, sans épuration préalable.

En cas d'une pollution accidentelle recueillie par les bassins d'orage, l'impact sur la qualité de l'eau de la source de la Mère de Dieu serait important. Cette source, située dans l'agglomération de Millau, est canalisée dès sa sortie et traverse la ville de Millau avant de rejoindre le Tarn. Aucun usage de cette eau n'est actuellement effectué.

Ainsi, pour un déversement de 50 kg d'une substance potentiellement polluante et miscible à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles des traçages, la concentration maximale attendue à la source de la Mère de Dieu serait compris entre 200 et 800 µg/l. Cette valeur est à comparer aux normes actuelles de potabilité de certaines substances indésirables (0,1 µg/l).



En cas de pollution accidentelle, l'impact sur le Tarn serait également inévitable mais plus réduit en hautes ou moyennes eaux (phénomènes de dilution). Il dépendra de la quantité de polluant mis en jeu et des conditions d'entrée (météorologie).

Les sources des Vals et de Moulibez, toutes deux utilisées pour l'alimentation en eau potable seraient elles aussi impactées en cas d'une pollution accidentelle. Les concentrations de polluant résultantes seraient beaucoup plus faibles mais cependant susceptibles de dépasser les limites de potabilité.

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est de  $8,7.10^{-9} \text{ l}^{-1}$ . Ainsi pour un déversement de 50 kg d'une substance potentiellement polluante et miscible à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles du traçage, la concentration maximale attendue à la source de Moulibez serait de l'ordre de 25 µg/l ce qui reste cependant supérieur aux normes de potabilité de certaines substances indésirables.

## 6.4. Recommandations

Les eaux de ruissellement collectées par les bassins d'orage de la zone d'activité sont susceptibles de se charger en divers éléments polluants (DCO, DBO5), toxiques métalliques (Zn, Pb, Cd, Ni, ...), hydrocarbures et ceci de manière chronique (lessivage des surfaces imperméabilisées) et ponctuelles (déversements accidentels de substances polluantes).

Compte tenu des résultats des traçages et des restitutions observées au niveau des sources des Vals et de Moulibez, une vigilance particulière devra être portée au niveau de l'aménagement des bassins d'orage.

Les bassins devront être de type multifonction c'est-à-dire comportant :

- un système de traitement par séparateur d'hydrocarbures ;
- un premier compartiment de rétention permettant de piéger une éventuelle pollution accidentelle. Ce 1<sup>er</sup> bassin totalement étanche devra être muni d'un système d'alerte (alarme en cas de dépassement d'un seuil) et de fermeture manuelle ou automatique. Il devra être dimensionné sur la base d'un déversement type de polluant sur la zone d'activités (fonction des activités pressenties) et survenant pendant une pluie d'occurrence décennale. Ce bassin fera également office de décantation des matières en suspension lessivées sur les surfaces imperméabilisées ;
- un deuxième bassin d'infiltration dimensionné sur la base des données pluviométriques et des résultats des essais d'infiltration. En cas de découverte d'une partie fortement karstifiée en profondeur (fracture ouverte, aven...), le système d'infiltration sera déplacé. Le lessivage important d'eau dans des zones karstifiée peut entraîner à moyen terme des soutirages importants et une dégradation des bassins.

*Syndicat Mixte Millau Viaduc 2*  
*Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité*  
*Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols*  
*A74662/A*

Un règlement intérieur à la zone d'activité devra être mis en place et rappeler les règles générales de gestion des eaux de ruissellement et de stockage des produits polluants (zone de rétention...).

Il est recommandé d'effectuer un état des lieux qualitatifs des trois sources potentiellement impactées (Mère de Dieu, Moulabez et Vals) avant les travaux (état zéro), au cours des travaux (état travaux) et 1 an après les travaux. Les paramètres à mesurer seront les suivants : MES, DCO, COT, turbidité, couleur, pH, conductivité, température, HCT et indice phénols.

*Syndicat Mixte Millau Viaduc 2*  
*Traçages hydrogéologiques – Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité*  
*Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols*  
*A74662/A*

### **Observations sur l'utilisation du rapport**

**Observation 1 - obligatoire pour tout rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

**Observation 2**

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

**Observation 3**

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

## **Annexe 1. Planches photographiques – points de suivi**

(4 pages)





Source des Vals



Source de la Mère de Dieu



Source des Fialets



Source de la Barbade





Source de Bousterjack



Source de Fontliane



Source de Bousterjack



Source des Douzes

## **Annexe 2. Résultats des analyses du laboratoire**

(9 pages)



**Antea Group**  
**Source de la Barbade**

Date d'injection 17/01/14 9h15  
Point d'injection Fosse n°1  
Traceur Sulforhodamine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de la Barbade**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
25	Barb	Barb25	21/1/14 8:40	0.972			0.000
32	Barb	Barb32	22/1/14 12:40	1.027	négatif	négatif	0.000
38	Barb	Barb38	23/1/14 12:40	0.855			0.000
49	Barb	Barb49	24/1/14 14:40	0.840			0.000
55	Barb	Barb55	26/1/14 2:40	0.914			0.000
60	Barb	Barb60	27/1/14 8:40	0.874			0.000
66	Barb	Barb66	28/1/14 20:40	0.463			0.000
69	Barb	Barb69	29/1/14 14:40	0.600	négatif	négatif	0.000
73	Barb	Barb73	29/1/14 18:00	0.592	négatif	négatif	0.000
77	Barb	Barb77	31/1/14 22:00	0.534			0.000
81	Barb	Barb81	3/2/14 2:00	0.564			0.000
87	Barb	Barb87	6/2/14 8:00	0.566			0.000
93	Barb	Barb93	9/2/14 14:00	0.663	négatif	négatif	0.000
97	Barb	Barb97	11/2/14 18:00	0.553			0.000
103	Barb	Barb103	15/2/14 0:00	0.529			0.000

Date d'injection 17/01/14 12h  
Point d'injection Fosse n°2  
Traceur Eosine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de la Barbade**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
25	Barb	Barb25	21/1/14 8:40	0.391			0.000
32	Barb	Barb32	22/1/14 12:40	0.431			0.000
38	Barb	Barb38	23/1/14 12:40	0.458			0.000
49	Barb	Barb49	24/1/14 14:40	0.467	négatif	négatif	0.000
55	Barb	Barb55	26/1/14 2:40	0.410			0.000
60	Barb	Barb60	27/1/14 8:40	0.372			0.000
66	Barb	Barb66	28/1/14 20:40	0.339			0.000
69	Barb	Barb69	29/1/14 14:40	0.374	négatif	négatif	0.000
73	Barb	Barb73	29/1/14 18:00	0.315	négatif	négatif	0.000
77	Barb	Barb77	31/1/14 22:00	0.344			0.000
81	Barb	Barb81	3/2/14 2:00	0.311			0.000
87	Barb	Barb87	6/2/14 8:00	0.409			0.000
93	Barb	Barb93	9/2/14 14:00	0.458	négatif	négatif	0.000
97	Barb	Barb97	11/2/14 18:00	0.313			0.000
103	Barb	Barb103	15/2/14 0:00	0.277			0.000

Date d'injection 17/01/2014 14:20  
Point d'injection Fosse n°3  
Traceur Fluorescéine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de la Barbade**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
25	Barb	Barb25	21/1/14 8:40	0.021			0.000
32	Barb	Barb32	22/1/14 12:40	0.014			0.000
38	Barb	Barb38	23/1/14 12:40	0.015	négatif	négatif	0.000
49	Barb	Barb49	24/1/14 14:40	0.014			0.000
55	Barb	Barb55	26/1/14 2:40	0.013			0.000
60	Barb	Barb60	27/1/14 8:40	0.017			0.000
66	Barb	Barb66	28/1/14 20:40	0.004			0.000
69	Barb	Barb69	29/1/14 14:40	0.014			0.000
73	Barb	Barb73	29/1/14 18:00	0.004			0.000
75	Barb	Barb75	30/1/14 20:00	0.006			0.000
77	Barb	Barb77	31/1/14 22:00	0.032	négatif	négatif	0.000
79	Barb	Barb79	2/2/14 0:00	0.007			0.000
81	Barb	Barb81	3/2/14 2:00	0.005	négatif	négatif	0.000
84	Barb	Barb84	4/2/14 17:00	0.019			0.000
87	Barb	Barb87	6/2/14 8:00	0.015			0.000
90	Barb	Barb90	7/2/14 23:00	0.017			0.000
93	Barb	Barb93	9/2/14 14:00	0.024	négatif	négatif	0.000
97	Barb	Barb97	11/2/14 18:00	0.034			0.000

**Antea Group**  
**Source de la Bousterjack**

Date d'injection 17/01/14 12h  
Point d'injection Fosse n°2  
Traceur Eosine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de Bousterjack**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/ml
10	Boust	Boust10	18/1/14 22:00	0.460			0.000
18	Boust	Boust18	20/1/14 6:00	0.396			0.000
25	Boust	Boust25	20/1/14 15:00	0.522	négatif	négatif	0.000
30	Boust	Boust30	21/1/14 11:00	0.410			0.000
36	Boust	Boust36	22/1/14 11:00	0.454			0.000
50	Boust	Boust50	23/1/14 21:30	0.408			0.000
55	Boust	Boust55	25/1/14 3:30	0.404			0.000
60	Boust	Boust60	26/1/14 9:30	0.424			0.000
68	Boust	Boust68	28/1/14 9:30	0.412			0.000
77	Boust	Boust77	30/1/14 11:00	0.440			0.000

**Antea Group**  
**Source de Fontliane**

Date d'injection 17/01/14 12h  
Point d'injection Fosse n°2  
Traceur Eosine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de Fontliane**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/ml
					émission	exc.	en ng/ml
9	Font	Font9	19/1/14 2:00	0.422			0.000
15	Font	Font15	20/1/14 8:00	0.498			0.000
25	Font	Font25	20/1/14 15:30	0.479			0.000
32	Font	Font32	21/1/14 19:30	0.502	négatif	négatif	0.000
39	Font	Font39	22/1/14 23:30	0.476			0.000
51	Font	Font51	24/1/14 4:00	0.360			0.000
57	Font	Font57	25/1/14 16:00	0.509	négatif	négatif	0.000
61	Font	Font61	26/1/14 16:00	0.492			0.000
66	Font	Font66	27/1/14 22:00	0.450			0.000
72	Font	Font72	29/1/14 10:00	0.406			0.000

