

Complexe touristique du Viala (12)

*Traçage hydrogéologique depuis les rejets de la
station d'épuration*

Juillet 2012

A67296/A



**Communauté de Communes Larzac-Templier
Causses et Vallées**
12540 CORNUS

ANTEA GROUP

"Eau"

Technoparc 5 – 50 Rue Jean Bart

31674 LABEGE CEDEX

Tél : 05.61.00.70.40

Fax : 05.61.00.70.41

Sommaire

	Pages
1. Contexte de l'étude.....	4
2. Contexte géologique et hydrogéologique.....	6
2.1. Contexte général	6
2.2. Vulnérabilité des aquifères karstiques	7
3. Protocole de traçage des eaux souterraines	10
3.1. Généralités	10
3.2. Phase préalable à l'opération de traçage	12
3.2.1. Reconnaissance de sol.....	12
3.2.2. Mise en place du matériel de suivi.....	15
3.3. Injection du traceur	17
3.4. Analyse des échantillons.....	18
3.5. Evolution du débit de la source.....	18
3.6. Résultats du traçage	20
3.6.1. Suivi du débit	20
3.6.2. Restitution du traceur	20
3.6.3. Taux de dilution	22
4. Suivi des paramètres physico-chimiques et analyses d'eau effectuées à la source de la Gloriette	24
5. Conclusions et recommandations	26
5.1. Données du traçage	26
5.2. Conclusions et perspectives	27
5.2.1. Impact du projet sur la ressource en eau captée.....	27
5.2.2. Recommandations	28

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du complexe touristique du Viala	5
Figure 2 : Coupe géologique du causse du Larzac (d'après L. Bruxelles)	6
Figure 3 : Localisation du secteur d'études (carré rouge) sur la carte géologique générale	8
Figure 4 : Bassin d'alimentation des principales sources du Larzac (d'après le PNRGC)	8
Figure 5 : Contexte hydrogéologique local – extrait courrier de Mr CHEMIN du 18/03/12	9
Figure 6 : Schéma de principe d'un aquifère karstique (Mangin, 1975) et trajet potentiel d'un traceur	11
Figure 7 : Schéma d'un aquifère karstique [BRÜHLMAN et al., 2004]	11
Figure 8 : Localisation des fosses – extrait Bing Aériel	12
Figure 9 : Localisation des fosses en fonction de l'installation prévue de traitement.....	13
Figure 10 : Vue d'ensemble des fosses	13
Figure 11 : Planche photographique des fosses	14
Figure 12 : Classe de perméabilité des sols – source FAO.org.....	15
Figure 13 : Installation du fluorimètre au niveau de la source Gloriette.....	16
Figure 14 : Injection du traceur.....	17
Figure 15 : Modules interannuels mesurés à la station O3565410, 1999-2012	18
Figure 16 : Localisation de la station hydrométrique O3565410.....	19
Figure 17 : Suivi des débits de la Lèbre - station HYDRO O3565410.....	20
Figure 18 : Courbe de restitution du traceur à la source Gloriette.....	21
Figure 19 : Courbe de restitution du traceur à la source Gloriette (« zoom ») et listing des prélèvements automatiques	21

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des fosses	14
Tableau 2 : Débits d'infiltration et perméabilités calculées	15
Tableau 3 : Date des visites de contrôle	16
Tableau 4 : Limites de détection de la fluorescéine	17
Tableau 5 : Bilan du traçage.....	22
Tableau 6 : Résultats des analyses physico-chimiques in-situ	24
Tableau 7 : Résultats des analyses effectuées au laboratoire – source de la Gloriette.....	25

Liste des annexes

Annexe 1 : Résultats des tests d'infiltration
Annexe 2 : Fiche de données de sécurité de la fluorescéine
Annexe 3 : Analyses de la concentration en traceur
Annexe 4 : Bordereaux détaillés des analyses

1. Contexte de l'étude

La communauté de communes Larzac Templier Causses et Vallées est propriétaire du complexe touristique du Viala, situé sur la commune de Cornus (voir localisation - **figure 1**). Dans le cadre d'un projet de réhabilitation du site, la communauté de communes s'est engagée auprès des locataires actuels afin de mettre en conformité son dispositif d'assainissement.

