



Traçages de l'Aven des 4 Vents Connaissance hydrogéologique du Larzac Nord

Commune de Millau

Etude réalisée par le Pôle Ressources Naturelles et Biodiversité du Parc
naturel régional des Grands Causses

Juillet 2020



VILLE DE
Millau

Sommaire

1.	Contexte et objectifs	3
2.	Protocole mis en place	4
2.1.	Sélection des points d'injection	4
2.2.	Sélection des points de suivi	5
2.3.	Sélection du traceur et technique d'injection	5
3.	Injections et suivi de la restitution	6
3.1.	Injections Aven des 4 vents	6
3.2.	Suivis.....	6
3.3.	Analyses.....	6
4.	Restitutions et interprétations	7
4.1.1.	Source de Laumet.....	7
4.1.2.	Source de l'Espérelle	8
4.1.3.	Synthèse restitution	9
5.	Conclusions.....	10
	ANNEXES I.....	12
	ANNEXES II.....	14

Liste des figures

Figure 1 : Territoire de l'étude et point d'injection	4
Figure 2 : Source de Laumet le 14/02/2020 restitution de la sulfo B	7

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées (Lambert 93) du point d'injection	4
Tableau 2 : Récapitulatif du suivi du traçage.....	5
Tableau 3 : protocole de suivi.....	6
Tableau 4 : fiche synthèse traçage aven des 4 vents	9

Liste des Graphiques

Graphique 1 : Restitution Sulforhodamine B à Laumet, données laboratoire.....	8
---	---

1. Contexte et objectifs

Au premier trimestre 2020 les services du Parc naturel régional des Grands Causses ont eu l'occasion de réaliser un traçage sur le secteur Nord Larzac, zone d'activité de la Devèze. Dans le cadre de cette opération plusieurs sources ont fait l'objet d'un suivi avec la mise en place de matériels spécifiques (préleveur automatique, fluorimètre). Lors de la réalisation d'un traçage 3 postes de dépenses sont à différencier, le colorant, le temps passé par les techniciens sur le terrain (injection, suivi) et les analyses en laboratoire des échantillons.

Depuis plusieurs années et notamment depuis la réalisation de l'étude hydrogéologique du Causse Noir le PNRGC entretient d'excellentes relations avec les groupes de spéléologues locaux. A ce titre plusieurs cavités ont été proposées pour un traçage éventuel afin de consolider la connaissance hydrogéologique sur le Larzac.

Dans ce cadre, l'aven des 4 vents a été proposé car il présente plusieurs intérêts : il est situé à proximité du bassin d'alimentation de la source de l'Espérelle (AEP de la commune de Millau) sa protection peut-être est stratégique pour la commune. D'autre part, le réseau connu se développe dans un axe nord-sud (direction Espérelle) mais une deuxième partie se dirige sur un axe est-ouest (source de Laumet). Pour finir, c'est l'aven le plus profond du Larzac - 421m soit une altitude de 412m NGF environ, il atteint presque la zone noyée de l'aquifère, l'émergence de la source de l'Espérelle est située pour sa part à 392m NGF.

Tenant compte de ces éléments et assurant déjà le travail de terrain, le PNRGC en a profité pour essayer de mutualiser les moyens et ainsi réduire le coût du traçage.

Un groupe de spéléologues a été contacté pour la partie injection dans l'aven et la commune de Millau a pris en charge le coût des analyses laboratoire. Sans cette coopération l'opération n'aurait certainement pas eu lieu.

Voici donc les résultats de ce traçage qui a été réalisé en même temps que celui situé à la Cavalerie le secteur Nord Larzac.

2. Protocole mis en place

2.1. Sélection des points d'injection

Un groupe de spéléologues a réalisé l'injection directement dans une perte active du réseau à -421 m sous terre.



Figure 1 : Territoire de l'étude et point d'injection

	X	Y	Z en m
Aven des 4 vents	715951.059	6331602.684	412 (-421 de la surface)

Tableau 1 : Coordonnées (Lambert 93) du point d'injection

2.2. Sélection des points de suivi

En sus de la source de l'Espérelle, les sources dont le bassins d'alimentation est directement mitoyen ou proche a fait l'objet d'un suivi. Il s'agit des sources de Laumet et Riou Ferrant amont et Riou Ferrant aval. Le tableau ci-dessous dresse le récapitulatif du suivi.