**Antea Group**  
**Source des Douzes**

Date d'injection 17/01/14 9h15  
Point d'injection Fosse n°1  
Traceur Sulforhodamine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Douzes**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
11	Douz	Douz11	19/1/14 4:00	0.812			0.000
18	Douz	Douz18	20/1/14 8:00	0.963	négatif	négatif	0.000
28	Douz	Douz28	20/1/14 22:30	0.842			0.000
37	Douz	Douz37	22/1/14 10:30	0.881			0.000
54	Douz	Douz54	24/1/14 18:30	0.793			0.000
59	Douz	Douz59	26/1/14 0:30	0.826	négatif	négatif	0.000
74	Douz	Douz74	30/1/14 5:00	0.758			0.000
87	Douz	Douz87	6/2/14 6:00	0.869			0.000
93	Douz	Douz93	9/2/14 12:00	0.913	négatif	négatif	0.000

Date d'injection 17/01/14 12h  
Point d'injection Fosse n°2  
Traceur Eosine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Douzes**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
11	Douz	Douz11	19/1/14 4:00	0.418			0.000
18	Douz	Douz18	20/1/14 8:00	0.478			0.000
28	Douz	Douz28	20/1/14 22:30	0.489	négatif	négatif	0.000
37	Douz	Douz37	22/1/14 10:30	0.405			0.000
41	Douz	Douz41	23/1/14 2:30	0.469			0.000
54	Douz	Douz54	24/1/14 18:30	0.409			0.000
59	Douz	Douz59	26/1/14 0:30	0.422			0.000
74	Douz	Douz74	30/1/14 5:00	0.409			0.000
87	Douz	Douz87	6/2/14 6:00	0.432	négatif	négatif	0.000
93	Douz	Douz93	9/2/14 12:00	0.432			0.000

Date d'injection 17/01/2014 14:20  
Point d'injection Fosse n°3  
Traceur Fluorescéine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Douzes**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
11	Douz	Douz11	19/1/14 4:00	0.001			0.000
18	Douz	Douz18	20/1/14 8:00	0.005			0.000
28	Douz	Douz28	20/1/14 22:30	0.000			0.000
37	Douz	Douz37	22/1/14 10:30	0.002			0.000
41	Douz	Douz41	23/1/14 2:30				0.000
54	Douz	Douz54	24/1/14 18:30	0.014	négatif	négatif	0.000
59	Douz	Douz59	26/1/14 0:30	0.006			0.000
74	Douz	Douz74	30/1/14 5:00	0.020	négatif	négatif	0.000
87	Douz	Douz87	6/2/14 6:00	0.008			0.000
93	Douz	Douz93	9/2/14 12:00	0.01			0.000

**Antea Group**  
**Source des Fialets**

Date d'injection 17/01/14 9h15  
Point d'injection Fosse n°1  
Traceur Sulforhodamine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Fialets**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C* nette en ng/mL
10	Fial	Fial10	19/1/14 0:00	0.868			0.000
23	Fial	Fial23	21/1/14 4:00	0.773			0.000
28	Fial	Fial28	21/1/14 20:30	0.957	négatif	négatif	0.000
35	Fial	Fial35	23/1/14 0:30	0.807			0.000
42	Fial	Fial42	24/1/14 4:30	0.844			0.000
53	Fial	Fial53	25/1/14 12:30	0.861			0.000
59	Fial	Fial59	27/1/14 0:30	0.890	négatif	négatif	0.000
73	Fial	Fial73	29/1/14 17:30	1.182			0.000
80	Fial	Fial80	2/2/14 12:30	1.24			0.000
86	Fial	Fial86	5/2/14 18:30	1.232	négatif	négatif	0.000
92	Fial	Fial92	9/2/14 0:30	1.172	négatif	négatif	0.000
96	Fial	Fial96	11/2/14 4:30	1.234			0.000

Date d'injection 17/01/14 12h  
Point d'injection Fosse n°2  
Traceur Eosine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Fialets**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C* nette en ng/mL
10	Fial	Fial10	19/1/14 0:00	0.467			0.000
23	Fial	Fial23	21/1/14 4:00	0.434			0.000
28	Fial	Fial28	21/1/14 20:30	0.489	négatif	négatif	0.000
35	Fial	Fial35	23/1/14 0:30	0.440			0.000
42	Fial	Fial42	24/1/14 4:30	0.437			0.000
53	Fial	Fial53	25/1/14 12:30	0.408			0.000
59	Fial	Fial59	27/1/14 0:30	0.437			0.000
73	Fial	Fial73	29/1/14 17:30	0.235			0.000
80	Fial	Fial80	2/2/14 12:30	0.259	négatif	négatif	0.000
86	Fial	Fial86	5/2/14 18:30	0.233	négatif	négatif	0.000
92	Fial	Fial92	9/2/14 0:30	0.223			0.000
96	Fial	Fial96	11/2/14 4:30	0.307	négatif	négatif	0.000

Date d'injection 17/01/2014 14:20  
Point d'injection Fosse n°3  
Traceur Fluorescéine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Fialets**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C* nette en ng/mL
10	Fial	Fial10	19/1/14 0:00	0.008			0.000
23	Fial	Fial23	21/1/14 4:00	0.003			0.000
28	Fial	Fial28	21/1/14 20:30	0.002			0.000
35	Fial	Fial35	23/1/14 0:30	0.004			0.000
42	Fial	Fial42	24/1/14 4:30	0.000			0.000
53	Fial	Fial53	25/1/14 12:30	0.008	négatif	négatif	0.000
59	Fial	Fial59	27/1/14 0:30	0.032	négatif	négatif	0.000
73	Fial	Fial73	29/1/14 17:30	0.048	négatif	négatif	0.000
74	Fial	Fial74	30/1/14 6:30	0.045			0.000
75	Fial	Fial75	30/1/14 19:30	0.019			0.000
76	Fial	Fial76	31/1/14 8:30	0.045			0.000
77	Fial	Fial77	31/1/14 21:30	0.089	négatif	négatif	0.000
78	Fial	Fial78	1/2/14 10:30	0.023			0.000
79	Fial	Fial79	1/2/14 23:30	0.042			0.000
80	Fial	Fial80	2/2/14 12:30	0.121	positif	positif	0.103
81	Fial	Fial81	3/2/14 1:30	0.074	négatif	négatif	0.000
82	Fial	Fial82	3/2/14 14:30	0.029			0.000
83	Fial	Fial83	4/2/14 3:30	0.02			0.000
84	Fial	Fial84	4/2/14 16:30	0.032	négatif	négatif	0.000
85	Fial	Fial85	5/2/14 5:30	0.02			0.000
86	Fial	Fial86	5/2/14 18:30	0.019			0.000
87	Fial	Fial87	6/2/14 7:30	0.028			0.000
88	Fial	Fial88	6/2/14 20:30	0.035			0.000
89	Fial	Fial89	7/2/14 9:30	0.03			0.000
90	Fial	Fial90	7/2/14 22:30	0.021			0.000
91	Fial	Fial91	8/2/14 11:30	0.024			0.000
92	Fial	Fial92	9/2/14 0:30	0.024	négatif	négatif	0.000

**Antea Group**  
**Source de Moulibez**

Date d'injection 17/01/14 9h15  
Point d'injection Fosse n°1  
Traceur Sulforhodamine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de Moulibez**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
13	Moul	Moul13	19/1/14 12:00	0.979	négatif	négatif	0.000
28	Moul	Moul28	21/1/14 0:30	1.237			0.000
36	Moul	Moul36	22/1/14 8:30	1.336			0.000
42	Moul	Moul42	23/1/14 8:30	1.374	négatif	négatif	0.000
54	Moul	Moul54	24/1/14 20:30	1.254			0.000
60	Moul	Moul60	26/1/14 8:30	1.260			0.000
64	Moul	Moul64	27/1/14 8:30	1.194	négatif	négatif	0.000
70	Moul	Moul70	28/1/14 20:30	1.226			0.000
78	Moul	Moul78	2/2/14 2:00	1.275	négatif	négatif	0.000
83	Moul	Moul83	4/2/14 19:00	1.323			0.000

Date d'injection 17/01/14 12h  
Point d'injection Fosse n°2  
Traceur Eosine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de Moulibez**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
13	Moul	Moul13	19/1/14 12:00	0.400			0.000
28	Moul	Moul28	21/1/14 0:30	1.143			0.000
36	Moul	Moul36	22/1/14 8:30	0.475	négatif	négatif	0.000
42	Moul	Moul42	23/1/14 8:30	0.513			0.000
54	Moul	Moul54	24/1/14 20:30	0.371			0.000
60	Moul	Moul60	26/1/14 8:30	0.332			0.000
64	Moul	Moul64	27/1/14 8:30	0.341	négatif	négatif	0.000
70	Moul	Moul70	28/1/14 20:30	0.587	négatif	négatif	0.000
78	Moul	Moul78	2/2/14 2:00	0.269	négatif	négatif	0.000
83	Moul	Moul83	4/2/14 19:00	0.333			0.000

Date d'injection 17/01/2014 14:20  
Point d'injection Fosse n°3  
Traceur Fluorescéine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source de Moulibez**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
13	Moul	Moul13	19/1/14 12:00	0.035	négatif	négatif	0.000
26	Moul	Moul26	20/1/14 16:30	2.478			2.443
28	Moul	Moul28	21/1/14 0:30	2.660			2.625
30	Moul	Moul30	21/1/14 8:30	2.675			2.640
32	Moul	Moul32	21/1/14 16:30	2.380			2.345
34	Moul	Moul34	22/1/14 0:30	3.506			3.471
36	Moul	Moul36	22/1/14 8:30	0.743	positif	positif	0.708
38	Moul	Moul38	22/1/14 16:30	0.908			0.873
40	Moul	Moul40	23/1/14 0:30	0.675			0.640
42	Moul	Moul42	23/1/14 8:30	0.537			0.502
50	Moul	Moul50	23/1/14 20:30	0.227			0.192
52	Moul	Moul52	24/1/14 8:30	0.199			0.164
54	Moul	Moul54	24/1/14 20:30	0.228	positif	positif	0.193
56	Moul	Moul56	25/1/14 8:30	0.263			0.228
58	Moul	Moul58	25/1/14 20:30	0.191			0.156
60	Moul	Moul60	26/1/14 8:30	0.146			0.111
62	Moul	Moul62	26/1/14 20:30	0.138			0.103
64	Moul	Moul64	27/1/14 8:30	0.077	positif	positif	0.042
66	Moul	Moul66	27/1/14 20:30	0.054			0.019
68	Moul	Moul68	28/1/14 8:30	0.037			0.002
70	Moul	Moul70	28/1/14 20:30	0.572			0.537
72	Moul	Moul72	29/1/14 8:30	0.384			0.349
74	Moul	Moul74	30/1/14 22:00	0.116			0.081
76	Moul	Moul76	1/2/14 0:00	0.059			0.024
78	Moul	Moul78	2/2/14 2:00	0.062			0.027
80	Moul	Moul80	3/2/14 4:00	0.091			0.056
83	Moul	Moul83	4/2/14 19:00	0.114	positif	positif	0.079
85	Moul	Moul85	5/2/14 21:00	0.050			0.015
95	Moul	Moul95	11/2/14 7:00	0.092	positif	positif	0.057