Ce complexe ne disposait à ce jour d'aucun dispositif d'assainissement des eaux usées. Les eaux sont rejetées actuellement par une canalisation en bordure du bâtiment vers un puits perdu.

Suite à ce constat, la communauté de communes s'est engagée dans des travaux de réhabilitation, par la création d'une filière de traitement complète comprenant une fosse toutes eaux, un filtre compact « coco » (le filtre est à base de copeaux de coco) drainé et un rejet des effluents traités par un ouvrage d'infiltration dans le sous-sol. La capacité de traitement a été fixée à 80 EH.

Le projet est implanté en bordure du causse du Larzac, drainé en sa périphérie par de nombreuses sources karstiques, la plupart étant captées pour l'eau potable. Le complexe touristique se situe à 500 m environ du captage de la Gloriette (voir **figures 4 et 5**), exploité par le Syndicat AEP du Larzac.

De ce fait, toute pollution venant de la station d'épuration est susceptible d'impacter la source et de mettre en péril la distribution et l'alimentation en eau des abonnés. Le captage a d'ailleurs fait l'objet d'une délimitation des périmètres de protection ; le complexe se situant dans le périmètre rapproché, zone de vigilance dans laquelle des prescriptions et interdictions sont dictées.

Compte tenu des enjeux et de la contrainte « eau potable », l'ARS de l'Aveyron a nommé M. Paul CHEMIN, hydrogéologue agréé, afin de donner un avis sanitaire sur le dossier et sur le dispositif d'assainissement envisagé. Dans son avis du 18 mars 2012, il indique :

- qu'un traitement tertiaire paraît indispensable compte tenu de la vulnérabilité des eaux captées,
- qu'un test de perméabilité doit être entrepris avec reconnaissance des horizons calcaire,
- qu'un traçage des écoulements souterrains devra être réalisé avec suivi de la restitution à la source de la Gloriette et si possible à la source de la Dèvre,
- en parallèle, une campagne d'analyse de la qualité des eaux conjointe aux deux émergences sera effectuée.

Après consultation, cette mission a été confiée dans sa globalité à ANTEA GROUP (Agence Ouest Sud Ouest, site de Toulouse).

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

Conformément au cahier des charges, la mission confiée à Antea Group s'est déroulée en 4 phases distinctes :

1. **Phase 1** : phase préalable (essais d'infiltration, choix du lieu d'injection du traceur, installation du matériel de suivi),
2. **Phase 2** : opération de traçage (injection du traceur et suivi sur 10 jours),
3. **Phase 3** : prélèvements et analyses d'eau sur la source de la Gloriette,
4. **Phase 4** : synthèse des données et recommandations.

Le présent rapport expose les résultats des différents essais et analyses réalisés au mois d'août 2012.

