

MAIRIE DE SAINT JEAN ET SAINT PAUL

**ETUDE D'IMPACT HYDROGEOLOGIQUE DE LA FUTURE
STEP SUR LE CAPTAGE AEP DU GAUTY**

**COMMUNE DE SAINT JEAN ET
SAINT PAUL (AVEYRON)**

MULTI-TRAÇAGE HYDROGEOLOGIQUE

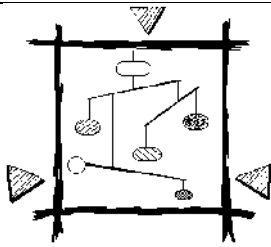
RAPPORT CALLIGEE IMPACT STATION T13-12057



N° rév	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Approbation	Visa	Date
1	Hélène MENNECHET		Davy DOUAY				Novembre 2013
2	Hélène MENNECHET		Paul Henri MONDAIN				Décembre 2013

CALLIGÉE - SIÈGE SOCIAL
Site Atlanpole - Ecole Centrale
1, rue de la Noë - B.P. 82118
44321 NANTES CEDEX 3
Tél. 02 40 14 33 71 - Fax 02 40 14 33 72
E.mail : nantes@calligee.fr

CALLIGÉE SUD OUEST
71, rue Ampère
Le Prologue 2
31670 LABEGE
Tél. 05 62 24 36 97 - Fax 05 61 39 07 28
E.mail : toulouse@calligee.fr



SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS	4
1. INTRODUCTION	8
2. CONTEXTE GENERAL	10
2.1. CONTEXTE DE L'ETUDE	10
2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE	10
2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	11
2.3.1. Contexte hydrogéologique général.....	11
2.3.2. Masse d'eau souterraine	11
2.3.3. Masse d'eau superficielle	12
3. ETUDE DE SOL	14
3.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE	14
3.2. PEDOLOGIE DES ZONES D'ETUDE	14
3.2.1. Vallée sèche Nord.....	14
3.2.2. Vallée sèche Sud	14
3.3. PERMEABILITE DES SOLS	15
3.3.1. Vallée sèche Sud	15
3.3.2. Vallée sèche Nord.....	16
4. OPERATIONS DE TRAÇAGE	18
4.1. RECAPITULATIF DES ANCIENS TRAÇAGES	18
4.2. CHOIX DES POINTS D'INJECTION	20
4.3. CHOIX DES TRACEURS	21
4.4. CONDITIONS D'INJECTION	21
4.5. SUIVI DES RESTITUTIONS.....	22
4.6. ANALYSE DES ECHANTILLONS PAR SPECTROFLUORIMETRIE	23
4.6.1. Analyse en laboratoire.....	23
4.6.2. Analyse de terrain	24
4.7. ACQUISITION DES DEBITS.....	24
4.8. CONDITIONS METEOROLOGIQUES LORS DES INJECTIONS	25

5.	RESULTATS ET INTERPRETATIONS	26
5.1.	RESULTATS DES MESURES DE DEBITS	26
5.2.	RESULTATS DES TRAÇAGES.....	30
5.2.1.	Résultats du traçage à la sulforhodamine injectée au Sud (F1).....	30
5.2.2.	Résultats du traçage à la Fluorescéine injectée au Nord (F6)	34
5.2.3.	Récapitulatif	37
6.	CONCLUSION.....	40
	CARTES.....	42
	PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	47
	ANNEXES	61

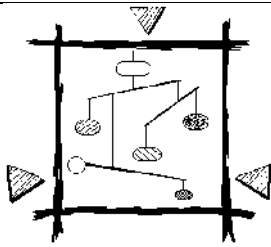


TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de la masse d'eau souterraine FRFG056	11
Tableau 2 : Masses d'eau superficielles à Saint Jean et Saint Paul	13
Tableau 3 : Pédologie type du site Nord (fosses F3, F4 et F6)	14
Tableau 4 : Pédologie type du site Sud (fosses F1 et F2).....	15
Tableau 5 : Tarières et tests Porchet sur le site Sud	15
Tableau 6 : Tarières et tests Porchet sur le site Nord	16
Tableau 7 : Résultats des traçages faits en 2007 et 2008	19
Tableau 8 : Coordonnées géographiques des fosses.....	20
Tableau 9 : Perméabilités mesurées des fosses (les fosses sélectionnées pour les injections sont en rouge).....	20
Tableau 10 : Localisation des points d'injection	21
Tableau 11 : Seuil de détection de la fluorescéine et de la sulforhodamine B (Technique du double balayage synchronisé – Spectrofluorimètre Hitachi, Sans filtration)	21
Tableau 12 : Résumé des conditions d'injection	22
Tableau 13 : Les points de suivi	22
Tableau 14 : Caractéristiques spectrales des traceurs	23
Tableau 15 : Les points de suivi du débit.....	24
Tableau 16 : Localisation de la station météorologique de Cornus	25
Tableau 17 : Débits jaugés et hauteurs d'échelles mesurés sur le Versols pendant le suivi de la restitution.....	26
Tableau 18 : Résultats du traçage - Fosse Sud / Le Versols à la grotte.....	31
Tableau 19 : Résultats du traçage - Fosse Nord / Le Versols à la grotte	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Masse d'eau souterraine FRFG056.....	12
Figure 2 : Masse eau superficielle du Ruisseau de Versols (gauche) et de la Sorgue de sa source au confluent du Dourdou (droite)	13

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Hauteur précipitée dans la région de Saint Jean et Saint Paul du 23 septembre au 22 octobre 2013 (données Météo France).....	25
Graphique 2 : Les hauteurs d'eau mesurées sur le Versols par les sondes de niveau et sur les échelles limnimétriques.....	27
Graphique 3 : Précipitations (Météo France) et débits jaugés sur le Versols pendant le suivi de la restitution.....	28
Graphique 4 : Les hauteurs mesurées par les sondes et débits jaugés.....	29
Graphique 5 : Courbe de restitution de la sulforhodamine restituée à la grotte.....	31
Graphique 6 : Courbe de restitution de la sulforhodamine à la grotte et au puits du Gauty...32	
Graphique 7 : Courbe de restitution de la sulforhodamine mesurée au fluorimètre à l'Hermelix.....	33
Graphique 8 : Comparaison de la restitution de la sulforhodamine à la grotte avec le signal mesuré au fluorimètre à l'Hermelix.....	33
Graphique 9 : Courbe de restitution de la fluorescéine restituée à la grotte.....	35
Graphique 10 : Courbe de restitution de la fluorescéine restituée au puits du Gauty.....	36
Graphique 11 : Courbe de restitution de la fluorescéine au fluorimètre à l'Hermelix.....	37
Graphique 12 : Courbe de restitution de la fluorescéine et de la sulforhodamine sur les 3 points de suivi.....	38
Graphique 13 : Courbes de DTS de la fluorescéine et la sulforhodamine à la grotte.....	39

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

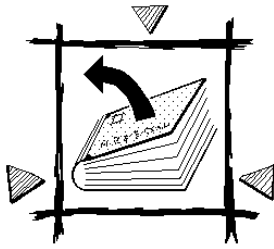
Photo 1 : Localisation des tests Porchet (chaque bidon localise un site de test).....	49
Photo 2 : Réalisation d'un test Porchet (perméamètre).....	50
Photo 3 : Fosse F2' (arrêt du sondage car refus calcaire).....	51
Photo 4 : Pédologie de la fosse F6.....	51
Photo 5 : Fosse F1 à la fin du test d'infiltration.....	52
Photo 6 : Pédologie de la fosse F1.....	52
Photo 7 : Test d'infiltration à la fosse F3.....	53
Photo 8 : Cuve de 6000 l avec 4,08 kg de sulforhodamine B diluée.....	54
Photo 9 : Cuve de 4000 l avec 4.65 kg de fluorescéine diluée.....	54
Photo 10 : Préleveur situé en aval de la source de la Grotte.....	55
Photo 11 : Fluorimètre installé dans le Versols à l'Hermelix.....	55
Photo 12 : Préleveur et fluorimètre installés au puits du Gauty.....	56
Photo 13 : Vue intérieure du puits du Gauty.....	56
Photo 14 : Sonde de niveau et échelle limnimétrique au point Versols aval.....	57
Photo 15 : Jaugeage au point Versols amont, avec échelle limnimétrique et sonde de niveau.....	58
Photo 16 : Coloration à la fluorescéine du ruisseau du Versols en aval de la grotte (27/09/2013).....	58
Photo 17 : Le Versols au niveau du passage à gué en aval de la grotte (27/09/2013).....	59
Photo 18 : Le Versols en aval immédiat de la grotte (27/09/2013).....	59

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Contexte géologique	43
Carte 2 : La perméabilité du secteur - Tests Porchet et fosses.....	44
Carte 3 : Traçage – Lieux d’injection et matériel de suivi	45
Carte 4 : Traçage – Résultats des campagnes 2007, 2008 et 2013.....	46

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Résultats des tests de perméabilité	63
Annexe 2 : Courbes de tarage.....	73
Annexe 3 : Suivi de la hauteur d’eau au puits du Gauty (données Parc Naturel Régional des Grands Causses)	74



1. INTRODUCTION

La commune de Saint Jean et Saint Paul a décidé de mettre en place un réseau d'assainissement collectif sur la commune de Saint Jean d'Alcas, ainsi qu'une station d'épuration pour traiter les eaux usées du Bourg d'une capacité totale est de 110 équivalents-habitants (EH).

L'absence d'écoulements superficiels pérennes autour du Bourg implique de rejeter les effluents traités directement dans le sous-sol par infiltration.

La localisation des deux sites potentiels pour l'implantation du projet a été fournie par le cabinet MERLIN.

Ces deux sites d'implantation pré-sélectionnés sont susceptibles de se trouver dans l'aire d'alimentation du captage du Gauty situé en aval du village. Ce puits est utilisé pour l'alimentation en eau potable pour les villages de Saint Jean d'Alcas et de Saint Jean d'Alcapiès. La régularisation du captage et la mise en place des périmètres de protection est en cours.

Dans le but de respecter la conformité de la qualité des eaux provenant du captage, l'ARS a sollicité l'avis d'un hydrogéologue agréé, Monsieur P. CHEMIN. Suite à son rapport rendu en Juillet 2013, il a été demandé d'étudier la faisabilité du projet ainsi que les différentes contraintes liées aux sols mais aussi au captage situé en contrebas. Cette étude complémentaire comprend :

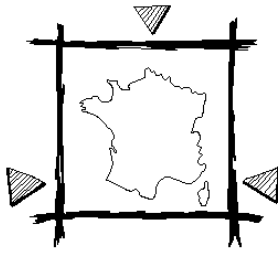
- La réalisation de fosses au tractopelle jusqu'au refus sur le substratum calcaire sinémurien sur les sites d'implantation envisagés,
- La réalisation de tests de perméabilité sur ces mêmes sites,
- La réalisation de traçages avec injection dans les fosses où la perméabilité est suffisante (1 injection par site) afin de voir les relations avec le captage de Gauty.

Dans ce cadre, la commune de Saint Jean et Saint Paul a missionné la société CALLIGEE afin de réaliser cette étude.

Un suivi a été effectué sur une période de 1 mois afin d'identifier une éventuelle restitution des traceurs.

Le rapport présente :

- Les résultats des traçages,
- L'étude de sol (6 tests de perméabilité),
- La conclusion sur les impacts potentiels du projet sur le puits AEP du Gauty et les préconisations qui en découlent.



2. CONTEXTE GENERAL

2.1. CONTEXTE DE L'ETUDE

La commune de Saint Jean d'Alcas se situe au Sud-Est de l'Aveyron (12), à 5 km au Sud de Roquefort-sur Soulzon et à 10 km à l'Est de Saint-Affrique. Elle se situe au cœur du Parc Naturel Régional des Grandes Causses.

Le projet de création d'une station d'épuration (STEP) a été initié par le village de Saint Jean et St Paul. L'absence d'écoulements naturels superficiels pérennes à proximité du village implique un rejet par le biais d'une infiltration dans le sous-sol.

Le cabinet MERLIN, en charge de la mise en place de la station d'épuration, a défini deux sites préférentiels afin d'implanter la future STEP : le premier site se situe dans la vallée sèche au Nord de St Jean d'Alcas et le deuxième dans une vallée sèche au Sud du village. La localisation de ces deux sites est présentée sur la **Carte 1**.

2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La commune de Saint Jean et Saint Paul se situe sur les calcaires et dolomies sinémuriennes notés I₃₋₄ sur la carte géologique au 1/50 000 de MILLAU (BRGM, n°935) (**Carte 1**). Ces calcaires et dolomies, d'une épaisseur de 50 à 70 m, sont très variables. En effet, la partie inférieure de la formation est plutôt dolomitique (dolarénites et dolomitisation des calcaires). La partie supérieure est, quant à elle, formée d'un ensemble calcaire évoluant et passant de calcarénites à bioclastes, pellets et oolithes à des calcarénites fines voire des calcaires oolithiques et bioclastiques. Il faut préciser que les observations ont montré que la partie sommitale de la formation était régulièrement absente car fortement érodée.

Sous ces calcaires sinémuriens se trouve une autre formation carbonatée : il s'agit des dolomies et calcaires domolitiques datés de l'Hettangien (I₁₋₂). Faisant une centaine de mètres d'épaisseur, cette formation est constituée principalement de dolomies grises où l'on retrouve parfois quelques intercalations de marnes illitiques vertes ou d'argiles noires. On retrouve notamment ces dolomies dans la vallée du ruisseau de Versols aussi appelé Ruisseau de Massergues en tête.

Le village de Saint Jean et Saint Paul est compris entre deux vallées sèches situées au Nord et au Sud de ce dernier. On y retrouve naturellement une formation superficielle semblable à celle du lit du ruisseau de Versols. Il s'agit d'alluvions récentes notées Fz. Ces alluvions sont un ensemble de cailloutis calcaires pris dans des sédiments plus fins. L'épaisseur de cette formation n'a pas été déterminée. Cependant, au vu de la carte géologique et de leur positionnement, cette formation ne semble pas mesurer plus d'un mètre d'épaisseur. Les deux zones d'implantations de la future STEP se situent par ailleurs sur cette formation.

2.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

2.3.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERAL

La confrontation des données lithologiques au niveau de la zone d'étude conduit à distinguer plusieurs aquifères karstiques superposés de haut en bas soit du plus jeune au plus ancien :

- Les calcaires et dolomies du Dogger. Ces formations forment le Causse du Larzac ainsi que les massifs du Combalou et du Taulan, situés à la tête du bassin versant hydrographique du ruisseau de Massergues. Cet aquifère est largement karstifié au niveau du Larzac. Il est délimité au mur par les marnes du Lias supérieur.
- Les calcaires du Lias inférieur constituent le réservoir karstique du causse de St-Jean-d'Alcas. Cet aquifère est limité au toit par les marnes du Lias supérieur et au mur par les marnes du Trias.

Des drainances peuvent se produire entre les différents aquifères par la réduction de l'épaisseur des couches imperméables et par la fracturation.

L'alimentation du système se fait par l'infiltration directe des pluies efficaces sur l'ensemble du Causse. Aucune perte directe d'eau superficielle n'a été identifiée sur site.

A partir des zones d'infiltration et de perte, la circulation des eaux souterraines est conditionnée par :

- **Les niveaux de bases** représentés par :
 - le ruisseau de Versols (ruisseau de Massergues) à l'Ouest, avec notamment la source de la Grotte et la source de Gauty,
 - le ruisseau de Raouffene au Sud,
 - la rivière l'Annou à l'Est,
 - le Soulzon au Nord.
 - La Sorgue à l'extrême Sud (niveau de base hydraulique régional).
- **Les structures tectoniques et lithologiques** qui vont compartimenter l'aquifère principal en sous-systèmes, drainés vers un exutoire unique.

2.3.2. MASSE D'EAU SOUTERRAINE

Les calcaires liasiques de la région appartiennent à la masse d'eau appelée « Calcaires et dolomies du lias du bassin versant du Tarn secteur hydro o3 » (FRFG056). Les principales caractéristiques de cette masse d'eau sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Caractéristiques de la masse d'eau souterraine FRFG056

Nom	Code	Type	Ecoulement	Caractéristique
Calcaires et dolomies du lias du bassin versant du Tarn secteur hydro o3	FRFG056	Dominante sédimentaire	Libre	Système karstique

D'après l'Agence de l'Eau Adour Garonne (AEAG), cette masse d'eau est en bon état quantitatif et chimique. L'objectif d'état global de la masse d'eau suivant le SDAGE 2010-2015 est le bon état de la masse d'eau en 2015.

Il est à noter une hausse de la teneur en nitrates dans la zone suite à une étude datée de 2008 (AEAG). Néanmoins, les concentrations restent largement inférieures au seuil de tolérance. A noter aussi l'absence de produits phytosanitaires.

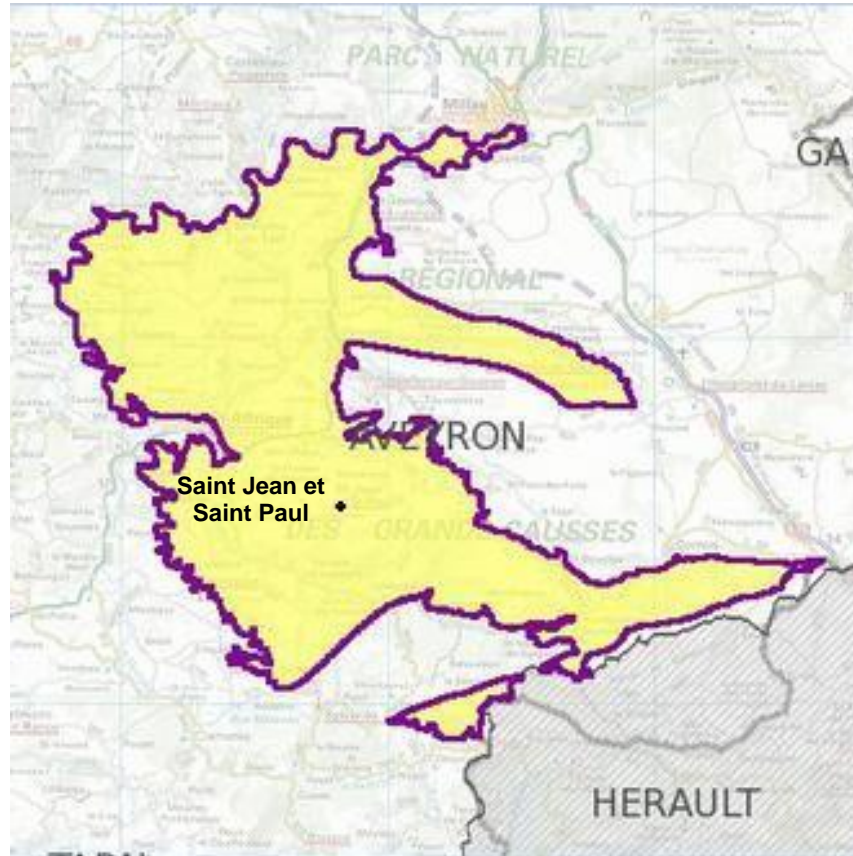


Figure 1 : Masse d'eau souterraine FRFG056

2.3.3. MASSE D'EAU SUPERFICIELLE

La commune de Saint Jean d'Alcas se situe à 800 m du ruisseau de Versols. Ce ruisseau fait partie de la masse d'eau superficielle « Ruisseau de Versols » (FRFRR298_2).

D'après l'Agence de l'Eau Adour Garonne, le ruisseau possède un bon état écologique ainsi qu'un bon état chimique.