Sur ces 4 points, 1 bassin d'alimentation fait l'objet d'un suivi en continu des débits par les services du Parc Naturel Régional des Grands Causses, il s'agit de la source de l'Espérelle.

Point d'injection	Source Visé	Source suivies	Matériel	Distance en Km	Mesure Débit	Usage AEP	Traceur/kg
Aven 4 vents	Espérelle	Espérelle	Préleveur/Fluorimètre	4.3	oui	oui	Sulfo B/ 4 Kg
		Laumet	Manuel journalier	3.8	non	oui	
		Riou Ferrant amont	Manuels	5.1	non	non	
		Riou Ferrant aval	Fluorimètre/manuels	5.5	non	non	

Tableau 2 : Récapitulatif du suivi du traçage

2.3. Sélection du traceur et technique d'injection

Afin de réaliser les 2 traçages dans les meilleurs délais et optimiser le suivi en matière de moyens humains, matériels et coûts analytiques, nous avons réalisé un multi-traçages.

Le multi-traçage consiste à injecter simultanément plusieurs colorants. Dans le cas présent, deux colorants.

La première injection s'est concentrée sur le secteur Est où l'on a utilisé de la fluorescéine, la deuxième injection à l'aven des 4 vents s'est concentrée sur le secteur ouest.

Dans un souci d'optimisation de la restitution du traceur, le Parc a utilisé de la fluorescéine (ou Uranine) au vu de ses caractéristiques intrinsèques qui en font le colorant le plus performant pour ce genre d'essai comme pour la sulforhodamine B et comme deuxième traceur la sulforhodamine B pour ses propriétés garantissant l'absence d'interaction entre les deux colorants au moment de l'analyse spectrophotométrique au laboratoire.

La masse de traceur à injecter est directement calculée en tenant compte du milieu et de la distance entre le point d'injection et le point de restitution présumé. Les conditions d'infiltration du traceur jouent un rôle prépondérant dans la restitution du colorant à la source.

L'injection doit s'effectuer de manière instantanée dans la mesure du possible (quelques minutes à quelques dizaines de minutes) afin de simuler une réponse impulsionnelle de type "impulsion de Dirac".

Au préalable les colorants auront été mélangés dans de l'eau afin d'éviter tout effet de paquet et améliorer la diffusion dans le milieu.

Une mise en eau du système karstique avant injection et après injection (pour pousser le colorant) est généralement nécessaire. Les conditions d'écoulement dans la cavité a permis ici d'injecter directement le colorant sans apport d'eau complémentaire.

3. Injections et suivi de la restitution

3.1. Injections Aven des 4 vents

L'injection a eu lieu le 09/02/2020 à 12h42 TU. Un débit constant d'environ 3 l/s a participé au bon écoulement du colorant dans le milieu.

D'un point de vue hydrologique nous étions en pleine décrue au moment de l'injection. Compte tenu de ces conditions on pouvait s'attendre à des circulations rapides au sein de l'aquifère.

3.2. Suivis

Sur l'ensemble des sources, les suivis ont été adaptés selon le moyen et le temps. A chaque fois la source visée a fait l'objet d'un suivi plus fin à l'aide d'un fluorimètre de terrain permettant de détecter en temps réel l'arrivée du colorant. Mais en aucun cas il ne se substitue aux analyses en laboratoire.

Le protocole de suivi (cf. tableau ci-dessous) a permis un échantillonnage homogène. Le suivi a été effectué sur une période d'un mois.