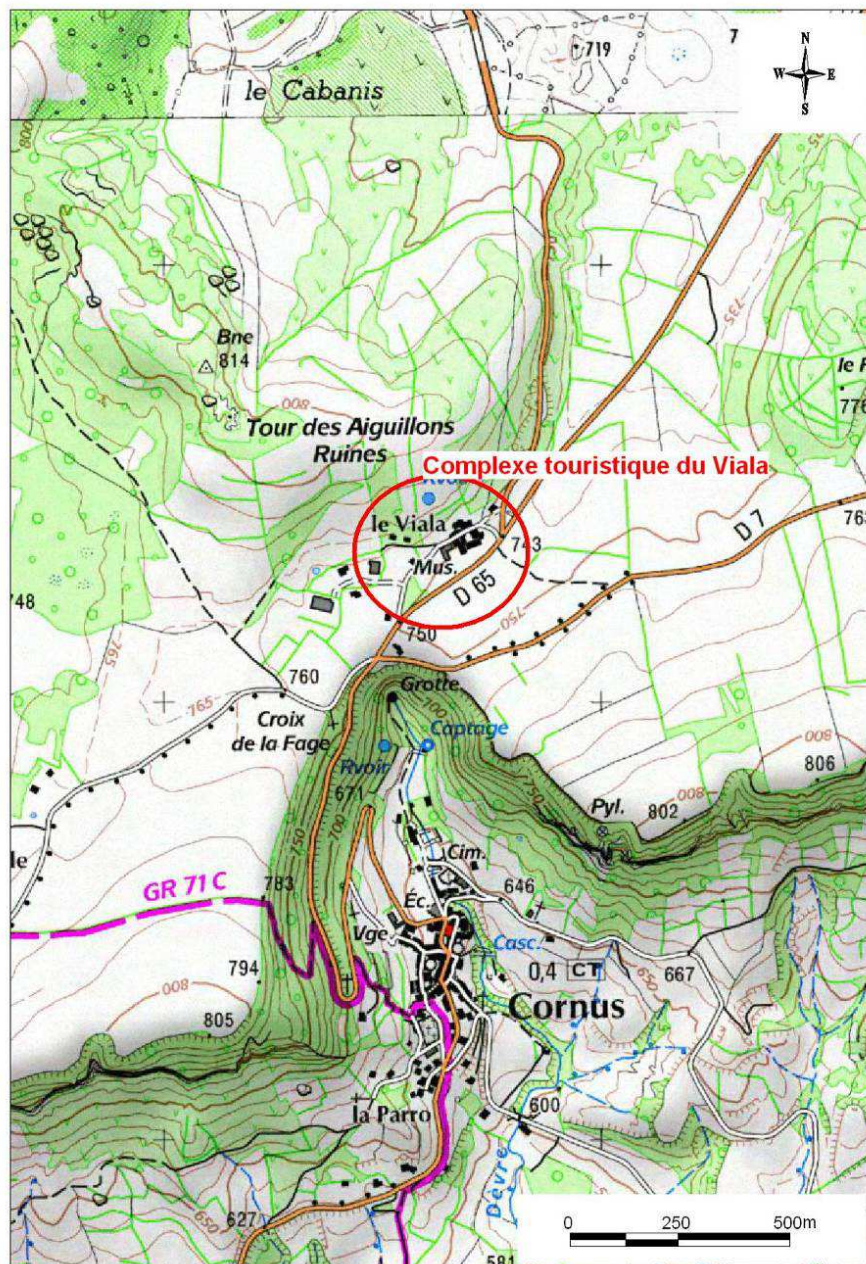


Figure 1 : Localisation du complexe touristique du Viala

2. Contexte géologique et hydrogéologique

2.1. Contexte général

Le complexe touristique du Viala est localisé sur la bordure méridionale du causse de l'Hospitalet, partie centrale du causse du Larzac. Il fait partie intégrante du Parc Naturel Régional des Grands Causses.

Le causse de l'Hospitalet est constitué par une vaste dalle calcaire légèrement bombée sur ces bordures et affectée par des accidents tectoniques (failles) affectant les différentes séries lithologiques (voir **figure 2**). Ces dernières sont caractérisées par un empilement de calcaires et de dolomies très perméables (en brun et rouge sur la figure 2), reposant sur des couches marneuses du Toarcien (en violet) totalement imperméables.

Ces formations géologiques majeures sont recouvertes par des formations détritiques superficielles, à épaisseur et lithologie variable, représentées (essentiellement) par des argiles à chailles, des dépôts périglaciaires ou des remplissages karstiques. Ces formations constituent un colmatage superficiel du karst, limitant ou concentrant le ruissellement.