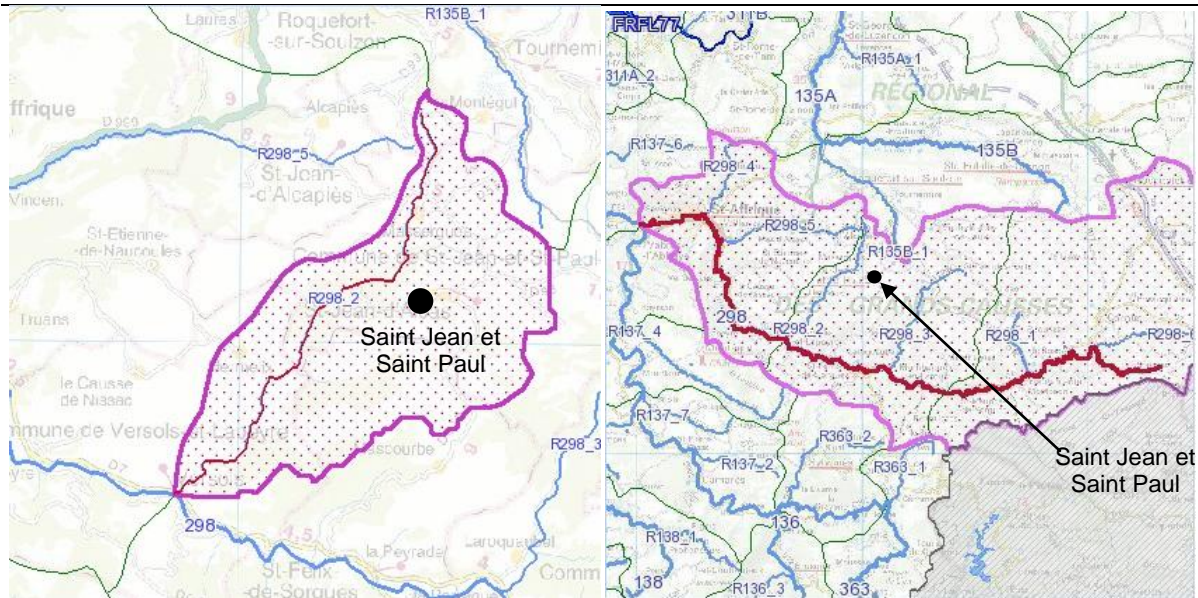


Figure 2 : Masse eau superficielle du Ruisseau de Versols (gauche) et de la Sorgue de sa source au confluent du Dourdou (droite)

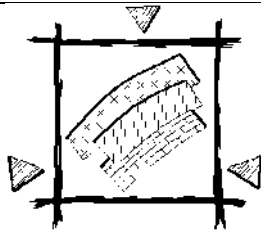
Le SDAGE 2010-2015 annonce comme objectif global un très bon état en 2015 du cours d'eau induisant un très bon état chimique et écologique en 2015.

Il faut préciser que la masse d'eau superficielle du Ruisseau de Versols s'inscrit dans une masse d'eau définie par la DCE qui est celle « La Sorgue de sa source au confluent du Dourdou » (FRFR298). Elle possède, elle aussi un bon état chimique. Le SDAGE 2010-2015 prévoit d'ailleurs un bon état en 2015 aussi bien sur le plan chimique qu'écologique.

Les caractéristiques des deux masses d'eau sont reprises dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Masses d'eau superficielles à Saint Jean et Saint Paul

Appellation	Code	Type	Etat actuel (état écologique/état chimique)	Objectif SDAGE 2010-2015
Ruisseau du Versols	FRFR298_2	Naturelle	Bon/Bon	Très bon état 2015
La Sorgue de sa source au confluent du Dourdou	FRFR298	Naturelle	Bon/Bon	Bon état 2015



3. ETUDE DE SOL

3.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le rapport présenté par l'hydrogéologue agréé stipule qu'une étude de sol doit être effectuée afin de réexaminer la faisabilité du projet. CALLIGEE a donc mené une étude de sols par le biais de tests d'infiltration dans des fosses, et la réalisation de trois tests Porchet au droit de chaque fosse retenue pour les injections de traceurs. Leurs localisations sont figurées sur la **Carte 2**.

3.2. PEDOLOGIE DES ZONES D'ETUDE

3.2.1. VALLEE SECHE NORD

Quatre fosses ont été creusées sur le site de la vallée sèche située au Nord de Saint Jean d'Alcas (F3, F4, F5 et F6).

La pédologie type du secteur établit à partir des fosses F3, F4 et F6 est la suivante :

Tableau 3 : Pédologie type du site Nord (fosses F3, F4 et F6)

Profondeur	Lithologie
0 à 10 cm	Sol végétal
10 à 40 cm	Limon brun plus ou moins argileux assez compact
40 à 130 cm	Horizon de cailloutis calcaire pris dans une matrice sablo-argileuse
130 à > 300 cm	Limon argileux à argile brune ocre très compacte à blocs calcaires centimétriques

Quant à la fosse F5, le refus sur calcaire a été rencontré à 20 cm de profondeur sous un recouvrement végétal.

Ceci montre l'évolution de la zone avec un dépôt plutôt détritique au centre de la vallée représenté par les formations limoneuses, et un dépôt plutôt sain sur les flancs représenté par un calcaire sableux induré. Le calcaire est affleurant sur le haut des versants de la vallée.

3.2.2. VALLEE SECHE SUD

Trois fosses ont été creusées sur le site de la vallée sèche située au Sud de Saint Jean d'Alcas (F1, F2 et F2').

La pédologie type du secteur établi à partir des fosses F1 et F2 est la suivante :

Tableau 4 : Pédologie type du site Sud (fosses F1 et F2)

Profondeur	Lithologie
0 à 10 cm	Sol végétal
10 à 40 cm	Limons à cailloutis calcaire centimétrique
40 à 60 cm	Horizon de cailloutis calcaire pris dans une matrice sablo-argileuse
60 à > 100 cm	Calcaire en blocs pluri-centimétrique

Quant à la fosse F2', le refus sur calcaire a été rencontré à 20 cm de profondeur sous un recouvrement végétal.

Cette pédologie est assez similaire à celle rencontrée au site Nord. On y retrouve d'ailleurs une couche semblable qui est l'horizon de cailloutis calcaire. Néanmoins, la vallée sèche Nord présente une épaisseur plus importante de matériel au-dessus du calcaire.

3.3. PERMEABILITE DES SOLS

Afin de connaître la perméabilité relative des sols pour l'injection, des tests d'infiltration dans les fosses creusées ont été effectués (**Carte 2**). Les résultats de ces tests sont présentés dans le **Tableau 4**. Huit tarières ont été creusées et six tests Porchet ont été également effectués (trois sur chaque site d'injection retenu pour le traçage).

3.3.1. VALLEE SECHE SUD

Cinq tarières ont été creusées et trois tests Porchet ont été effectués au Nord de la fosse F1 (**Carte 2**). Deux tarières n'ont pas fait l'objet de tests (1A et 2A) à cause de leur profondeur peu importante (refus calcaire).

L'ensemble des informations relatives aux tarières et tests Porchet sont présentées dans le **Tableau 16**.

Tableau 5 : Tarières et tests Porchet sur le site Sud

Nom	Coordonnées (Lambert II étendu)		Perméabilité		Profondeur (m)	Remarque
	X (m)	Y (m)	mm/h	m/s		
1A	653 446	1 880 642	Non définie	Non définie	0.45	Abandonnée par refus calcaire
1B	653 448	1 880 645	144	$4,01.10^{-5}$	0.53	
2A	653 457	1 880 654	Non définie	Non définie	0.35	Abandonnée par refus calcaire
2B	653 457	1 880 657	131	$3,64.10^{-5}$	0.55	
3A	653 445	1 880 654	153	$4,24.10^{-5}$	0.62	

Ces tests montrent une perméabilité des sols comprise entre 131 et 153 mm/h, soit entre $3,6 \cdot 10^{-5}$ et $4,2 \cdot 10^{-5}$ m/s. Ce sol est classé en tant que sol perméable.

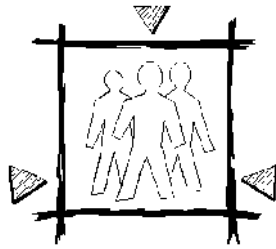
3.3.2. VALLEE SECHE NORD

Sur ce site, trois tarières avec trois tests Porchet ont été effectués au Sud de la fosse d'injection F6. Les résultats des tests sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Tarières et tests Porchet sur le site Nord

Nom	Coordonnées (Lambert II étendu)		Perméabilité		Profondeur (m)	Remarque
	X (m)	Y (m)	mm/h	m/s		
4A	653 535	1 881 155	19	$5,28 \cdot 10^{-6}$	0.55	
5A	653 547	1 881 160	<5	$<1,39 \cdot 10^{-6}$	0.47	Pas d'évolution après 30 min
6A	653 535	1 881 165	53	$1,47 \cdot 10^{-5}$	0.51	

Ces tests montrent une perméabilité des sols comprise entre <5 mm/h et 53 mm/h, soit inférieur à $1,39 \cdot 10^{-6}$ à $1,47 \cdot 10^{-5}$ m/s. Ce sol est donc classé en sol peu à moyennement perméable.



4. OPERATIONS DE TRAÇAGE

4.1. RECAPITULATIF DES ANCIENS TRAÇAGES

Plusieurs campagnes de traçage ont été effectués afin définir l'aire d'alimentation du puits du Gauty dans le cadre des études préalables aux périmètres de protection (rapports Calligée T07-12008 et T08-12078). Les campagnes faites en avril 2007 et juillet 2008 avec :

- Un traçage depuis le ruisseau de Massergues pour déterminer la part d'alimentation du captage par le ruisseau (avril 2007). Ce traçage a montré une faible part d'alimentation du captage par le ruisseau (0,1% dans les conditions du traçage). Cependant, la mise en place d'un seuil dans le ruisseau, qui augmenterait la charge pourrait entrainer une inversion des sens d'écoulement et une part plus importante des eaux du ruisseau dans le captage.
- Un traçage depuis le bourg de St Jean d'Alcas (avril 2007). Le traceur injecté au Sud du bourg a été retrouvé à la source de la Grotte. Le transit fut rapide (20,4 m/h) mais le taux de restitution faible. Aucune trace de traceur n'a été retrouvée à la source de Gauty.
- Un traçage depuis le lieu-dit « Balaurio » situé à l'Est de la RD 516 (avril 2007). Le traceur injecté a été retrouvé dans la vallée de l'Annou.
- Un traçage depuis le lieu-dit « Caussanuéjols » en rive droite du ruisseau de Massergues (août 2008). Le traceur injecté a été retrouvé à la source de Gauty mais avec une restitution très faible (0,0017%). Deux hypothèses peuvent expliquer cette restitution : soit le traceur a été restitué initialement dans le ruisseau de Massergues qui aurait alimenté ensuite le captage ; soit le traceur a été transféré vers un aquifère dolomitique peu karstifié dans le lequel il se serait dilué et qui alimenterait en partie la source de Gauty.
- Un traçage depuis le lieu-dit « Cantamerlhe » (juillet 2008). Le traceur injecté n'a pas été retrouvé aux différents points de suivi, ce qui tendrait à exclure la partie sud du causse de St Jean d'Alcas de l'aire d'alimentation de la source de Gauty.

Il est ainsi possible que la source de la Grotte corresponde à l'exutoire d'une partie supérieure du réseau karstique qui draine la partie nord du causse sous le village de Saint Jean d'Alcas, voire des eaux plus superficielles issues d'écoulement sur ou à travers les calcaires marneux du bassin versant de Massergues en amont.

Les différents traçages réalisés n'ont pas permis d'établir clairement les secteurs drainés par cette source.

Les résultats sont reportés dans le **Tableau 7** et en **Carte 4**.

Tableau 7 : Résultats des traçages faits en 2007 et 2008

Date d'injection	12/04/2007	12/04/2007	30/07/2008	30/07/2008
Lieu d'injection	Bourg de St Jean d'Alcas	Doline de Balaurio	Doline de Caussanuéjols	Doline de Cantamerlhe
Traceur	Sulforhodamine G	Fluorescéine	Eosine	Fluorescéine
Masse injectée (kg)	3	4	6	7.23
Lieu de restitution	Source de le Grotte	Annou à Nonnenque	Source de Gauty	Aucune sur les points de suivi
Distance apparente (m)	885	2250	560	
Masse restituée (g)	21	590	0.105	
Masse restituée (%)	0.70%	14.75%	0.0018%	
TEMPS				
Apparition du traceur	35 h	90 h	248 h	
Temps modal	53 h	120 h	263 h	
Durée de restitution	10 j	10 à 15 j	22 h	
VITESSES				
Vitesse d'apparition	25 m/h 600 m/j	25 m/h 600 m/j	2,3 m/h 55 m/j	
Vitesse modale	20,4 m/h	19 m/h	2,13 m/h	
CONCENTRATIONS ET DILUTIONS				
Concentration maxi.	17,4 µg/l	5,31 µg/l	0,15 µg/l	
Dilution minimale	$2,32 \cdot 10^{-7}$	$5,59 \cdot 10^{-8}$	$1,72 \cdot 10^{-9}$	
Dilution unitaire	$5,8 \cdot 10^{-9} \text{ l}^{-1}$	$1,33 \cdot 10^{-9} \text{ l}^{-1}$	$2,45 \cdot 10^{-11} \text{ l}^{-1}$	

L'absence de relation directe par infiltration rapide des secteurs karstiques affleurant tracés en amont de l'émergence, ainsi que le chimisme différent des eaux de la source de Gauty (conductivité de l'ordre de 400 à 450 µS/cm) par rapport aux différentes autres sources du secteur (Grotte, Annou, Hermelix, Ladoux, Dragonnière : conductivité de l'ordre de 500 à 700 µS/cm) peuvent permettre d'argumenter sur une origine des eaux plus profonde (nappe en charge au sein des formations dolomitiques, moins solubles, de l'Hettangien).

L'aire d'alimentation n'étant pas définie à l'heure actuelle, il est nécessaire de vérifier l'absence de relation directe entre les zones projetées de rejet des effluents traités, et le puits de Gauty.

Il a donc été demandé d'effectuer des traçages pour vérifier l'existence de relations hydrogéologiques entre les sites potentiels d'implantation de la station d'épuration et le puits du Gauty.

4.2. CHOIX DES POINTS D'INJECTION

Les points d'injection ont été choisis en fonction des lieux potentiels d'implantations de la future STEP de Saint Jean d'Alcas, à savoir la vallée sèche située au Nord du village et l'autre vallée sèche située au Sud du bourg.

Le choix des points d'injection a été fait en fonction des capacités d'infiltration et en concertation avec la mairie de Saint Jean et Saint Paul, et le cabinet MERLIN. Les parcelles utilisées pour l'injection sont actuellement des champs agricoles non cultivés.

Sept fosses ont été creusées par un tractopelle (**Carte 2**). Après avoir effectué des tests d'infiltrations sur chacune d'entre elles, les deux fosses s'infiltrant le mieux (F1 et F6) ont été sélectionnées afin de recevoir les injections.

Tableau 8 : Coordonnées géographiques des fosses

Nom	Coordonnées (Lambert 2 étendu)	
	X (m)	Y (m)
F1	653 440	1 880 640
F2	653 368	1 880 646
F2'	653 382	1 880 656
F3	653 707	1 881 124
F4	653 611	1 881 199
F5	653 669	1 881 163
F6	653 530	1 881 181

**Tableau 9 : Perméabilités mesurées des fosses
(les fosses sélectionnées pour les injections sont en rouge)**

Nom	Profondeur (m)	Perméabilité (mm/h)	Permeabilité (m/s)	Remarque
F1	1	287	$7,97 \cdot 10^{-5}$	
F2	0,7	184	$5,11 \cdot 10^{-5}$	
F2'	/	Non définie	Non définie	Abandon car refus calcaire
F3	1,6	52	$1,45 \cdot 10^{-5}$	
F4	2	44	$1,22 \cdot 10^{-5}$	
F5	/	Non définie	Non définie	Abandon car refus calcaire
F6	3	322	$8,95 \cdot 10^{-5}$	

Les distances les plus proches au captage du Gauty depuis le point Nord et depuis le point Sud sont respectivement de 1 050 m et de 1 080 m. La localisation des points d'injection est reportée en **Carte 3** et dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Localisation des points d'injection

Dénomination	Commune	Coordonnées		
		X (m) (Lambert II)	Y (m) (Lambert II)	Z (m NGF)
Traçage Nord	St Jean d'Alcas	653 535	1 881 166	568
Traçage Sud	St Jean d'Alcas	653 447	1 880 653	601

4.3. CHOIX DES TRACEURS

Les traceurs utilisés sont la fluorescéine et la sulforhodamine B. Il s'agit de deux traceurs facilement discernables à l'œil ainsi qu'aux analyses, faciles à mettre en œuvre et qui s'absorbent peu sur les particules argileuses.

Tableau 11 : Seuil de détection de la fluorescéine et de la sulforhodamine B (Technique du double balayage synchronisé – Spectrofluorimètre Hitachi, Sans filtration)

Traceur	Eaux naturelles optiquement propres	Bruit de fond existant
Fluorescéine	0.002 µg/l	0.01 µg/l
Sulforhodamine B	0.2 µg/l	0.5 µg/l

4.4. CONDITIONS D'INJECTION

Les deux injections ont été réalisées le mardi 24 septembre 2013. Les conditions météorologiques étaient bonnes (temps ensoleillé) (**Photo 8** et **Photo 9**).

L'eau a été injectée grâce à deux citernes à eau agricoles fournies par la mairie de Saint Jean et Saint Paul (4 et 6 m³).

Le protocole d'injection a été le suivant :

- Injection d'eau claire à partir d'une cuve agricole (test d'infiltration),
- Injection instantanée du colorant préalablement dilué,
- Injection d'eau pour « pousser » le colorant.

Le remplissage des cuves agricoles s'est fait dans le ruisseau du Versols au niveau du puits du Gauty.

La perméabilité des sols et le volume de la fosse F6 ont facilité l'infiltration de la fluorescéine. Cela n'a pas été le cas de la sulforhodamine à la fosse F1 qui a été plus lente à s'infiltrer. Plusieurs remplissages successifs de la fosse ont été réalisés à l'eau claire.

Le ruisseau du Versols étant fortement coloré par la fluorescéine le 27 septembre, aucun volume d'eau supplémentaire n'a été injecté dans les fosses ensuite.

Le tableau suivant résume les conditions d'injection des traceurs :

Tableau 12 : Résumé des conditions d'injection

	Traçage Sud	Traçage Nord
Lieu d'injection	Fosse dans la vallée sèche Sud	Fosse dans la vallée sèche Nord
Traceur utilisé	Sulforhodamine B	Fluorescéine
Quantité injectée	4,08 kg	4,65 kg
Eau injectée pour test	4 000 l	8 000 l
Dilution initiale	4.08 kg dilués dans 120 l soit 34 g/l	4.65 kg dilués dans 180 l soit 26 g/l
Début d'injection	Le 24/09/2013 à 14h21	Le 24/09/2013 à 16h15
Injection d'eau claire après l'injection du traceur	24/09 à 20h45 : 4000 l 25/09 à 10h30 : 6000 l 26/09 à 9h30 : 6000 l Soit un total de 16 000 l	24/09 à 16h49 : 4000 l 24/09 à 17h45 : 6000 l 24/09 à 18h30 : 6000 l 24/09 à 20h30 : 6000 l 25/09 à 9h30 : 6000 l 25/09 à 10h30 : 4000 l Soit un total de 32 000 l

4.5. SUIVI DES RESTITUTIONS

La restitution a été suivie aux résurgences karstiques de la source de la grotte et le puits du Gauty (dont l'étude d'impact est l'objet), ainsi qu'à l'Hermelix qui est situé en aval des points précédents afin de vérifier si la restitution a pu avoir lieu dans d'autres exutoires du système karstique drainés dans des vallées en aval du Gauty.

Les points sont listés dans le tableau suivant et reportés en **Carte 3** :

Tableau 13 : Les points de suivi

Nom	Coordonnées (Lambert 2 étendu)		Matériel de suivi du traçage	Distance aux points d'injection
	X (m)	Y (m)		
Captage du Gauty	652 503	1 881 121	Préleveur	F1 = 1 km F6 = 1,05 km
Ruisseau de Versols en aval de la source de la Grotte	652 780	1 881 114	Préleveur	F1 = 800 m F6 = 750 m
Ruisseau de Versols à l'Hermelix	650 483	1 879 047	Fluorimètre	F1 = 3,3 km F6 = 3,7 km

La restitution a été suivie par l'intermédiaire de préleveurs autonomes et d'un fluorimètre de terrain. Les prélèvements ont été lancés le 24 septembre à un pas de temps de 4 h entre chaque échantillon. Le suivi de la restitution a été réalisé sur 1 mois avec un pas d'échantillonnage variant de 4 à 11 h.

En cas de non restitution à la grotte ou au puits du Gauty, la mise en place d'un fluorimètre dans le ruisseau de Versols à l'Hermelix, point situé à 3,3 km en aval hydraulique du puits de Gauty, permettait de vérifier qu'il n'y ait pas eu de restitution entre ces deux points de suivi.

A noter que le préleveur installé au puits du Gauty n'a pas fonctionné entre le 27 septembre à 15h32 et le 3 octobre à 15h43.

4.6. ANALYSE DES ECHANTILLONS PAR SPECTROFLUORIMETRIE

4.6.1. ANALYSE EN LABORATOIRE

Les échantillons prélevés par les préleveurs automatiques ont été stockés dans des flacons en verre brun fumé préalablement rincés à l'eau prélevée.