**Antea Group**  
**Source des Vals**

Date d'injection 17/01/14 9h15  
Point d'injection Fosse n°1  
Traceur Sulforhodamine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Vals**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
5	Vals	Vals5	18/1/14 4:00	0.868			0.000
22	Vals	Vals22	21/1/14 0:00	0.875			0.000
25	Vals	Vals25	21/1/14 10:00	1.238			0.000
31	Vals	Vals31	22/1/14 10:00	1.168			0.000
34	Vals	Vals34	22/1/14 22:00	1.252			0.000
38	Vals	Vals38	23/1/14 14:00	1.148			0.000
41	Vals	Vals41	24/1/14 2:00	1.097			0.000
42	Vals	Vals42	24/1/14 6:00	1.311	négatif	négatif	0.000
43	Vals	Vals43	24/1/14 10:00	1.160	négatif	négatif	0.000
51	Vals	Vals51	25/1/14 4:00	0.828			0.000
55	Vals	Vals55	26/1/14 4:00	1.166	négatif	négatif	0.000
59	Vals	Vals59	27/1/14 4:00	1.464			0.000
63	Vals	Vals63	28/1/14 4:00	1.192			0.000
67	Vals	Vals67	29/1/14 4:00	1.255	négatif	négatif	0.000
70	Vals	Vals70	29/1/14 22:00	1.049			0.000

Date d'injection 17/01/14 12h  
Point d'injection Fosse n°2  
Traceur Eosine  
Masse injectée 7 kg  
Lieu de prélèvement **Source des Vals**

Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
5	Vals	Vals5	18/1/14 4:00	0.145			0.000
22	Vals	Vals22	21/1/14 0:00	0.161			0.000
25	Vals	Vals25	21/1/14 10:00	0.228	négatif	négatif	0.000
31	Vals	Vals31	22/1/14 10:00	0.196			0.000
34	Vals	Vals34	22/1/14 22:00	0.187	négatif	négatif	0.000
38	Vals	Vals38	23/1/14 14:00	0.204			0.000
41	Vals	Vals41	24/1/14 2:00	0.257			0.000
42	Vals	Vals42	24/1/14 6:00	0.261	négatif	négatif	0.000
43	Vals	Vals43	24/1/14 10:00	0.187			0.000
51	Vals	Vals51	25/1/14 4:00	0.474			0.000
55	Vals	Vals55	26/1/14 4:00	0.223	négatif	négatif	0.000
59	Vals	Vals59	27/1/14 4:00	0.262			0.000
63	Vals	Vals63	28/1/14 4:00	0.243	négatif	négatif	0.000
67	Vals	Vals67	29/1/14 4:00	0.234	négatif	négatif	0.000
70	Vals	Vals70	29/1/14 22:00	0.148			0.000

Date d'injection	17/01/2014 14:20						
Point d'injection	Fosse n°3						
Traceur	Fluorescéine						
Masse injectée	7 kg						
Lieu de prélèvement	Source des Vals						
Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
5	Vals	Vals5	18/1/14 4:00	0.006			
22	Vals	Vals22	21/1/14 0:00	0.010	négatif	négatif	0.000
25	Vals	Vals25	21/1/14 10:00	0.077	positif	positif	0.028
27	Vals	Vals27	21/1/14 18:00	0.288	positif	positif	0.239
29	Vals	Vals29	22/1/14 2:00	0.104			0.055
31	Vals	Vals31	22/1/14 10:00	0.060			0.011
32	Vals	Vals32	22/1/14 14:00	0.103			0.054
33	Vals	Vals33	22/1/14 18:00	0.058			0.009
34	Vals	Vals34	22/1/14 22:00	0.101	positif	positif	0.052
35	Vals	Vals35	23/1/14 2:00	0.393			0.344
36	Vals	Vals36	23/1/14 6:00	0.107			0.058
37	Vals	Vals37	23/1/14 10:00	0.050			0.001
38	Vals	Vals38	23/1/14 14:00	0.078			0.019
39	Vals	Vals39	23/1/14 18:00	0.116			0.057
40	Vals	Vals40	23/1/14 22:00	0.063			0.004
41	Vals	Vals41	24/1/14 2:00	0.144	positif	positif	0.085
42	Vals	Vals42	24/1/14 6:00	0.089	positif	positif	0.030
43	Vals	Vals43	24/1/14 10:00	0.059	négatif	négatif	0.000
51	Vals	Vals51	25/1/14 4:00	0.012	négatif	négatif	0.000
53	Vals	Vals53	25/1/14 16:00	0.049			0.000
54	Vals	Vals54	25/1/14 22:00				
55	Vals	Vals55	26/1/14 4:00	0.110	positif	positif	0.061
56	Vals	Vals56	26/1/14 10:00	0.112			0.063
57	Vals	Vals57	26/1/14 16:00	0.099			0.050
59	Vals	Vals59	27/1/14 4:00	0.057			0.008
61	Vals	Vals61	27/1/14 16:00	0.068			0.019
63	Vals	Vals63	28/1/14 4:00	0.093			0.044
65	Vals	Vals65	28/1/14 16:00	0.053			0.004
67	Vals	Vals67	29/1/14 4:00	0.051	positif faible	positif faible	0.002
70	Vals	Vals70	29/1/14 22:00	0.017	négatif	négatif	0.000

Antea Group							
Source de la mère de Dieu							
Date d'injection	17/01/14 9h15						
Point d'injection	Fosse n°1						
Traceur	Sulforhodamine						
Masse injectée	7 kg						
Lieu de prélèvement	Source de la Mère de Dieu						
Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
6	Mere	Mere6	18/1/14 6:00	0.136			0.000
11	Mere	Mere11	19/1/14 2:00	0.140			0.000
16	Mere	Mere16	19/1/14 22:00	32.644			0.000
26	Mere	Mere26	20/1/14 21:00	26.816			0.000
28	Mere	Mere28	21/1/14 5:00		négatif	négatif	0.000
31	Mere	Mere31	21/1/14 17:00	13.526			0.000
37	Mere	Mere37	22/1/14 17:00	4.782			0.000
39	Mere	Mere39	23/1/14 1:00		négatif	négatif	0.000
40	Mere	Mere40	23/1/14 5:00	4.977	négatif	négatif	0.000
41	Mere	Mere41	23/1/14 9:00	5.213	négatif	négatif	0.000
42	Mere	Mere42	23/1/14 13:00	5.457	positif	positif	5.317
50	Mere	Mere50	24/1/14 0:00	9.931			9.791
51	Mere	Mere51	24/1/14 6:00	14.148			14.008
52	Mere	Mere52	24/1/14 12:00	19.163			19.023
53	Mere	Mere53	24/1/14 18:00	23.922			23.782
54	Mere	Mere54	25/1/14 0:00	27.087	positif	positif	26.947
55	Mere	Mere55	25/1/14 6:00	27.303			27.163
56	Mere	Mere56	25/1/14 12:00	28.076			27.936
57	Mere	Mere57	25/1/14 18:00	28.044			27.904
58	Mere	Mere58	26/1/14 0:00	27.271			27.131
59	Mere	Mere59	26/1/14 6:00	23.532			23.392
62	Mere	Mere62	27/1/14 0:00	10.313	positif	positif	10.173
65	Mere	Mere65	27/1/14 18:00	10.457			10.317
68	Mere	Mere68	28/1/14 12:00	8.791	positif	positif	8.651
75	Mere	Mere75	30/1/14 4:00	8.065			7.925
90	Mere	Mere90	2/2/14 22:00	3.722	positif	positif	3.582