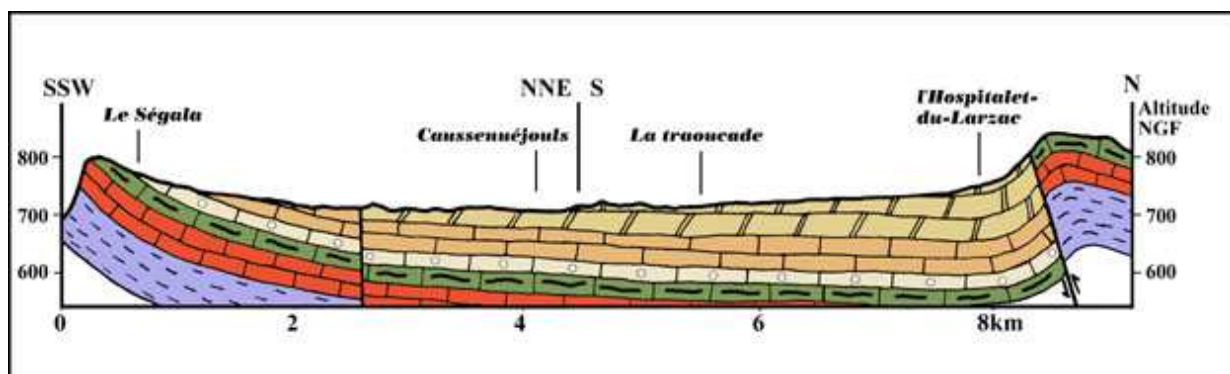


Figure 2 : Coupe géologique du causse du Larzac (d'après L. Bruxelles)

Les calcaires et dolomies sommitaux du causse sont affectés par des phénomènes de dissolution (appelés karstification) qui engendrent un élargissement des vides permettant à l'eau souterraine de circuler à des vitesses importantes (plusieurs mètres par heure). L'infiltration des eaux pluviales au sein du causse et leur drainage se fait vers un exutoire réduite souvent unique (1 source) et située au contact des calcaires et des marnes. Ce schéma de circulation est perturbé par la présence en surface de dolomies qui jouent un rôle « tampon » lors des épisodes pluvieux, en concentrant et ralentissement de manière temporaire (par création de lacs perchés) les infiltrations vers le karst sous-jacent.

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

La source de la Gloriette ou de Cornus résurge précisément à l'interface entre l'Alénien (calcaire noduleux karstifiable) et le Toarcien (marnes peu perméables). Elle est située au fond de la reculée du même nom, sur l'axe d'une faille perpendiculaire à la bordure du plateau. Cette faille verticale majeure, d'orientation nord-sud, semble être à l'origine du drainage à contre pendage des écoulements sous-terrain. La source de la Dèvre, plus haut topographiquement, semble constituer un trop-plein du système dont l'exutoire principal serait la source de la Gloriette.

En 2005, le réseau principal de galeries souterraines karstiques qui drainent la zone noyée vers les deux émergences a été exploré par des spéléologues. L'exploration à abouti à environ 150 m de distance et 100 m de profondeur du complexe touristique (voir report sur la **figure 5**).

Le bassin d'alimentation de la source de la Gloriette a été déterminé par de quelques traçages, réalisés au cours des études préalables aux périmètres de protection ou dans le cadre d'explorations hydro-spéléologiques. Le bassin versant s'étendrait au nord de la commune de Cornus, sur une superficie de près de 9 km². Des colorations effectuées par H. SALVAYRE en 1964 auraient démontrées qu'en certaines conditions hydrologiques (crue), les écoulements drainés vers la source captée du Cernon seraient capturés en partie par le bassin d'alimentation de la Gloriette. Cette donnée n'a jamais été prouvée par les études plus récentes.

Le débit moyen de la source de la Gloriette est de 0,3 m³/s et peut monter à plus de 1,5 m³/s en crue (données BRGM 1996).

2.2. Vulnérabilité des aquifères karstiques

A cause du caractère rapide et non filtrant des écoulements, les aquifères karstiques sont très vulnérables aux pollutions de toutes sortes.

Trois phénomènes peuvent modérer cette forte vulnérabilité du karst (A. LALLEMAND BARRES – J-C ROUX) :

- **l'autoépuration** qui peut exister dans la partie superficielle du karst et la zone noyée (couverture plus ou moins perméable et dans la zone noyée, colmatage),
- **le transit** d'une pollution qui va être fonction du degré d'organisation du drainage du système karstique mais aussi de la position de la source de pollution par rapport au drain et à ses systèmes annexes,
- **la forte dilution** du polluant dans la zone noyée.

La vulnérabilité peut donc être approchée à partir d'une approche naturaliste (reconnaissance de terrain, sondage) et fonctionnelle (traçage).

Les systèmes les plus vulnérables sont souvent les systèmes bien karstifiés, avec infiltration rapide des écoulements et une zone noyée de faible ampleur. Ces systèmes sont donc sujets à des pollutions brutales, de courte durée avec de fortes teneurs.