Distance, km	Intervalle de récupération préleveur sur 32 jours de suivi						
	passage 1	passage 2	passage 3	passage 4	passage 5	passage 6	passage 7
>1	j 0 mise en place	j 2	j 8	j 14	j 20	j 26	j 32 fin du suivi
1-10	j 0 mise en place	j 4	j 12	j 20	j 28	j 32 fin du suivi	-
<10	j 0 mise en place	j 8	J 16	J 24	J 32 fin du suivi	-	

Tableau 3 : protocole de suivi

3.3. Analyses

L'analyse des échantillons a été confiée au laboratoire d'hydrogéologie du CETRAHE d'Orléans. La détection de la fluorescéine est réalisée par spectrofluorimétrie. Cette technique permet de détecter des teneurs très basses, jusqu'à 0.002 µg/L et de corriger les effets d'éventuels bruits de fond parasites.

De plus, la réalisation sur certains échantillons d'un spectre d'émission et d'un spectre d'excitation permet de confirmer sans aucune ambiguïté l'origine de la fluorescence et donc la présence de notre traceur dans l'échantillon.

4. Restitutions et interprétations

L'ensemble des résultats d'analyses sont disponibles en **Annexe I**

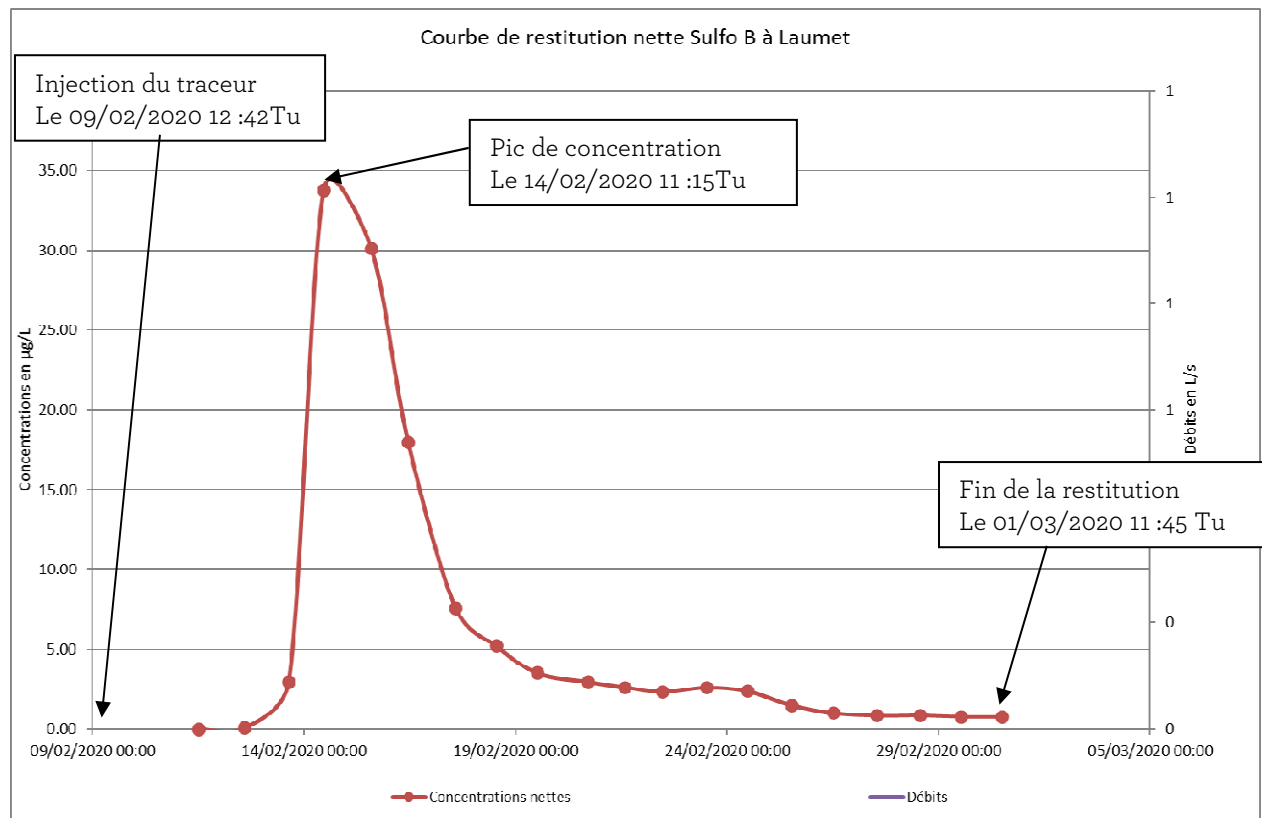
4.1.1. Source de Laumet

Le 14/02/2020 à 8h TU le colorant est nettement visible à la source de Laumet, coloration caractéristique de la sulforhodamine B. L'observation est faite par le propriétaire de la source.