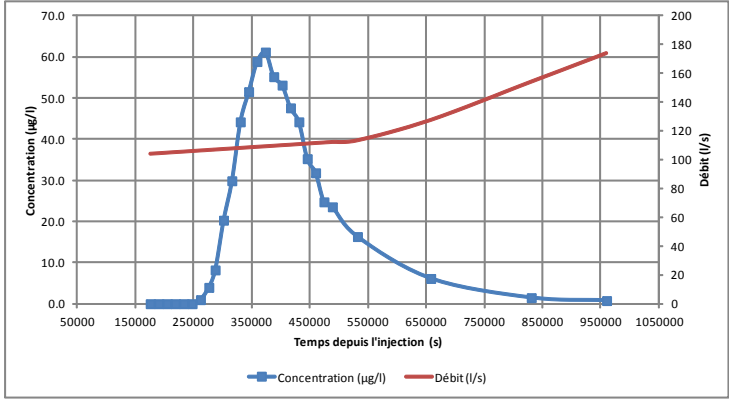
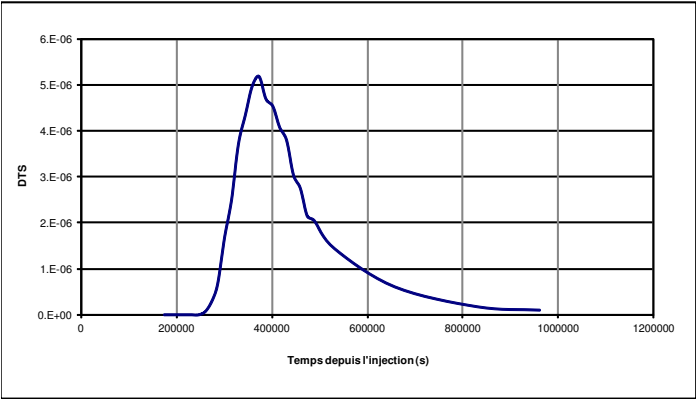
Date d'injection	17/01/14 12h						
Point d'injection	Fosse n°2						
Traceur	Eosine						
Masse injectée	7 kg						
Lieu de prélèvement	Source de la Mère de Dieu						
Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C* nette en ng/mL
13	Mere	Mere13	19/1/14 10:00	0.799			0.000
14	Mere	Mere14	19/1/14 14:00	0.960			0.000
15	Mere	Mere15	19/1/14 18:00	1.029			0.000
16	Mere	Mere16	19/1/14 22:00	0.815			0.000
17	Mere	Mere17	20/1/14 2:00	1.085			0.000
18	Mere	Mere18	20/1/14 6:00	1.062	négatif	négatif	0.000
19	Mere	Mere19	20/1/14 10:00	2.066	positif	positif	0.981
20	Mere	Mere20	20/1/14 14:00	5.066			3.981
25	Mere	Mere25	20/1/14 17:00	9.287			8.202
26	Mere	Mere26	20/1/14 21:00	21.391			20.306
27	Mere	Mere27	21/1/14 1:00	30.955			29.870
28	Mere	Mere28	21/1/14 5:00	45.263			44.178
29	Mere	Mere29	21/1/14 9:00	52.609			51.524
30	Mere	Mere30	21/1/14 13:00	59.924			58.839
31	Mere	Mere31	21/1/14 17:00	62.235			61.150
32	Mere	Mere32	21/1/14 21:00	56.244			55.159
33	Mere	Mere33	22/1/14 1:00	54.211			53.126
34	Mere	Mere34	22/1/14 5:00	48.666			47.581
35	Mere	Mere35	22/1/14 9:00	45.263			44.178
36	Mere	Mere36	22/1/14 13:00	36.315			35.230
37	Mere	Mere37	22/1/14 17:00	32.896			31.811
38	Mere	Mere38	22/1/14 21:00	25.827			24.742
39	Mere	Mere39	23/1/14 1:00	24.625			23.540
42	Mere	Mere42	23/1/14 13:00	17.387			16.302
54	Mere	Mere54	25/1/14 0:00	7.224			6.139
62	Mere	Mere62	27/1/14 0:00	2.553	positif	positif	1.468
68	Mere	Mere68	28/1/14 12:00	1.846	positif faible	positif faible	0.761
Date d'injection	17/01/2014 14:20						
Point d'injection	Fosse n°3						
Traceur	Fluorescéine						
Masse injectée	7 kg						
Lieu de prélèvement	Source de la Mère de Dieu						
Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C* nette en ng/mL
13	Mere	Mere13	19/1/14 10:00	0.009			0.000
14	Mere	Mere14	19/1/14 14:00	0.015	négatif	négatif	0.000
15	Mere	Mere15	19/1/14 18:00	13.904			13.889
16	Mere	Mere16	19/1/14 22:00	113.650			113.635
17	Mere	Mere17	20/1/14 2:00	79.228			79.213
18	Mere	Mere18	20/1/14 6:00	69.078			69.063
19	Mere	Mere19	20/1/14 10:00	114.300			114.285
20	Mere	Mere20	20/1/14 14:00	114.700			114.685
25	Mere	Mere25	20/1/14 17:00	106.000			105.985
26	Mere	Mere26	20/1/14 21:00	80.798			80.783
27	Mere	Mere27	21/1/14 1:00	62.970			62.955
28	Mere	Mere28	21/1/14 5:00	52.177			52.162
29	Mere	Mere29	21/1/14 9:00	46.531			46.516
30	Mere	Mere30	21/1/14 13:00	40.740			40.725
31	Mere	Mere31	21/1/14 17:00	36.056			36.041
32	Mere	Mere32	21/1/14 21:00	30.694			30.679
33	Mere	Mere33	22/1/14 1:00	24.413			24.398
34	Mere	Mere34	22/1/14 5:00	18.974			18.959
35	Mere	Mere35	22/1/14 9:00	14.496			14.481
36	Mere	Mere36	22/1/14 13:00	11.287			11.272
37	Mere	Mere37	22/1/14 17:00	9.090			9.075
38	Mere	Mere38	22/1/14 21:00	8.008			7.993
39	Mere	Mere39	23/1/14 1:00	7.128			7.113
42	Mere	Mere42	23/1/14 13:00	5.442			5.427
54	Mere	Mere54	25/1/14 0:00	4.471			4.456
62	Mere	Mere62	27/1/14 0:00	1.570			1.555
68	Mere	Mere68	28/1/14 12:00	1.371			1.356

## **Annexe 3. Interprétations des traçages**

(5 pages)

SOURCE DE LA MERE DE DIEU- RESTITUTION EN SULFORHODAMINE									
<b>Point d'injection</b>	Fosse n°1			<b>Arrivée</b>	<b>Heure d'arrivée</b>	20/01/2014 10:00			
<b>Heure d'injection</b>	17/01/2014 09:15			<b>to (s) (h) (j)</b>		261900	72.75	3.0	
<b>Point de Suivi</b>	Mere de Dieu			<b>Vmax (m/s) (m/h) (m/j)</b>		0.02493	89.76	2154.2	
<b>Distance x (m)</b>	6530			<b>Mode</b>	<b>Heure modale</b>	21/01/2014 17:00			
<b>Masse injectée (g)</b>	7000				<b>Temps modal tm (s) (h) (j)</b>	373500	103.75	4.3	
<b>Masse restituée Mr (g)</b>	1294.02				<b>Vitesse modale Vm (m/s) (m/h)</b>	0.01748	62.94	1510.6	
<b>Taux de restitution (%)</b>	18.49			<b>Moyenne</b>	<b>Temps moy séjour (s) (h) (j)</b>	449223	124.78	5.2	
<b>Cmax (µg/l) (g/l)</b>	61.15	6.12E-05			<b>j (t/t)*(h/t) d(t)</b>	2.36E-06			
<b>Taux de dilution unitaire</b>	8.74E-09				<b>Vitesse moyenne (m/s) (m/h)</b>	1.54E-02	55.55	1333.2	
<b>DTS max (s-1)</b>	5.18E-06				<b>Vitesse apparente (m/s) (m/h)</b>	1.45E-02	52.33	1255.9	
<b>Simulation de pollution si 10 kg (en µg/l)</b>	87.36			<b>Fin</b>	<b>Heure fin restitution</b>	30/01/2014 12:00			
					<b>Durée de restitution (s) (h) (j)</b>	871200	242.00	10.1	

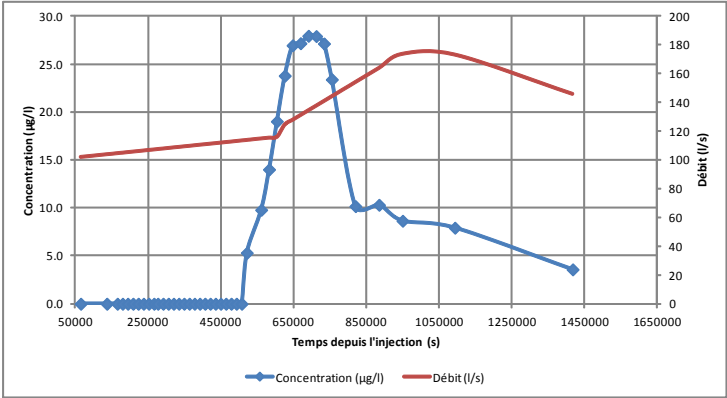
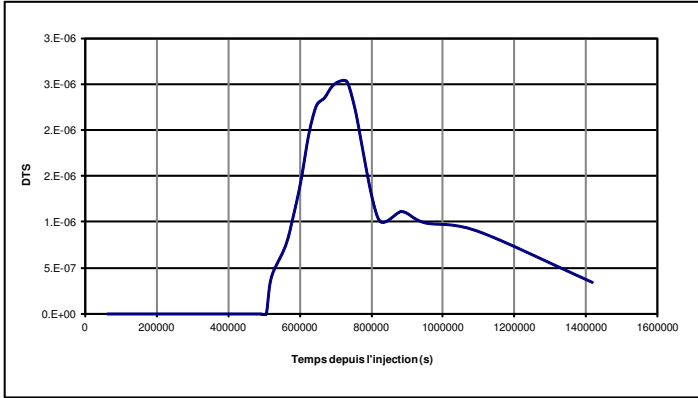
Date	Temps depuis l'injection (sec)	Temps depuis l'injection (h)	Temps depuis l'arrivée du traceur (sec)	Concentration (µg/l)	Débit (l/s)	Flux massique (µg/s)	Flux massique (g/s)	Masse restituée (g)	DTS = h(t)	Intégrale DTS	h(t)*t	∫ h(t)*t = TMS	h(t)*1/t	∫ h(t)*1/t
19/1/14 10:00	175500	48.75	-86400	0.000	104.4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 14:00	189900	52.75	-72000	0.000	104.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 18:00	204300	56.75	-57600	0.000	105.2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 22:00	218700	60.75	-43200	0.000	105.6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 2:00	233100	64.75	-28800	0.000	105.9	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 6:00	247500	68.75	-14400	0.000	106.3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 10:00	261900	72.75	0	0.981	106.7	1.05E+02	1.05E-04	7.54E-01	8.09E-08	5.82E-04	2.12E-02	1.53E+02	3.09E-13	2.22E-09
20/1/14 14:00	276300	76.75	14400	3.981	107.1	4.26E+02	4.26E-04	3.82E+00	3.29E-07	2.95E-03	9.10E-02	8.08E+02	1.19E-12	1.08E-08
20/1/14 17:00	287100	79.75	25200	8.202	107.3	8.80E+02	8.80E-04	7.06E+00	6.80E-07	5.45E-03	1.95E-01	1.55E+03	2.37E-12	1.92E-08
20/1/14 21:00	301500	83.75	39600	20.306	107.7	2.19E+03	2.19E-03	2.21E+01	1.69E-06	1.71E-02	5.10E-01	5.08E+03	5.61E-12	5.74E-08
21/1/14 1:00	315900	87.75	54000	29.870	108.1	3.23E+03	3.23E-03	3.90E+01	2.50E-06	3.01E-02	7.88E-01	9.34E+03	7.90E-12	9.72E-08
21/1/14 5:00	330300	91.75	68400	44.178	108.5	4.79E+03	4.79E-03	5.77E+01	3.70E-06	4.46E-02	1.22E+00	1.45E+04	1.12E-11	1.38E-07
21/1/14 9:00	344700	95.75	82800	51.524	108.8	5.61E+03	5.61E-03	7.49E+01	4.33E-06	5.79E-02	1.49E+00	1.96E+04	1.26E-11	1.71E-07
21/1/14 13:00	359100	99.75	97200	58.839	109.2	6.43E+03	6.43E-03	8.66E+01	4.97E-06	6.70E-02	1.78E+00	2.36E+04	1.38E-11	1.98E-07
21/1/14 17:00	373500	103.75	111600	61.150	109.6	6.70E+03	6.70E-03	9.45E+01	5.18E-06	7.30E-02	1.93E+00	2.68E+04	1.39E-11	1.99E-07
21/1/14 21:00	387900	107.75	126000	55.159	110.0	6.07E+03	6.07E-03	9.19E+01	4.69E-06	7.10E-02	1.82E+00	2.70E+04	1.21E-11	1.87E-07
22/1/14 1:00	402300	111.75	140400	53.126	110.3	5.86E+03	5.86E-03	8.59E+01	4.53E-06	6.64E-02	1.82E+00	2.62E+04	1.13E-11	1.68E-07
22/1/14 5:00	416700	115.75	154800	47.581	110.7	5.27E+03	5.27E-03	8.01E+01	4.07E-06	6.19E-02	1.70E+00	2.53E+04	9.77E-12	1.51E-07
22/1/14 9:00	431100	119.75	169200	44.178	111.1	4.91E+03	4.91E-03	7.33E+01	3.79E-06	5.66E-02	1.64E+00	2.40E+04	8.80E-12	1.34E-07
22/1/14 13:00	445500	123.75	183600	35.230	111.5	3.93E+03	3.93E-03	6.36E+01	3.03E-06	4.92E-02	1.35E+00	2.15E+04	6.81E-12	1.12E-07
22/1/14 17:00	459900	127.75	198000	31.811	111.8	3.56E+03	3.56E-03	5.39E+01	2.75E-06	4.16E-02	1.26E+00	1.88E+04	5.98E-12	9.21E-08
22/1/14 21:00	474300	131.75	212400	24.742	112.2	2.78E+03	2.78E-03	4.56E+01	2.15E-06	3.52E-02	1.02E+00	1.64E+04	4.52E-12	7.56E-08
23/1/14 1:00	488700	135.75	226800	23.540	112.6	2.65E+03	2.65E-03	3.91E+01	2.05E-06	3.02E-02	1.00E+00	1.45E+04	4.19E-12	6.27E-08
23/1/14 13:00	531900	147.75	270000	16.302	113.7	1.85E+03	1.85E-03	9.73E+01	1.43E-06	7.52E-02	7.62E-01	3.81E+04	2.69E-12	1.49E-07
25/1/14 0:00	657900	182.75	396000	6.139	127.8	7.85E+02	7.85E-04	1.66E+02	6.06E-07	1.28E-01	3.99E-01	7.31E+04	9.22E-13	2.28E-07
27/1/14 0:00	830700	230.75	568800	1.468	154.2	2.26E+02	2.26E-04	8.73E+01	1.75E-07	6.75E-02	1.45E-01	4.70E+04	2.11E-13	9.78E-08
28/1/14 12:00	960300	266.75	698400	0.761	174.0	1.32E+02	1.32E-04	2.32E+01	1.02E-07	1.80E-02	9.83E-02	1.58E+04	1.07E-13	2.06E-08
30/1/14 12:00	1133100	314.75	871200	0.000	200.4	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+01	0.00E+00	8.84E-03	0.00E+00	8.49E+03	0.00E+00	9.21E-09





