



# Gestion du risque pour la santé publique : réalisation de traçages en aval des bassins de décantations A38, A39, A40 et A41 situés sur des périmètres de protection de sources captées pour l'alimentation en eau potable

Causse du Larzac  
Bassin du Durzon

Etude réalisée par le Pôle ressources naturelles et biodiversité du Parc  
naturel régional des Grands Causses

Juillet 2020



Direction interdépartementale  
des routes Massif Central

## Sommaire

1.	Contexte et objectifs .....	4
2.	Protocole mis en place .....	5
2.1.	Sélection des points d'injection .....	5
2.2.	Sélection des points de suivi .....	9
2.3.	Sélection du traceur et technique d'injection .....	9
3.	Injections et suivi de la restitution .....	10
3.1.	Injections .....	10
3.1.1.	Condition hydro climatique.....	10
3.1.2.	Bassin A 38.....	11
3.1.3.	Bassin A 39.....	12
3.1.4.	Bassin A40.....	13
3.1.5.	Bassin A41.....	14
3.2.	Suivis.....	15
3.3.	Analyses.....	15
4.	Restitutions et interprétations .....	16
4.1.	Traçage bassin A38 .....	16
4.1.1.	Source du Durzon .....	16
4.1.2.	Source du Cernon .....	18
4.1.3.	Synthèse restitution .....	19
4.2.	Traçage Bassin A39 .....	20
4.2.1.	Source du Durzon .....	20
4.2.2.	Source du Cernon .....	22
4.2.3.	Synthèse restitution .....	22
4.3.	Traçage bassin A 40 .....	23
4.3.1.	Source du Durzon .....	23
4.3.2.	Source du Cernon .....	25
4.3.3.	Synthèse restitution .....	25
4.4.	Traçage bassin A 41 .....	26
4.4.1.	Source du Durzon .....	26
4.4.2.	Source du Cernon .....	28
4.4.3.	Synthèse restitution .....	28
5.	Conclusions.....	29
5.1	Limites des bassins d'alimentations .....	29

5.2 Eléments hydrogéologiques .....	29
Ces différences de comportements et de résultats seront à prendre en compte lors d'une pollution accidentelle. Les mesures à prendre seront proportionnées suivant le bassin concerné. ....	30
ANNEXES I.....	31
ANNEXES II.....	36

## Liste des figures

Figure 1 – Territoire de l'étude et localisation des points d'injection A38 A39 A40 A41.....	6
Figure 2– Vue Aérienne bassin A38 (rond orange infiltration).....	7
Figure 3– Vue Aérienne bassin A39 (rond orange infiltration).....	7
Figure 4– Vue Aérienne bassin A40 (rond orange infiltration).....	8
Figure 5 – Vue Aérienne bassin A41 (rond orange infiltration) .....	8
Figure 6– injection, le 16/04/2019, de 6 kg de fluorescéine .....	11
Figure 7 – injection, le 22/10/2019, de 6 kg de sulforhodamine B.....	12
Figure 8– injection, le 22/10/2019, de 6 kg de fluorescéine.....	13
Figure 9– injection, le 29/05/2019, de 4.5 kg de fluorescéine .....	14

## Tableaux

Tableau 1 – Coordonnées (Lambert 93) des points d'injection.....	7
Tableau 2 – Récapitulatif du suivi des traçages.....	9
Tableau 3 - protocole de suivi des points institués.....	15
Tableau 4 - fiche synthèse traçage bassin A38.....	19
Tableau 5 - fiche synthèse traçage bassin A39.....	22
Tableau 6 - fiche synthèse traçage bassin A40 .....	25
Tableau 7 - fiche synthèse traçage bassin A41.....	28
Tableau 8 - synthèse des 4 traçages .....	29

## Graphiques

Graphique 1 – Pluviométrie à la cavalerie et débit au Durzon .....	10
Graphique 2 - Restitution Fluorescéine au Durzon, données fluorimètre T-A38.....	16
Graphique 3 - Courbe de restitution de la fluorescéine à la source du Durzon T-A38.....	17
Graphique 4 - Courbe de restitution de la Sulforhodamine B à la source du Durzon T-A39 .....	20
Graphique 5 - Courbe de restitution de la fluorescéine à la source du Durzon T-A40.....	23
Graphique 6 - Courbe de restitution de la fluorescéine à la source du Durzon T-A41 .....	26
Graphique 7 - DTS des 4 traçages.....	30

## 1. Contexte et objectifs

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la poursuite du partenariat entre le Parc Naturel Régional des Grands Causses et la Direction Interdépartementale des Routes (DIR) du Massif Central. L'autoroute A75 traverse le Causse du Larzac du Nord au Sud, en passant sur plusieurs bassins d'alimentation de sources karstiques dont certaines sont utilisées pour l'AEP (alimentation en eau potable).

Tout au long de l'A75 sont disposés régulièrement des bassins de rétention qui ont pour fonction de recueillir les eaux de pluie souillées de la plateforme autoroutière. La rétention dans les bassins a pour but de traiter les eaux avant relargage dans le milieu.

En cas de déversement accidentel de produits polluants sur l'autoroute, la totalité ou une partie du polluant sera stocké dans ces bassins de rétention et en cas de dysfonctionnement (problème de vanne, fermeture non fonctionnelle, etc..) une partie du polluant pourrait partir dans le milieu naturel et rejoindre l'aquifère karstique concerné.

Il s'agit donc de constituer un pollutogramme qui permettra, en cas de départ intempestif de polluant dans le milieu naturel depuis ces bassins, de prendre les mesures de sécurisation nécessaires pour les syndicats et collectivités concernés. C'est donc bien une gestion du risque pour la santé publique. Il s'agit également de vérifier l'appartenance du bassin de décantation concerné au bassin d'alimentation de la source concernée.

L'obtention du pollutogramme spécifique à chaque bassin de décantation permettra d'appréhender les dépassements possibles des normes de potabilité, la durée de ce dépassement, la concentration liée à ce dépassement.

Du fait de leur nombre important, tous les bassins de rétention de l'autoroute ne pourront pas faire l'objet d'une étude avec réalisation d'un traçage. Les bassins situés sur des aires d'alimentation de source servant à l'Alimentation en Eau Potable (AEP) sont prioritaires.

## 2. Protocole mis en place

### 2.1.Sélection des points d'injection

Pour cette tranche, en accord avec la DIR nous avons sélectionné quatre bassins de rétention. Les bassins retenus sont l'A38, A39, A40 et A41 sur le Causse du Larzac, ils sont situés sur le bassin d'alimentation du Durzon (Cf. Carte n°1).

Le bassin d'alimentation de la source du Durzon étant relativement bien défini sur ce secteur, l'objectif n'est pas de l'affiner mais réellement de connaître les paramètres hydrodynamiques du « karst » derrière les bassins de rétention, pour pouvoir agir efficacement en cas de pollution.

Au niveau des quatre bassins l'injection a été réalisée directement en sortie d'ouvrage dans la zone d'infiltration.

A noter qu'une première tentative de traçage a été réalisée au niveau du bassin A39. L'injection a été effectuée directement dans le bassin de rétention où l'on suspectait des fuites importantes. Ce traçage n'ayant pas donné de résultat il a été refait en sortie d'ouvrage.

Ces points d'injection correspondent en général à des infiltrations privilégiées dans le système karstique et permettent de simuler une éventuelle pollution depuis les bassins de rétention.

*Traçages des bassins de décantations A38, A39, A40 et A41 bassin hydrogéologique de la source captées du Durzon*

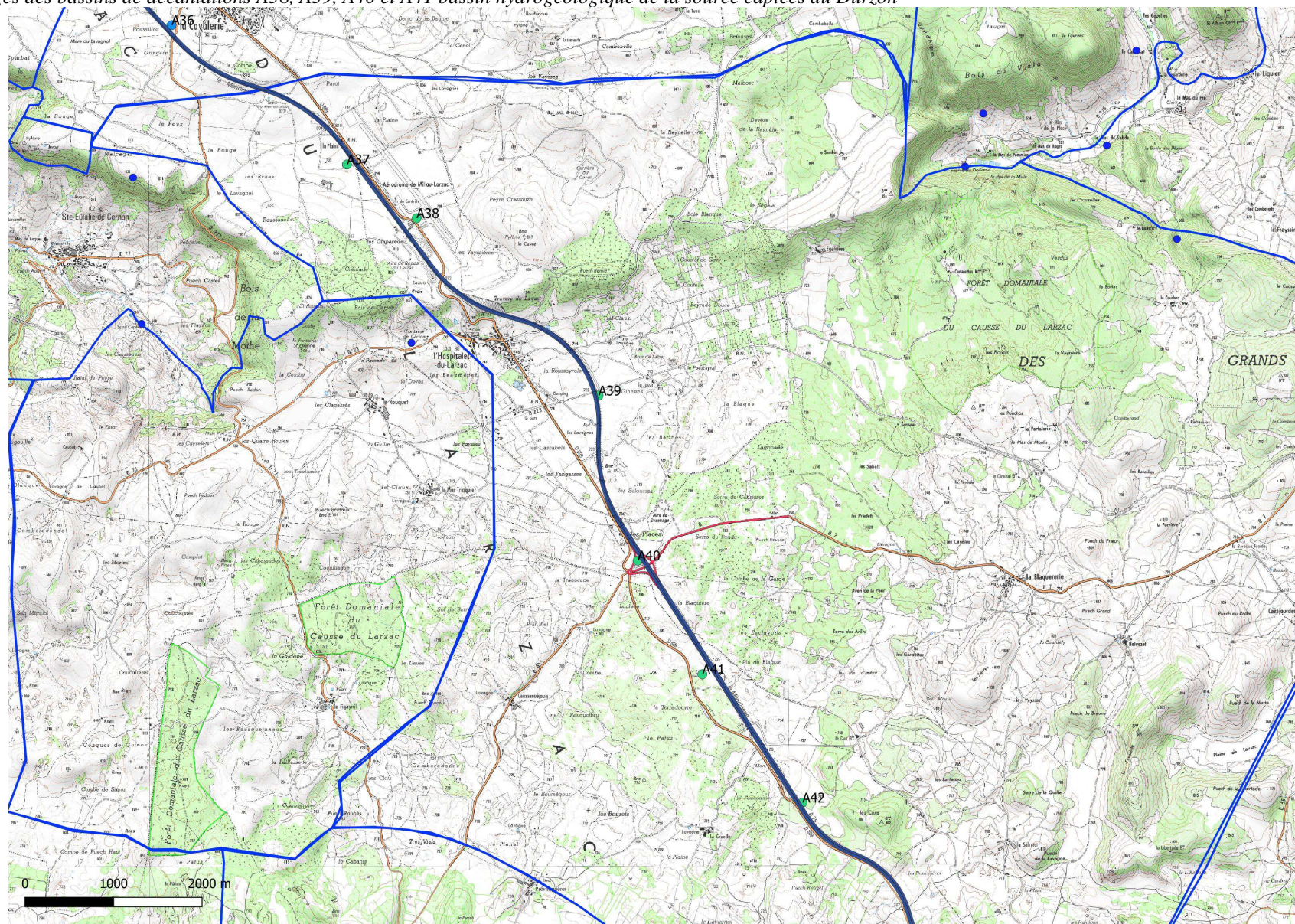


Figure 1 – Territoire de l'étude et localisation des points d'injection A38 A39 A40 A41

	X	Y	Z en m
A38	714 793.674	6 320 777.314	794
A39	716 867.674	6 318 775.852	719
A40	717 292.952	6 316 870.303	709
A41	717 980.97	6 315 650.1	716

Tableau 1 – Coordonnées (Lambert 93) des points d'injection

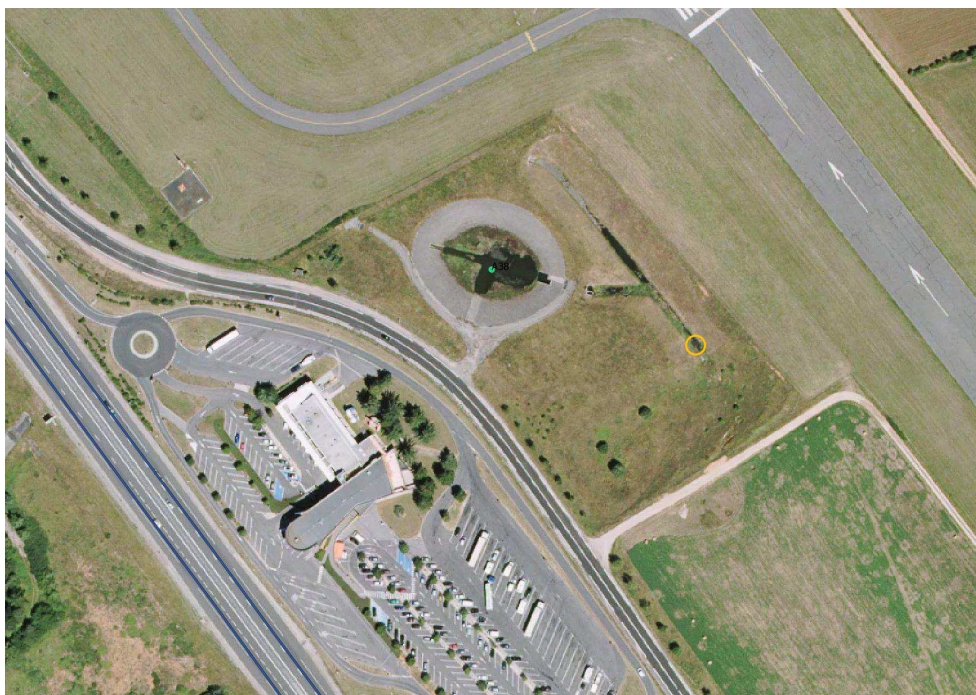


Figure 2- Vue Aérienne bassin A38 (rond orange infiltration)