Figure 2 : Source de Laumet le 14/02/2020 restitution de la sulfo B

Les analyses au laboratoire, spectre d'émission et d'excitation valident la présence de Sulfo B. L'interprétation du traçage se fera à partir des données du laboratoire.



Graphique 1 : Restitution Sulforhodamine B à Laumet, données laboratoire

La courbe de restitution du traceur est classique au sens où elle ne présente aucune singularité. Il y a un seul pic de restitution et il est très bien structuré. On observe le début de la restitution le 12/02/2020 à 14hTU, soit 3 jours après l'injection.

On considère la fin de la restitution à la date du 01/03/2020 11h45TU, soit 21 jours après l'arrivée du traceur.

La vitesse d'apparition du traceur est de 52 m/h et la vitesse modale est de 32 m/h, ce qui correspond à des circulations assez lentes compte tenu du contexte de décrue.

4.1.2. Source de l'Espérelle

Malgré une restitution avérée à la source de Laumet, une série de spectre d'émission et d'excitation ont été réalisés pour s'assurer de l'absence de phénomènes de diffluentes. **Tous sont négatifs.**

Aucune trace du colorant à la source de l'Espérelle.

4.1.3. Synthèse restitution

Source de Laumet	
Injection le	09/02/2020 12h42
Lieu d'injection	Aven 4 vents -421m
Traceur	Sulfo B
Restitution	Source de Laumet
Distance apparente	3800 m
Masse injectée en g	4000 g

Temps	
Apparition traceur	73 h / 3 jours
Disparition traceur	503 h / 21 jours
Durée de restitution	430h / 18 jours
Temps moyen de séjour	-
D.T.S max	-

Vitesse	
Vitesse d'apparition	52 m/h
Vitesse moyenne	-
Vitesse modale	32 m/h

Concentration et dilution	
Concentration maxi	33.78 µg/L
Dilution unitaire	-
Volume de Allen	-
Section de Allen	-

Tableau 4 : fiche synthèse traçage aven des 4 vents

5. Conclusions

Le traçage de l'aven de 4 vents réalisé en partenariat avec les spéléologues a permis de confirmer les limites du bassin d'alimentation de l'Espérelle et son Périmètre de Protection Rapprochée associé.

Le traceur a bien été retrouvé à la source de Laumet au bout de 3 jours avec une vitesse d'apparition de 52 m/h.

Ces résultats viennent abonder la connaissance de ce bassin de l'Espérelle qui au fur et à mesure des traçages effectués depuis plusieurs années devient plus précis (cf. carte jointe).