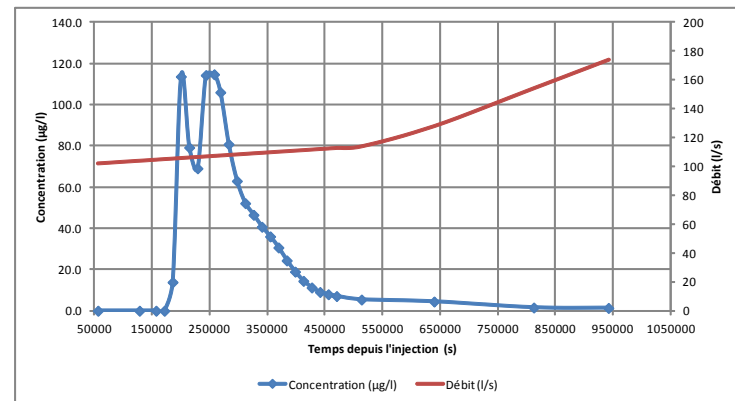
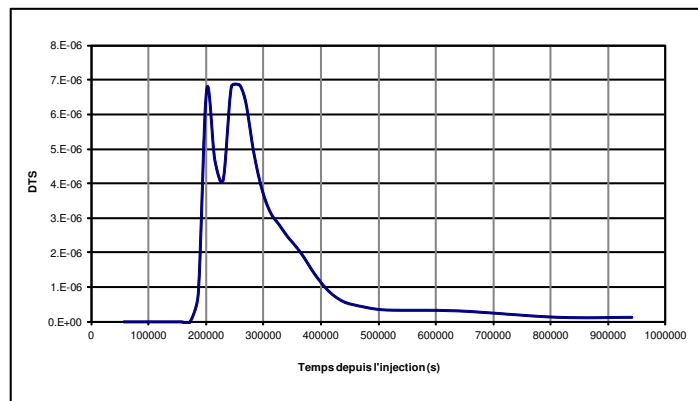
SOURCE DE LA MERE DE DIEU- RESTITUTION EN EOSINE									
Point d'injection	Fosse n°2			Arrivée	Heure d'arrivée	23/01/2014 13:00			
Heure d'injection	17/01/2014 12:00			to (s) (h) (j)		522000	145.00	6.0	
Point de Suivi	Mere de Dieu			Vmax (m/s) (m/h) (m/j)		0.01310	47.17	1132.1	
Distance x (m)	6840			Mode	Heure modale	25/01/2014 12:00			
Masse injectée (g)	7000				Temps modal tm (s) (h) (j)	691200	192.00	8.0	
Masse restituée Mr (g)	1515.99				Vitesse modale Vm (m/s) (m/h)	0.00990	35.63	855.0	
Taux de restitution (%)	21.66			Moyenne	Temps moy séjour (s) (h) (j)	860901	239.14	10.0	
Cmax (µg/l) (g/l)	27.94	2.79E-05			j (t/t)*(h/t) d(t)	1.23E-06			
Taux de dilution unitaire	3.99E-09				Vitesse moyenne (m/s) (m/h)	8.43E-03	30.35	728.5	
DTS max (s-1)	2.53E-06				Vitesse apparente (m/s) (m/h)	7.95E-03	28.60	686.5	
Simulation de pollution si 10 kg (en µg/l)		39.91		Fin	Heure fin restitution	02/02/2014 22:00			
					Durée de restitution (s) (h) (j)	896400	249.00	10.4	

Date	Temps depuis l'injection (sec)	Temps depuis l'injection (h)	Temps depuis l'arrivée du traceur (sec)	Concentration (µg/l)	Débit (l/s)	Flux massique (µg/s)	Flux massique (g/s)	Masse restituée (g)	DTS = h(t)	Intégrale DTS	h(t)*t	∫ h(t)*t = TMS	h(t)*1/t	∫ h(t)*1/t
18/1/14 6:00	64800	18.00	-457200	0.000	101.8	0.00E+00	0.00E+00		0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 2:00	136800	38.00	-385200	0.000	103.7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 10:00	165600	46.00	-356400	0.000	104.4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 14:00	180000	50.00	-342000	0.000	104.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 18:00	194400	54.00	-327600	0.000	105.2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 22:00	208800	58.00	-313200	0.000	105.6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 2:00	223200	62.00	-298800	0.000	105.9	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 6:00	237600	66.00	-284400	0.000	106.3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 10:00	252000	70.00	-270000	0.000	106.7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 14:00	266400	74.00	-255600	0.000	107.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 17:00	277200	77.00	-244800	0.000	107.3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20/1/14 21:00	291600	81.00	-230400	0.000	107.7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 1:00	306000	85.00	-216000	0.000	108.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 5:00	320400	89.00	-201600	0.000	108.5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 9:00	334800	93.00	-187200	0.000	108.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 13:00	349200	97.00	-172800	0.000	109.2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 17:00	363600	101.00	-158400	0.000	109.6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 21:00	378000	105.00	-144000	0.000	110.0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22/1/14 1:00	392400	109.00	-129600	0.000	110.3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22/1/14 5:00	406800	113.00	-115200	0.000	110.7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22/1/14 9:00	421200	117.00	-100800	0.000	111.1	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22/1/14 13:00	435600	121.00	-86400	0.000	111.5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22/1/14 17:00	450000	125.00	-72000	0.000	111.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
22/1/14 21:00	464400	129.00	-57600	0.000	112.2	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
23/1/14 1:00	478800	133.00	-43200	0.000	112.6	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
23/1/14 5:00	493200	137.00	-28800	0.000	113.0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
23/1/14 9:00	507600	141.00	-14400	0.000	113.3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
23/1/14 13:00	522000	145.00	0	5.317	113.7	6.05E+02	6.05E-04	4.35E+00	3.99E-07	0.00287167	2.08E-01	1.50E+03	7.64E-13	5.50E-09
24/1/14 0:00	561600	156.00	39600	9.791	114.8	1.12E+03	1.12E-03	3.42E+01	7.41E-07	2.26E-02	4.16E-01	1.24E+04	1.32E-12	4.13E-08
24/1/14 6:00	583200	162.00	61200	14.008	115.3	1.62E+03	1.62E-03	2.96E+01	1.07E-06	1.95E-02	6.21E-01	1.12E+04	1.83E-12	3.40E-08
24/1/14 12:00	604800	168.00	82800	19.023	115.9	2.20E+03	2.20E-03	4.13E+01	1.454E-06	2.72E-02	8.79E-01	1.62E+04	2.40E-12	4.57E-08
24/1/14 18:00	626400	174.00	104400	23.782	124.5	2.96E+03	2.96E-03	5.58E+01	1.95E-06	3.68E-02	1.22E+00	2.27E+04	3.12E-12	5.96E-08
25/1/14 0:00	648000	180.00	126000	26.947	127.8	3.44E+03	3.44E-03	6.92E+01	2.27E-06	4.56E-02	1.47E+00	2.91E+04	3.51E-12	7.15E-08
25/1/14 6:00	669600	186.00	147600	27.163	131.1	3.56E+03	3.56E-03	7.57E+01	2.35E-06	4.99E-02	1.57E+00	3.29E+04	3.51E-12	7.57E-08
25/1/14 12:00	691200	192.00	169200	27.936	134.4	3.75E+03	3.75E-03	7.90E+01	2.48E-06	5.21E-02	1.71E+00	3.55E+04	3.58E-12	7.66E-08
25/1/14 18:00	712800	198.00	190800	27.904	137.7	3.84E+03	3.84E-03	8.20E+01	2.53E-06	5.41E-02	1.81E+00	3.80E+04	3.56E-12	7.71E-08
26/1/14 0:00	734400	204.00	212400	27.131	141.0	3.83E+03	3.83E-03	8.28E+01	2.52E-06	5.46E-02	1.85E+00	3.95E+04	3.44E-12	7.55E-08
26/1/14 6:00	756000	210.00	234000	23.392	144.3	3.38E+03	3.38E-03	7.78E+01	2.23E-06	5.13E-02	1.68E+00	3.82E+04	2.95E-12	6.89E-08
27/1/14 0:00	820800	228.00	298800	10.173	154.2	1.57E+03	1.57E-03	1.60E+02	1.03E-06	1.06E-01	8.49E-01	8.21E+04	1.26E-12	1.36E-07
27/1/14 18:00	885600	246.00	363600	10.317	164.1	1.69E+03	1.69E-03	1.06E+02	1.12E-06	6.97E-02	9.89E-01	5.96E+04	1.26E-12	8.17E-08
28/1/14 12:00	950400	264.00	428400	8.651	174.0	1.51E+03	1.51E-03	1.04E+02	9.93E-07	6.84E-02	9.44E-01	6.26E+04	1.04E-12	7.47E-08
30/1/14 4:00	1094400	304.00	572400	7.925	173.50	1.37E+03	1.37E-03	2.07E+02	9.07E-07	1.37E-01	9.93E-01	1.39E+05	8.29E-13	1.35E-07
2/2/14 22:00	1418400	394.00	896400	3.582	146.00	5.23E+02	5.23E-04	3.07E+02	3.45E-07	2.03E-01	4.89E-01	2.40E+05	2.43E-13	1.74E-07
02/02/2014 22:00	1418400	394	896400	3.582	146.00	5.23E+02	5.23E-04	0.00E+00	3.45E-07	0.00E+00	4.89E-01	0.00E+00	2.43E-13	0.00E+00