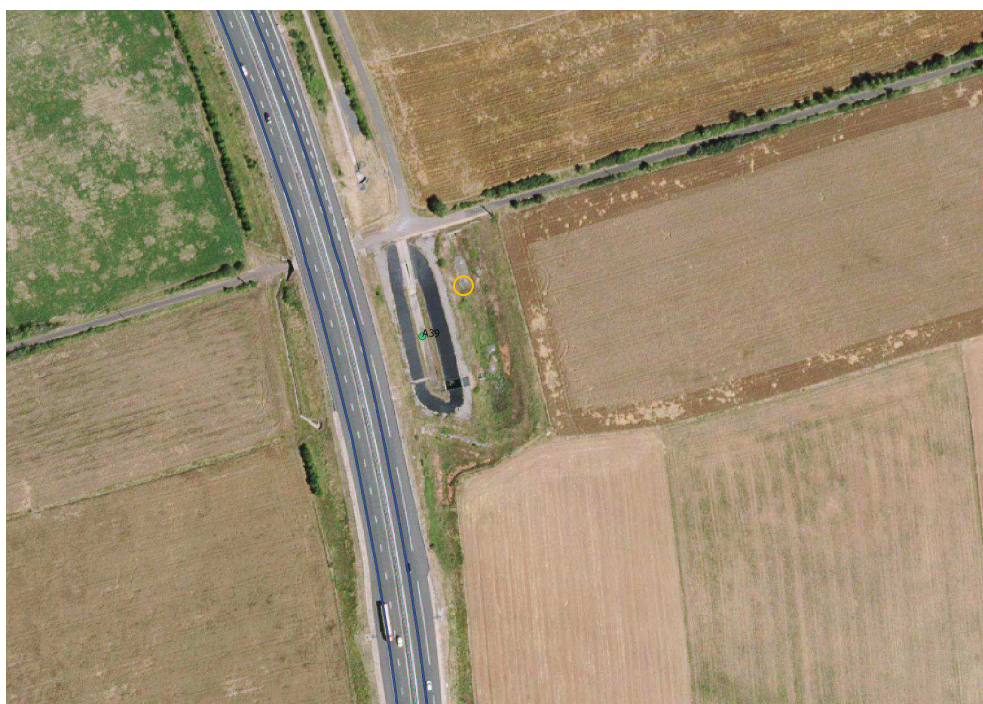


Figure 3- Vue Aérienne bassin A39 (rond orange infiltration)



Figure 4- Vue Aérienne bassin A40 (rond orange infiltration)

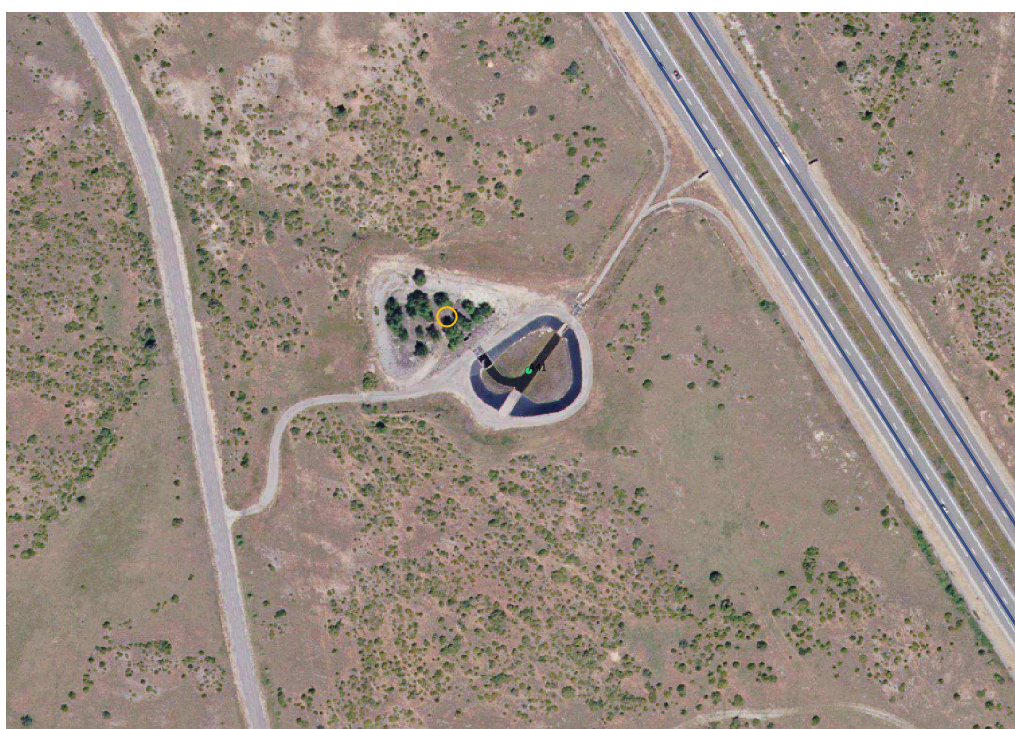


Figure 5 - Vue Aérienne bassin A41 (rond orange infiltration)

## 2.2. Sélection des points de suivi

En sus de la source du Durzon qui est visée, la source du Cernon dont le bassin d'alimentation est mitoyen a fait également l'objet d'un suivi. Le tableau ci-dessous dresse le récapitulatif complet du suivi.

Ces deux sources font l'objet d'un suivi en continu des débits par les services du Parc naturel régional des Grands Causses.

Point d'injection	Source Visée	Sources suivies	Distance en m	Mesure Débit	Usage AEP	Traceur/kg
A 38	Durzon	Durzon	6184	oui	oui	Fluorescéine 6 kg
		Cernon	3368	oui	non	
A 39	Durzon	Durzon	4832	oui	oui	Sulforhodamine b 6 kg
		Cernon	5264	oui	non	
A 40	Durzon	Durzon	5810	oui	oui	Fluorescéine 6 kg
		Cernon	6244	oui	non	
A 41	Durzon	Durzon	6450	oui	oui	Fluorescéine 4.5 kg
		Cernon	7420	oui	non	

Tableau 2 – Récapitulatif du suivi des traçages

## 2.3. Sélection du traceur et technique d'injection

Afin de réaliser les 4 traçages dans les meilleurs délais et optimiser le suivi en termes de moyens humains, matériels et coûts analytiques, nous avons réalisé des multi-traçages. Le multi-traçage consiste à injecter simultanément plusieurs colorants, dans le cas présent, deux colorants.

Le premier multi-traçage s'est concentré sur le nord de la zone d'étude avec comme point d'injection les bassins A38 et A39.

Le second multi-traçage devait quant à lui à couvrir la partie sud, avec les points d'injection des bassins A40 et A41.

Dans un souci d'optimisation de la restitution du traceur, le Parc a utilisé de la fluorescéine (ou Uranine) en raison de ses caractéristiques intrinsèques qui en font le colorant le plus performant pour ce genre d'essai 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.

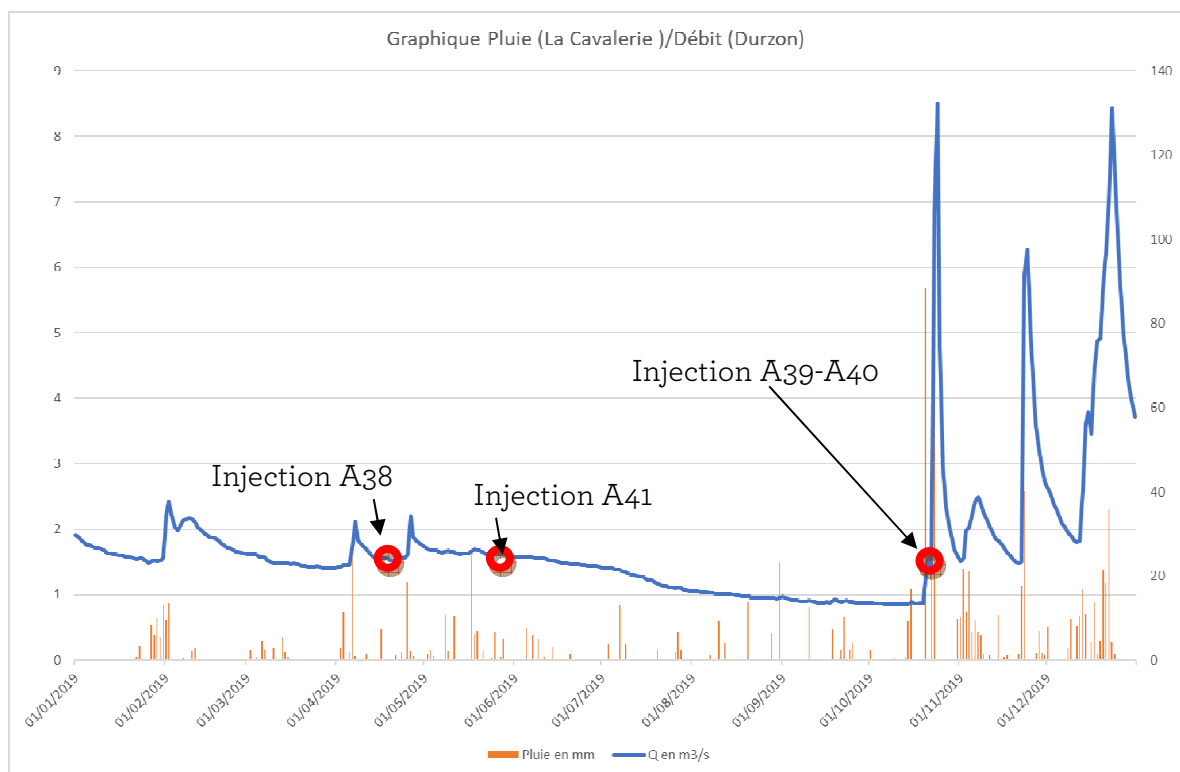
Une mise en eau du système karstique avant injection et après injection (pour pousser le colorant) est nécessaire.

L'eau stockée au préalable dans les bassins de rétention a été utilisée. Un camion-citerne a été nécessaire pour le bassin A41 qui n'était pas étanche.

### 3. Injections et suivi de la restitution

#### 3.1. Injections

##### 3.1.1. Condition hydro climatique



Graphique 1 – Pluviométrie à la cavalerie et débit au Durzon

### **3.1.2. Bassin A 38**

L'injection a eu lieu le 16/04/2019 à 15h20 TU.

Le bassin A38 a préalablement été fermé. Une fois rempli, son volume utile (environ 800 m<sup>3</sup>) a servi à remettre en eau le système et a poussé le colorant.

Les conditions d'infiltration ont été excellentes. L'injection s'est réalisée 20 min après l'ouverture du bassin. Durant cette période un linéaire d'environ 50 m s'est remis en eau avec une infiltration totale des écoulements dans une perte.

Au moment de l'injection la situation hydrologique s'apparente à une période de moyenne eau après une crue de faible importance. Début du mois de mai, suite à des précipitations, une nouvelle crue se produit.



Figure 6– injection, le 16/04/2019, de 6 kg de fluorescéine

### **3.1.3. Bassin A 39**

Le traçage du Bassin A39 a été réalisé deux fois.

Une première fois le 16/04/2019 à 14h20 TU, une injection de 7Kg de Sulforhodamine B a été réalisée directement dans le bassin, avec un apport de 12 m<sup>3</sup> d'eau plus un léger écoulement dans le bassin lié à de faibles précipitations le jour de l'injection.

L'hypothèse étant que des fuites sont présentes dans le bassin car celui-ci n'arrive pas à se mettre en charge. Ce traçage n'a donné lieu à aucune restitution.

La deuxième injection a été réalisée le 22/10/2019 à 12 :50 TU dans le cadre d'un multi traçage avec le bassin A 40.

Les conditions d'infiltration ont été excellentes. L'injection a eu lieu au début d'un orage, le bassin de rétention déborde et l'injection s'est réalisée dans une des deux pertes actives de la zone d'infiltration. La totalité du colorant s'est infiltrée en moins de 5 min.

Nous sommes en période de reprise de cycle hydrologique avec un important épisode Cévenol. On a enregistré 236 mm de pluie entre le 20/10 et 23/10. On peut s'attendre à des circulations très rapides au sein de l'aquifère.



Figure 7 – injection, le 22/10/2019, de 6 kg de sulforhodamine B

### **3.1.4. Bassin A40**

L'injection a eu lieu le 22/10/2019 à 12h30 TU.

Le bassin A40 a préalablement été fermé, une fois rempli, son volume utile (environ 1000 m<sup>3</sup>) a servi à remettre en eau le système et a poussé le colorant.

Les conditions d'infiltration son qualifiées de moyenne. L'injection a lieu au début d'un orage, la zone d'infiltration du bassin était déjà partiellement en eau, ce qui traduit une infiltration diffuse peu rapide.

Nous sommes en période de reprise de cycle hydrologique avec un important épisode Cévenol, on a enregistré 236 mm de pluie entre le 20/10 et 23/10. On s'attend à des circulations rapides au sein de l'aquifère.



Figure 8- injection, le 22/10/2019, de 6 kg de fluorescéine

### **3.1.5. Bassin A41**

L'injection a eu lieu le 29/05/2019 à 09h00 TU.