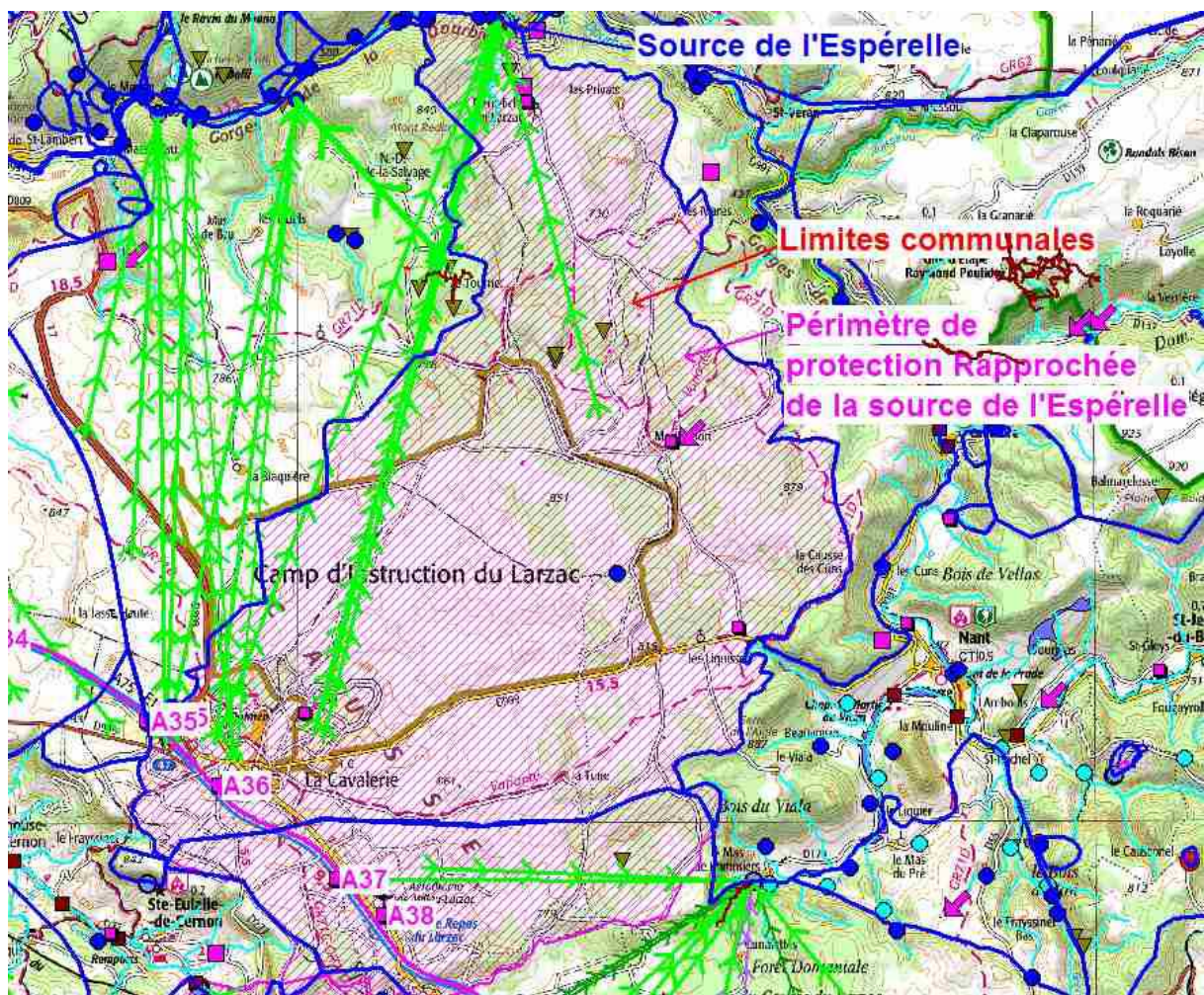


Figure 3 : Périmètre de Protection Rapprochée de la source Espérelle et bassins d'alimentation (en bleu)

Traçages afin de redéfinir les limites des bassins hydrogéologiques des sources captées pour l'alimentation en eau potable de l'Espérelle et de Laumet

La partie sud du bassin de l'Espérelle est maintenant plus réduite avec une redéfinition du bassin d'alimentation du Durzon. De la même façon, les nombreux traçages effectués au niveau de la zone d'activités de la Cavalerie montrent que cette zone fait partie des bassins de Riou Ferrand et Laumet.

Une redéfinition du Périmètre de Protection Rapprochée apparaît donc judicieuse. Auparavant et avant de lancer cette procédure, la réalisation de 2 ou 3 traçages complémentaires permettraient de bien cerner les limites du bassin et notamment dans la partie Est et Nord-Est.