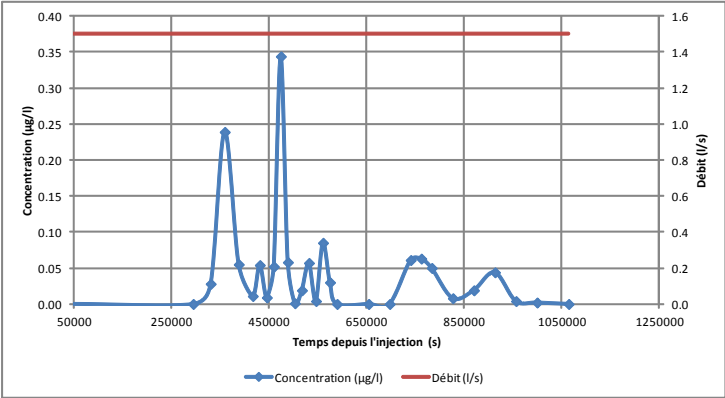
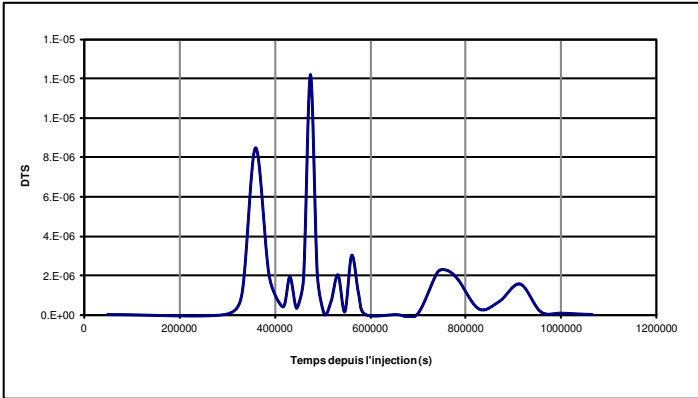
SOURCE DE LA MERE DE DIEU- RESTITUTION EN FLUORESCENCE									
Point d'injection	Fosse n°3			Arrivée	Heure d'arrivée	19/01/2014 18:00			
Heure d'injection	17/01/2014 14:20			to (s) (h) (j)		186000	51.67	2.2	
Point de Suivi	Mere de Dieu			Vmax (m/s) (m/h) (m/j)		0.03430	123.48	2963.6	
Distance x (m)	6380			Mode	Heure modale	20/01/2014 14:00			
Masse injectée (g)	7000			Temps modal tm (s) (h) (j)		258000	71.67	3.0	
Masse restituée Mr (g)	1790.85			Vitesse modale Vm (m/s) (m/h)		0.02473	89.02	2136.6	
Taux de restitution (%)	25.58			Temps moy séjour (s) (h) (j)		321799	89.39	3.7	
Cmax (µg/l) (g/l)	114.69	1.15E-04		j (t/t)*(h/t) d(t)		3.50E-06			
Taux de dilution unitaire	1.64E-08			Vitesse moyenne (m/s) (m/h)		2.23E-02	80.41		
DTS max (s-1)	6.86E-06			Vitesse apparente (m/s) (m/h)		1.98E-02	71.37		
Simulation de pollution si 10 kg (en µg/l)		163.84		Fin	Heure fin restitution	21/01/2014 21:00			
				Durée de restitution (s) (h) (j)		183600	51.00	2.1	

Date	Temps depuis l'injection (sec)	Temps depuis l'injection (h)	Temps depuis l'arrivée du traceur (sec)	Concentration (µg/l)	Débit (l/s)	Flux massique (µg/s)	Flux massique (g/s)	Masse restituée (g)	DTS = h(t)	Intégrale DTS	h(t)*t	j h(t)*t = TMS	h(t)*1/t	j h(t)*1/t
18/1/14 6:00	56400	15.67	-129600	0.000	101.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 2:00	128400	35.67	-57600	0.000	103.7	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 10:00	157200	43.67	-28800	0.000	104.4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 14:00	171600	47.67	-14400	0.000	104.8	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
19/1/14 18:00	186000	51.67	0	13.889	105.2	1.46E+03	1.46E-03	1.05E+01	8.16E-07	5.87E-03	1.52E-01	1.09E+03	4.39E-12	3.16E-08
19/1/14 22:00	200400	55.67	14400	113.635	105.6	1.20E+04	1.20E-02	9.69E+01	6.70E-06	5.41E-02	1.34E+00	1.08E+04	3.34E-11	2.72E-07
20/1/14 2:00	214800	59.67	28800	79.213	105.9	8.39E+03	8.39E-03	1.47E+02	4.69E-06	8.20E-02	1.01E+00	1.69E+04	2.18E-11	3.98E-07
20/1/14 6:00	229200	63.67	43200	69.063	106.3	7.34E+03	7.34E-03	1.13E+02	4.10E-06	6.33E-02	9.40E-01	1.40E+04	1.79E-11	2.86E-07
20/1/14 10:00	243600	67.67	57600	114.285	106.7	1.22E+04	1.22E-02	1.41E+02	6.81E-06	7.85E-02	1.66E+00	1.87E+04	2.79E-11	3.30E-07
20/1/14 14:00	258000	71.67	72000	114.685	107.1	1.23E+04	1.23E-02	1.76E+02	6.86E-06	9.84E-02	1.77E+00	2.47E+04	2.66E-11	3.93E-07
20/1/14 17:00	268800	74.67	82800	105.985	107.3	1.14E+04	1.14E-02	1.28E+02	6.35E-06	7.13E-02	1.71E+00	1.88E+04	2.36E-11	2.71E-07
20/1/14 21:00	283200	78.67	97200	80.783	107.7	8.70E+03	8.70E-03	1.45E+02	4.86E-06	8.07E-02	1.38E+00	2.22E+04	1.72E-11	2.94E-07
21/1/14 1:00	297600	82.67	111600	62.955	108.1	6.81E+03	6.81E-03	1.12E+02	3.80E-06	6.23E-02	1.13E+00	1.80E+04	1.28E-11	2.15E-07
21/1/14 5:00	312000	86.67	126000	52.162	108.5	5.66E+03	5.66E-03	8.97E+01	3.16E-06	5.01E-02	9.86E-01	1.52E+04	1.01E-11	1.65E-07
21/1/14 9:00	326400	90.67	140400	46.516	108.8	5.06E+03	5.06E-03	7.72E+01	2.83E-06	4.31E-02	9.23E-01	1.37E+04	8.66E-12	1.35E-07
21/1/14 13:00	340800	94.67	154800	40.725	109.2	4.45E+03	4.45E-03	6.85E+01	2.48E-06	3.82E-02	8.46E-01	1.27E+04	7.29E-12	1.15E-07
21/1/14 17:00	355200	98.67	169200	36.041	109.6	3.95E+03	3.95E-03	6.05E+01	2.21E-06	3.38E-02	7.83E-01	1.17E+04	6.21E-12	9.72E-08
21/1/14 21:00	369600	102.67	183600	30.679	110.0	3.37E+03	3.37E-03	5.27E+01	1.88E-06	2.94E-02	6.96E-01	1.07E+04	5.10E-12	8.14E-08
22/1/14 1:00	384000	106.67	198000	24.398	110.3	2.69E+03	2.69E-03	4.37E+01	1.50E-06	2.44E-02	5.77E-01	9.17E+03	3.91E-12	6.49E-08
22/1/14 5:00	398400	110.67	212400	18.959	110.7	2.10E+03	2.10E-03	3.45E+01	1.17E-06	1.93E-02	4.67E-01	7.52E+03	2.94E-12	4.94E-08
22/1/14 9:00	412800	114.67	226800	14.481	111.1	1.61E+03	1.61E-03	2.67E+01	8.98E-07	1.49E-02	3.71E-01	6.03E+03	2.18E-12	3.69E-08
22/1/14 13:00	427200	118.67	241200	11.272	111.5	1.26E+03	1.26E-03	2.06E+01	7.02E-07	1.15E-02	3.00E-01	4.83E+03	1.64E-12	2.75E-08
22/1/14 17:00	441600	122.67	255600	9.075	111.8	1.01E+03	1.01E-03	1.64E+01	5.67E-07	9.13E-03	2.50E-01	3.96E+03	1.28E-12	2.11E-08
22/1/14 21:00	456000	126.67	270000	7.993	112.2	8.97E+02	8.97E-04	1.38E+01	5.01E-07	7.69E-03	2.28E-01	3.45E+03	1.10E-12	1.71E-08
23/1/14 1:00	470400	130.67	284400	7.113	112.6	8.01E+02	8.01E-04	1.22E+01	4.47E-07	6.83E-03	2.10E-01	3.16E+03	9.51E-13	1.48E-08
23/1/14 13:00	513600	142.67	327600	5.427	113.7	6.17E+02	6.17E-04	3.06E+01	3.45E-07	1.71E-02	1.77E-01	8.37E+03	6.71E-13	3.50E-08
25/1/14 0:00	639600	177.67	453600	4.456	127.8	5.69E+02	5.69E-04	7.48E+01	3.18E-07	4.17E-02	2.03E-01	2.40E+04	4.97E-13	7.36E-08
27/1/14 0:00	812400	225.67	626400	1.555	154.2	2.40E+02	2.40E-04	6.99E+01	1.34E-07	0.03904281	1.09E-01	2.70E+04	1.65E-13	5.72E-08
28/1/14 12:00	942000	261.67	756000	1.356	174.0	2.36E+02	2.36E-04	3.08E+01	1.32E-07	1.72E-02	1.24E-01	1.51E+04	1.40E-13	1.97E-08
30/01/2014 12:00	1114800	309.67	928800	0	200.4	0.00E+00	0.00E+00	2.04E+01	0.00E+00	1.14E-02	0.00E+00	1.07E+04	0.00E+00	1.21E-08