Le bassin A41 n'étant pas étanche il n'a pas été possible de le remplir pour l'utiliser lors de l'injection. Il a fallu faire appel à des camions citernes. Il y a eu deux rotations soit un volume total d'environ 24 m<sup>3</sup> qui a servi à remettre en eau le système et a poussé le colorant.

Les conditions d'infiltration ont été bonnes. Une demi-cuve a été vidée pour remettre en eau le système et tenter d'identifier une zone d'infiltration préférentielle. On a observé une légère mise en charge (cf. photo ci-dessous). Même si l'on n'a pas détecté de perte active, on a pu constater plusieurs zones avec beaucoup de bulles laissant penser que l'infiltration est correcte. C'est le cas entre les deux rotations du camion (35 min) la totalité du colorant s'est infiltrée.

Nous sommes au début de la période d'étiage et il n'y a pas de précipitations significatives. Si le volume d'eau utilisé n'est pas suffisant les conditions de circulation au sein de l'aquifère risquent d'être mauvaises.



Figure 9- injection, le 29/05/2019, de 4.5 kg de fluorescéine

### 3.2. Suivis

Sur l'ensemble des sources, les suivis ont été effectués à minima à l'aide de préleveurs automatiques. 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						
	<i>passage</i> 1	<i>passage</i> 2	<i>passage</i> 3	<i>passage</i> 4	<i>passage</i> 5	<i>passage</i> 6	<i>passage</i> 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 des points institués

### 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

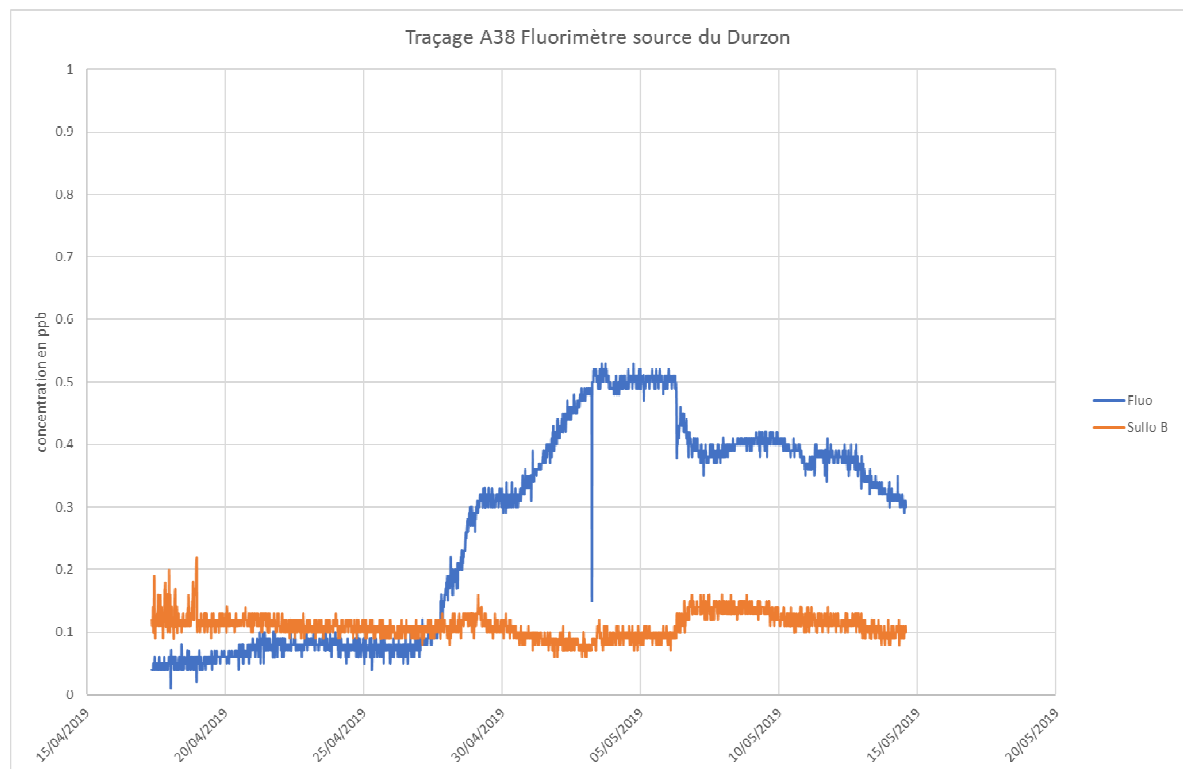
L'ensemble des résultats d'analyses sont disponibles en **Annexe I**

### 4.1. Traçage bassin A38

#### 4.1.1. Source du Durzon

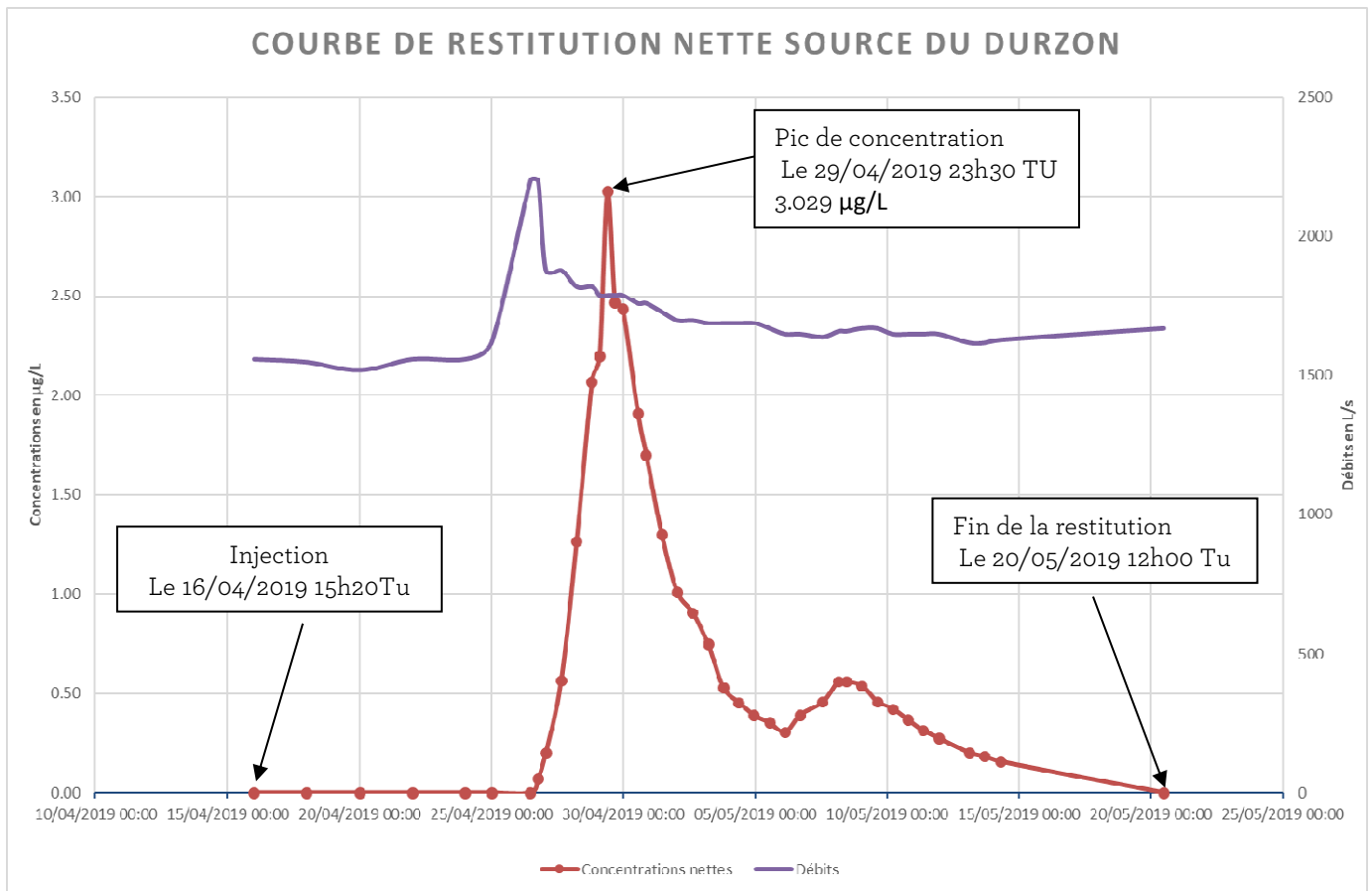
Le 30/04/2019 à 8h TU le colorant est légèrement visible à la source du Durzon. L'observation est faite par le pisciculteur du Mas de Pommier qui exploite la source.

Le Fluorimètre confirme la restitution du colorant à partir du 27/04/19 à 18 :18 TU. Le pic de concentration, **0.53 ppb**, est atteint le 03/05/2019 à 14h00 TU.



Graphique 2 - Restitution Fluorescéine au Durzon, données fluorimètre T-A38

Les analyses au laboratoire, spectre d'émission et d'excitation valident la présence de fluorescéine. L'interprétation du traçage se fera à partir des données du laboratoire, plus précises que le fluorimètre.



Graphique 3 - Courbe de restitution de la fluorescéine à la source du Durzon T-A38

La courbe de restitution du traceur est bimodale, elle présente deux pics, ce qui indique que du colorant a dû être remobilisé dans un second temps après l'injection. Les deux pics sont bien nets et la courbe de restitution bien structurée. On observe le début de la restitution le 26/04/2019 à 18h30 TU, soit environ 10 jours après l'injection.

**La vitesse d'apparition du traceur est de 25.5 m/h** et la vitesse moyenne de 17 m/h, ce qui correspond à des circulations lentes au sein de l'aquifère.

La Distribution du Temps de Séjour maximale (entendue comme une approche statistique du temps de transfert le plus court qui a le plus de probabilité de se répéter) est de 306 heures.

Sur 6 kg de traceur injectés, 2.08 kg ont été restitués, soit un taux de restitution de 35 %. Ce taux est correct compte tenu des conditions d'injection depuis la surface.

Le suivi s'est arrêté le 14/05/19 on extrapole donc la fin de la restitution à la date du 20/05/2019 12 :00, soit quasiment 24 jours après l'arrivée du traceur et un peu plus d'un mois après l'injection.

La dilution (le rapport entre la concentration du traceur injecté et la concentration restituée) est entièrement conditionnée par les conditions hydrologiques en cours au moment du transfert du traceur, et par conséquent d'un composé polluant. La dilution est plus élevée en hautes eaux qu'en basses eaux en raison des volumes d'eau disponibles dans les zones non saturées et noyées du karst.

La concentration maximale de traceur restituée à la source du Durzon est de 3.042 µg/L.

La dilution minimale est le rapport entre la concentration maximale du traceur identifiée au captage et sa concentration initiale (7500 µg/L) dans le volume d'eau servant à l'injection, dans notre cas environ 800 m<sup>3</sup>.

$$\text{Dilution minimale} = C_{\text{initiale}} / C_{\text{max}}$$

Le taux calculé est arrondi à 1/2 465. Une charge polluante injectée au même endroit, dans les mêmes conditions hydrologiques verra sa concentration diminuer d'un facteur 2 465. La valeur de dilution minimale est assez faible par rapport aux autres traçages réalisés.

La dilution unitaire est le rapport entre la masse initiale de traceur injectée et la concentration maximale du traceur mesurée à la source.

$$\text{Dilution unitaire} = \text{Masse}_{\text{initiale}} / C_{\text{max}}$$

Le taux de dilution calculé est de 1/1 972 386 588l<sup>-1</sup>. La masse de traceur injectée (6 kg) a vraisemblablement été diluée dans un volume de 1 972 386 m<sup>3</sup> pour expliquer sa concentration en restitution.