L'analyse par spectrofluorimétrie a été réalisée au CETRAHE¹ 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 caractéristiques des échantillons analysés (spectres d'émission et d'excitation) et du traceur utilisé lors de l'injection (**Tableau 14**) permet de vérifier que l'intensité mesurée correspond bien aux produits recherchés.

Ainsi des spectres d'émission et d'excitation positifs signifient que le colorant est présent dans l'échantillon analysé. A l'inverse, si ces spectres sont négatifs, le signal de fluorescence mesuré ne correspond pas au colorant injecté mais à un tout autre produit comme de la matière organique ou divers polluants pouvant contenir un mélange fluorescent interférent avec la mesure.

Tableau 14 : Caractéristiques spectrales des traceurs

Traceur	Longueur d'onde d'excitation (λ_{exc})	Longueur d'onde d'émission (λ_{em})	Ecart ($\lambda_{em} - \lambda_{exc}$)
Uranine (Fluorescéine)	452	513	61
Naphtionate	323	418	95

¹ Cellule Recherche et Développement d'Expertise et de Transfert en Traçages Appliqués à l'Hydrogéologie et à l'Environnement

Dans la mesure où les concentrations en traceur sont très faibles, il peut être réalisé une extraction sur colonne à partir d'un échantillon moyen de 50 ml. La méthode permet de concentrer le produit et de l'extraire à l'aide d'une solution de méthanol d'1 ml.

4.6.2. ANALYSE DE TERRAIN

Les fluorimètres de terrain utilisés sont des appareils GGUN-FL, développés par l'Université de Neuchâtel (Suisse).

Ces appareils utilisent à peu près la même technique d'analyses que celle employée en laboratoire : ils permettent moyennant un calibrage préalable de l'appareil, de mesurer directement les concentrations du traceur en utilisant des photodiodes.

4.7. ACQUISITION DES DEBITS

Les débits des sources surveillées doivent être connus afin d'interpréter les traçages de manière quantitative (calculs des flux et des masses restituées).

Ces débits sont obtenus, quand cela est possible, par l'installation de stations temporaires de jaugeage équipées d'échelles limnimétriques, et d'enregistreurs automatiques de niveau (**Tableau 7** et **Carte 3**).

Des jaugeages au micro-moulinet ou au courantomètre sont effectués. Les jaugeages et hauteurs d'eau mesurés permettent de dresser des courbes de tarage, pour ensuite estimer le débit du point d'eau en continu.

Une sonde de niveau est installée au puits du Gauty dans le cadre d'un suivi effectué par le Parc Naturel Régional des Grands Causses (PNRGC).

La différence de débit jaugé en amont et en aval du puits permet d'estimer le débit de la source alimentant le puits du Gauty. Quant au jaugeage fait en amont du puits, il permet d'estimer également le débit en aval de la grotte.

Tableau 15 : Les points de suivi du débit

Nom	Coordonnées (Lambert 2 étendu)		Suivi du débit
	X (m)	Y (m)	
Captage du Gauty	652 503	1 881 121	Sonde de niveau (PNRGC)
Ruisseau de Versols – 25 m en amont du puits	652 581	1 881 148	Sonde de niveau + jaugeages (J1)
Ruisseau de Versols – 25 m en aval du puits	652 430	1 881 130	Sonde de niveau + jaugeages (J2)
Ruisseau du Versols à Hermelix	650 483	1 879 047	Jaugeages (J3)

4.8. CONDITIONS METEOROLOGIQUES LORS DES INJECTIONS

Les données météorologiques du 23 septembre au 22 octobre 2013 proviennent de la station météo située à Cornus (données Météo France) :

Tableau 16 : Localisation de la station météorologique de Cornus

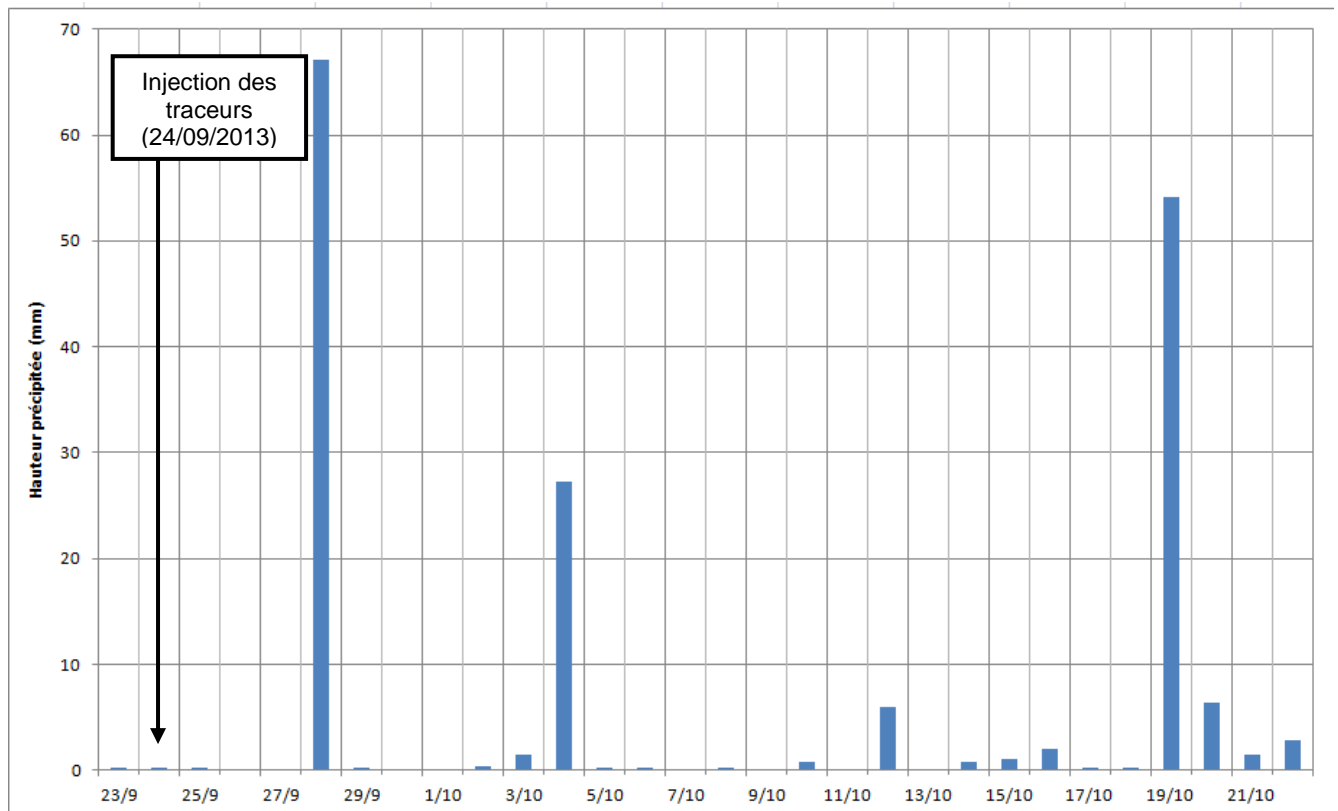
Code station	Nom	Coordonnées (Lambert II étendu)		Altitude (m NGF)	Distance du lieu d'étude
		X (m)	Y (m)		
12077002	Cornus	668 700	1 880 500	718	15 km

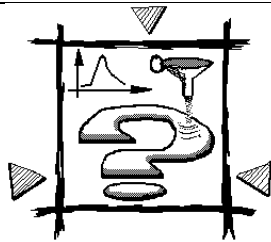
Les données recueillies montrent 4 épisodes pluvieux de différentes intensités :

- Le premier épisode est survenu le 28 septembre avec une hauteur précipitée de 67,1 mm. Il s'agit ici de la hauteur précipitée maximale enregistrée sur la période de l'étude.
- Un second évènement pluvieux a été enregistré le 4 octobre avec une hauteur de 27,3 mm.
- Du 10 au 16 octobre, on note quelques petites pluies éparses dont la hauteur maximale précipitée se situe le 12 octobre avec 6 mm.
- Le dernier épisode pluvieux se situe le 19 octobre avec une précipitation de 54,2 mm, qui se poursuit les jours suivants.

L'ensemble de ces résultats sont présentés dans le graphique suivant :

Graphique 1 : Hauteur précipitée dans la région de Saint Jean et Saint Paul du 23 septembre au 22 octobre 2013 (données Météo France)





5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

5.1. RESULTATS DES MESURES DE DEBITS

Les débits jaugés sur le Versols et les hauteurs d'eau mesurées sur les échelles limnimétriques sont reportés dans le **Tableau 17**. Les débits jaugés ont été comparés aux hauteurs d'eau mesurées par les sondes placées aux points de suivi amont et aval du puits (**Graphique 4**).

Nous n'avons pas pu établir de courbes de tarage entre les hauteurs d'eau et les débits jaugés (**Annexe 2**). En effet, les débits et les hauteurs d'eau ne varient pas selon la même tendance.

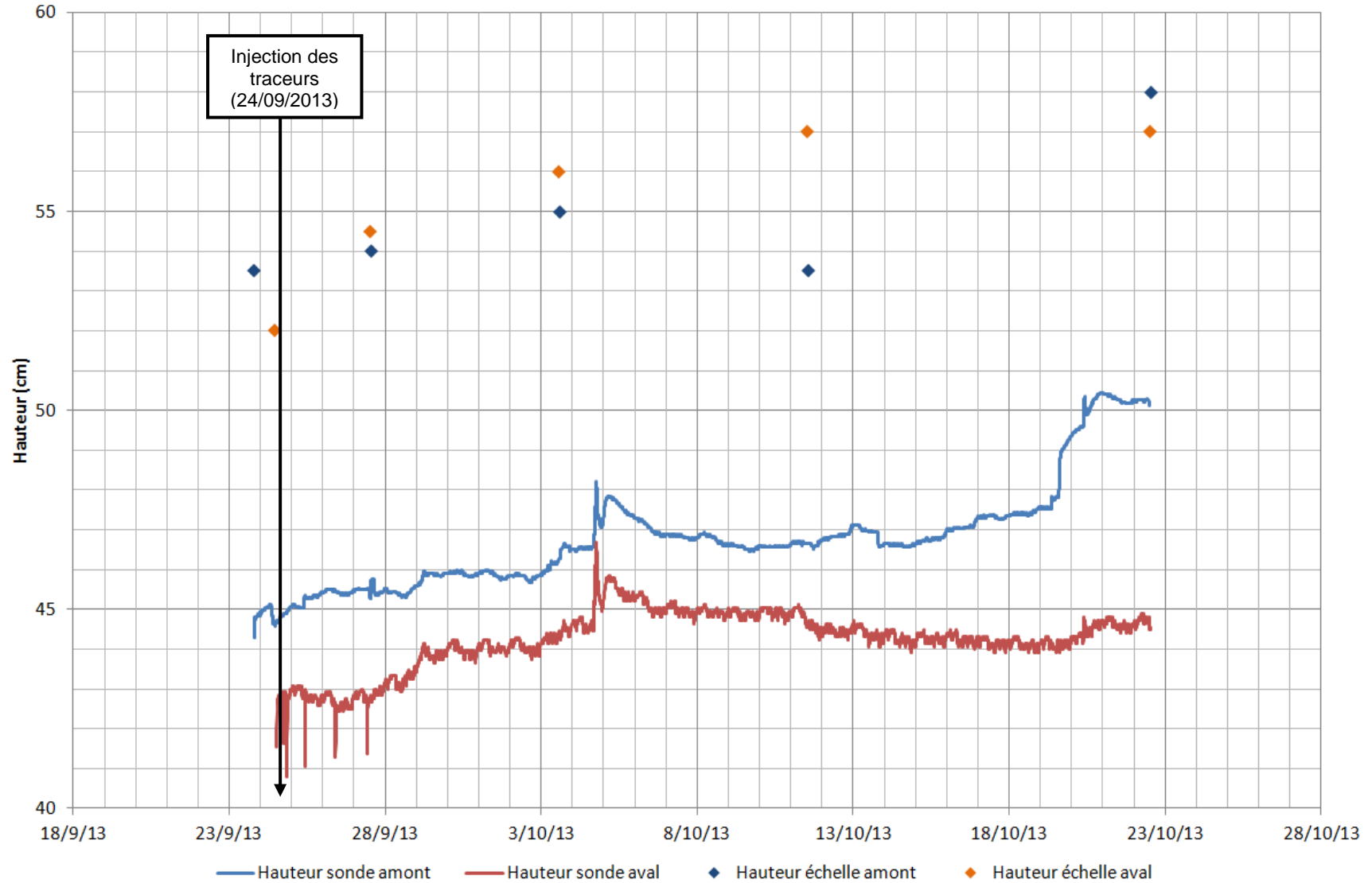
Il semble donc que les variations de hauteurs d'eau ne soient pas influencées uniquement par le débit. Cela peut s'expliquer par la morphologie du cours d'eau (présence de seuils naturels, du passage à gué, présence de zones d'embâcles naturelles et nombreux rochers dans le lit du cours d'eau) et les très faibles débits (**Photo 17** et **Photo 18**).

Cependant, les débits jaugés en amont et en aval suivent la même tendance, ce qui permet de valider ces données. Il en est de même sur l'évolution des hauteurs mesurées sur l'échelle limnimétrique et par la sonde (**Graphique 2**).

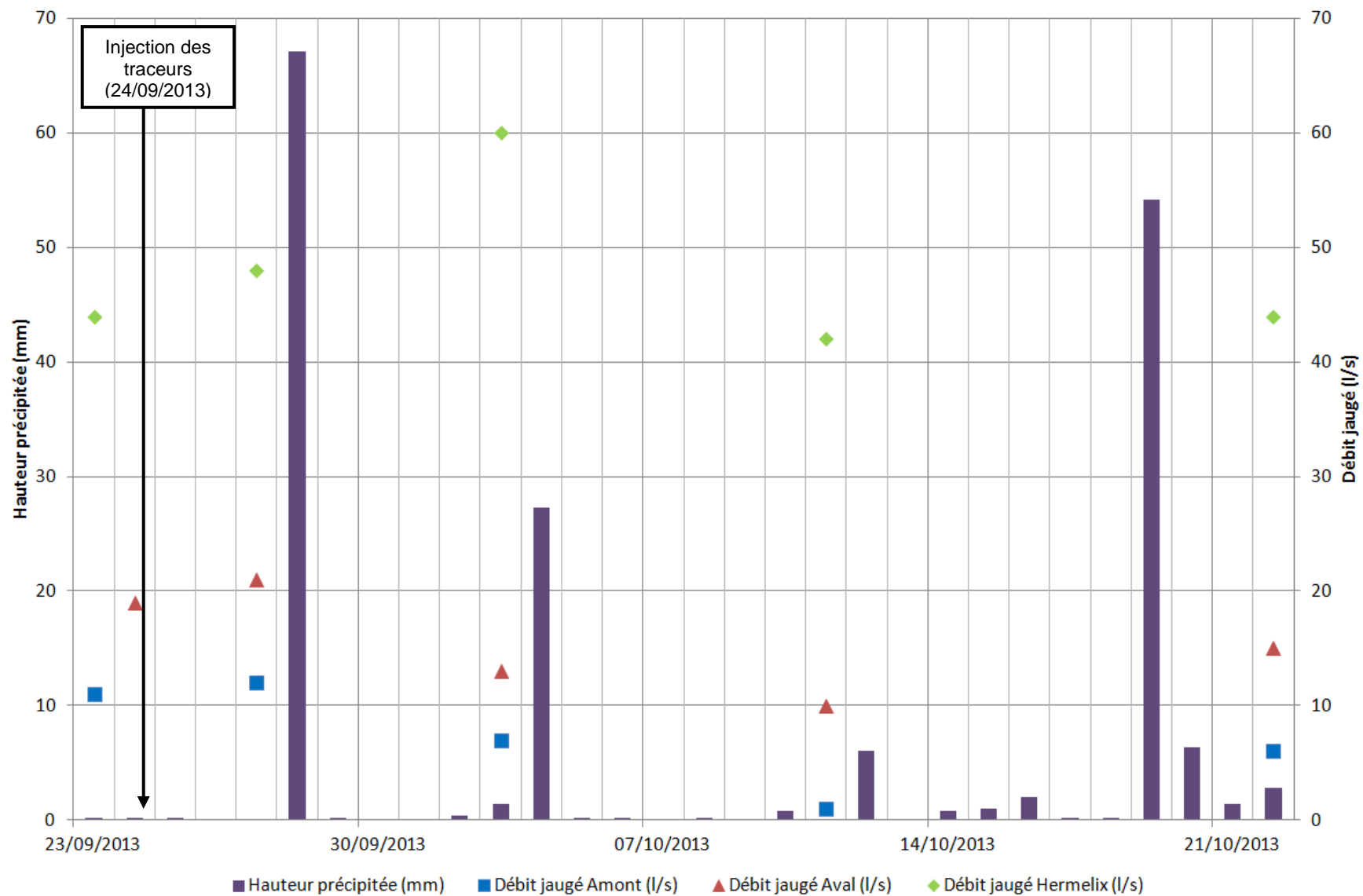
Tableau 17 : Débits jaugés et hauteurs d'échelles mesurés sur le Versols pendant le suivi de la restitution

	Versols amont du puits		Versols aval du puits		Versols à l'Hermelix
	Hauteur échelle (cm)	Débit (l/s)	Hauteur échelle (cm)	Débit (l/s)	Débit (l/s)
Initial (23-24/09/2013)	53,5	11	52	19	44
Tournée 1 (27/09/2013)	54	12	54,5	21	48
Tournée 2 (03/10/2013)	55	7	56	13	60
Tournée 3 (11/10/2013)	53,5	1	57	10	42
Tournée 4 (22/10/2013)	58	6	57	15	44

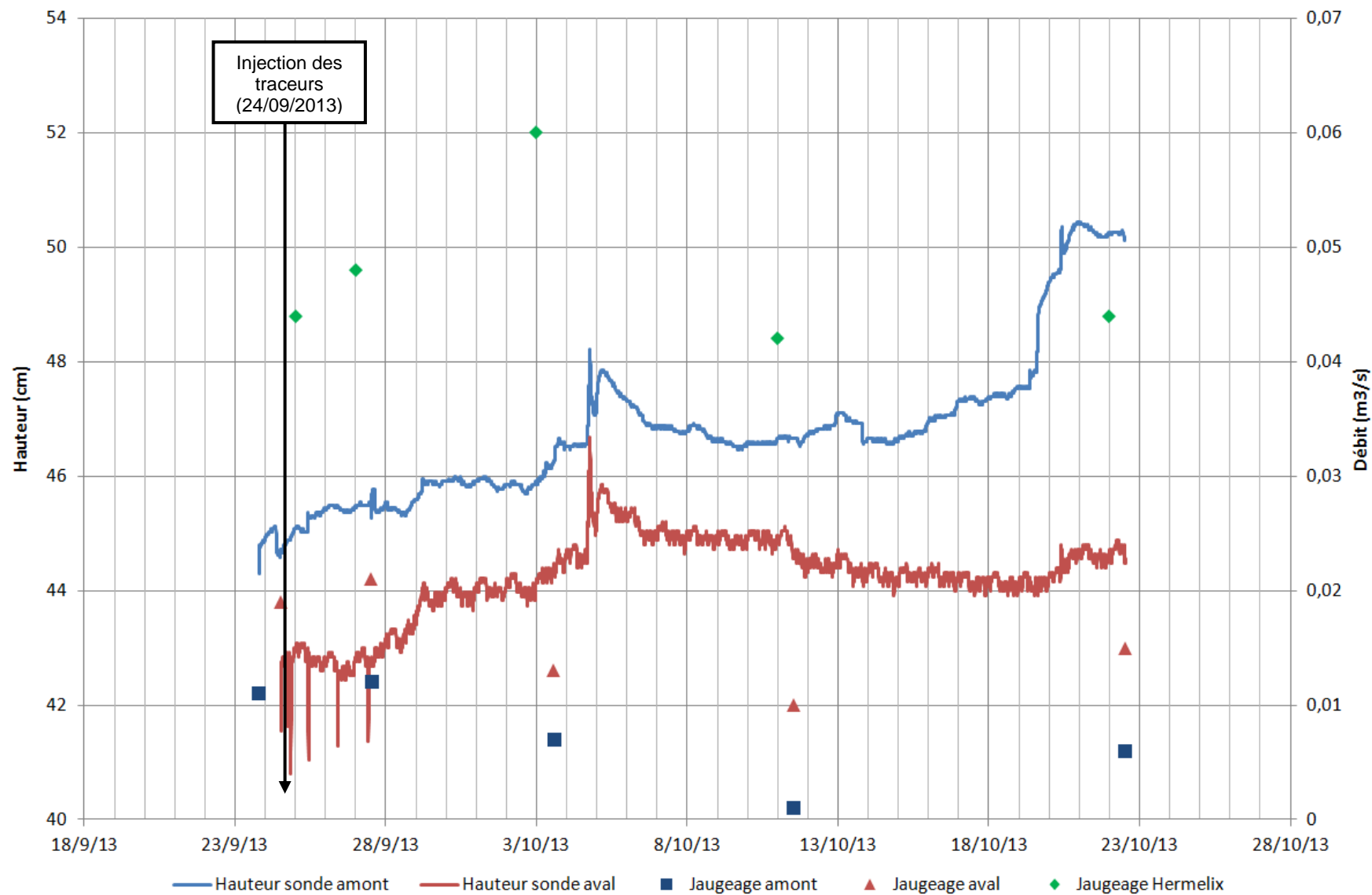
La différence de débit entre l'amont et l'aval donne une estimation du débit au puits du Gauty, car le trop plein se jette dans le ruisseau et les mesures de jaugeages ont été faites hors période de pompage au puits (d'après les données de suivi du niveau d'eau dans le puits fait par le Parc Naturel Régional des Grands Causses (**Annexe 3**)). Le débit du puits peut donc être considéré comme constant durant la période de suivi car les débits amont et aval évoluent de la même manière, et le débit moyen au puits estimé à 8 l/s.