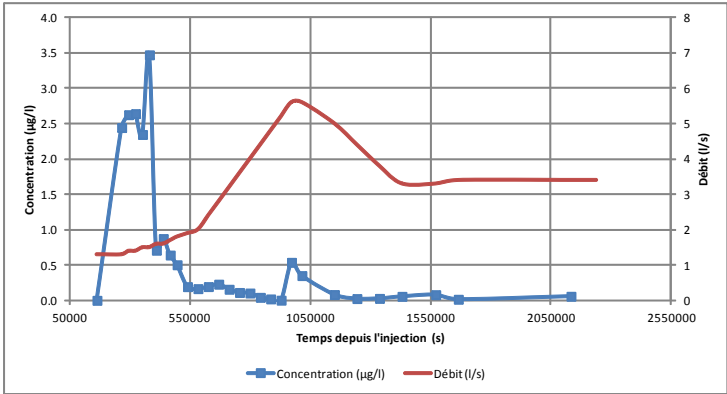
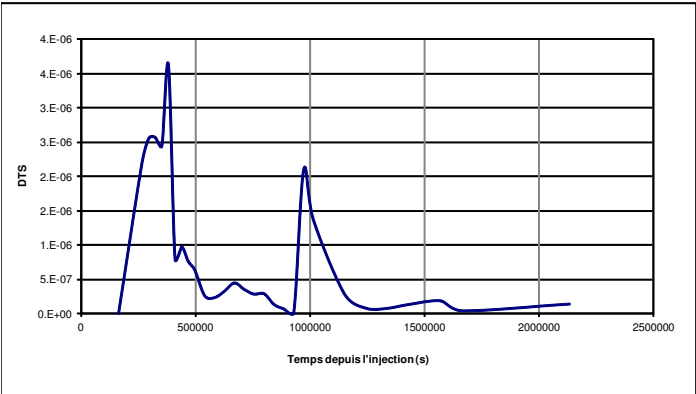
SOURCE DES VALS - RESTITUTION EN FLUORESCENCE						
Point d'injection	Fosse n°3		Arrivée	Heure d'arrivée	21/01/2014 10:00	
Heure d'injection	17/01/2014 14:20		to (s) (h) (j)		330000	91.67 3.8
Point de Suivi	Source des Vals		Vmax (m/s) (m/h) (m/j)		0.00333	12.00 288.0
Distance x (m)	1100		Mode	Heure modale	23/01/2014 02:00	
Masse injectée (g)	7000			Temps modal tm (s) (h) (j)	474000	131.67 5.5
Masse restituée Mr (g)	0.04			Vitesse modale Vm (m/s) (m/h)	0.00232	8.35 200.5
Taux de restitution (%)	0.00		Moyenne	Temps moy séjour (s) (h) (j)	542997	150.83 6.3
Cmax (µg/l) (g/l)	0.34 3.44E-07			j (t/t)*(h/t) d(t)	2.05E-06	
Taux de dilution unitaire	4.91E-11			Vitesse moyenne (m/s) (m/h)	2.26E-03	8.13 195.2
DTS max (s-1)	1.22E-05			Vitesse apparente (m/s) (m/h)	2.03E-03	7.29 175.0
Simulation de pollution si 10 kg (en µg/l)		0.49	Fin	Heure fin restitution	29/01/2014 22:00	
				Durée de restitution (s) (h) (j)	734400	204.00 8.5

Date	Temps depuis l'injection (sec)	Temps depuis l'injection (h)	Temps depuis l'arrivée du traceur (sec)	Concentration (µg/l)	Débit (l/s)	Flux massique (µg/s)	Flux massique (g/s)	Masse restituée (g)	DTS = h(t)	Intégrale DTS	h(t)*t	∫ h(t)*t = TMS	h(t)*1/t	∫ h(t)*1/t
18/1/14 4:00	49200	13.67	-280800	0.000	1.5	0.00E+00	0.00E+00		0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 0:00	294000	81.67	-36000	0.000	1.5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
21/1/14 10:00	330000	91.67	0	0.028	1.5	4.20E-02	4.20E-08	7.56E-04	9.93E-07	1.79E-02	3.28E-01	5.90E+03	3.01E-12	5.42E-08
21/1/14 18:00	358800	99.67	28800	0.239	1.5	3.59E-01	3.59E-07	5.77E-03	8.48E-06	1.36E-01	3.04E+00	4.85E+04	2.36E-11	3.84E-07
22/1/14 2:00	387600	107.67	57600	0.055	1.5	8.25E-02	8.25E-08	6.35E-03	1.95E-06	1.50E-01	7.56E-01	5.47E+04	5.03E-12	4.13E-07
22/1/14 10:00	416400	115.67	86400	0.011	1.5	1.65E-02	1.65E-08	1.43E-03	3.90E-07	3.37E-02	1.63E-01	1.32E+04	9.37E-13	8.60E-08
22/1/14 14:00	430800	119.67	100800	0.054	1.5	8.10E-02	8.10E-08	7.02E-04	1.92E-06	1.66E-02	8.25E-01	7.11E+03	4.45E-12	3.88E-08
22/1/14 18:00	445200	123.67	115200	0.009	1.5	1.35E-02	1.35E-08	6.80E-04	3.19E-07	1.61E-02	1.42E-01	6.97E+03	7.17E-13	3.72E-08
22/1/14 22:00	459600	127.67	129600	0.052	1.5	7.80E-02	7.80E-08	6.59E-04	1.84E-06	1.56E-02	8.48E-01	7.13E+03	4.01E-12	3.41E-08
23/1/14 2:00	474000	131.67	144000	0.344	1.5	5.16E-01	5.16E-07	4.28E-03	1.22E-05	1.01E-01	5.79E+00	4.78E+04	2.57E-11	2.14E-07
23/1/14 6:00	488400	135.67	158400	0.058	1.5	8.70E-02	8.70E-08	4.34E-03	2.06E-06	1.03E-01	1.01E+00	4.89E+04	4.21E-12	2.16E-07
23/1/14 10:00	502800	139.67	172800	0.001	1.5	1.50E-03	1.50E-09	6.37E-04	3.55E-08	1.51E-02	1.78E-02	7.36E+03	7.06E-14	3.08E-08
23/1/14 14:00	517200	143.67	187200	0.019	1.5	2.85E-02	2.85E-08	2.16E-04	6.74E-07	5.11E-03	3.49E-01	2.64E+03	1.30E-12	9.89E-09
23/1/14 18:00	531600	147.67	201600	0.057	1.5	8.55E-02	8.55E-08	8.21E-04	2.02E-06	1.94E-02	1.08E+00	1.03E+04	3.80E-12	3.68E-08
23/1/14 22:00	546000	151.67	216000	0.004	1.5	6.00E-03	6.00E-09	6.59E-04	1.42E-07	1.56E-02	7.75E-02	8.30E+03	2.60E-13	2.93E-08
24/1/14 2:00	560400	155.67	230400	0.085	1.5	1.28E-01	1.28E-07	9.61E-04	3.02E-06	2.27E-02	1.69E+00	1.27E+04	5.38E-12	4.06E-08
24/1/14 6:00	574800	159.67	244800	0.030	1.5	4.50E-02	4.50E-08	1.24E-03	1.06E-06	2.94E-02	6.12E-01	1.66E+04	1.85E-12	5.21E-08
24/1/14 10:00	589200	163.67	259200	0.000	1.5	0.00E+00	0.00E+00	3.24E-04	0.00E+00	7.66E-03	0.00E+00	4.41E+03	0.00E+00	1.33E-08
25/1/14 4:00	653999.995	181.67	324000	0.000	1.5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
25/1/14 16:00	697199.995	193.67	367200	0.000	1.5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
26/1/14 4:00	740399.995	205.67	410400	0.061	1.5	9.15E-02	9.15E-08	1.98E-03	2.16E-06	4.67E-02	1.60E+00	3.46E+04	2.92E-12	6.31E-08
26/1/14 10:00	761999.995	211.67	432000	0.063	1.5	9.45E-02	9.45E-08	2.01E-03	2.24E-06	4.75E-02	1.70E+00	3.57E+04	2.93E-12	6.33E-08
26/1/14 16:00	783599.995	217.67	453600	0.050	1.5	7.50E-02	7.50E-08	1.83E-03	1.77E-06	4.33E-02	1.39E+00	3.34E+04	2.26E-12	5.61E-08
27/1/14 4:00	826799.995	229.67	496800	0.008	1.5	1.20E-02	1.20E-08	1.88E-03	2.84E-07	4.45E-02	2.35E-01	3.51E+04	3.43E-13	5.63E-08
27/1/14 16:00	869999.995	241.67	540000	0.019	1.5	2.85E-02	2.85E-08	8.75E-04	6.74E-07	2.07E-02	5.86E-01	1.77E+04	7.75E-13	2.42E-08
28/1/14 4:00	913199.995	253.67	583200	0.044	1.5	6.60E-02	6.60E-08	2.04E-03	1.56E-06	4.83E-02	1.43E+00	4.35E+04	1.71E-12	5.37E-08
28/1/14 16:00	956399.995	265.67	626400	0.004	1.5	6.00E-03	6.00E-09	1.56E-03	1.42E-07	3.68E-02	1.36E-01	3.37E+04	1.48E-13	4.01E-08
29/1/14 4:00	999599.995	277.67	669600	0.002	1.5	3.00E-03	3.00E-09	1.94E-04	7.10E-08	0.00459829	7.09E-02	4.46E+03	7.10E-14	4.74E-09
29/1/14 22:00	1064399.995	295.67	734400	0	1.5	0.00E+00	0.00E+00	9.72E-05	0.00E+00	2.30E-03	0.00E+00	2.30E+03	0.00E+00	2.30E-09