#### 4.1.2. Source du Cernon

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

#### 4.1.3. Synthèse restitution

Source du Durzon	
Injection le	16/04/19 15h20Tu
Lieu d'injection	Bassin A 38
Traceur	Fluorescéine
Restitution	Durzon
Distance apparente	6.2 Km
Masse injectée en g	6000
Masse restituée en g	2084
Taux de restitution	34.74%

Temps	
Apparition traceur	26/04/19 18h30
Disparition traceur	20/05/19 12h00
Temps modal	306 h / 12.7 jrs
Durée de restitution	570 h / 24 jrs
Temps moyen de séjour	390 h / 16.2 jrs
D.T.S max	306 h / 12.7 jrs

Vitesse	
Vitesse d'apparition	25.5 m/h
Vitesse moyenne	17 m/h
Vitesse modale	20.25 m/h
Vitesse apparente	15.9 m/h

Concentration et dilution	
Concentration maxi	3.029 µg/L
Dilution unitaire	1/1 972 386 588l <sup>-1</sup>
Volume de Allen	2 365 226 m3
Section de Allen	381.5 m2

Tableau 4 - fiche synthèse traçage bassin A38

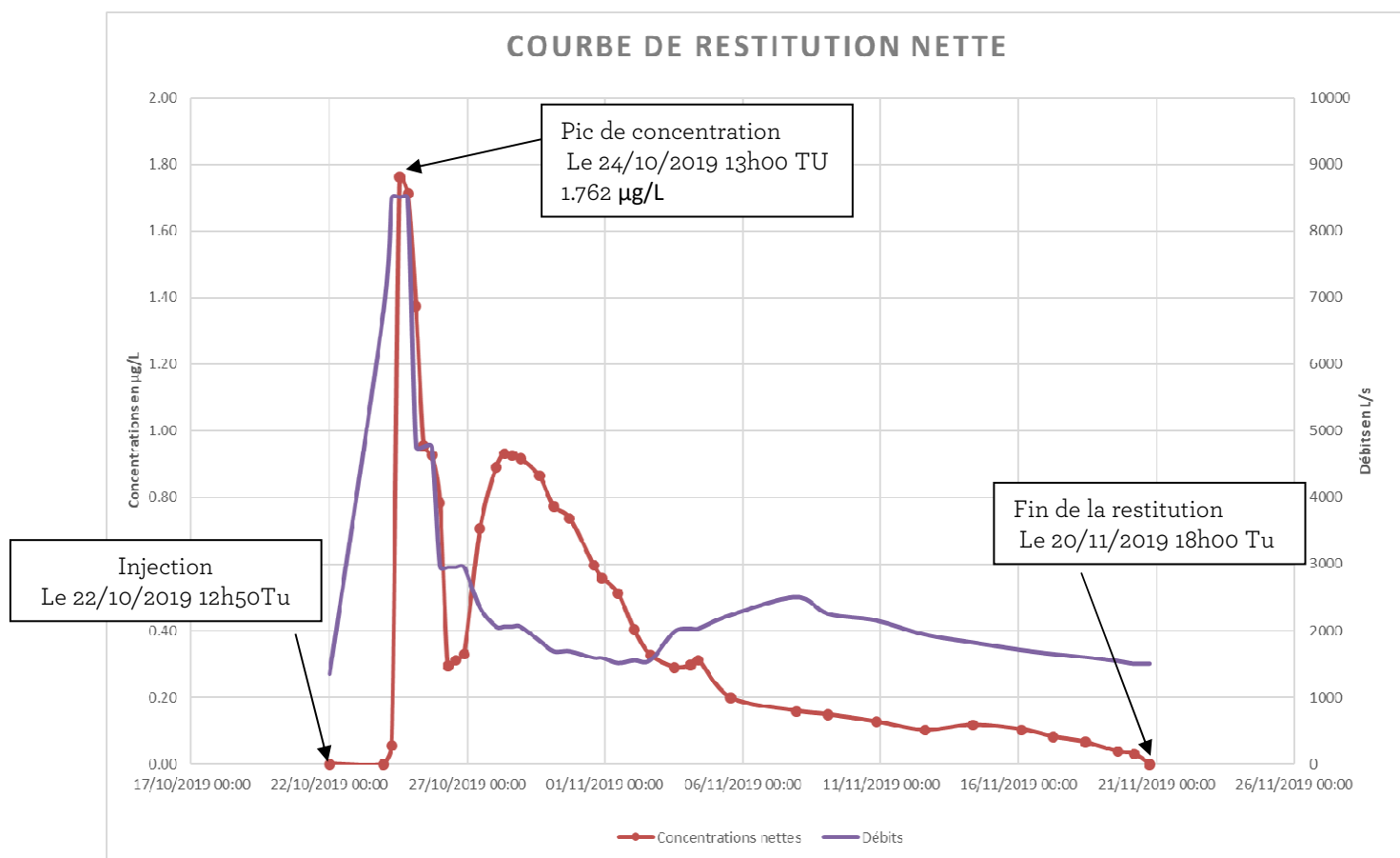
## 4.2. Traçage Bassin A39

### 4.2.1. Source du Durzon

Pas d'observation visuelle de restitution du colorant.

En raison des conditions hydrologiques, il était impossible d'équiper la source d'un fluorimètre sans risquer de perdre l'appareil.

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



Graphique 4 - Courbe de restitution de la Sulforhodamine B à la source du Durzon T-A39

La courbe de restitution du traceur est bimodale également, elle présente deux pics, ce qui indique que du colorant a été remobilisé dans un second temps après l'injection. Les deux pics sont bien nets et la courbe de restitution bien structurée. Le premier pic correspond à une composante très rapide, en effet lors de l'injection d'importantes précipitations (236 mm cumulé sur 3 jours) sont venues pousser le colorant, on note que ce premier pic est corrélé avec une crue importante de la source du Durzon.

On observe le début de la restitution le 24/10/2019 à 06h00 TU, soit environ 1.7 jours après l'injection.

**La vitesse d'apparition du traceur est de 117.4 m/h** et la vitesse moyenne de 54.4 m/h, ce qui correspond à des circulations plutôt rapides dans le cas de la vitesse d'apparition en cohérence avec la situation hydrologique.

La Distribution du Temps de Séjour maximale (entendue comme une approche statistique du temps de transfert le plus court qui a le plus de probabilité de se répéter) est de 48 heures.

Sur 6 kg de traceur injecté, 2.45 kg ont été restitués, ce qui correspond à un taux de restitution de 41 %. Ce taux est excellent et en accord avec les très bonnes conditions d'injections.

On observe la fin de la restitution à la date du 20/11/2019 18h00 TU, soit quasiment 27.5 jours après l'arrivée du traceur.

La dilution (le rapport entre la concentration du traceur injectée et la concentration restituée) est entièrement conditionnée par les conditions hydrologiques en cours au moment du transfert du traceur, et par conséquent d'un composé polluant. La dilution est plus élevée en hautes eaux qu'en basses eaux en raison des volumes d'eau disponibles dans les zones non saturées et noyées du karst.

La concentration maximale de traceur restituée à la source du Durzon est de 1.762 µg/L.

La dilution minimale est le rapport entre la concentration maximale du traceur identifiée au captage et sa concentration initiale dans le volume d'eau servant à l'injection. Malheureusement le volume ayant servi à l'injection n'est pas quantifiable, donc le taux de dilution minimale ne sera pas calculé.

$$\text{Dilution minimale} = C_{\text{initiale}} / C_{\text{max}}$$

La dilution unitaire est le rapport entre la masse initiale de traceur injectée et la concentration maximale du traceur mesurée à la source.

$$\text{Dilution unitaire} = \text{Masse initiale} / C_{\text{max}}$$

Le taux de dilution calculé est de  $1/3\,405\,221\,339\text{l}^{-1}$ . La masse de traceur injectée (6 kg) a vraisemblablement été diluée dans un volume de  $3\,405\,221\,\text{m}^3$  pour expliquer sa concentration en restitution.

#### 4.2.2. Source du Cernon

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

#### 4.2.3. Synthèse restitution

Source du Durzon	
Injection le	22/10/19 12h50Tu
Lieu d'injection	Bassin A39
Traceur	Sulforhodamine B
Restitution	Durzon
Distance apparente	4.83 Km
Masse injectée en g	6000
Masse restituée en g	2455
Taux de restitution	40.92%

Temps	
Apparition traceur	26/10/19 6h00
Disparition traceur	20/11/2019 18h00
Temps modal	48 h
Durée de restitution	660 h / 27.5 jrs
Temps moyen de séjour	158 h / 6.6 jrs
D.T.S max	48 h

Vitesse	
Vitesse d'apparition	117.4 m/h
Vitesse moyenne	54.4 m/h
Vitesse modale	100.3 m/h
Vitesse apparente	30.6 m/h

Concentration et dilution	
Concentration maxi	1.762 µg/L
Dilution unitaire	1/3 405 221 339l <sup>-1</sup>
Volume de Allen	2 410 644 m3
Section de Allen	498.9 m2

Tableau 5 - fiche synthèse traçage bassin A39

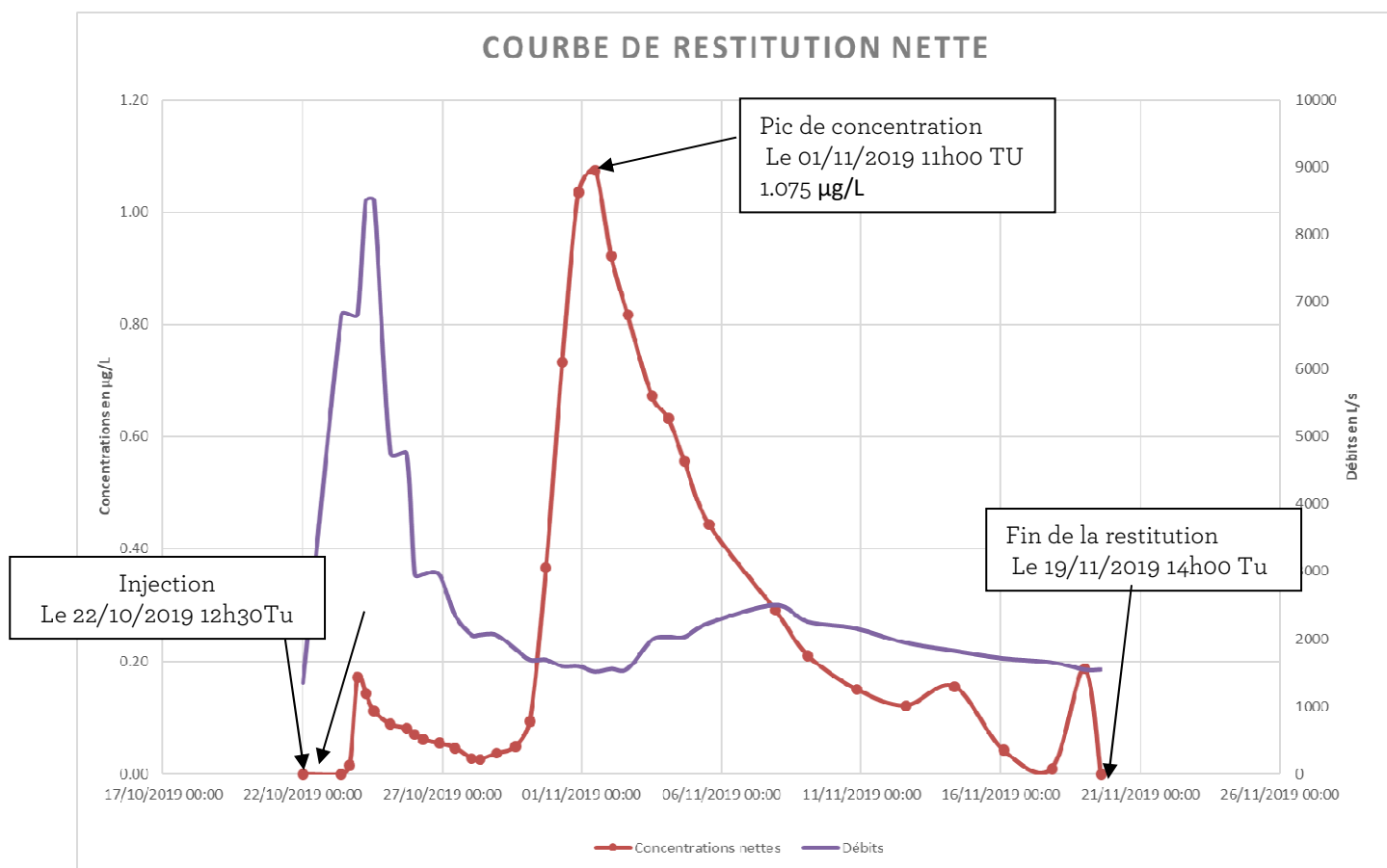
### 4.3. Traçage bassin A 40

#### 4.3.1. Source du Durzon

Pas d'observation visuelle de restitution du colorant.

En raison des conditions hydrologiques, il était impossible d'équiper la source d'un fluorimètre sans risquer de perdre l'appareil.

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



Graphique 5 - Courbe de restitution de la fluorescéine à la source du Durzon T-A40

La courbe de restitution du traceur est bimodale, elle présente deux pics, ce qui indique que du colorant a été remobilisé dans un second temps après l'injection. Les deux pics sont bien nets et la courbe de restitution bien structurée. A l'inverse du traçage A39 une petite partie seulement du colorant a été mobilisée lors du pic de crue et la plus grosse partie du colorant est arrivée bien après. Cette différence s'explique sans doute par les conditions d'injections, infiltration directe et totale dans le cas du A39, diffuse et plus lente pour A40.

On observe le début de la restitution le 23/10/2019 à 16h00 TU, soit 27.5h après l'injection.

**La vitesse d'apparition du traceur est de 211.3 m/h** ce qui correspond à des circulations très rapides au sein de l'aquifère, toutefois la majorité du colorant est arrivée lors du deuxième pic, il est plus pertinent de prendre en compte la vitesse modale 24.4m/h, qui correspond à la vitesse du centre de gravité du nuage de colorant.

La Distribution du Temps de Séjour maximale (entendue comme une approche statistique du temps de transfert le plus court qui a le plus de probabilité de se répéter) est de 224 heures soit 9.3jours.

Sur 6 kg de traceur injecté, 1.282 kg ont été restitués, ce qui correspond à un taux de restitution de 21.4 %. Ce taux est plutôt faible mais reste significatif.

On observe la fin de la restitution à la date du 19/11/2019 14h00 Tu, soit 27 jours après l'arrivée du traceur.

La dilution (le rapport entre la concentration du traceur injectée et la concentration restituée) est entièrement conditionnée par les conditions hydrologiques en cours au moment du transfert du traceur, et par conséquent d'un composé polluant. La dilution est plus élevée en hautes eaux qu'en basses eaux en raison des volumes d'eau disponibles dans les zones non saturées et noyées du karst.

La concentration maximale de traceur restituée à la source du Durzon est de 1.075 µg/L.

La dilution minimale est le rapport entre la concentration maximale du traceur identifiée au captage et sa concentration initiale dans le volume d'eau servant à l'injection. Malheureusement le volume ayant servi à l'injection n'est pas quantifiable, donc le taux de dilution minimale ne sera pas calculé.

$$\text{Dilution minimale} = C_{\text{initiale}} / C_{\text{max}}$$

La dilution unitaire est le rapport entre la masse initiale de traceur injectée et la concentration maximale du traceur mesurée à la source.

$$\text{Dilution unitaire} = \text{Masse}_{\text{initiale}} / C_{\text{max}}$$

Le taux de dilution calculé est de  $1/5\,581\,395\,349\text{l}^{-1}$ . La masse de traceur injectée (6 kg) a vraisemblablement été diluée dans un volume de  $5\,581\,395\text{ m}^3$  pour expliquer sa concentration en restitution.