Graphique 2 : Les hauteurs d'eau mesurées sur le Versols par les sondes de niveau et sur les échelles limnimétriques



Graphique 3 : Précipitations (Météo France) et débits jaugés sur le Versols pendant le suivi de la restitution



Graphique 4 : Les hauteurs mesurées par les sondes et débits jaugés

5.2. RESULTATS DES TRAÇAGES

Les résultats des traçages sont présentés sur la **Carte 4**.

5.2.1. RESULTATS DU TRAÇAGE A LA SULFORHODAMINE INJECTEE AU SUD (F1)

5.2.1.1. Le ruisseau de Versols à la source de la Grotte

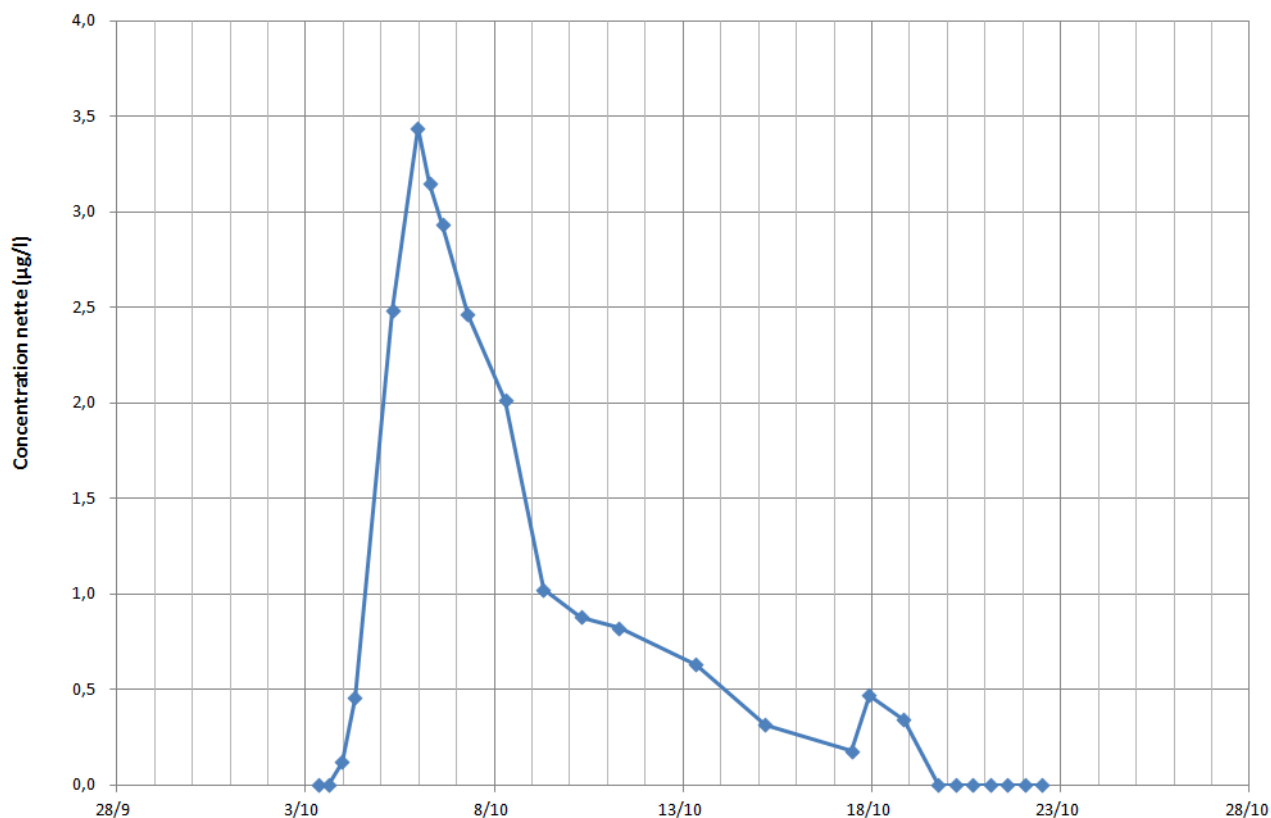
La sulforhodamine a été détectée à la Grotte le 03 octobre à 23h09, soit 9,7 jours après l'injection à la fosse F1 (le 24/09/2013 à 14h21). Le maximum de restitution a été atteint le 5 octobre à 23h09 avec 3,44 µg/l, soit 11,4 jours après l'injection. L'extrapolation des valeurs en fin de restitution donne une durée totale de restitution de 14,9 jours.

La courbe est de type bi-modale avec un second pic de restitution le 17 octobre à 22h10 à 0,47 µg/l à la fin de la restitution.

La vitesse d'apparition du traceur est 3,6 m/h et la vitesse modale de 2,9 m/h.

Afin d'avoir une estimation des flux et masses restituées, il a été choisi d'utiliser les débits jaugés sur la période de restitution. Le débit moyen durant la période de restitution est de 9 l/s.

Il en ressort un taux de restitution de l'ordre de 0,1%.



Graphique 5 : Courbe de restitution de la sulforhodamine restituée à la grotte

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Résultats du traçage - Fosse Sud / Le Versols à la grotte

Point d'injection	Fosse Sud
Date d'injection	24/09/2013 14:21
Traceur utilisé	Sulforhodamine
Masse injectée	4 080 g
Distance apparente	800 m

VITESSES	
Vitesse d'apparition	3,6 m/h
Vitesse modale	2,9 m/h

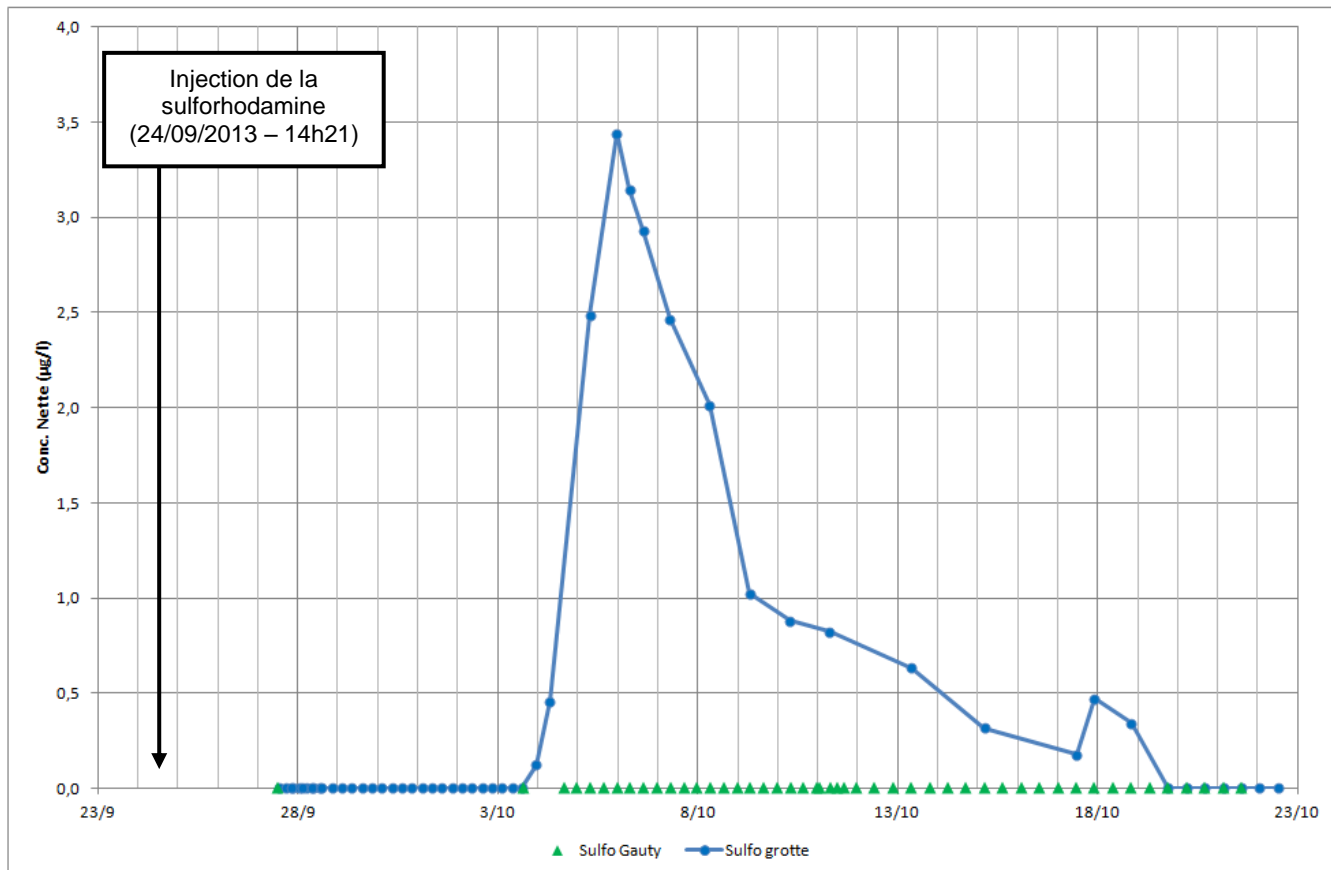
TEMPS	
Apparition du traceur	9,4 j
Temps modal	11,4 j
Durée de restitution	14,9 j

CONCENTRATIONS ET DILUTIONS	
Concentration max.	3,4 µg/l
Dilution minimale	1,35E-05
Dilution unitaire	8,43E-10 L ⁻¹

5.2.1.2. Le puits du Gauty

Aucune restitution de sulforhodamine n'a été détectée au puits du Gauty, notamment durant toute la restitution mesurée à la grotte.

Aucun transfert entre les alluvions du Versols et le puits n'a donc été mesuré. Cependant les teneurs mesurées dans le Versols sont faibles (inférieures à 4 µg/l).



Graphique 6 : Courbe de restitution de la sulforhodamine à la grotte et au puits du Gauty

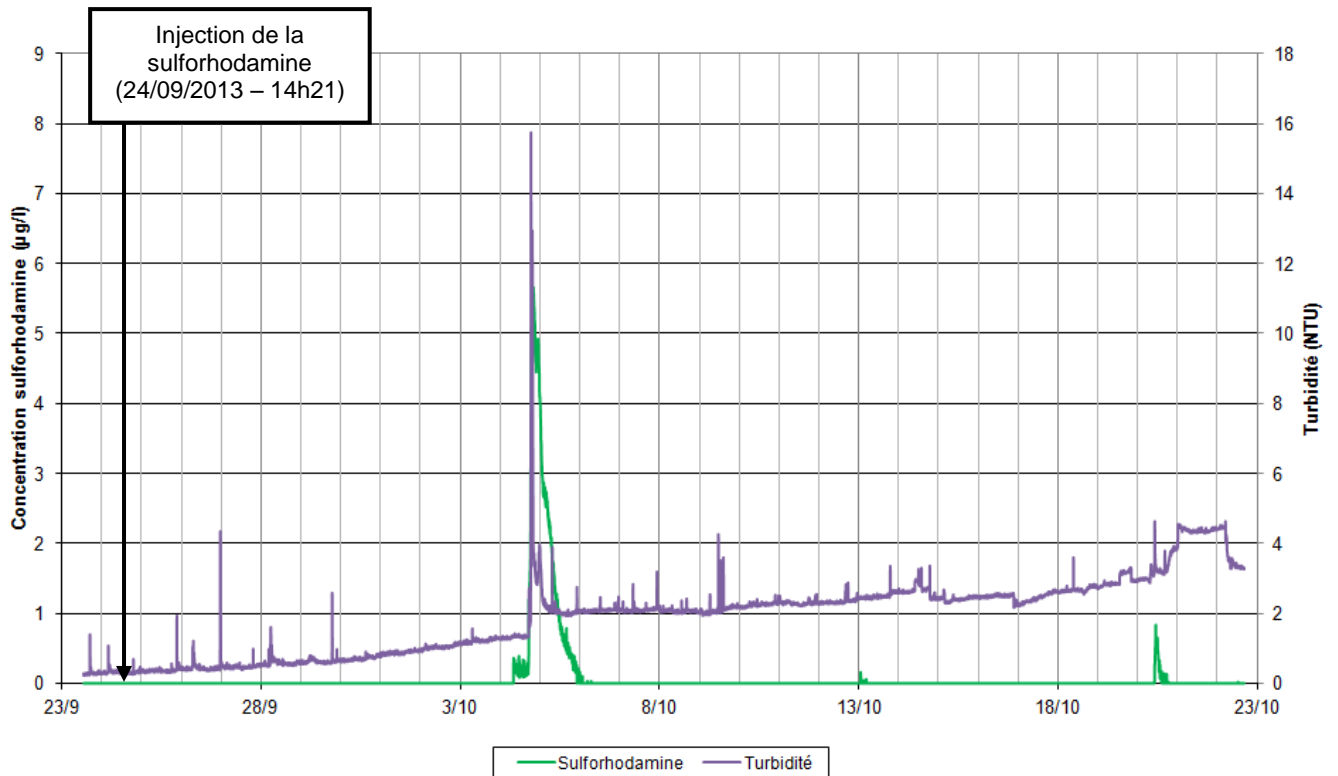
5.2.1.1. Le ruisseau du Versols à l'Hermelix

D'après les données du fluorimètre installé dans le ruisseau du Versols à l'Hermelix, un signal pour la sulforhodamine a été détecté le 4 octobre à 17h20, soit environ 18h après la restitution à la grotte. Un pic de turbidité a également été mesuré, lié à un évènement pluvieux.

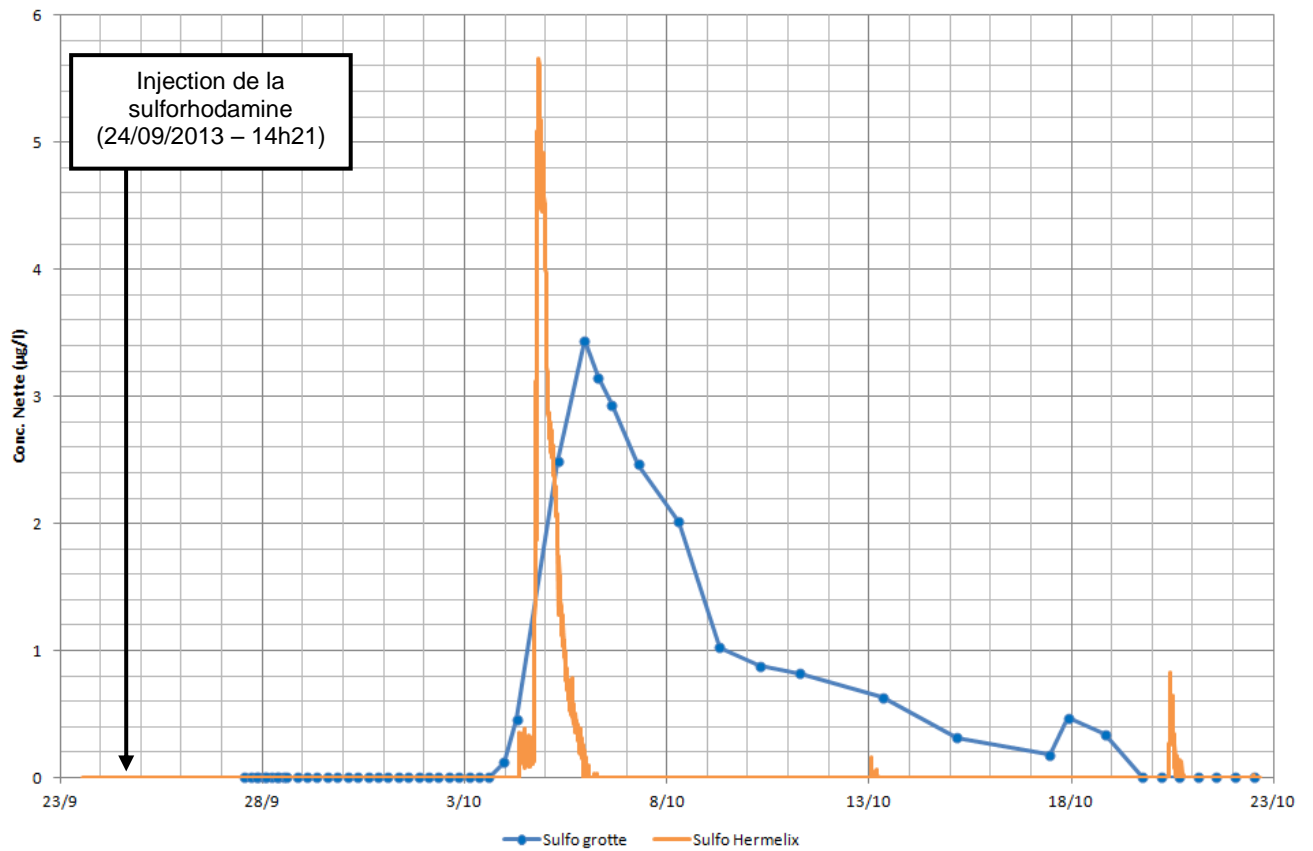
Le signal mesuré par le fluorimètre à l'Hermelix a été comparé à la restitution mesurée à la grotte par analyses d'échantillons (**Graphique 8**). Il apparaît que l'allure de la courbe de restitution de la sulforhodamine à la grotte est plus étalée et la durée de restitution plus importante. Le signal mesuré à l'Hermelix semble donc lié à un pic de turbidité et non à la sulforhodamine.

La non détection à l'Hermelix peut s'expliquer par le fait que les concentrations à la grotte sont faibles et des apports d'eau supplémentaires arrivent entre la grotte et l'Hermelix.

Un second pic a été détecté le 20 octobre à 10h10, soit environ 60h après la restitution à la grotte. Il semble également lié à un pic de turbidité.