ANNEXES I

Analyses Laboratoire

Traçages afin de redéfinir les limites des bassins hydrogéologiques des sources captées pour l'alimentation en eau potable de l'Espérelle et de Laumet

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Temps relatif en min	Conc. Brute en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
Traçage									
Date d'injection	09/02/2020 12:42								
Point d'injection	Aven des 4 vents								
Traceur	Sulfo B								
Masse injectée	4 Kg								
Lieu de prélèvement	Laumet								
Série 1	L1		1	7/2/20 11:00	-2982		négatif	négatif	0.000
	L2		2	8/2/20 12:00	-1482		négatif	négatif	0.000
	L3		3	9/2/20 10:45	-117		négatif	négatif	0.000
	L4		4	10/2/20 14:00	1518		négatif	négatif	0.000
	L5		5	11/2/20 12:15	2853	0.102	négatif	négatif	0.000
	L6		6	12/2/20 14:00	4398	0.186	positif faible	positif faible	0.086
	L7		7	13/2/20 15:15	5913	3.096			2.996
traceurs visible à l'œil nu	L8		8	14/2/20 11:15	7113	33.882			33.782
	L9		9	15/2/20 14:00	8718	30.230			30.130
	L10		10	16/2/20 11:00	9978	18.095			17.995
	L11		11	17/2/20 14:00	11598	7.675			7.575
	L12		12	18/2/20 13:00	12978	5.325			5.225
	L13		13	19/2/20 12:15	14373	3.619			3.519
	L14		14	20/2/20 17:15	16113	3.067			2.967
	L15		15	21/2/20 13:45	17343	2.742			2.642
	L16		16	22/2/20 11:15	18633	2.451			2.351
	L17		17	23/2/20 12:15	20133	2.713			2.613
	L18		18	24/2/20 11:30	21528	2.488			2.388
	L19		19	25/2/20 12:30	23028	1.608			1.508
	L20		20	26/2/20 12:30	24468	1.109			1.009
	L21		21	27/2/20 13:00	25938	0.956			0.856
	L22		22	28/2/20 13:30	27408	0.969			0.869
	L23		23	29/2/20 12:30	28788	0.896			0.796
	L24		24	1/3/20 11:45	30183	0.881			0.781

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Temps relatif en min	Conc. Brute en ng/mL	C° brute corrigée en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C° nette en ng/mL
Date d'injection 09/02/2020 12:42										
Point d'injection Aven des 4 vents										
Traceur Sulfo B										
Masse injectée 4 Kg										
Lieu de prélèvement Espérelle										
Série 1	E1-1		1	7/2/20 15:00	-2742					0.000
	E1-2		2	8/2/20 2:00	-2082					0.000
	E1-3		3	8/2/20 13:00	-1422			négatif	négatif	0.000
	E1-4		4	9/2/20 0:00	-762					0.000
	E1-5		5	9/2/20 11:00	-102					0.000
	E1-6		6	9/2/20 22:00	558					0.000
	E1-7		7	10/2/20 9:00	1218			négatif	négatif	0.000
	E1-8		8	10/2/20 20:00	1878					0.000
	E1-9		9	11/2/20 7:00	2538			négatif	négatif	0.000
	E1-10		10	11/2/20 18:00	3198					0.000
	E1-11		11	12/2/20 5:00	3858			négatif	négatif	0.000
	E1-12		12	12/2/20 16:00	4518					0.000
	E1-13		13	13/2/20 3:00	5178			négatif	négatif	0.000
	E1-14		14	13/2/20 14:00	5838					0.000
	E1-15		15	14/2/20 1:00	6498			négatif	négatif	0.000
	E1-16		16	14/2/20 12:00	7158					0.000
	E1-17		17	14/2/20 23:00	7818			négatif	négatif	0.000
	E1-18		18	15/2/20 10:00	8478					0.000
	E1-19		19	15/2/20 21:00	9138			négatif	négatif	0.000
	E1-20		20	16/2/20 8:00	9798					0.000
	E1-21		21	16/2/20 19:00	10458			négatif	négatif	0.000
	E1-22		22	17/2/20 6:00	11118					0.000
	E1-23		23	17/2/20 17:00	11778					0.000
	E1-24		24	18/2/20 4:00	12438			négatif	négatif	0.000
	E2-Manuel		Manuel	18/2/20 8:10	12688					0.000
Série 2	E2-1		1	18/2/20 20:00	13398					0.000
	E2-2		2	19/2/20 7:00	14058			négatif	négatif	0.000
	E2-3		3	19/2/20 18:00	14718					0.000
	E2-4		4	20/2/20 5:00	15378			négatif	négatif	0.000
	E2-5		5	20/2/20 16:00	16038					0.000
	E2-6		6	21/2/20 3:00	16698					0.000
	E2-7		7	21/2/20 14:00	17358			négatif	négatif	0.000
	E2-8		8	22/2/20 1:00	18018					0.000
	E2-9		9	22/2/20 12:00	18678			négatif	négatif	0.000
	E2-10		10	22/2/20 23:00	19338					0.000
	E2-11		11	23/2/20 10:00	19998					0.000
	E2-12		12	23/2/20 21:00	20658			négatif	négatif	0.000
	E2-13		13	24/2/20 8:00	21318					0.000
	E2-14		14	24/2/20 19:00	21978			négatif	négatif	0.000
	E2-15		15	25/2/20 6:00	22638					0.000
	E2-16		16	25/2/20 17:00	23298					0.000
	E2-17		17	26/2/20 4:00	23958			négatif	négatif	0.000
	E2-18		18	26/2/20 15:00	24618					0.000
	E2-19		19	27/2/20 2:00	25278			négatif	négatif	0.000
	E2-20		20	27/2/20 13:00	25938					0.000
	E2-21		21	28/2/20 0:00	26598			négatif	négatif	0.000
	E2-22		22	28/2/20 11:00	27258					0.000
	E2-23		23	28/2/20 22:00	27918			négatif	négatif	0.000
	E2-24		24	29/2/20 9:00	28578					0.000
	E2-Manuel		Manuel	2/3/20 8:40	31438			négatif	négatif	0.000