#### 4.3.2. Source du Cernon

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

#### 4.3.3. Synthèse restitution

Source du Durzon	
Injection le	22/10/19 12h30
Lieu d'injection	Bassin A 40
Traceur	Fluorescéine
Restitution	Durzon
Distance apparente	5.81 Km
Masse injectée en g	6000
Masse restituée en g	1.282
Taux de restitution	21.37%

Temps	
Apparition traceur	23/10/2019 16h00
Disparition traceur	19/11/19 14h00
Temps modal	238.5 h / 9.9 jrs
Durée de restitution	646 h / 26.9 jrs
Temps moyen de séjour	294.4 h / 12.3 jrs
D.T.S max	224 h / 9.3 jrs

Vitesse	
Vitesse d'apparition	211.27 m/h
Vitesse moyenne	31.65 m/h
Vitesse modale	24.36 m/h
Vitesse apparente	19.73 m/h

Concentration et dilution	
Concentration maxi	1.075 µg/L
Dilution unitaire	5 581 395 349 l <sup>-1</sup>
Volume de Allen	3 328 776 m <sup>3</sup>
Section de Allen	572.9 m <sup>2</sup>

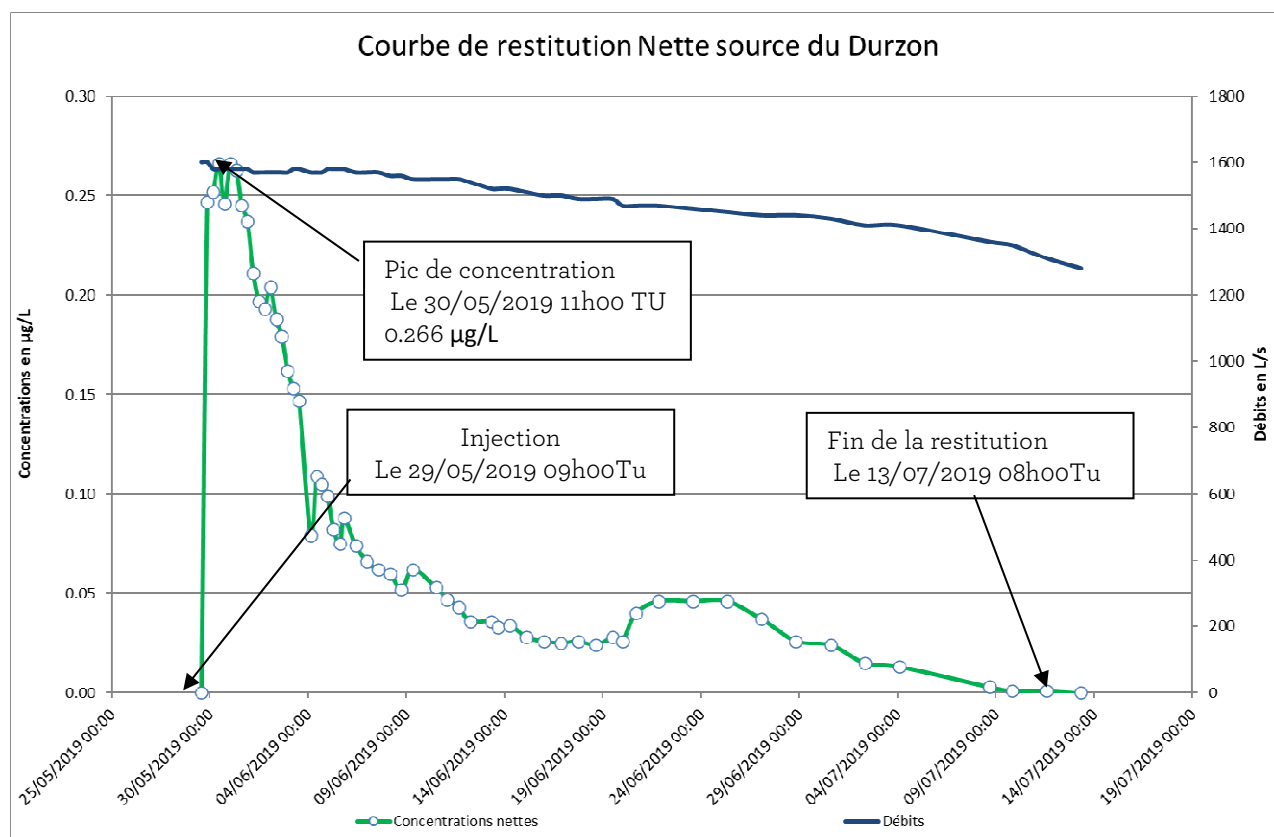
Tableau 6 - fiche synthèse traçage bassin A40

#### 4.4. Traçage bassin A 41

##### 4.4.1. Source du Durzon

Pas d'observation visuelle du colorant à la source.

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



Graphique 6 - Courbe de restitution de la fluorescéine à la source du Durzon T-A41

La courbe de restitution du traceur est unimodale, elle présente un seul pic bien structuré, ce qui indique que l'infiltration du colorant a été très efficace. Il semblerait que du colorant ait été remobilisé vers la fin de la restitution, autour du 20 juin. On observe le début de la restitution le 29/05/2019 à 21h00 TU, soit **12h** après l'injection.

La vitesse d'apparition du traceur est de 537 m/h ce qui correspond à une circulation extrêmement rapide au sein de l'aquifère. De tous les traçages réalisés par le syndicat mixte du PNRGC c'est de loin le plus rapide. Cette vitesse extraordinaire témoigne d'une relation directe entre le bassin A41 et la source du Durzon, alors même que nous sommes en période d'étiage donc logiquement de circulation plus lente. La vitesse moyenne est de 85 m/h.

La Distribution du Temps de Séjour maximale (entendue comme une approche statistique du temps de transfert le plus court qui a le plus de probabilité de se répéter) est de 26 heures.

Sur 4.5 kg de traceur injecté seulement 315g ont été restitués, ce qui correspond à un taux de restitution de 7%. Ce taux est plutôt faible. L'infiltration s'est bien passée mais le volume d'eau pour pousser et rincer le colorant dans le sol a été relativement limité, 24m<sup>3</sup>, si on le compare aux centaines de m<sup>3</sup> utilisés sur les autres bassins. Par expérience on a également limité au maximum la quantité de colorant pour éviter une coloration de la source. Ces deux facteurs peuvent expliquer en partie ce faible taux de restitution.

On observe la fin de la restitution à la date du 13/07/2019 08h00 TU, soit 44.5 jours après l'arrivée du traceur.

La dilution (le rapport entre la concentration du traceur injectée et la concentration restituée) est entièrement conditionnée par les conditions hydrologiques en cours au moment du transfert du traceur, et par conséquent d'un composé polluant. La dilution est plus élevée en hautes eaux qu'en basses eaux en raison des volumes d'eau disponibles dans les zones non saturées et noyées du karst.

La concentration maximale de traceur restituée à la source du Durzon est de 0.266 µg/L.

La dilution minimale est le rapport entre la concentration maximale du traceur identifiée au captage et sa concentration initiale ( 187 500 µg/L) dans le volume d'eau servant à l'injection, dans notre cas environ 24 m<sup>3</sup>.

$$\text{Dilution minimale} = C_{\text{initiale}} / C_{\text{max}}$$

Le taux calculé est arrondi à 1/704 887. Une charge polluante injectée au même endroit, dans les mêmes conditions hydrologiques verra sa concentration diminuer d'un facteur 704 887. La valeur de dilution minimale est très forte.

La dilution unitaire est le rapport entre la masse initiale de traceur injectée et la concentration maximale du traceur mesurée à la source.

$$\text{Dilution unitaire} = \text{Masse}_{\text{initiale}} / C_{\text{max}}$$

Le taux de dilution calculé est de 1/16 917 293 230l<sup>-1</sup>. La masse de traceur injectée (6 kg) a vraisemblablement été diluée dans un volume théorique de 16 917 293 m<sup>3</sup> pour expliquer sa concentration en restitution.

#### 4.4.2. Source du Cernon

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

#### 4.4.3. Synthèse restitution

Source du Durzon	
Injection le	29/05/2019 09h00
Lieu d'injection	Bassin A41
Traceur	Fluorescéine
Restitution	Durzon
Distance apparente	6.45Km
Masse injectée en g	4500
Masse restituée en g	315
Taux de restitution	7%

Temps	
Apparition traceur	29/05/2019 21h00
Disparition traceur	13/07/2019 08h00
Temps modal	26 h / 1 jrs
Durée de restitution	1067 h / 44.5 jrs
Temps moyen de séjour	254 h / 10.6 jrs
D.T.S max	26 h / 1 jrs

Vitesse	
Vitesse d'apparition	537.5 m/h
Vitesse moyenne	85.1 m/h
Vitesse modale	248.1 m/h
Vitesse apparente	25.32 m/h

Concentration et dilution	
Concentration maxi	0.266 µg/L
Dilution unitaire	1/16 917 293 230l <sup>-1</sup>
Volume de Allen	1 443 727m3
Section de Allen	224 m2

Tableau 7 - fiche synthèse traçage bassin A41

## 5. Conclusions

### 5.1 Limites des bassins d'alimentations

Les 4 traçages réalisés ne viennent pas remettre en cause les limites connues des bassins d'alimentation. **Les quatre bassins de décantation A38, A39, A40 et A41 sont situés sur le bassin d'alimentation de la source du Durzon.**

### 5.2 Eléments hydrogéologiques

Les résultats d'un essai de traçage dépendent en grande partie des conditions d'infiltration du colorant dans le milieu. On cherche à réaliser une impulsion de Dirac, en infiltrant rapidement le colorant dans le milieu. Par expérience, les zones d'infiltrations des bassins de décantations sont des points d'entrée privilégiés dans le karst. Ce fait s'est une fois de plus vérifié lors des quatre traçages, le colorant est parti rapidement dans les milieux.

Les conditions d'infiltration et de diffusion dans le karst sont propres à chaque point d'injection et dépendent également des conditions hydrologiques (cf. tableau n° 8).

	<i>T A38</i>	<i>T A39</i>	<i>T A40</i>	<i>T A41</i>
Source	Durzon	Durzon	Durzon	Durzon
Taux de restitution	34.7	40.9	21.4	7
Vitesse d'apparition	25.5	117.4	211.3	537.5
Vitesse modale	20.25	100.3	24.4	248.1
Volume de Allen en m <sup>3</sup>	2 365 226	2 410 644	3 328 776	1 442 727

Tableau 8 - synthèse des 4 traçages

On note que le taux de restitution des TA38 et TA39 est le plus élevé, ce sont les deux traçages où l'on a eu la meilleure infiltration, donc potentiellement moins de colorant capté en surface, au bassin A40 l'infiltration était plus diffuse. Dans le cas du TA41 le volume d'eau pour pousser le colorant était moins important (24 m<sup>3</sup> contre + de 800 m<sup>3</sup>) et les conditions hydrologiques, étiage, ont très certainement eu une influence sur la quantité de colorant qui a réussi à s'infiltrer. Mais paradoxalement la vitesse de propagation est de loin la plus élevée, 537.5m/h alors qu'au final pour le TA38 la vitesse est assez lente, 25.5m/h. Cela illustre parfaitement les hétérogénéités qui existent dans le karst.

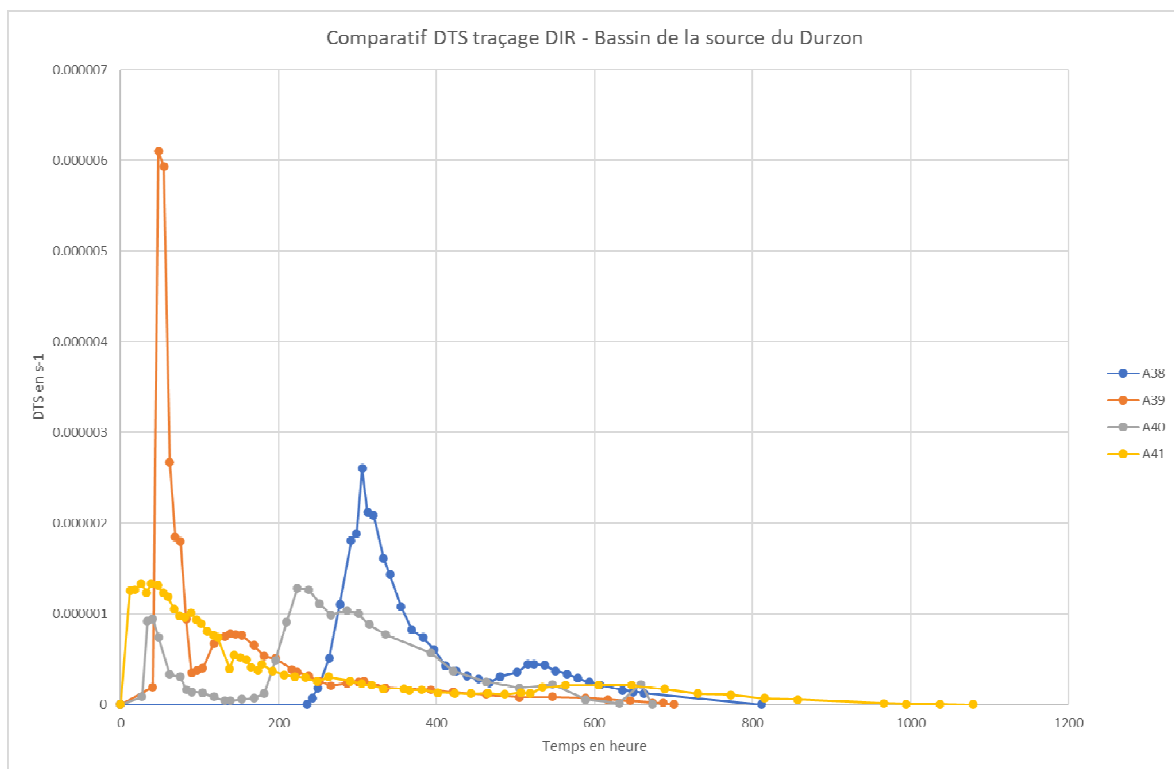
En résumé au TA38 on a une excellente infiltration mais pas de trajet préférentiel entre le bassin et la source et TA41 beaucoup de colorant capté, probablement en surface, mais une fois infiltré on a une connexion directe vers la source du Durzon.