Graphique 7 : Courbe de restitution de la sulforhodamine mesurée au fluorimètre à l'Hermelix



Graphique 8 : Comparaison de la restitution de la sulforhodamine à la grotte avec le signal mesuré au fluorimètre à l'Hermelix

5.2.2. RESULTATS DU TRAÇAGE A LA FLUORESCEINE INJECTEE AU NORD (F6)

5.2.2.1. Le ruisseau de Versols à la source de la Grotte

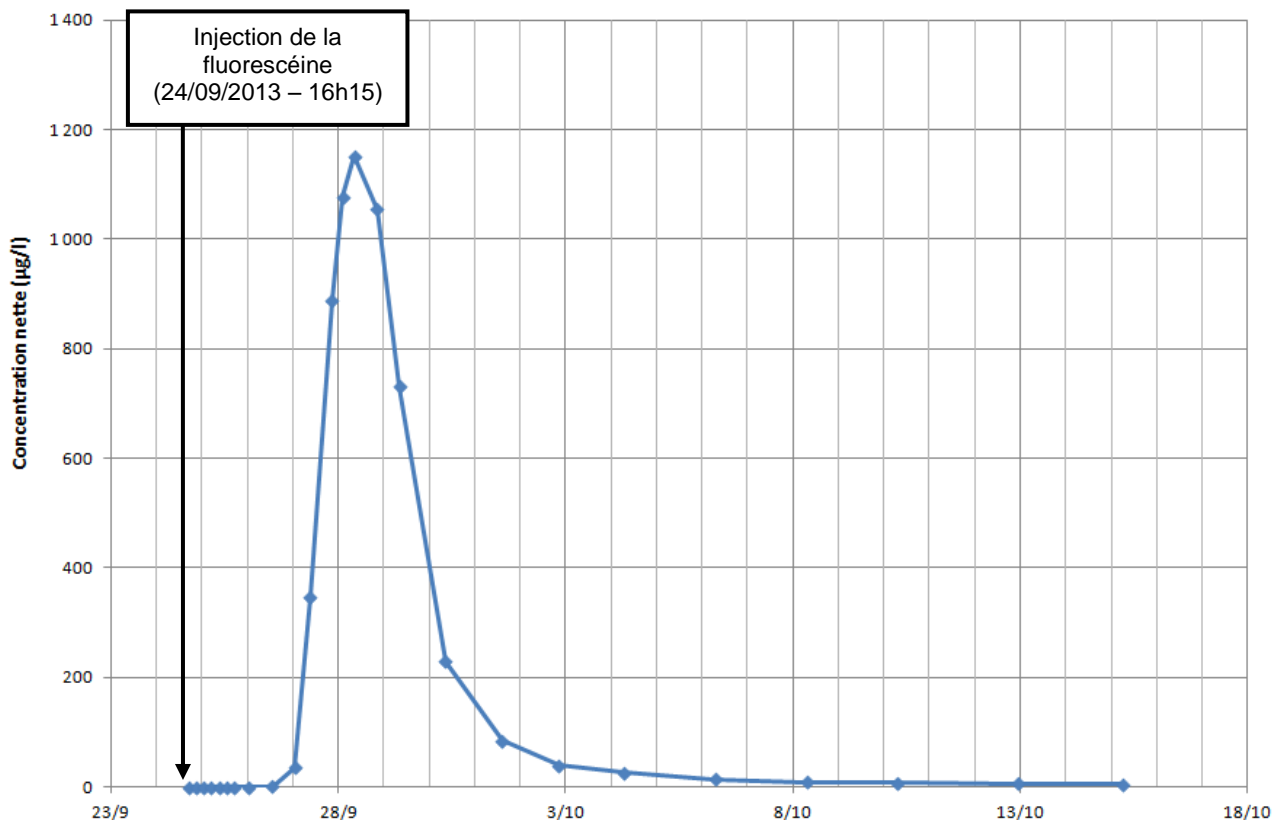
La fluorescéine a été détectée à la source de la Grotte le 26 septembre à 01h07, soit 1,4 jours après l'injection à la fosse F6 (le 24/09/2013 à 16h15) (**Photo 16**). Le maximum de restitution a été atteint le 28 septembre à 8h33 avec 1151 µg/l, soit 3,7 jours après l'injection. L'extrapolation des valeurs en fin de restitution donnent une durée totale de restitution de 19,2 jours.

La courbe est de type unimodale avec un pic de restitution marqué et une queue de restitution peu étalée dans le temps.

La vitesse d'apparition du traceur est 22,8 m/h et la vitesse modale de 8,5 m/h.

Afin d'avoir une estimation des flux et masses restituées, il a été choisi d'utiliser les débits jaugés sur la période de restitution, à savoir : 12 l/s le 27/09 et 7 l/s le 03/10.

Il en ressort un taux de restitution de l'ordre de 50%.



Graphique 9 : Courbe de restitution de la fluorescéine restituée à la grotte

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Résultats du traçage - Fosse Nord / Le Versols à la grotte

Point d'injection	Fosse Nord
Date d'injection	24/09/2013 16:15
Traceur utilisé	Fluorescéine
Masse injectée	4 650 g
Distance apparente	750 m

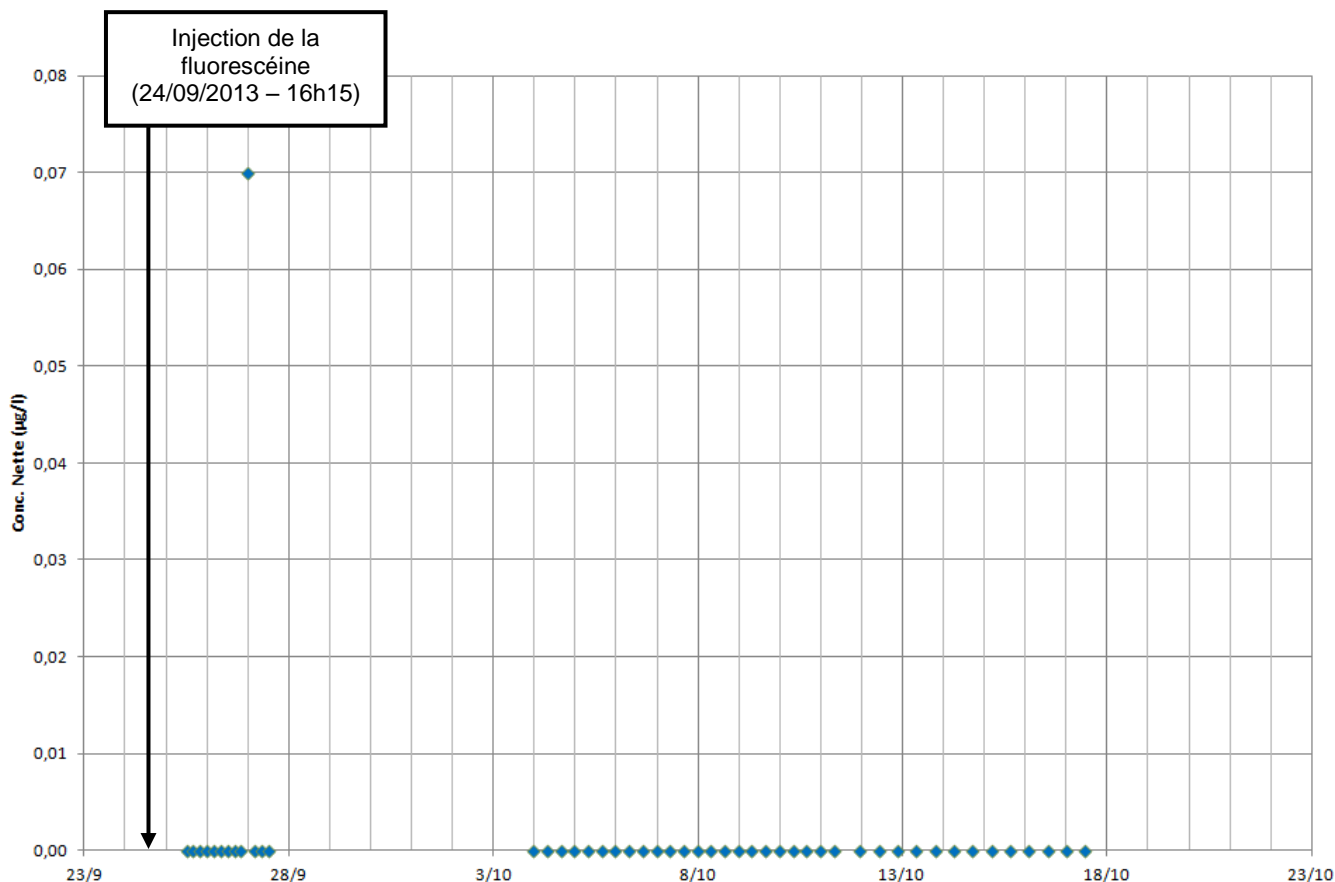
VITESSES	
Vitesse d'apparition	22,8 m/h
Vitesse modale	8,5 m/h

TEMPS	
Apparition du traceur	1,4 j
Temps modal	3,7 j
Durée de restitution	19,2 j

CONCENTRATIONS ET DILUTIONS	
Concentration max.	1 151 µg/l
Dilution minimale	7,92 E-03
Dilution unitaire	2,48 E-07 L ⁻¹

5.2.2.2. Le puits du Gauty

De la fluorescéine a été détectée en faible concentration sur un seul échantillon le 27 septembre à 00 :00. Il s'agit vraisemblablement d'un flacon pollué lors d'une manipulation. En effet, les flacons précédents et les 4 suivants ne présentent aucune trace de fluorescéine.



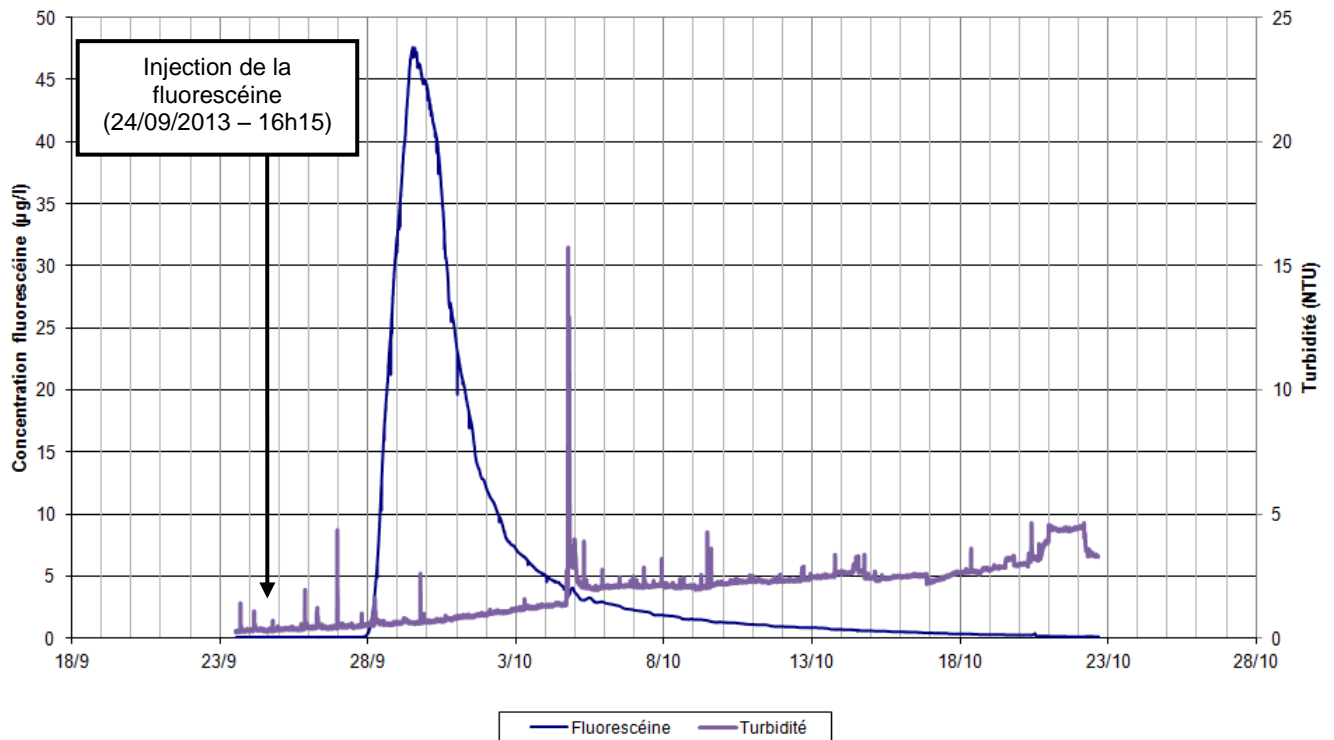
Graphique 10 : Courbe de restitution de la fluorescéine restituée au puits du Gauty

A noter que la sulforhodamine n'a pas été détectée dans le puits de Gauty. De plus, lors du traçage réalisé en avril 2007, la participation du ruisseau à l'alimentation du puits dans des conditions hydrologiques similaires était estimée à seulement 0,1% (**Carte 4**). Il n'est donc pas exclu qu'il y ait eu une restitution de la fluorescéine au puits, mais dans des concentrations trop faibles pour pouvoir être mesurées en début et fin de restitution.

5.2.2.3. Le ruisseau du Versols à l'Hermelix

D'après les données du fluorimètre installé dans le ruisseau du Versols à l'Hermelix, la fluorescéine est arrivée vers le 27 septembre à 23h50, soit environ 23 h après la restitution à la grotte.

Un évènement pluvieux a eu lieu le lendemain et la turbidité augmente progressivement durant cette période.

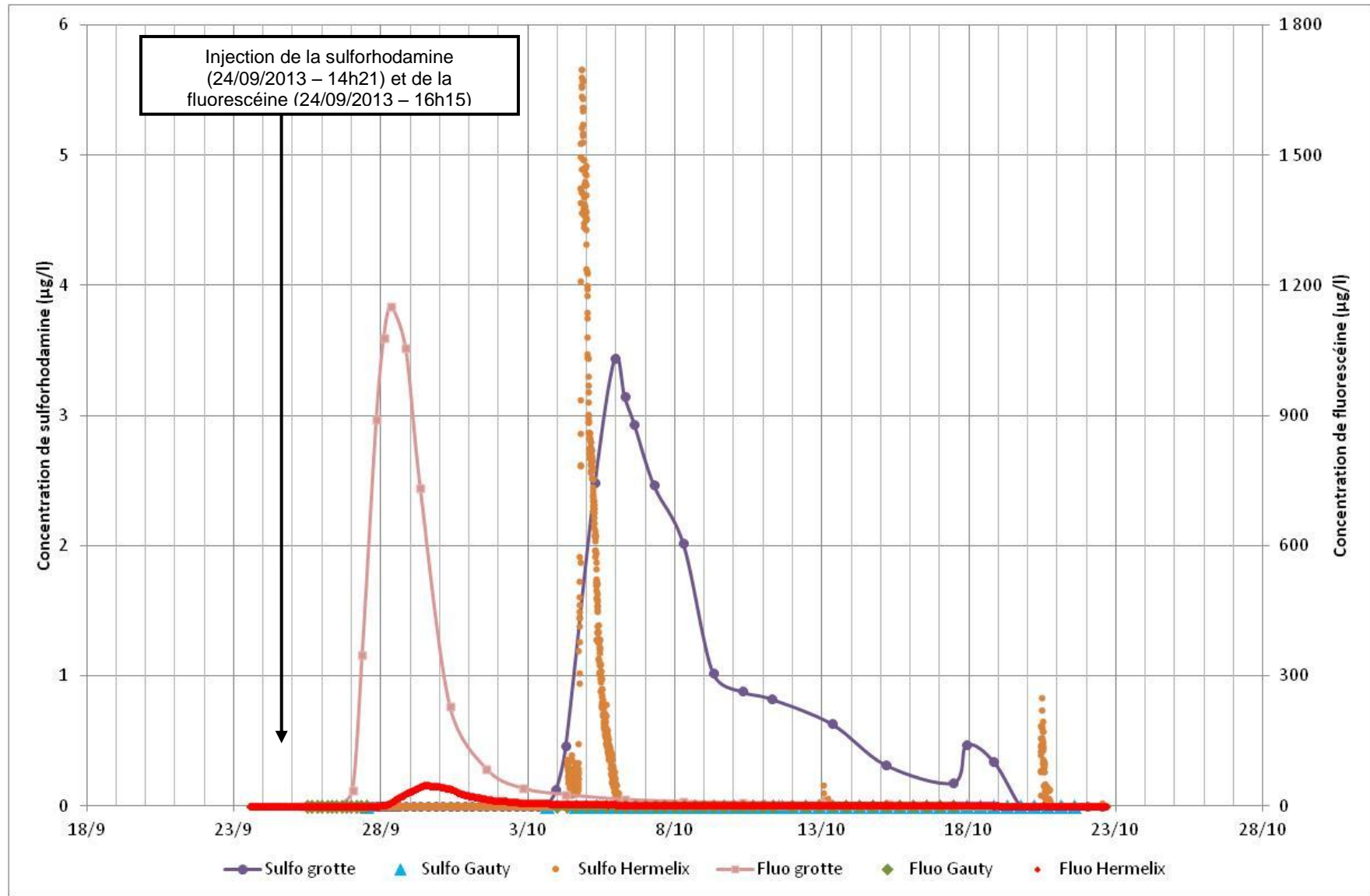


Graphique 11 : Courbe de restitution de la fluorescéine au fluorimètre à l'Hermelix

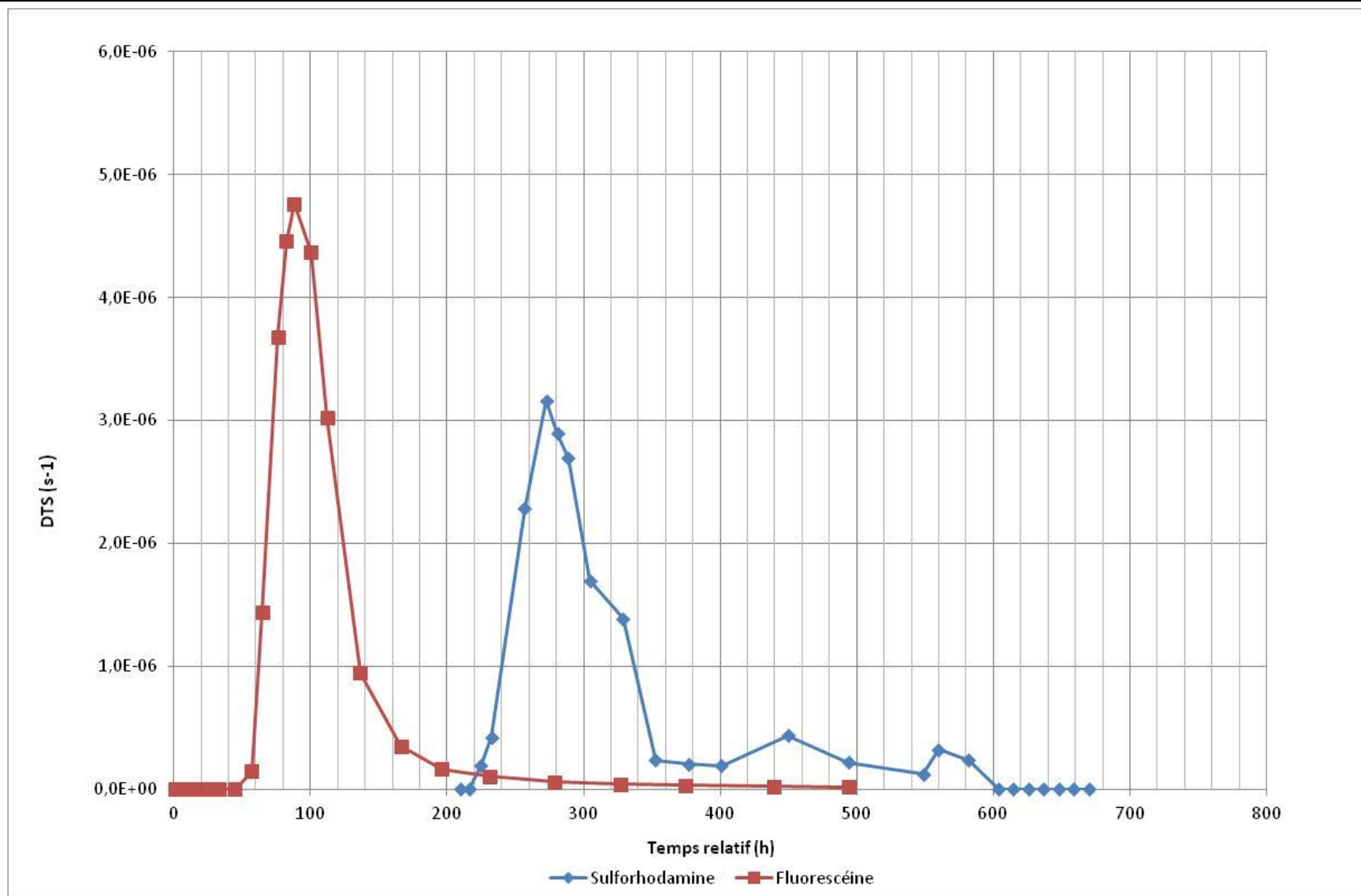
5.2.3. RECAPITULATIF

Le graphique suivant récapitule l'ensemble des résultats de traçage.

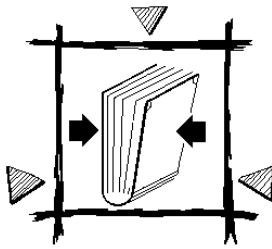
Le **Graphique 13** représentant l'évolution de la DTS depuis l'injection montre une courbe plus étalée dans le temps de la sulforhodamine par rapport à la fluorescéine qui ont été restituées à la grotte. L'injection de fluorescéine a donc été faite dans de meilleures conditions d'infiltration, avec une relation vers le réseau de drainage plus directe.