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

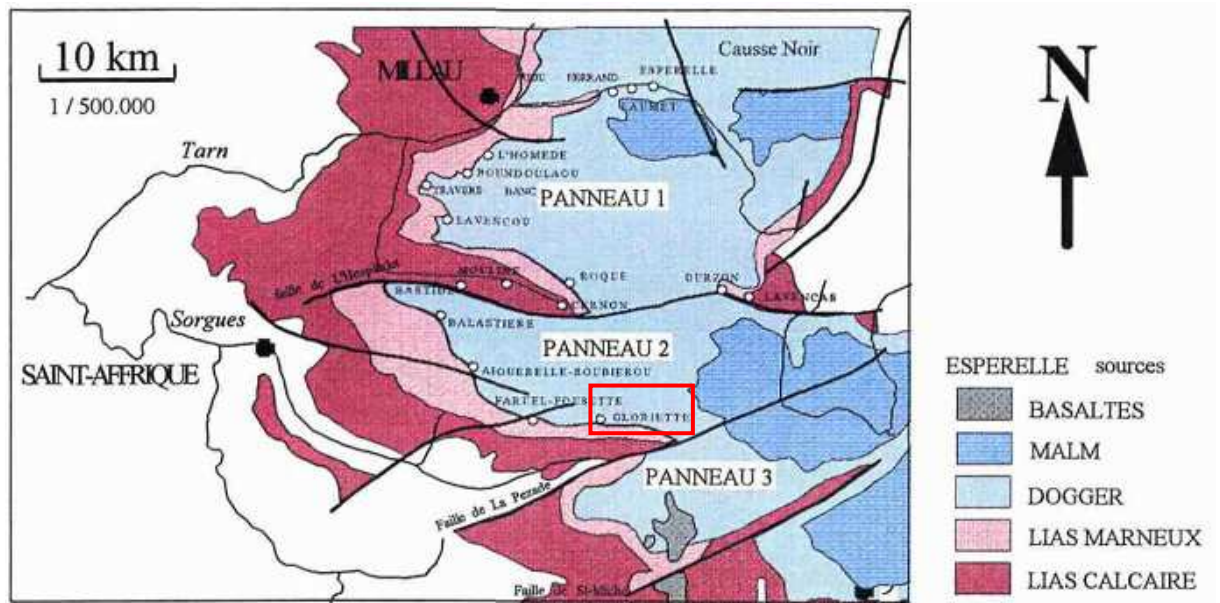


Figure 3 : Localisation du secteur d'études (carré rouge) sur la carte géologique générale