Avec les TA39 et TA40 on observe des vitesses cohérentes avec des conditions d'écoulement de hautes eaux. Particularité du TA40 où la vitesse modale, 22.4m/h, est bien plus basse que la vitesse d'apparition du traceur 211.3m/h. La vitesse modale représente la vitesse du centre de gravité du nuage de colorant. Comme on le constate

sur la DTS (cf. graph 7 ci-dessous) on enregistre deux pics et le deuxième est le plus important (durée plus longue et concentration plus forte).

Si l'on regarde les courbes de DTS on peut en tirer les comportements suivants :

- TA39 et TA40 ont un comportement globalement similaire avec une composante rapide (même contexte hydrologique de reprise de cycle) et une composante secondaire plus tardive. Dans le cas du TA39 la vitesse modale nous indique que la majorité du colorant est passée dans le premier pic, c'est l'inverse pour le TA40, ce qui s'explique par les conditions d'infiltration.
- TA38 malgré une excellente infiltration et un volume d'eau très conséquent pour pousser le colorant le pic de restitution est le moins rapide. Deux hypothèses, soit le milieu est moins bien karstifié soit la faille de l'Hospitalet joue un rôle de barrage dans les écoulements avec un compartiment Nord moins bien connecté au reste de l'aquifère.
- TA40, en plus de la vitesse de transfert exceptionnellement rapide le volume d'Allen beaucoup plus faible montre également que la zone investiguée par le colorant est plus réduite que dans les trois autres traçages donc le trajet est plus direct.



Graphique 7 - DTS des 4 traçages

Ces différences de comportements et de résultats seront à prendre en compte lors d'une pollution accidentelle. Les mesures à prendre seront proportionnées suivant le bassin concerné.

# ANNEXES I

## Analyses Bassin A38 A39 A40 A41

Traçages des bassins de décantations A38, A39, A40 et A41 bassin hydrogéologique de la source captées du Durzon

<b>Traçage</b>	T A38									
Date d'injection	16/04/2019 15:20									
Point d'injection	Bassin A38 A75									
Traceur	Fluo									
Masse injectée	6 Kg									
Lieu de prélèvement	Src Durzon									
Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Temps relatif en min	Conc. Brute en ng/mL	C <sup>brute</sup> corrigée en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C <sup>2</sup> nette en ng/mL
<b>Série 1</b>		D1 1	1	16/4/19 13:30	-110			négatif	négatif	0.000
		D1 2	2	16/4/19 20:30	310					0.000
		D1 3	3	17/4/19 3:30	730			négatif	négatif	0.000
		D1 4	4	17/4/19 10:30	1150					0.000
		D1 5	5	17/4/19 17:30	1570					0.000
		D1 6	6	18/4/19 0:30	1990			négatif	négatif	0.000
		D1 7	7	18/4/19 7:30	2410					0.000
		D1 8	8	18/4/19 14:30	2830					0.000
		D1 9	9	18/4/19 21:30	3250			négatif	négatif	0.000
		D1 10	10	19/4/19 4:30	3670					0.000
		D1 11	11	19/4/19 11:30	4090					0.000
		D1 12	12	19/4/19 18:30	4510			négatif	négatif	0.000
		D1 13	13	20/4/19 1:30	4930					0.000
		D1 14	14	20/4/19 8:30	5350					0.000
		D1 15	15	20/4/19 15:30	5770			négatif	négatif	0.000
		D1 16	16	20/4/19 22:30	6190					0.000
		D1 17	17	21/4/19 5:30	6610					0.000
		D1 18	18	21/4/19 12:30	7030			négatif	négatif	0.000
		D1 19	19	21/4/19 19:30	7450					0.000
		D1 20	20	22/4/19 2:30	7870					0.000
		D1 21	21	22/4/19 9:30	8290			négatif	négatif	0.000
		D1 22	22	22/4/19 16:30	8710					0.000
		D1 23	23	22/4/19 23:30	9130					0.000
		D1 24	24	23/4/19 6:30	9550			négatif	négatif	0.000
		D1 M	Manuel	23/4/19 13:30	9970					0.000
<b>Série 2</b>		D2 1	1	23/4/19 20:30	10390			négatif	négatif	0.000
		D2 2	2	24/4/19 3:30	10810					0.000
		D2 3	3	24/4/19 10:30	11230			négatif	négatif	0.000
		D2 4	4	24/4/19 17:30	11650					0.000
		D2 5	5	25/4/19 0:30	12070					0.000
		D2 6	6	25/4/19 7:30	12490			négatif	négatif	0.000
		D2 7	7	25/4/19 14:30	12910					0.000
		D2 8	8	25/4/19 21:30	13330					0.000
		D2 9	9	26/4/19 4:30	13750		0.013	négatif	négatif	0.000
		D2 10	10	26/4/19 11:30	14170		0.011	négatif	négatif	0.000
		D2 11	11	26/4/19 18:30	14590		0.083	positif	positif	0.070
		D2 12	12	27/4/19 1:30	15010		0.215			0.202
		D2 13	13	27/4/19 8:30	15430					
		D2 14	14	27/4/19 15:30	15850		0.580			0.567
		D2 15	15	27/4/19 22:30	16270			positif	positif	
		D2 16	16	28/4/19 5:30	16690		1.280			1.267
		D2 17	17	28/4/19 12:30	17110					
		D2 18	18	28/4/19 19:30	17530		2.082	positif	positif	2.069
		D2 19	19	29/4/19 2:30	17950		2.211			2.198
		D2 20	20	29/4/19 9:30	18370		3.042			3.029
		D2 21	21	29/4/19 16:30	18790		2.479	positif	positif	2.466
		D2 22	22	29/4/19 23:30	19210		2.449			2.436
		D2 23	23	30/4/19 6:30	19630					
		D2 24	24		-62743160					
		D2 M	Manuel	30/4/19 13:15	20035		1.925	positif	positif	1.912
<b>Série 3</b>		D3 1	1	30/4/19 21:00	20500		1.711	positif	positif	1.698
		D3 2	2	1/5/19 4:00	20920					
		D3 3	3	1/5/19 11:00	21340		1.313	positif	positif	1.300
		D3 4	4	1/5/19 18:00	21760					
		D3 5	5	2/5/19 1:00	22180		1.024			1.011
		D3 6	6	2/5/19 8:00	22600			positif	positif	
		D3 7	7	2/5/19 15:00	23020		0.921			0.908
		D3 8	8	2/5/19 22:00	23440					
		D3 9	9	3/5/19 5:00	23860		0.761	positif	positif	0.748
		D3 10	10	3/5/19 12:00	24280					
		D3 11	11	3/5/19 19:00	24700		0.543			0.530
		D3 12	12	4/5/19 2:00	25120			positif	positif	
		D3 13	13	4/5/19 9:00	25540		0.468			0.455
		D3 14	14	4/5/19 16:00	25960					
		D3 15	15	4/5/19 23:00	26380		0.402	positif	positif	0.389
		D3 16	16	5/5/19 6:00	26800					
		D3 17	17	5/5/19 13:00	27220		0.366			0.353
		D3 18	18	5/5/19 20:00	27640			positif	positif	
		D3 19	19	6/5/19 3:00	28060		0.318			0.305
		D3 20	20	6/5/19 10:00	28480					
		D3 21	21	6/5/19 17:00	28900		0.404	positif	positif	0.391
		D3 22	22	7/5/19 0:00	29320					
		D3 23	23	7/5/19 7:00	29740					
		D3 24	24		-62743160					
		D3 M	Manuel	7/5/19 13:27	30127		0.469	positif	positif	0.456
<b>Série 4</b>		D4 1	1	7/5/19 21:00	30580			positif	positif	
		D4 2	2	8/5/19 4:00	31000		0.575			0.562
		D4 3	3	8/5/19 11:00	31420		0.572	positif	positif	0.559
		D4 4	4	8/5/19 18:00	31840					
		D4 5	5	9/5/19 1:00	32260		0.552			0.539
		D4 6	6	9/5/19 8:00	32680			positif	positif	
		D4 7	7	9/5/19 15:00	33100		0.473			0.460
		D4 8	8	9/5/19 22:00	33520					
		D4 9	9	10/5/19 5:00	33940		0.436	positif	positif	0.423
		D4 10	10	10/5/19 12:00	34360					
		D4 11	11	10/5/19 19:00	34780		0.380			0.367
		D4 12	12	11/5/19 2:00	35200			positif	positif	
		D4 13	13	11/5/19 9:00	35620		0.326			0.313
		D4 14	14	11/5/19 16:00	36040					
		D4 15	15	11/5/19 23:00	36460		0.287	positif	positif	0.274
		D4 16	16	12/5/19 6:00	36880					
		D4 17	17	12/5/19 13:00	37300					
		D4 18	18	12/5/19 20:00	37720			positif	positif	
		D4 19	19	13/5/19 3:00	38140		0.216			0.203
		D4 20	20	13/5/19 10:00	38560					
		D4 21	21	13/5/19 17:00	38980		0.196	positif	positif	0.183
		D4 22	22	14/5/19 0:00	39400					
		D4 23	23	14/5/19 7:00	39820		0.170			0.157
		D4 24	manuel	14/5/19 14:00	40240			positif	positif	
			Manuel		-62743160					

*Traçages des bassins de décantations A38, A39, A40 et A41 bassin hydrogéologique de la source captées du Durzon*

<b>Traçage</b>	T_A39b									
Date d'injection	22/10/2019 12:50									
Point d'injection	Bassin A39									
Traceur	Sulfo B									
Masse injectée	6 Kg									
Lieu de prélèvement	Src Durzon									
Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Temps relatif en min	Conc. Brute en ng/mL	C <sup>brute</sup> corrigée en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C <sup>net</sup> en ng/mL
<b>Série 1</b>		D1_1	1	22/10/19 12:00	-50	0.063				0.000
		D1_2	2	22/10/19 19:00	370	0.063				0.000
		D1_3	3	23/10/19 2:00	790	0.093		négatif	négatif	0.000
		D1_4	4	23/10/19 9:00	1210	0.092				0.000
		D1_5	5	23/10/19 16:00	1630	0.091				0.000
		D1_6	6	23/10/19 23:00	2050	0.094		négatif	négatif	0.000
		D1_7	7	24/10/19 6:00	2470	0.116		positif	positif	0.056
		D1_8	8	24/10/19 13:00	2890	1.822				1.762
		D1_9	9	24/10/19 20:00	3310	1.775				1.715
		D1_10	10	25/10/19 3:00	3730	1.437				1.377
		D1_11	11	25/10/19 10:00	4150	1.016				0.956
		D1_12	12	25/10/19 17:00	4570	0.988				0.928
		D1_13	13	26/10/19 0:00	4990	0.845				0.785
		D1_14	14	26/10/19 7:00	5410	0.355				0.295
		D1_15	15	26/10/19 14:00	5830	0.373				0.313
		D1_16	16	26/10/19 21:00	6250	0.392				0.332
		D1_17	17	27/10/19 4:00	6670					
		D1_18	18	27/10/19 11:00	7090	0.767				0.707
		D1_19	19	27/10/19 18:00	7510					
		D1_20	20	28/10/19 1:00	7930	0.951				0.891
		D1_21	21	28/10/19 8:00	8350	0.994				0.934
		D1_22	22	28/10/19 15:00	8770	0.987				0.927
		D1_23	23	28/10/19 22:00	9190	0.978				0.918
		D1_24	24	29/10/19 5:00	9610					
		D1_M	Manuel	29/10/19 14:25	10175	0.926				0.866
<b>Série 2</b>		D2_1	1	29/10/19 20:00	10510					
		D2_2	2	30/10/19 3:00	10930	0.835				0.775
		D2_3	3	30/10/19 10:00	11350					
		D2_4	4	30/10/19 17:00	11770	0.799				0.739
		D2_5	5	31/10/19 0:00	12190					
		D2_6	6	31/10/19 7:00	12610					
		D2_7	7	31/10/19 14:00	13030	0.656				0.596
		D2_8	8	31/10/19 21:00	13450	0.620				0.560
		D2_9	9	1/11/19 4:00	13870					
		D2_10	10	1/11/19 11:00	14290	0.573				0.513
		D2_11	11	1/11/19 18:00	14710					
		D2_12	12	2/11/19 1:00	15130	0.465				0.405
		D2_13	13	2/11/19 8:00	15550					
		D2_14	14	2/11/19 15:00	15970	0.388				0.328
		D2_15	15	2/11/19 22:00	16390					
		D2_16	16	3/11/19 5:00	16810					
		D2_17	17	3/11/19 12:00	17230	0.351				0.291
		D2_18	18	3/11/19 19:00	17650					
		D2_19	19	4/11/19 2:00	18070	0.357				0.297
		D2_20	20	4/11/19 9:00	18490	0.373				0.313
		D2_21	21	4/11/19 16:00	18910					
		D2_22	22	4/11/19 23:00	19330					
		D2_23	23	5/11/19 6:00	19750					
		D2_24	24	5/11/19 13:00	20170	0.260				0.200
		D2_M	Manuel	7/11/19 8:30	22780					
<b>Série 3</b>		D3_1	1	7/11/19 22:00	23590	0.220				0.160
		D3_2	2	8/11/19 12:00	24430					
		D3_3	3	9/11/19 2:00	25270	0.209				0.149
		D3_4	4	9/11/19 16:00	26110					
		D3_5	5	10/11/19 6:00	26950					
		D3_6	6	10/11/19 20:00	27790	0.188				0.128
		D3_7	7	11/11/19 10:00	28630					
		D3_8	8	12/11/19 0:00	29470					
		D3_9	9	12/11/19 14:00	30310	0.162				0.102
		D3_10	10	13/11/19 4:00	31150					
		D3_11	11	13/11/19 18:00	31990					
		D3_12	12	14/11/19 8:00	32830	0.178				0.118
		D3_13	13	14/11/19 22:00	33670					
		D3_14	14	15/11/19 12:00	34510					
		D3_15	15	16/11/19 2:00	35350	0.164				0.104
		D3_16	16	16/11/19 16:00	36190					
		D3_17	17	17/11/19 6:00	37030	0.142				0.082
		D3_18	18	17/11/19 20:00	37870					
		D3_19	19	18/11/19 10:00	38710	0.126				0.066
		D3_20	20	19/11/19 0:00	39550					
		D3_21	21	19/11/19 14:00	40390	0.098				0.038
		D3_22	22	20/11/19 4:00	41230	0.091		positif faible	positif faible	0.031
		D3_23	23	20/11/19 18:00	42070	0.065		négatif	négatif	0.000
		D3_24	24	21/11/19 8:00	42910					0.000
		D3_M	Manuel	22/11/19 8:45	44395	0.098				0.000