Graphique 12 : Courbe de restitution de la fluorescéine et de la sulforhodamine sur les 3 points de suivi



Graphique 13 : Courbes de DTS de la fluorescéine et la sulforhodamine à la grotte



6. CONCLUSION

La commune de Saint Jean et Saint Paul prévoit la mise en place d'une station d'épuration de 110 EH, avec rejet par infiltration des eaux dans le sous-sol.

Un multi-traçage a été réalisé afin d'évaluer l'existence ou non de relations hydrogéologiques entre les 2 sites potentiels du projet et le puits du Gauty utilisé pour l'alimentation en eau potable de la commune. Les injections ont eu lieu le 24 septembre 2013.

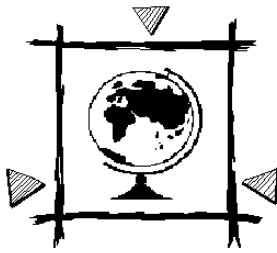
Le traçage a été effectué en période de moyennes eaux.

Les résultats du traçage confirment une relation entre la source de la grotte qui alimente le ruisseau du Versols et les fosses réalisées sur les sites potentiels d'implantation de la station d'épuration (au Nord et au Sud du bourg). Ce résultat confirme celui obtenu lors des traçages réalisés en 2007 avec restitution de la sulforhodamine injectée dans le bourg.

Ils indiquent également l'absence de relation directe entre ces deux sites et le puits du Gauty.

Une relation hydraulique a néanmoins été prouvée par un traçage en avril 2007, avec une participation très faible de 0,1% du ruisseau à l'alimentation du puits.

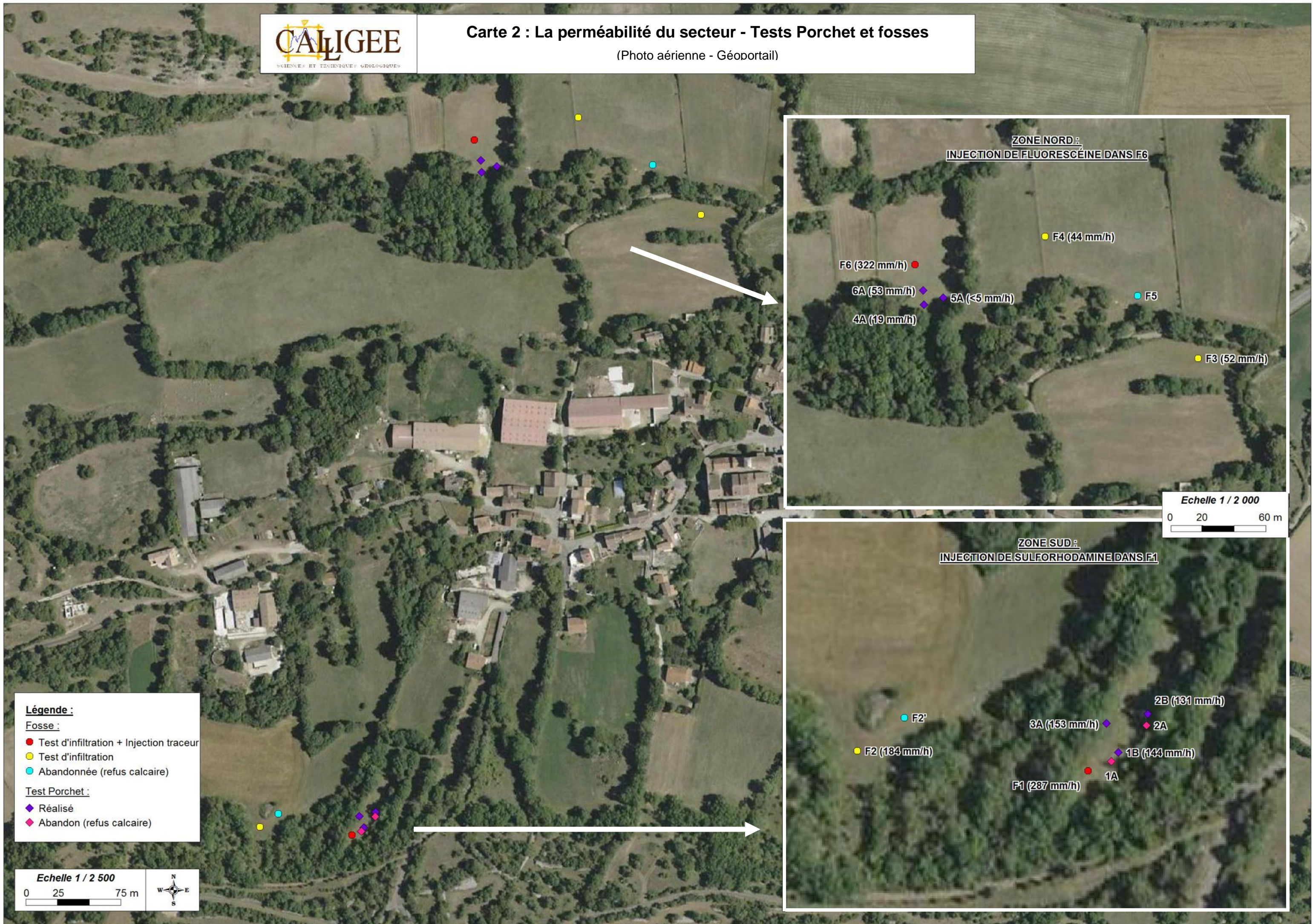
La mise en place de la station d'épuration doit donc tenir compte de l'impact potentiel sur la qualité des eaux captées au puits du Gauty et du ruisseau du Versols. Une fois la filière de traitement dimensionnée, les résultats de ce traçage (dilution minimale et dilution moyenne) pourront également être utilisés pour déterminer les teneurs en MES, azote total, phosphore total, bactériologie, DCO et DBO5 qui pourront être retrouvées à la grotte.



CARTES

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Contexte géologique	43
Carte 2 : La perméabilité du secteur - Tests Porchet et fosses.....	44
Carte 3 : Traçage – Lieux d’injection et matériel de suivi.....	45
Carte 4 : Traçage – Résultats des campagnes 2007, 2008 et 2013.....	46



Légende :

Fosse :

- Test d'infiltration + Injection traceur
- Test d'infiltration
- Abandonnée (refus calcaire)

Test Porchet :

- ◆ Réalisé
- ◆ Abandon (refus calcaire)

Echelle 1 / 2 500

0 25 75 m



ZONE NORD :
INJECTION DE FLUORESCÉINE DANS F6

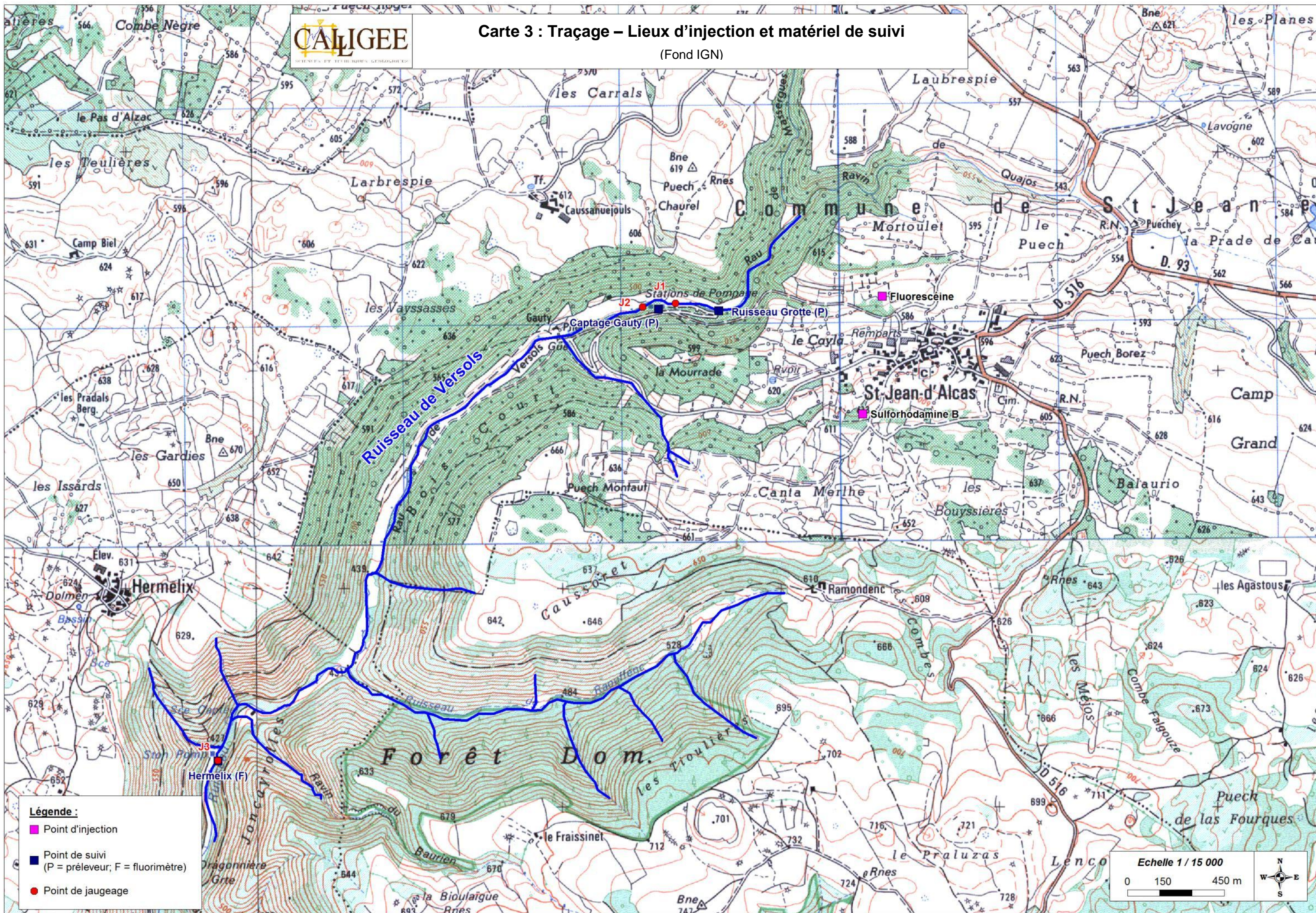
- F4 (44 mm/h)
- F6 (322 mm/h)
- ◆ 6A (53 mm/h)
- ◆ 5A (<5 mm/h)
- F5
- F3 (52 mm/h)
- 4A (19 mm/h)

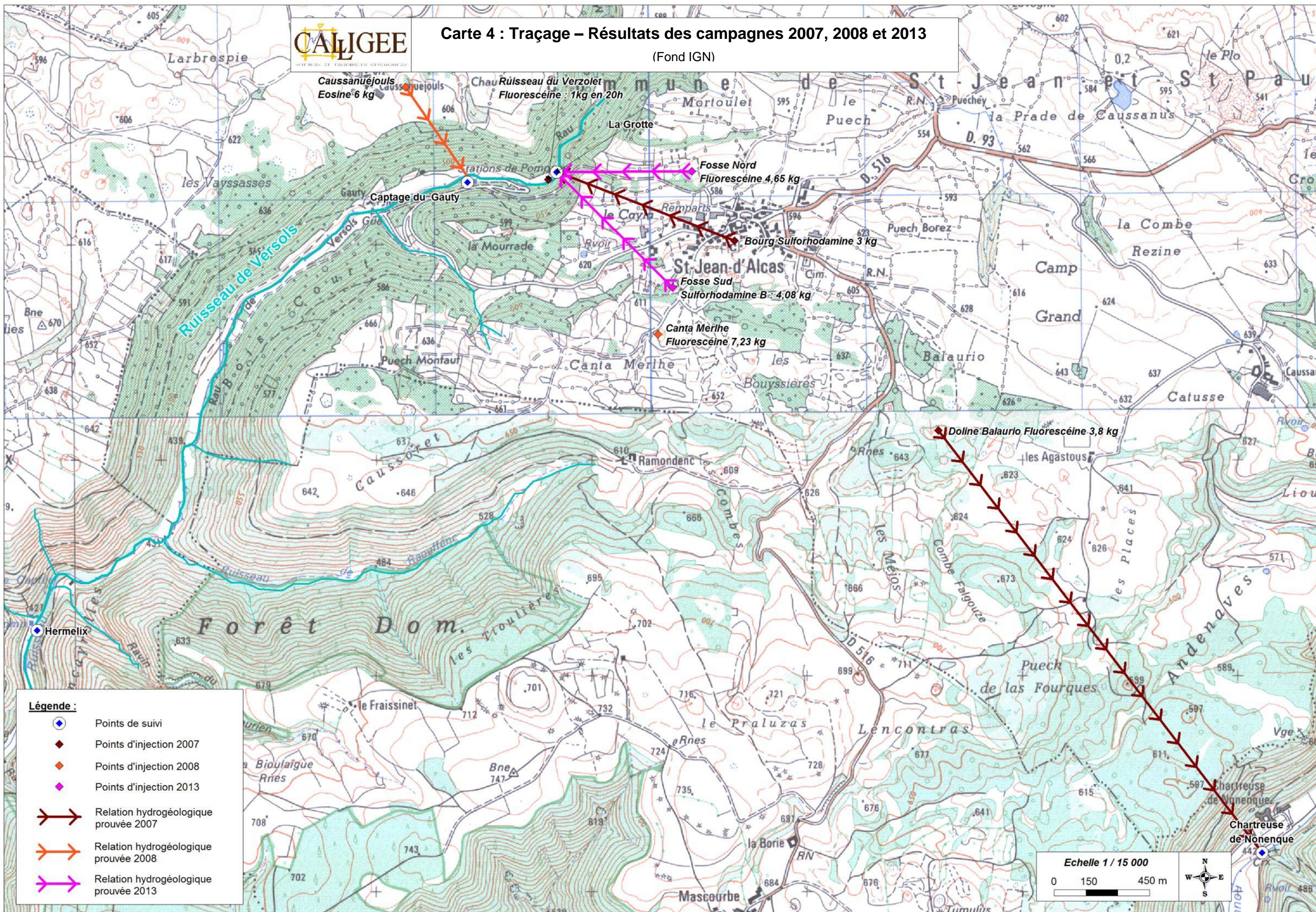
Echelle 1 / 2 000

0 20 60 m

ZONE SUD :
INJECTION DE SULFORHODAMINE DANS F1

- F2
- ◆ 2B (131 mm/h)
- ◆ 2A
- ◆ 3A (153 mm/h)
- ◆ 1B (144 mm/h)
- F2' (184 mm/h)
- F1 (237 mm/h)
- ◆ 1A





Caussan-Jouls
Eosine 6 kg

Chau-Ruisseau du Verzolet
Fluorescéine : 1kg en 20h

Fosse Nord
Fluorescéine 4,65 kg

Bourg Sulforhodamine 3 kg

Fosse Sud
Sulforhodamine B : 4,08 kg

Canta Merthe
Fluorescéine 7,23 kg

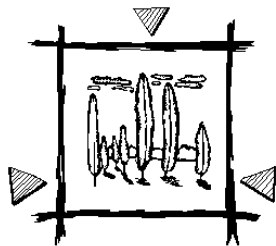
Doline Balaurio Fluorescéine 3,8 kg

Chartreuse de Nonenque

- Légende :**
- Points de suivi
 - Points d'injection 2007
 - Points d'injection 2008
 - Points d'injection 2013
 - Relation hydrogéologique prouvée 2007
 - Relation hydrogéologique prouvée 2008
 - Relation hydrogéologique prouvée 2013

Echelle 1 / 15 000

0 150 450 m



PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

Photo 1 : Localisation des tests Porchet (chaque bidon localise un site de test).....	49
Photo 2 : Réalisation d'un test Porchet (perméamètre).....	50
Photo 3 : Fosse F2' (arrêt du sondage car refus calcaire)	51
Photo 4 : Pédologie de la fosse F6	51
Photo 5 : Fosse F1 à la fin du test d'infiltration	52
Photo 6 : Pédologie de la fosse F1	52
Photo 7 : Test d'infiltration à la fosse F3	53
Photo 8 : Cuve de 6000 l avec 4,08 kg de sulforhodamine B diluée	54
Photo 9 : Cuve de 4000 l avec 4.65 kg de fluorescéine diluée	54
Photo 10 : Préleveur situé en aval de la source de la Grotte	55
Photo 11 : Fluorimètre installé dans le Versols à l'Hermelix	55
Photo 12 : Préleveur et fluorimètre installés au puits du Gauty	56
Photo 13 : Vue intérieure du puits du Gauty	56
Photo 14 : Sonde de niveau et échelle limnimétrique au point Versols aval.....	57
Photo 15 : Jaugeage au point Versols amont, avec échelle limnimétrique et sonde de niveau	58
Photo 16 : Coloration à la fluorescéine du ruisseau du Versols en aval de la grotte (27/09/2013).....	58
Photo 17 : Le Versols au niveau du passage à gué en aval de la grotte (27/09/2013).....	59
Photo 18 : Le Versols en aval immédiat de la grotte (27/09/2013).....	59

ETUDE DE SOLS – TESTS PORCHET

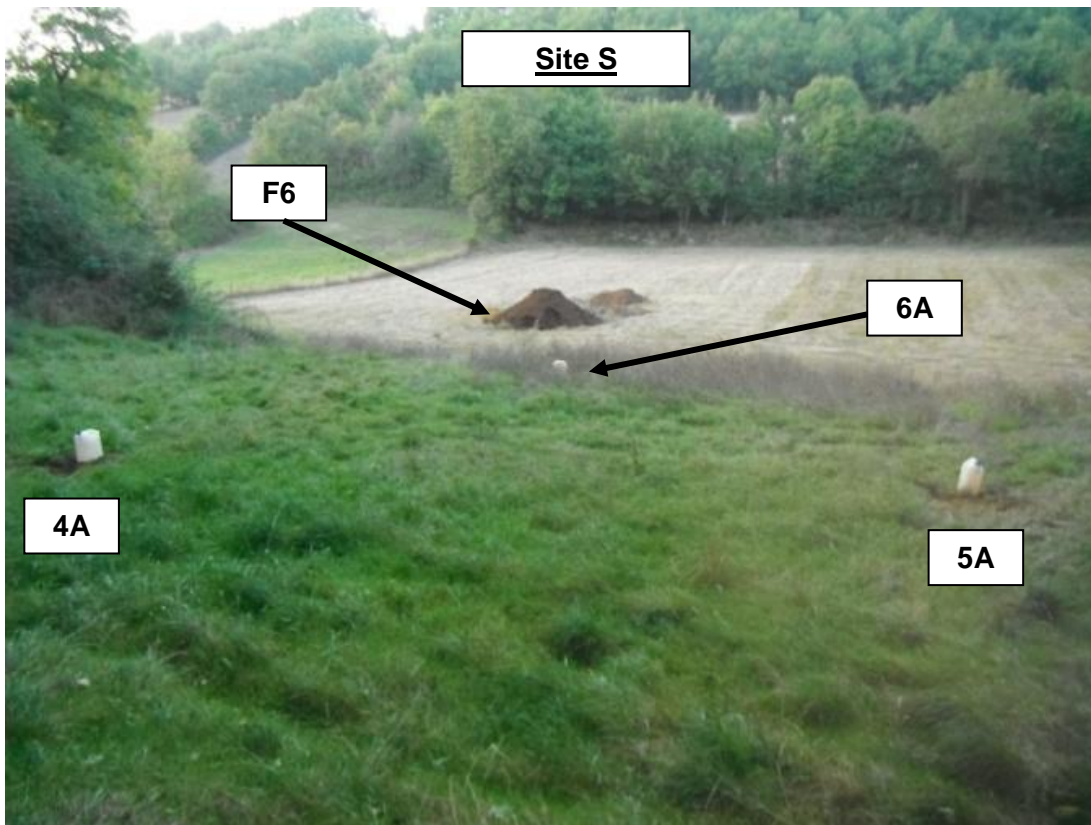
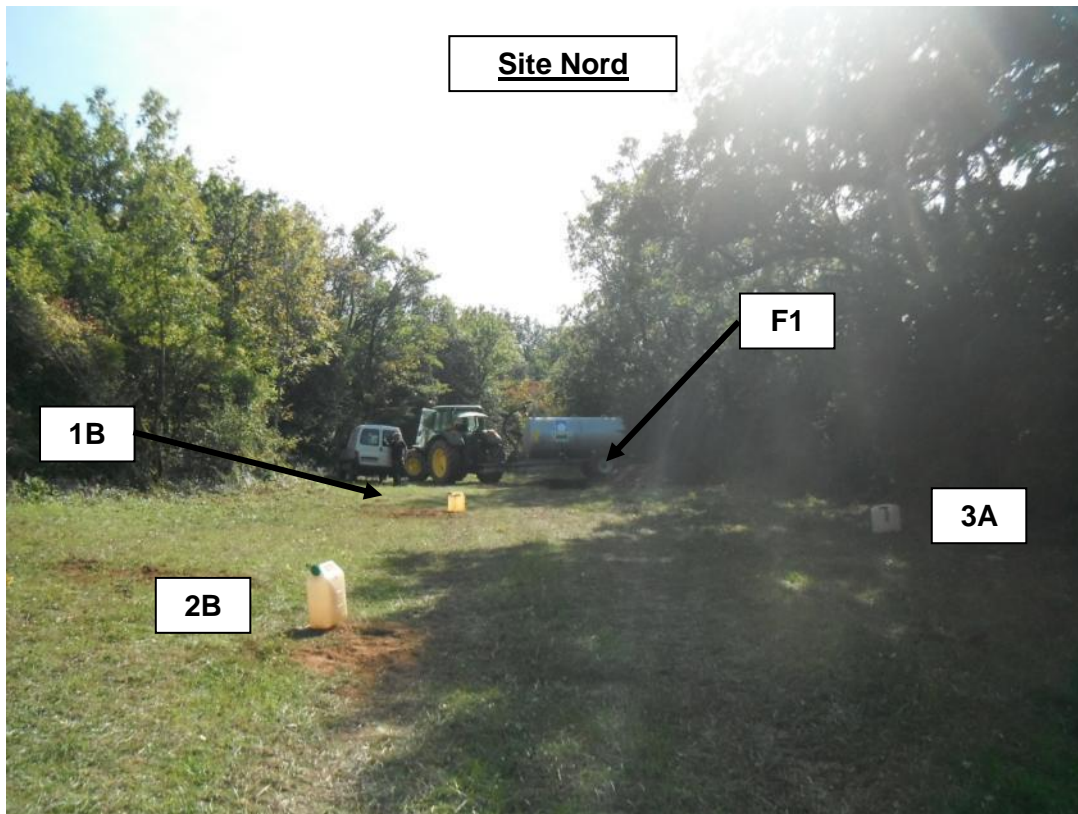