ANNEXES II

Fiche de Synthèse du traçage

Condition d'injection : Aven des 4 vents -421m

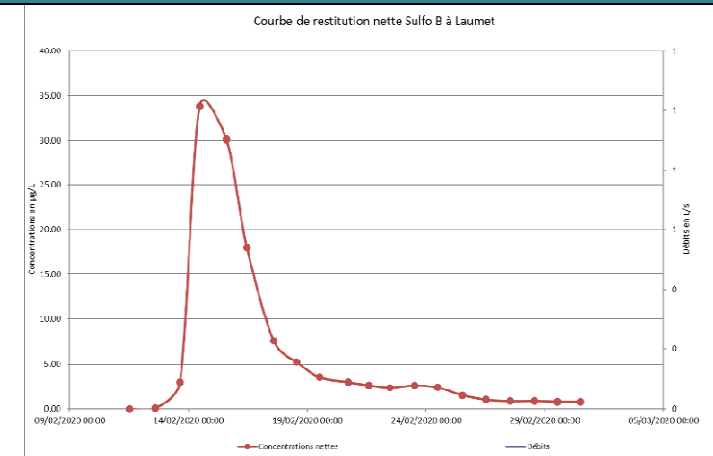
Commune et département : Millau (12)

Point d'injection	X (Lambert 93)	Y (Lambert 93)	Z (en m)	Traceur	Masse (g)	Heure injection
Aven 4 vents	715862.898	6331504.894	412	Sulfo B	4 000	12 :42 Tu

Point de suivi	X (Lambert 93)	Y (Lambert 93)	Traceur restitué	Type de restitution
Moulin de Laumet	713330.184	713330.184	Sulforhodamine B	Visuelle le 14/02/20 pdt 48h env
Espérelle	716751.879	6335787.427		

Résultats et interprétation	
Lieu d'injection	Aven des 4 vents
Date de l'injection	09/02/2020 12 :42 Tu
Traceur utilisé	Sulfo B
Restitution	Source de Laumet
Distance apparente (m)	3800
Masse injecté (g)	4 000
Temps	
Apparition du traceur (j)	73h / 3 jours
Disparition du traceur	503h / 21 jours
Durée de restitution (h)	430h / 18 jours
Vitesse	
Vitesse d'apparition (m/h)	52 m/h
Vitesse modale (m/h)	32 m/h
Concentration et dilution	
Concentration max (ug/l)	33.78 µg/l

Courbes de restitution du traceur - DTS



Carte de restitution du traçage