*Traçages des bassins de décantations A38, A39, A40 et A41 bassin hydrogéologique de la source captées du Durzon*

<b>Traçage</b>	T_A40									
Date d'injection	22/10/2019 12:30									
Point d'injection	Bassin A410A75									
Traceur	Fluo									
Masse injectée	6 Kg									
Lieu de prélèvement	Src Durzon									
Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Temps relatif en min	Conc. Brute en ng/mL	C <sup>+</sup> brute corrigée en ng/mL	Spectre émission	Spectre excitation	C <sup>+</sup> nette en ng/mL
<b>Série 1</b>		D1_1	1	22/10/19 12:00	-30	0.023				0.000
		D1_2	2	22/10/19 19:00	390	0.025				0.000
		D1_3	3	23/10/19 2:00	810	0.024				0.000
		D1_4	4	23/10/19 9:00	1230	0.027		négatif	négatif	0.000
		D1_5	5	23/10/19 16:00	1650	0.039		positif	positif	0.016
		D1_6	6	23/10/19 23:00	2070	0.196				0.173
		D1_7	7	24/10/19 6:00	2490	0.166				0.143
		D1_8	8	24/10/19 13:00	2910	0.135				0.112
		D1_9	9	24/10/19 20:00	3330					
		D1_10	10	25/10/19 3:00	3750	0.112				0.089
		D1_11	11	25/10/19 10:00	4170					
		D1_12	12	25/10/19 17:00	4590	0.105				0.082
		D1_13	13	26/10/19 0:00	5010	0.094				0.071
		D1_14	14	26/10/19 7:00	5430	0.084				0.061
		D1_15	15	26/10/19 14:00	5850					
		D1_16	16	26/10/19 21:00	6270	0.078				0.055
		D1_17	17	27/10/19 4:00	6690					
		D1_18	18	27/10/19 11:00	7110	0.070				0.047
		D1_19	19	27/10/19 18:00	7530					
		D1_20	20	28/10/19 1:00	7950	0.051				0.028
		D1_21	21	28/10/19 8:00	8370	0.049				0.026
		D1_22	22	28/10/19 15:00	8790					
		D1_23	23	28/10/19 22:00	9210	0.060				0.037
		D1_24	24	29/10/19 5:00	9630					
		D1_M	Manuel	29/10/19 14:25	10195	0.072				0.049
<b>Série 2</b>		D2_1	1	29/10/19 20:00	10530					
		D2_2	2	30/10/19 3:00	10950	0.117				0.094
		D2_3	3	30/10/19 10:00	11370					
		D2_4	4	30/10/19 17:00	11790	0.391				0.368
		D2_5	5	31/10/19 0:00	12210					
		D2_6	6	31/10/19 7:00	12630	0.757				0.734
		D2_7	7	31/10/19 14:00	13050					
		D2_8	8	31/10/19 21:00	13470	1.059				1.036
		D2_9	9	1/11/19 4:00	13890					
		D2_10	10	1/11/19 11:00	14310	1.098				1.075
		D2_11	11	1/11/19 18:00	14730					
		D2_12	12	2/11/19 1:00	15150	0.945				0.922
		D2_13	13	2/11/19 8:00	15570					
		D2_14	14	2/11/19 15:00	15990	0.841				0.818
		D2_15	15	2/11/19 22:00	16410					
		D2_16	16	3/11/19 5:00	16830					
		D2_17	17	3/11/19 12:00	17250	0.696				0.673
		D2_18	18	3/11/19 19:00	17670					
		D2_19	19	4/11/19 2:00	18090	0.656				0.633
		D2_20	20	4/11/19 9:00	18510					
		D2_21	21	4/11/19 16:00	18930	0.580				0.557
		D2_22	22	4/11/19 23:00	19350					
		D2_23	23	5/11/19 6:00	19770					
		D2_24	24	5/11/19 13:00	20190	0.468				0.445
		D2_M	Manuel	7/11/19 8:30	22800					
<b>Série 3</b>		D3_1	1	7/11/19 22:00	23610	0.315				0.292
		D3_2	2	8/11/19 12:00	24450					
		D3_3	3	9/11/19 2:00	25290	0.234				0.211
		D3_4	4	9/11/19 16:00	26130					
		D3_5	5	10/11/19 6:00	26970					
		D3_6	6	10/11/19 20:00	27810	0.174				0.151
		D3_7	7	11/11/19 10:00	28650					
		D3_8	8	12/11/19 0:00	29490					
		D3_9	9	12/11/19 14:00	30330	0.145				0.122
		D3_10	10	13/11/19 4:00	31170					
		D3_11	11	13/11/19 18:00	32010					
		D3_12	12	14/11/19 8:00	32850	0.179				0.156
		D3_13	13	14/11/19 22:00	33690					
		D3_14	14	15/11/19 12:00	34530					
		D3_15	15	16/11/19 2:00	35370	0.066				0.043
		D3_16	16	16/11/19 16:00	36210					
		D3_17	17	17/11/19 6:00	37050					
		D3_18	18	17/11/19 20:00	37890	0.033				0.010
		D3_19	19	18/11/19 10:00	38730					
		D3_20	20	19/11/19 0:00	39570	0.210		positif faible	positif faible	0.187
		D3_21	21	19/11/19 14:00	40410	0.015		négatif	négatif	0.000
		D3_22	22	20/11/19 4:00	41250					0.000
		D3_23	23	20/11/19 18:00	42090					0.000
		D3_24	24	21/11/19 8:00	42930	0.015				0.000
		D3_M	Manuel	22/11/19 8:45	44415					0.000

## Parc naturel régional des Grands Causses

35

## ANNEXES II

### Fiche de Synthèse des traçages

# Traçage DIR/PNRGC - Bassin A38 -16/04/19

Condition d'injection : Perte totale dans la tranchée d'infiltration du bassin A38

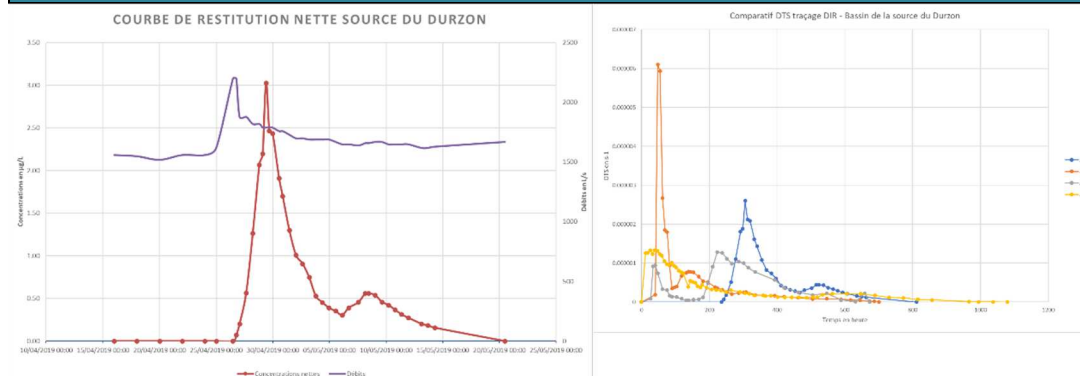
Commune et département : L'Hospitalet du Larzac (12)



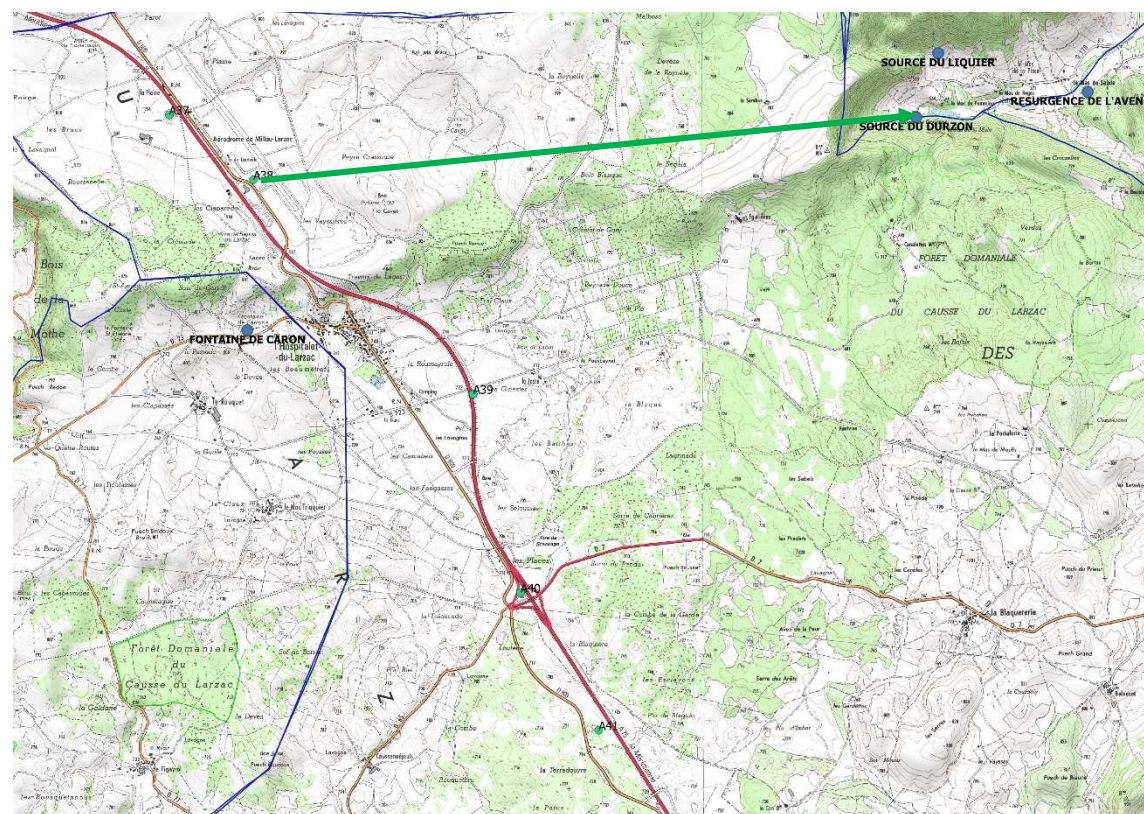
Point d'injection	X (L 93)	Y (L 93)	Z (m)	Traceur	Masse (g)	Heure injection
Bassin A38	714 793.674	6 320 777.314	794	Fluorescéine	6000 g	16/04/19 15h20 Tu

Point de suivi	X (L 93)	Y (L 93)	Traceur restitué	Type de restitution
Durzon	721000	3213766	Fluorescéine	Visuelle/fluorimétrique/Laboratoire
Cernon	711667	6319583	-	-

## Courbes de restitution du traceur - DTS



## Carte de restitution du traçage



## Résultats et interprétation

Lieu d'injection	Bassin A38
Date de l'injection	16/04/19 15h20 Tu
Traceur utilisé	Fluorescéine
Restitution	Durzon
Distance apparente (m)	6200
Masse injecté (g)	6000
Masse restituée (g)	2084
Restitution (%)	34.7
<b>Temps</b>	
Apparition du traceur (j)	26/04/19 18h30
Temps minimal de transit (rs)	10
Temps modale (h)	306
Temps moyen de séjour (h)	390
Durée de restitution (h)	570
<b>Vitesse</b>	
Vitesse maximale (m/h)	25.5
Vitesse modale (m/h)	20.25
Vitesse moyenne (m/h)	17
Vitesse apparente (m/h)	15.9
<b>Concentration et dilution</b>	
Concentration max (ug/l)	3.029
Dilution unitaire (l-1)	1/1972386588
DTS max (h)	306
Volume de Allen (m3)	2 365 226