Photo 1 : Localisation des tests Porchet (chaque bidon localise un site de test)



Photo 2 : Réalisation d'un test Porchet (perméamètre)

ÉTUDE DE SOLS – PEDOLOGIE DES FOSSES ET TESTS D'INFILTRATION



Photo 3 : Fosse F2' (arrêt du sondage car refus calcaire)



Photo 4 : Pédologie de la fosse F6



Photo 5 : Fosse F1 à la fin du test d'infiltration



Photo 6 : Pédologie de la fosse F1



Photo 7 : Test d'infiltration à la fosse F3

LES INJECTIONS DE TRACEURS



**Photo 8 : Cuve de 6000 l avec
4,08 kg de sulforhodamine B
diluée**



**Photo 9 : Cuve de 4000 l avec
4.65 kg de fluorescéine diluée**

LE MATERIEL DE SUIVI



**Photo 10 : Préleveur
situé en aval de la
source de la Grotte**



**Photo 11 : Fluorimètre
installé dans le Versols à
l'Hermelix**



Photo 12 : Préleveur et fluorimètre installés au puits du Gauty



Photo 13 : Vue intérieure du puits du Gauty



Photo 14 : Sonde de niveau et échelle limnimétrique au point Versols aval

LES JAUGEAGES



Photo 15 : Jaugeage au point Versols amont, avec échelle limnimétrique et sonde de niveau

COLORATION AU RUISSEAU DE VERSOLS



Photo 16 : Coloration à la fluorescéine du ruisseau du Versols en aval de la grotte (27/09/2013)

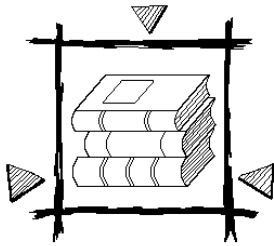
FAIBLE DEBIT ET ZONES D'EMBACLES SUR LE VERSOLS



Photo 17 : Le Versols au niveau du passage à gué en aval de la grotte (27/09/2013)



Photo 18 : Le Versols en aval immédiat de la grotte (27/09/2013)



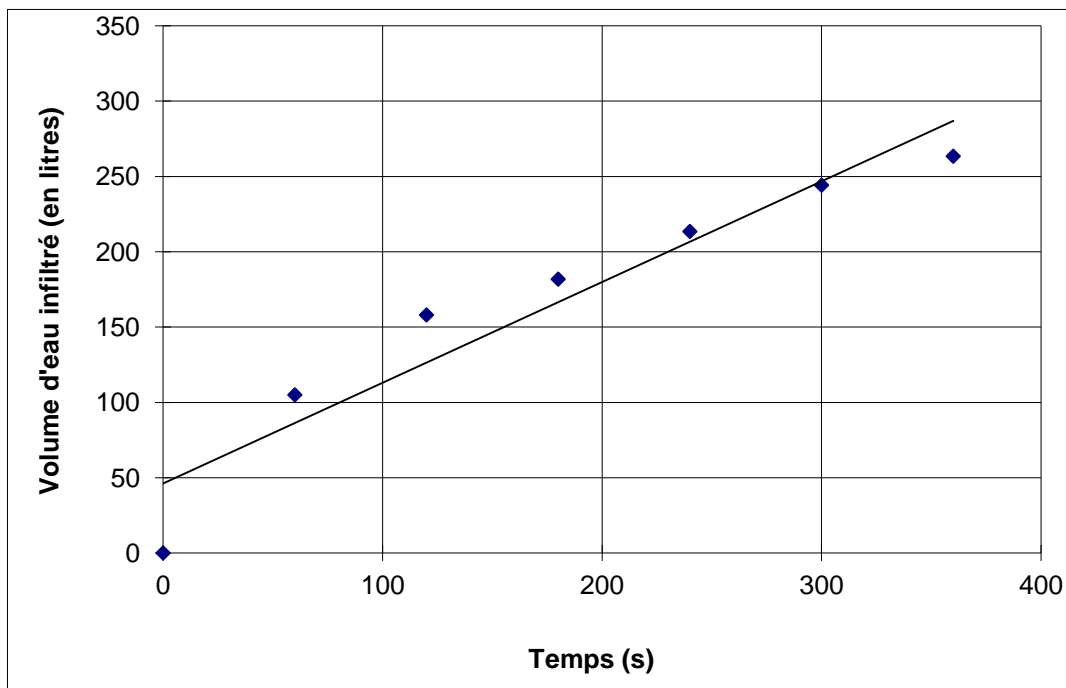
ANNEXES

Annexe 1 : Résultats des tests de perméabilité	63
Annexe 2 : Courbes de tarage.....	73
Annexe 3 : Suivi de la hauteur d'eau au puits du Gauty (données Parc Naturel Régional des Grands Causses)	74

Annexe 1 : Résultats des tests de perméabilité

Commune de Saint Jean et Saint Paul
Lieu dit -

Essai d'infiltration K1 dans la fosse 1

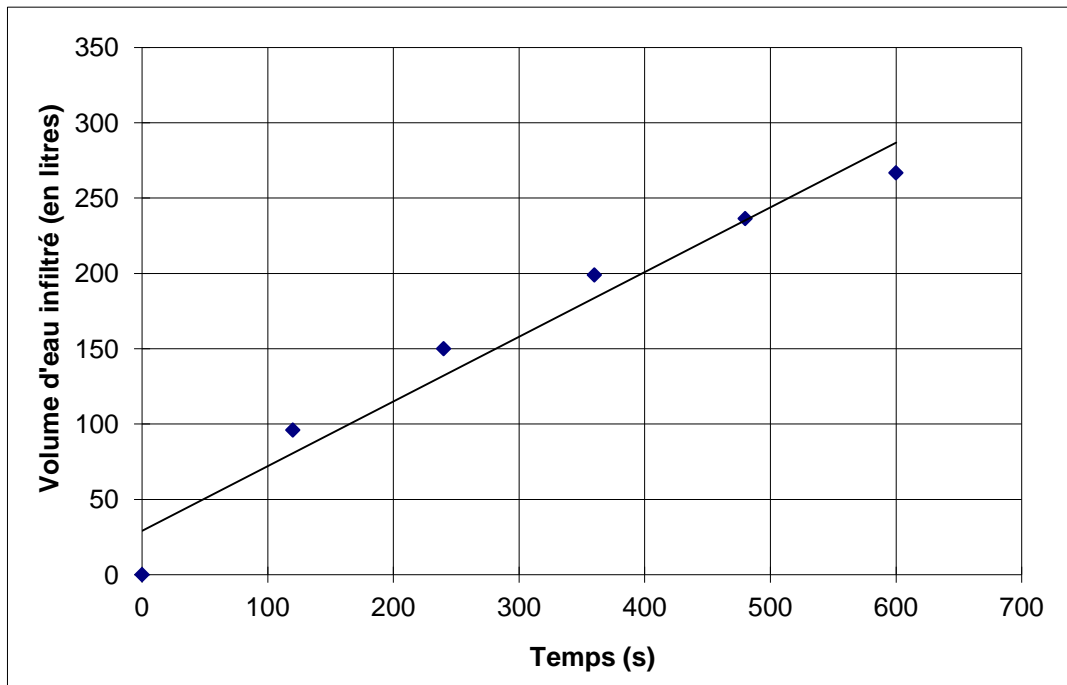


Profondeur (m): 1,00
Longueur (m): 3,50
Largeur (m): 1,20
Hauteur d'eau (m): 0,60

coefficient de perméabilité k
(m/s) 7,97E-05
(mm/h) 287

Commune de Saint Jean et Saint Paul
Lieu dit -

Essai d'infiltration K2 dans la fosse 2

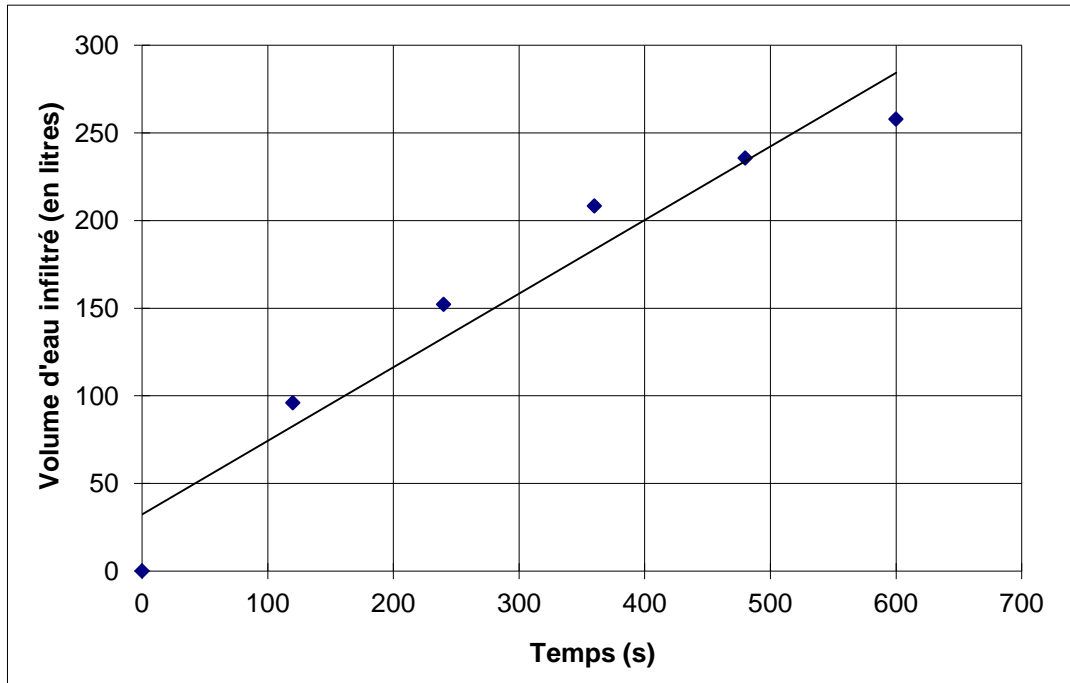


Profondeur (m): 0,70
Longueur (m): 2,20
Largeur (m): 1,80
Hauteur d'eau (m): 0,29

coefficient de perméabilité k
(m/s) 5,11E-05
(mm/h) 184

Commune de Saint Jean et Saint Paul
Lieu dit -

Essai d'infiltration K3 dans la fosse 3

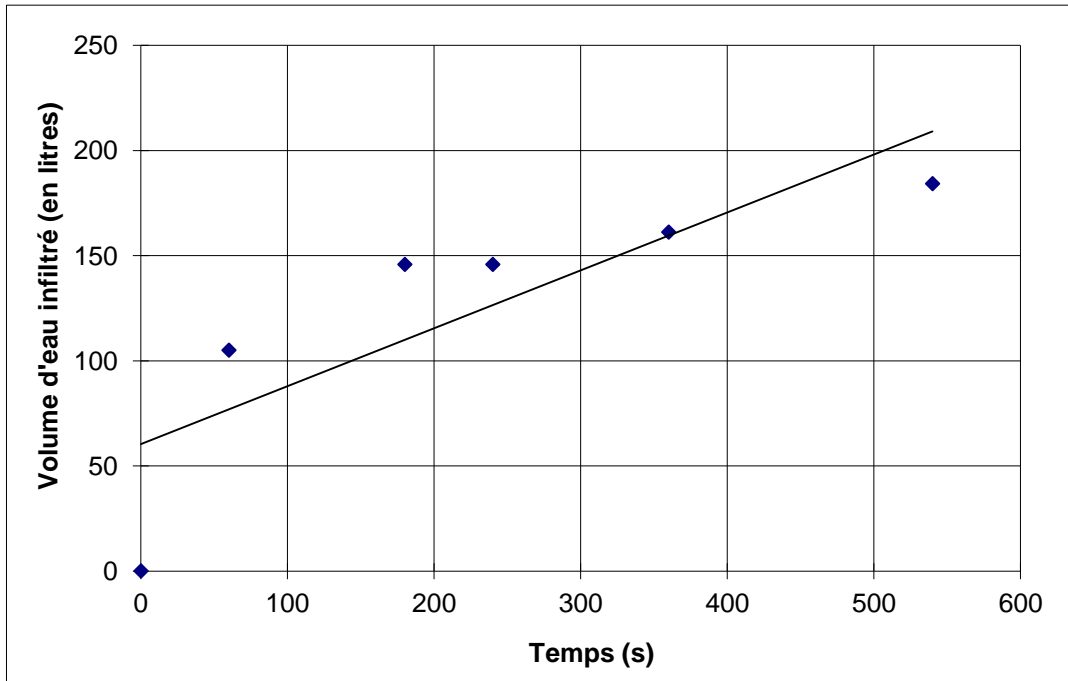


Profondeur (m): 2,00
Longueur (m): 4,00
Largeur (m): 1,20
Hauteur d'eau (m): 1,00

coefficient de perméabilité k
(m/s) 1,45E-05
(mm/h) 52

Commune de Saint Jean et Saint Paul
Lieu dit -

Essai d'infiltration K4 dans la fosse 4

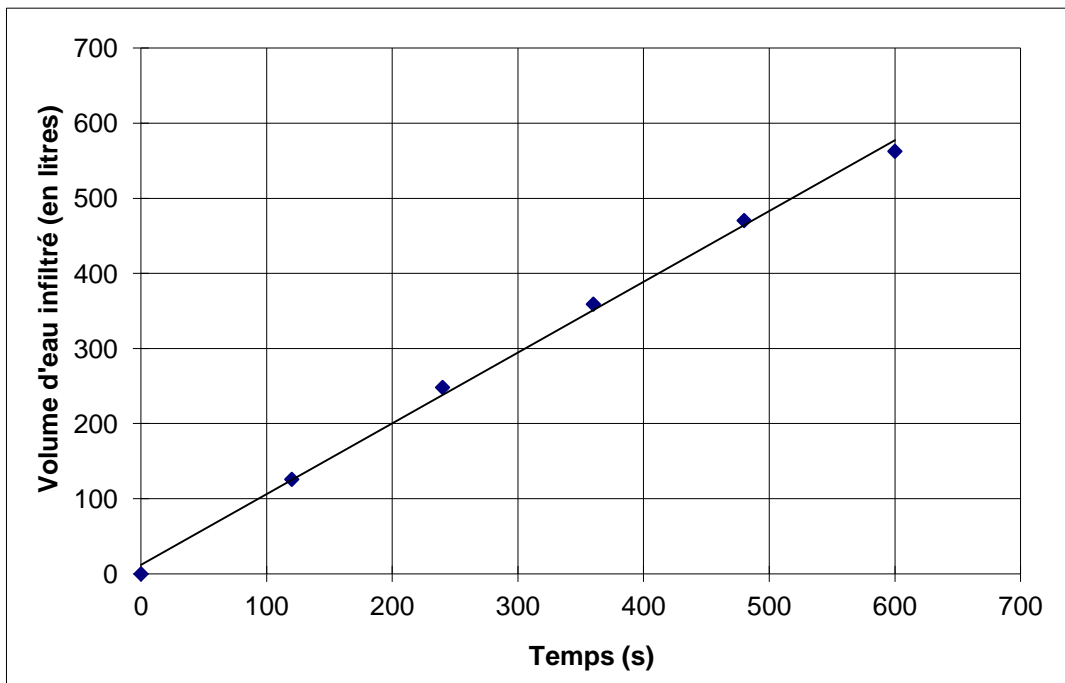


Profondeur (m): 2,00
Longueur (m): 4,00
Largeur (m): 1,20
Hauteur d'eau (m): 1,00

coefficient de perméabilité k
(m/s) 1,22E-05
(mm/h) 44

Commune de Saint Jean et Saint Paul
Lieu dit -

Essai d'infiltration K6 dans la fosse 6

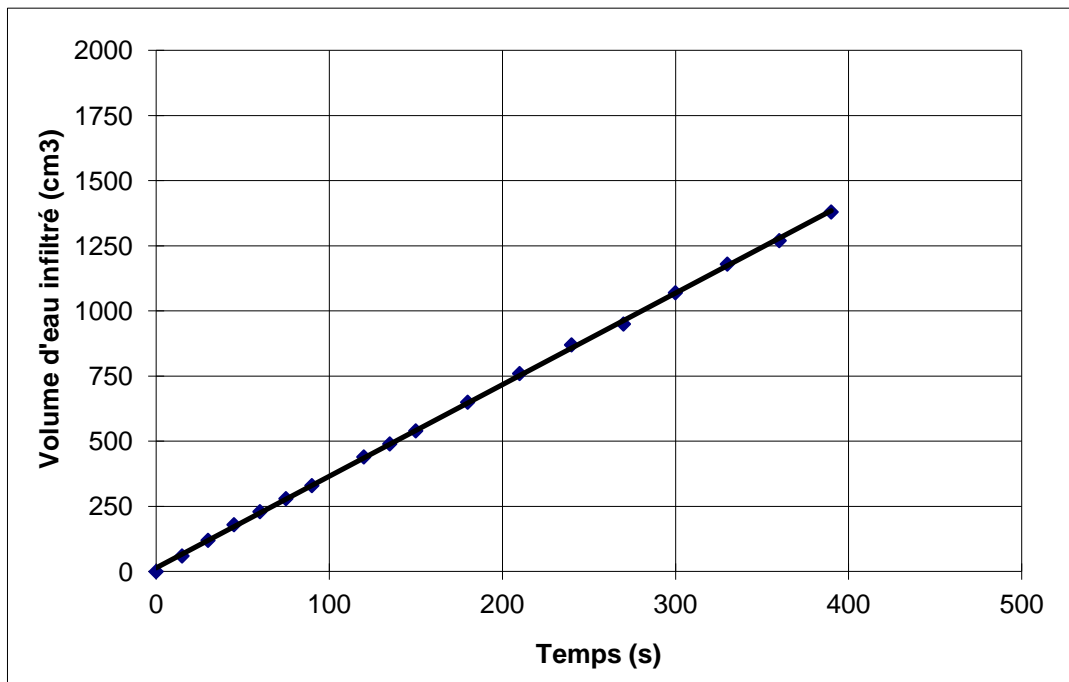


Profondeur (m): 2,00
Longueur (m): 4,00
Largeur (m): 1,20
Hauteur d'eau (m): 1,00