SOURCE DE MOULIBEZ- RESTITUTION EN FLUORESCÉINE						
Point d'injection	Fosse n°3		Arrivée	Heure d'arrivée	20/01/2014 16:30	
Heure d'injection	17/01/2014 14:20		to (s) (h) (j)		267000	74.17 3.1
Point de Suivi	Source de Moulibez		Vmax (m/s) (m/h) (m/j)		0.01281	46.11 1106.7
Distance x (m)	3420		Mode	Heure modale	22/01/2014 00:30	
Masse injectée (g)	7000			Temps modal tm (s) (h) (j)	382200	106.17 4.4
Masse restituée Mr (g)	1.44			Vitesse modale Vm (m/s) (m/h)	0.00895	32.21 773.1
Taux de restitution (%)	0.02		Moyenne	Temps moy séjour (s) (h) (j)	570038	158.34 6.6
Cmax (µg/l) (g/l)	3.47 3.47E-06			j (1/t)*(h(t) d(t)	2.12E-06	
Taux de dilution unitaire	4.96E-10			Vitesse moyenne (m/s) (m/h)	7.26E-03	26.15 627.7
DTS max (s-1)	3.62E-06			Vitesse apparente (m/s) (m/h)	6.00E-03	21.60 518.4
Simulation de pollution si 10 kg (en µg/l)	4.96		Fin	Heure fin restitution	12/02/2014 12:00	
				Durée de restitution (s) (h) (j)	1971000	547.50 22.8

Date	Temps depuis l'injection (sec)	Temps depuis l'injection (h)	Temps depuis l'arrivée du traceur (sec)	Concentration (µg/l)	Débit (l/s)	Flux massique (µg/s)	Flux massique (g/s)	Masse restituée (g)	DTS = h(t)	Intégrale DTS	h(t)*t	∫ h(t)*t = TMS	h(t)*1/t	∫ h(t)*1/t
19/1/14 12:00	164400	45.67	-102600	0.000	1.3	0.00E+00	0.00E+00		0	0.00E+00	0.00E+00		0.00E+00	
20/1/14 16:30	267000	74.17	0	2.443	1.3	3.18E+00	3.18E-06	1.63E-01	2.21E-06	1.13E-01	5.90E-01	3.03E+04	8.28E-12	4.25E-07
21/1/14 0:30	295800	82.17	28800	2.625	1.4	3.68E+00	3.68E-06	9.87E-02	2.56E-06	6.86E-02	7.56E-01	1.94E+04	8.65E-12	2.44E-07
21/1/14 8:30	324600	90.17	57600	2.640	1.4	3.70E+00	3.70E-06	1.06E-01	2.57E-06	7.39E-02	8.35E-01	2.29E+04	7.92E-12	2.39E-07
21/1/14 16:30	353400	98.17	86400	2.345	1.5	3.52E+00	3.52E-06	1.04E-01	2.45E-06	7.23E-02	8.65E-01	2.45E+04	6.93E-12	2.14E-07
22/1/14 0:30	382200	106.17	115200	3.471	1.5	5.21E+00	5.21E-06	1.26E-01	3.62E-06	8.74E-02	1.38E+00	3.24E+04	9.48E-12	2.36E-07
22/1/14 8:30	411000	114.17	144000	0.708	1.6	1.13E+00	1.13E-06	9.13E-02	7.88E-07	6.35E-02	3.24E-01	2.46E+04	1.92E-12	1.64E-07
22/1/14 16:30	439800	122.17	172800	0.873	1.6	1.40E+00	1.40E-06	3.64E-02	9.72E-07	2.53E-02	4.27E-01	1.08E+04	2.21E-12	5.94E-08
23/1/14 0:30	468600	130.17	201600	0.640	1.7	1.09E+00	1.09E-06	3.58E-02	7.57E-07	2.49E-02	3.55E-01	1.13E+04	1.62E-12	5.51E-08
23/1/14 8:30	497400	138.17	230400	0.502	1.8	9.04E-01	9.04E-07	2.87E-02	6.29E-07	2.00E-02	3.13E-01	9.61E+03	1.26E-12	4.15E-08
23/1/14 20:30	540600	150.17	273600	0.192	1.9	3.65E-01	3.65E-07	2.74E-02	2.54E-07	1.91E-02	1.37E-01	9.72E+03	4.70E-13	3.74E-08
24/1/14 8:30	583799.995	162.17	316800	0.164	2.0	3.28E-01	3.28E-07	1.50E-02	2.28E-07	1.04E-02	1.33E-01	5.84E+03	3.91E-13	1.86E-08
24/1/14 20:30	626999.995	174.17	360000	0.193	2.4	4.63E-01	4.63E-07	1.71E-02	3.22E-07	1.19E-02	2.02E-01	7.24E+03	5.14E-13	1.95E-08
25/1/14 8:30	670199.995	186.17	403200	0.228	2.8	6.38E-01	6.38E-07	2.38E-02	4.44E-07	1.66E-02	2.98E-01	1.08E+04	6.63E-13	2.54E-08
25/1/14 20:30	713399.995	198.17	446400	0.156	3.2	4.99E-01	4.99E-07	2.46E-02	3.47E-07	1.71E-02	2.48E-01	1.18E+04	4.87E-13	2.48E-08
26/1/14 8:30	756599.995	210.17	489600	0.111	3.6	4.00E-01	4.00E-07	1.94E-02	2.78E-07	1.35E-02	2.10E-01	9.90E+03	3.68E-13	1.85E-08
26/1/14 20:30	799799.995	222.17	532800	0.103	4.0	4.12E-01	4.12E-07	1.75E-02	2.87E-07	1.22E-02	2.29E-01	9.50E+03	3.58E-13	1.57E-08
27/1/14 8:30	842999.995	234.17	576000	0.042	4.4	1.85E-01	1.85E-07	1.29E-02	1.29E-07	8.97E-03	1.08E-01	7.29E+03	1.53E-13	1.10E-08
27/1/14 20:30	886199.995	246.17	619200	0.019	4.8	9.12E-02	9.12E-08	5.96E-03	6.35E-08	4.15E-03	5.62E-02	3.56E+03	7.16E-14	4.84E-09
28/1/14 8:30	929399.995	258.17	662400	0.002	5.2	1.04E-02	1.04E-08	2.19E-03	7.24E-09	1.53E-03	6.73E-03	1.36E+03	7.79E-15	1.72E-09
28/1/14 20:30	972599.995	270.17	705600	0.537	5.6	3.01E+00	3.01E-06	6.52E-02	2.09E-06	4.54E-02	2.04E+00	4.41E+04	2.15E-12	4.66E-08
29/1/14 8:30	1015799.995	282.17	748800	0.349	5.6	1.95E+00	1.95E-06	1.07E-01	1.36E-06	7.46E-02	1.38E+00	7.38E+04	1.34E-12	7.54E-08
30/1/14 22:00	1150800	319.67	883800	0.081	5.0	4.05E-01	4.05E-07	1.59E-01	2.82E-07	1.11E-01	3.24E-01	1.15E+05	2.45E-13	1.07E-07
1/2/14 0:00	1244400	345.67	977400	0.024	4.4	1.06E-01	1.06E-07	2.39E-02	7.35E-08	1.66E-02	9.14E-02	1.95E+04	5.91E-14	1.42E-08
2/2/14 2:00	1338000	371.67	1071000	0.027	3.8	1.03E-01	1.03E-07	9.74E-03	7.14E-08	6.78E-03	9.55E-02	8.75E+03	5.34E-14	5.26E-09
3/2/14 4:00	1431600	397.67	1164600	0.056	3.3	1.85E-01	1.85E-07	1.35E-02	1.29E-07	9.36E-03	1.84E-01	1.31E+04	8.98E-14	6.70E-09
4/2/14 19:00	1572000	436.67	1305000	0.079	3.3	2.61E-01	2.61E-07	3.13E-02	1.81E-07	2.18E-02	2.85E-01	3.29E+04	1.15E-13	1.44E-08
5/2/14 21:00	1665600	462.67	1398600	0.015	3.4	5.10E-02	5.10E-08	1.46E-02	3.55E-08	1.02E-02	5.91E-02	1.61E+04	2.13E-14	6.40E-09
11/2/14 7:00	2133600	592.67	1866600	0.057	3.4	1.94E-01	1.94E-07	5.73E-02	1.35E-07	3.99E-02	2.88E-01	8.12E+04	6.32E-14	1.98E-08
12/2/14 12:00	2238000	621.67	1971000	0.000	3.4	0.00E+00	0.00E+00	1.01E-02	0.00E+00	7.04E-03	0.00E+00	1.50E+04	0.00E+00	3.30E-09





## Fiche signalétique

### Rapport

---

Titre : Traçages hydrogéologiques (12). Réalisation de trois traçages au niveau de la future extension du Parc d'Activité Millau-Viaduc sur les communes de Millau et de Castelnau-Pégayrols

Numéro et indice de version : A74662/A

Date d'envoi : Avril 2014

Nombre de pages : 43

Diffusion (nombre et destinataires) :

9 ex. Client

1 ex. Agence

Nombre d'annexes dans le texte : 3

Nombre d'annexes en volume séparé :

1 ex. Auteur

### Client

---

Coordonnées complètes :

Syndicat Mixte Millau Viaduc 2

Hôtel de la Communauté de Communes Millau Grands Causses

1 place du Beffroi

12100 MILLAU

Téléphone : 05.65.61.40.20

Nom et fonction des interlocuteurs : Mr RASCALOU

### Antea Group

---

Unité réalisatrice : Ouest Sud Ouest – Agence de Toulouse

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

*Interlocuteur commercial : Christophe SUBIAS*

*Responsable de projet : Fabrice REY*

*Auteur : Antoine COUSIN*

*Expert technique : Christophe SUBIAS*

*Secrétariat : Nicole RAMIERE*

### Qualité

---

Contrôlé par : Christophe SUBIAS

Date : 04/04/14. - Version A

N° du projet : MPYP13-0277

Références et date de la commande : 26/12/2013

Mots clés : ZAC, Hydrogéologie, Traçage

P.O. 