# Traçage DIR/PNRGC - Bassin A39 -22/10/19

Condition d'injection : Perte totale dans la zone d'infiltration du bassin A39

Commune et département : L'Hospitalet du Larzac (12)

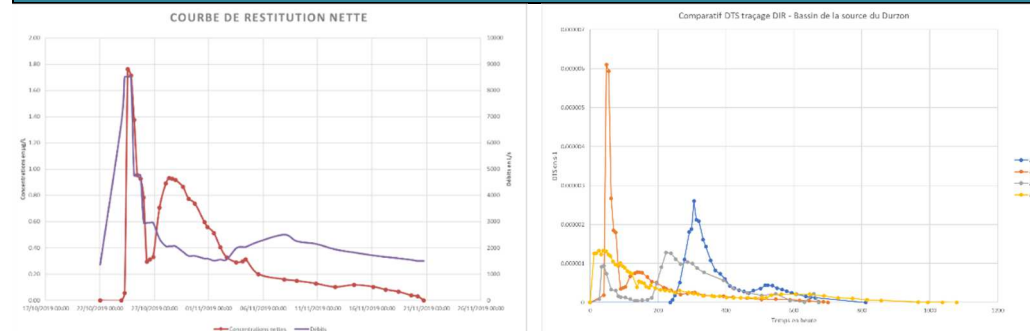


Point d'injection	X (L 93)	Y (L 93)	Z (m)	Traceur	Masse (g)	Heure injection
Bassin A39	716867.674	6318775.852	719	Sulfo B	6000 g	22/10/19 12h50 Tu

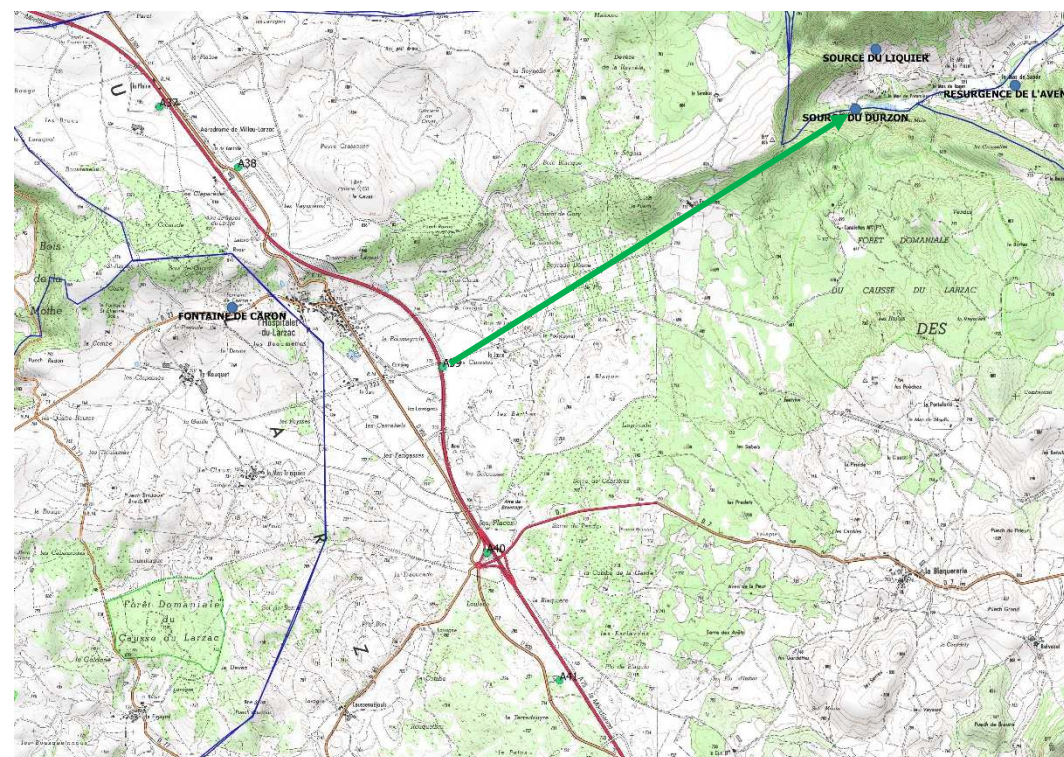
Point de suivi	X (L 93)	Y (L 93)	Traceur restitué	Type de restitution
Durzon	721000	3213766	Sulfo B	Laboratoire
Cernon	711667	6319583	-	-

Résultats et interprétation	
Lieu d'injection	Bassin A39
Date de l'injection	22/10/19 12h50 Tu
Traceur utilisé	Sulforhodamine B
Restitution	Durzon
Distance apparente (m)	4830
Masse injecté (g)	6000
Masse restituée (g)	2455
Restitution (%)	40.92
Temps	
Apparition du traceur (j)	26/10/19 6h00
Temps minimal de transit (jrs)	1.7
Temps modale (h)	48
Temps moyen de séjour (h)	158
Durée de restitution (h)	660
Vitesse	
Vitesse maximale (m/h)	117.4
Vitesse modale (m/h)	100.3
Vitesse moyenne (m/h)	54.4
Vitesse apparente (m/h)	30.6
Concentration et dilution	
Concentration max (ug/l)	1.762
Dilution unitaire (l-1)	1/3 405 221 339
DTS max (h)	48
Volume de Allen (m3)	2 410 644

## Courbes de restitution du traceur - DTS



## Carte de restitution du traçage



# Traçage DIR/PNRGC - Bassin A40-22/10/2019



Condition d'injection : Infiltration lente dans la zone d'infiltration du bassin A40

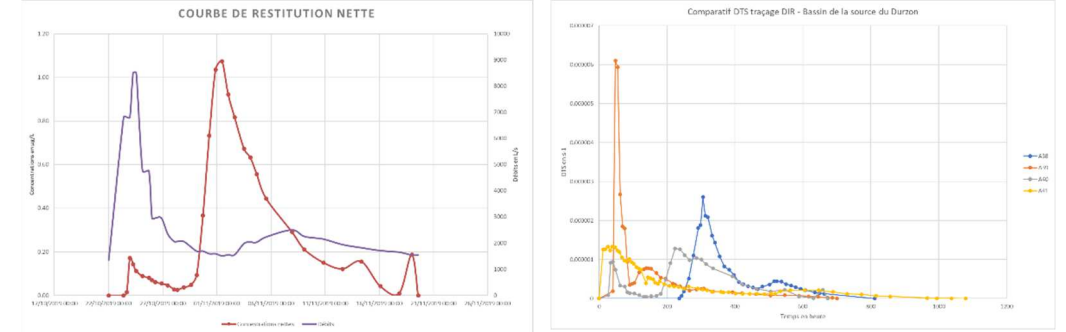
Commune et département : La Couvertorade (12)

Point d'injection	X (L 93)	Y (L 93)	Z (m)	Traceur	Masse (g)	Heure injection
Bassin A40	717 292.952	6 316 870.303	709	Fluorescéine	6000 g	22/10/19 12h30

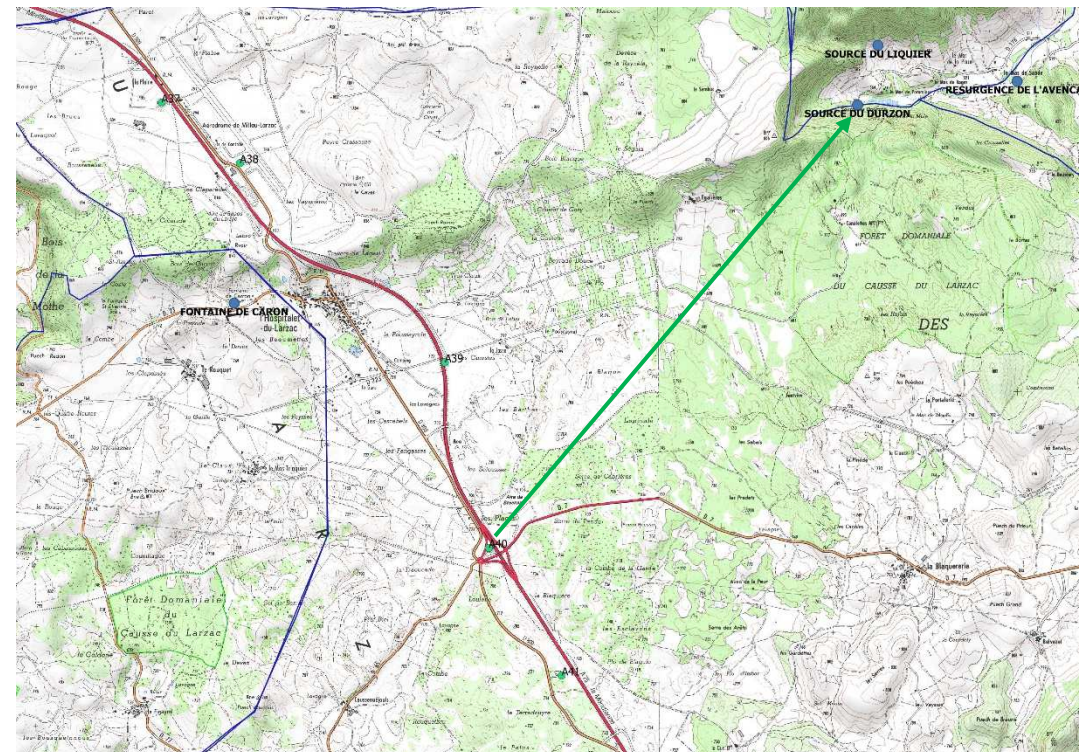
Point de suivi	X (L 93)	Y (L 93)	Traceur restitué	Type de restitution
Durzon	721000	3213766	Fluorescéine	Laboratoire
Cernon	711667	6319583	-	-

Résultats et interprétation	
Lieu d'injection	Bassin A40
Date de l'injection	22/10/19 12h30 Tu
Traceur utilisé	Fluorescéine
Restitution	Durzon
Distance apparente (m)	5810
Masse injecté (g)	6000
Masse restituée (g)	1282
Restitution (%)	21.37
Temps	
Apparition du traceur (j)	23/10/19 16h00
Temps minimal de transit (h)	27.5
Temps modale (h)	238.5
Temps moyen de séjour (h)	294.4
Durée de restitution (h)	646
Vitesse	
Vitesse maximale (m/h)	211.27
Vitesse modale (m/h)	24.36
Vitesse moyenne (m/h)	31.65
Vitesse apparente (m/h)	19.73
Concentration et dilution	
Concentration max (ug/l)	1.075
Dilution unitaire (l-1)	1/5 581 395 349
DTS max (h)	224
Volume de Allen (m3)	3 328 776

## Courbes de restitution du traceur - DTS



## Carte de restitution du traçage



# Traçage DIR/PNRGC – Bassin A41 – 29/05/19

Condition d'injection : Perte totale dans la zone d'infiltration du bassin A41

Commune et département : La Couvertorade (12)

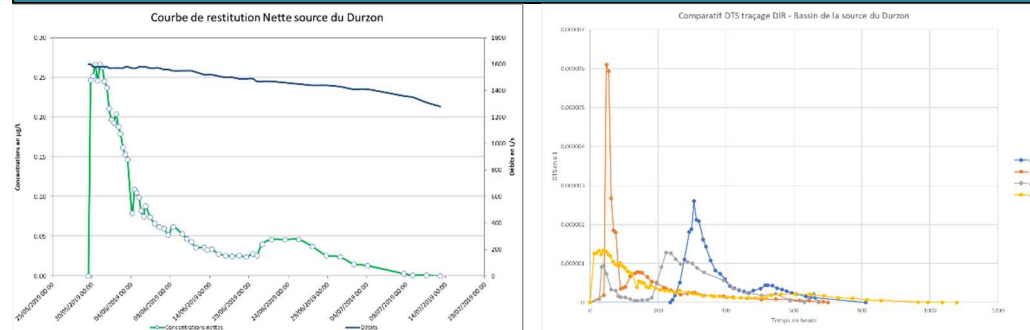


Point d'injection	X (L 93)	Y (L 93)	Z (m)	Traceur	Masse (g)	Heure injection
Bassin A41	717 980.97	6 315 650.1	716	Fluorescéine	4500 g	29/05/19 09h00

Point de suivi	X (L 93)	Y (L 93)	Traceur restitué	Type de restitution
Durzon	721000	3213766	Fluorescéine	Laboratoire
Cernon	711667	6319583	-	-

Résultats et interprétation	
Lieu d'injection	Bassin A41
Date de l'injection	29/05/19 09h00
Traceur utilisé	Fluorescéine
Restitution	Durzon
Distance apparente (m)	6450
Masse injecté (g)	4500
Masse restituée (g)	315
Restitution (%)	7
Temps	
Apparition du traceur (j)	29/05/19 21h00
Temps minimal de transit (h)	12
Temps modale (h)	26
Temps moyen de séjour (h)	254
Durée de restitution (h)	1067
Vitesse	
Vitesse maximale (m/h)	537.5
Vitesse modale (m/h)	248.1
Vitesse moyenne (m/h)	85.1
Vitesse apparente (m/h)	25.32
Concentration et dilution	
Concentration max (ug/l)	0.266
Dilution unitaire (l-1)	1/16 917 293 230
DTS max (h)	26
Volume de Allen (m3)	1 443 727

## Courbes de restitution du traceur - DTS



## Carte de restitution du traçage