coefficient de perméabilité k
(m/s) 8,95E-05
(mm/h) 322

Commune de St Jean et St Paul
Lieu Fosse Sud

Essai d'infiltration 1B



Profondeur (m): 0,45

Diamètre (m): 0,15

Hauteur d'eau (m): 0,15

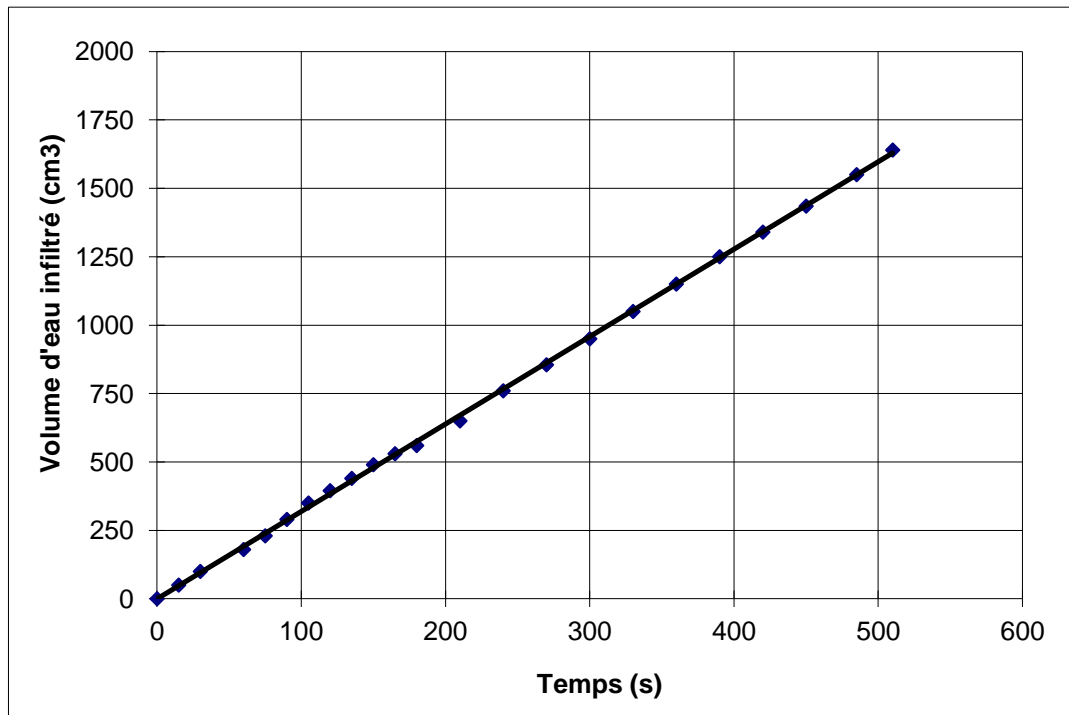
coefficient de perméabilité k

(m/s) 4,01E-05

(mm/h) 144

Commune de St Jean et St Paul
Lieu Fosse Sud

Essai d'infiltration 2B



Profondeur (m): 0,55

Diamètre (m): 0,15

Hauteur d'eau (m): 0,15

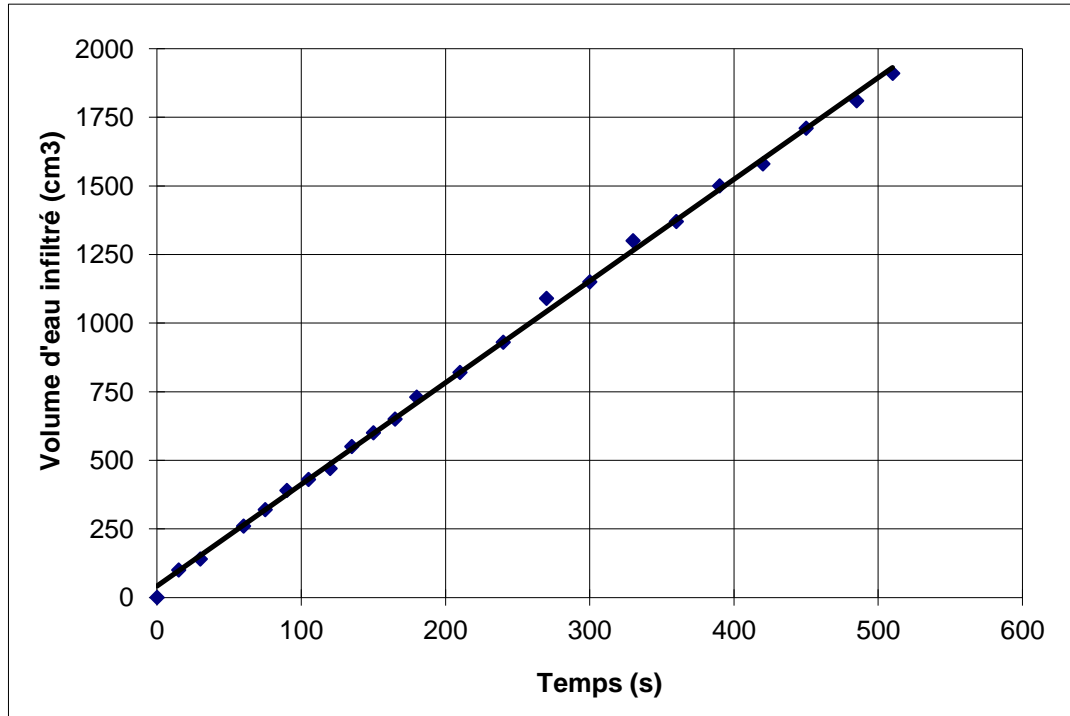
coefficient de perméabilité k

(m/s) 3,64E-05

(mm/h) 131

Commune de St Jean et St Paul
Lieu Fosse Sud

Essai d'infiltration 3A



Profondeur (m): 0,62

Diamètre (m): 0,15

Hauteur d'eau (m): 0,15

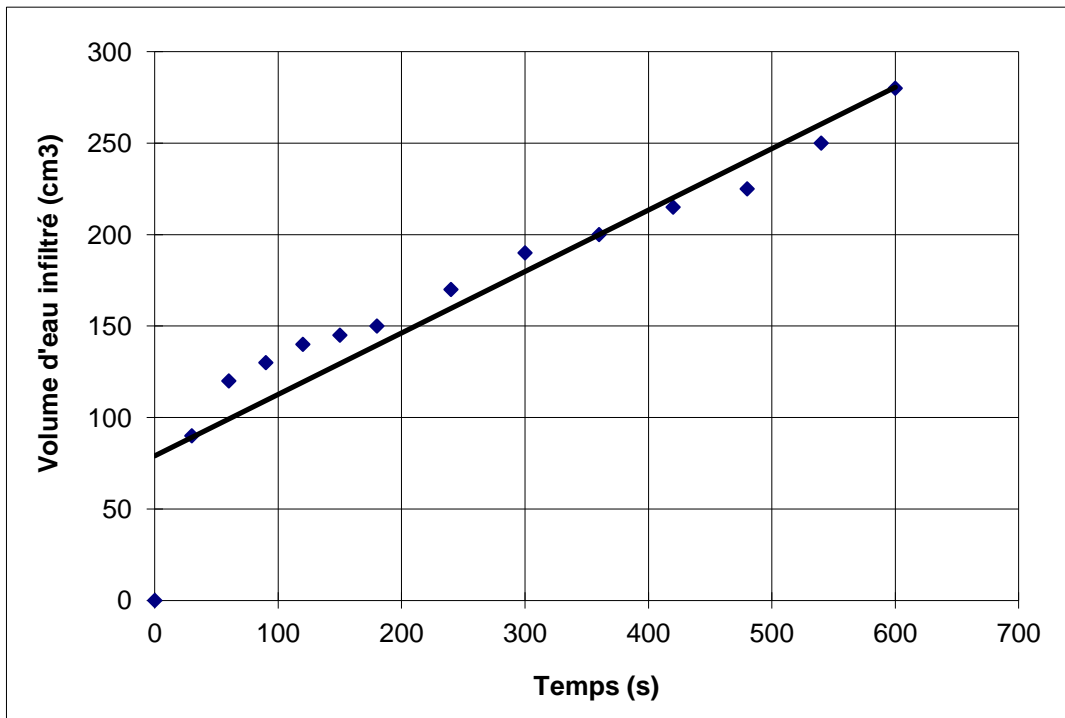
coefficient de perméabilité k

(m/s) 4,24E-05

(mm/h) 153

Commune de St Jean et St Paul
Lieu Fosse Nord

Essai d'infiltration 4A



Profondeur (m): 0,55

Diamètre (m): 0,15

Hauteur d'eau (m): 0,15

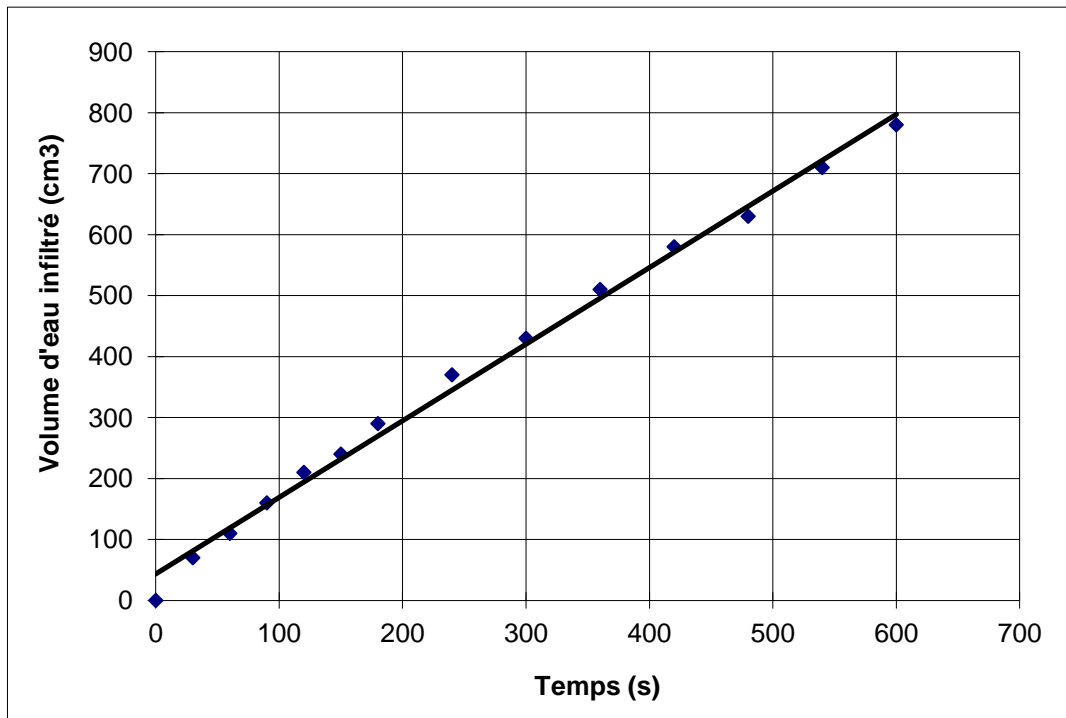
coefficient de perméabilité k

(m/s) 5,28E-06

(mm/h) 19

Commune de St Jean et St Paul
Lieu Fosse Nord

Essai d'infiltration 6A



Profondeur (m): 0,55

Diamètre (m): 0,15

Hauteur d'eau (m): 0,15

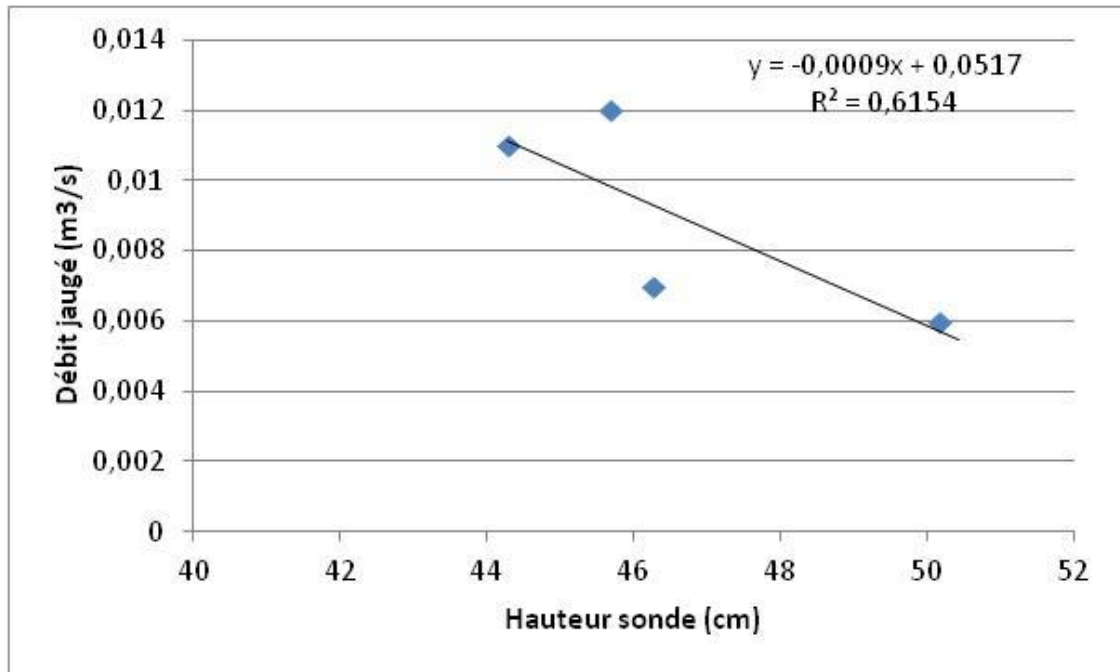
coefficient de perméabilité k

(m/s) 1,47E-05

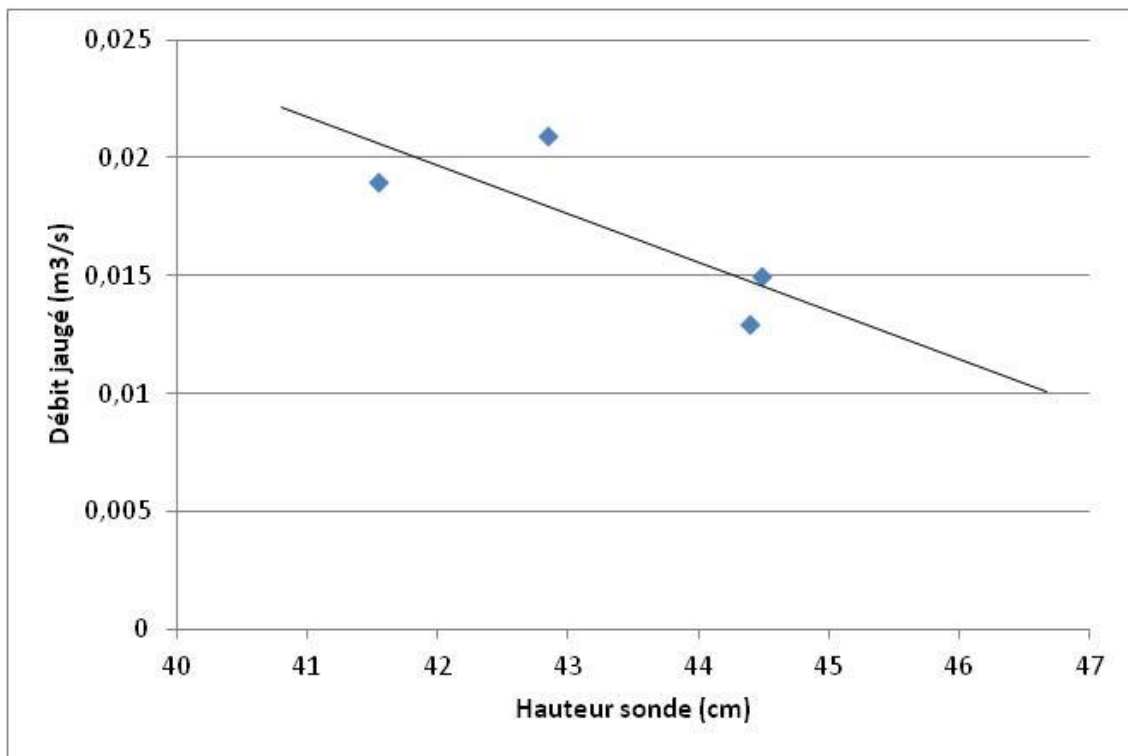
(mm/h) 53

Annexe 2 : Courbes de tarage

COURBE DE TARAGE AMONT

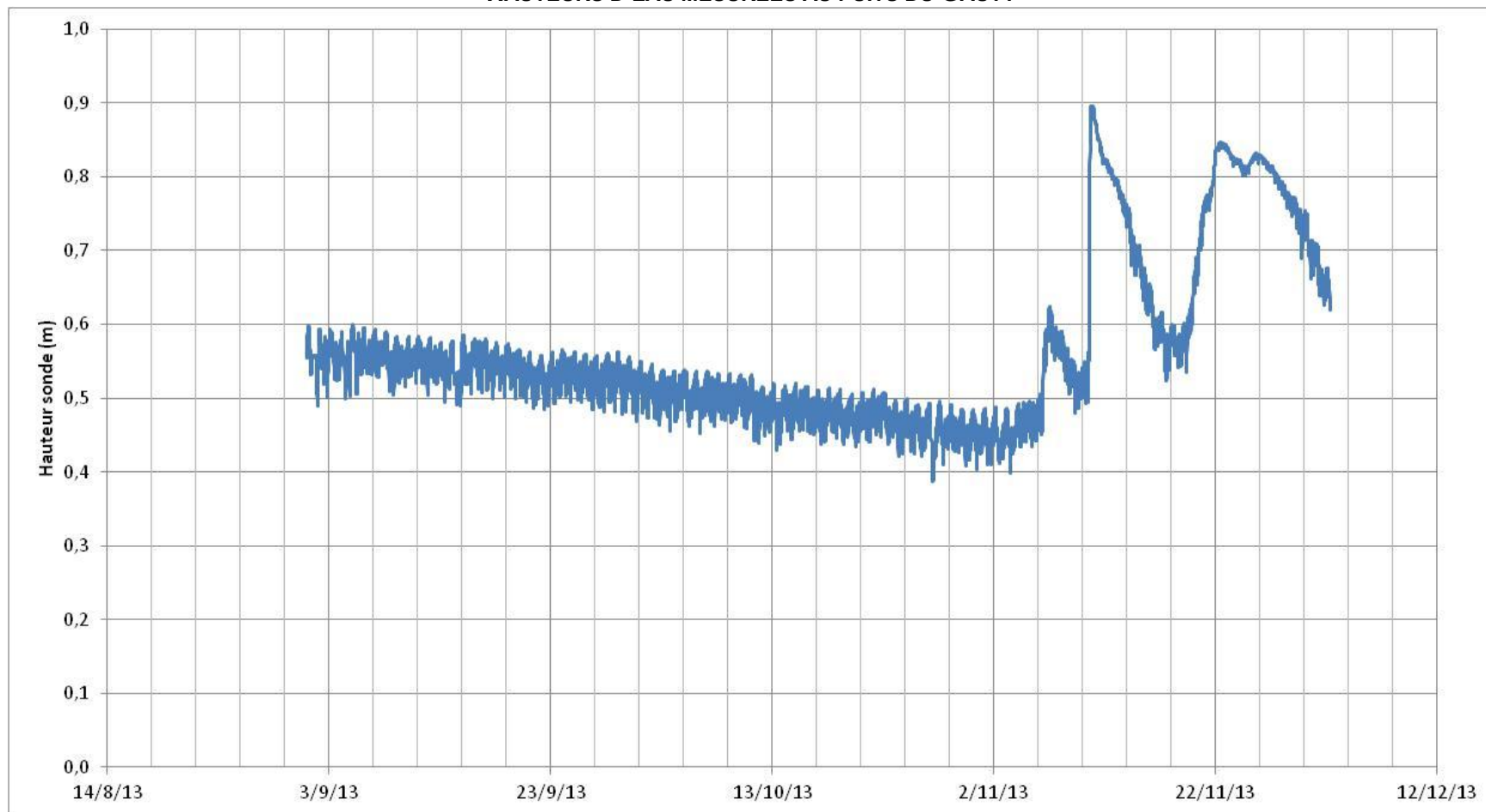


COURBE DE TARAGE AVAL



Annexe 3 : Suivi de la hauteur d'eau au puits du Gauty (données Parc Naturel Régional des Grands Causses)

HAUTEURS D'EAU MESUREES AU PUIS DU GAUTY



HAUTEURS SONDE AU PUIS DU GAUTY ET AUX POINTS DE SUIVI AMONT ET AVAL SUR LE VERSOLS