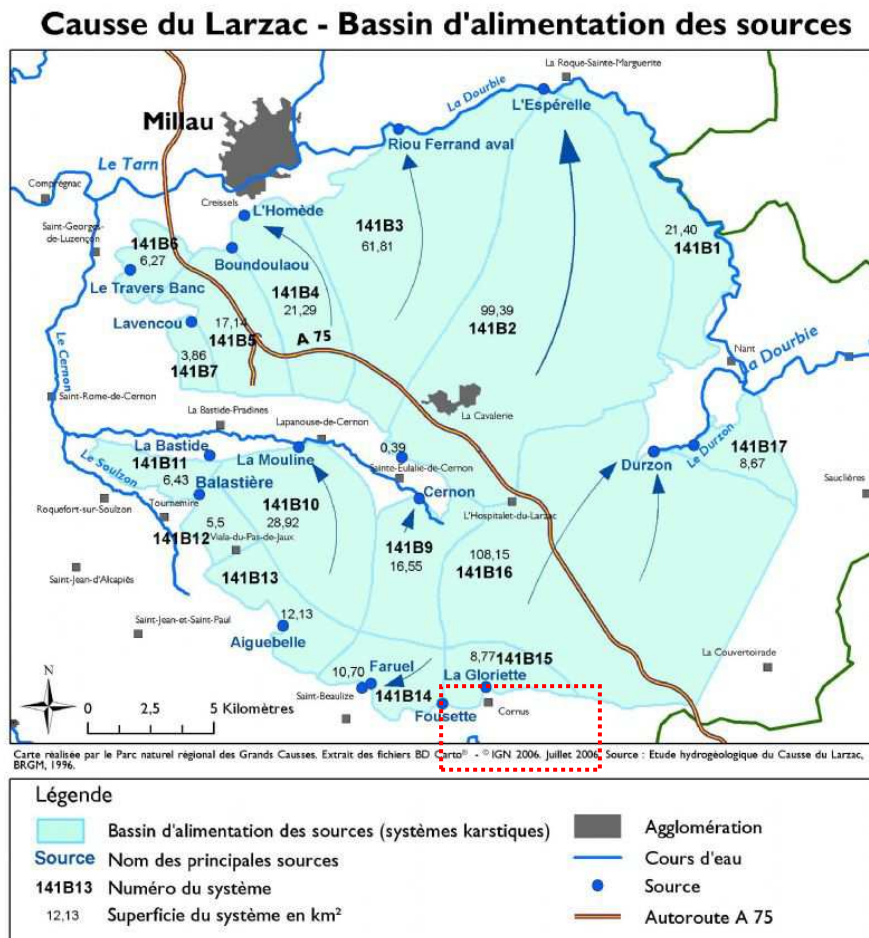


Figure 4 : Bassin d'alimentation des principales sources du Larzac (d'après le PNRGC)

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

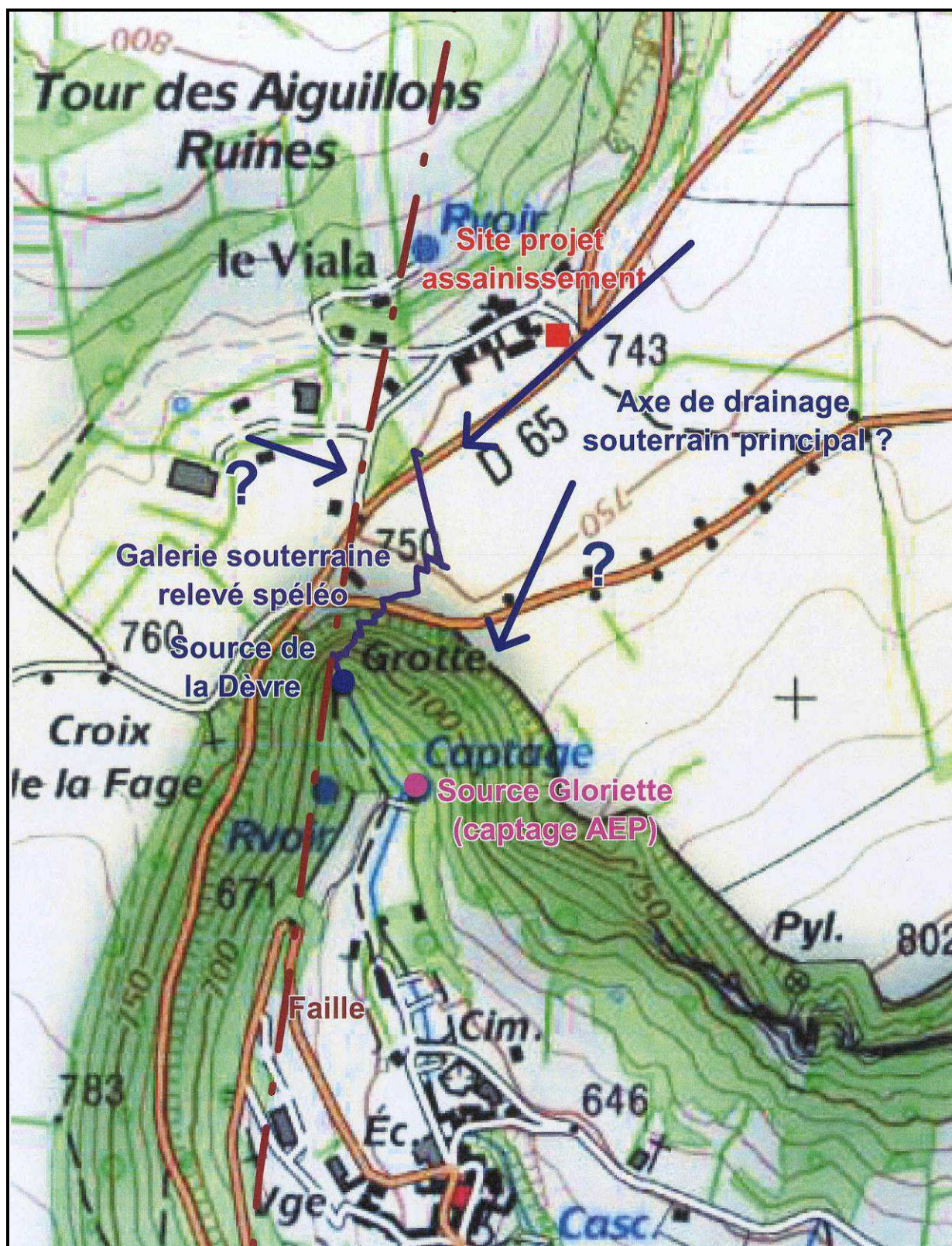


Figure 5 : Contexte hydrogéologique local – extrait courrier de Mr CHEMIN du 18/03/12

3. Protocole de traçage des eaux souterraines

3.1. Généralités

La technique du traçage artificiel est couramment utilisée en hydrogéologie karstique afin de vérifier l'existence d'une relation entre une zone d'infiltration et un ou plusieurs exutoires ceci permettant de préciser les limites de bassins d'alimentation des sources. Cette opération constitue également une véritable simulation de pollution, en évaluant la dilution et l'épuration naturelle au sein même du système karstique.

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

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

Dans ces conditions les opérations de traçage permettent de calculer de nombreux paramètres :

- l'analyse du flux de sortie permet d'obtenir la masse de traceur restituée et de faire un bilan (possible impact d'autres exutoires),
- le temps moyen de séjour et la vitesse moyenne de transit permettent de décrire le déplacement du nuage,
- le taux de dilution subit par le traceur présente un intérêt pour l'étude de pollution comme c'est ici le cas.

Le traceur injecté ne va parcourir qu'une partie seulement du système karstique (appelé **système-traçage** – voir figure suivante). Les résultats que l'on obtiendra nous donneront donc des informations sur les modalités de transit de l'eau marquée et par conséquent sur la structure de la partie du système concerné par ce transit.

Complexe touristique du Viala (12)
 Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
 A67296/A

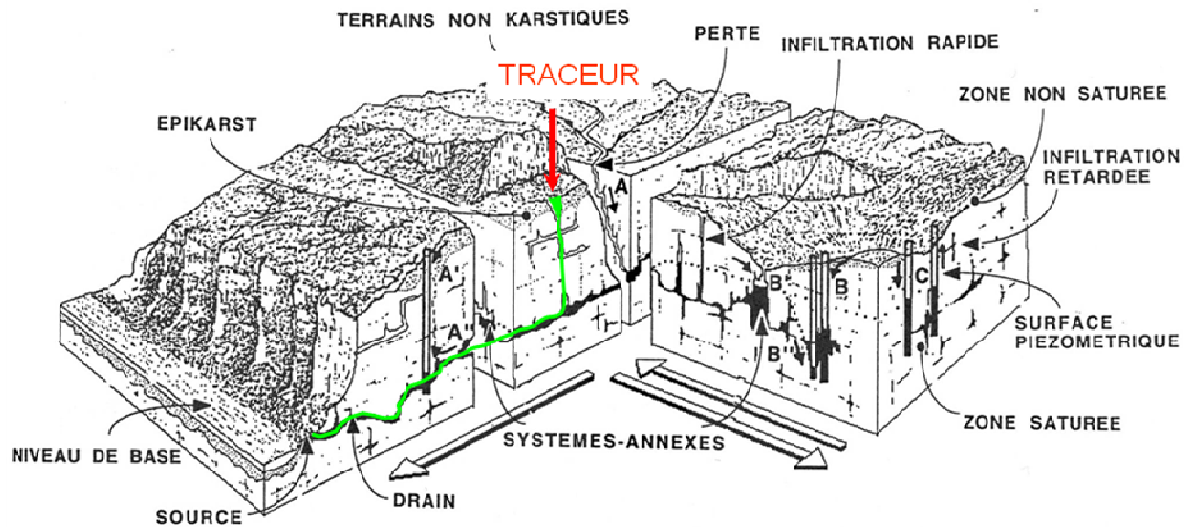
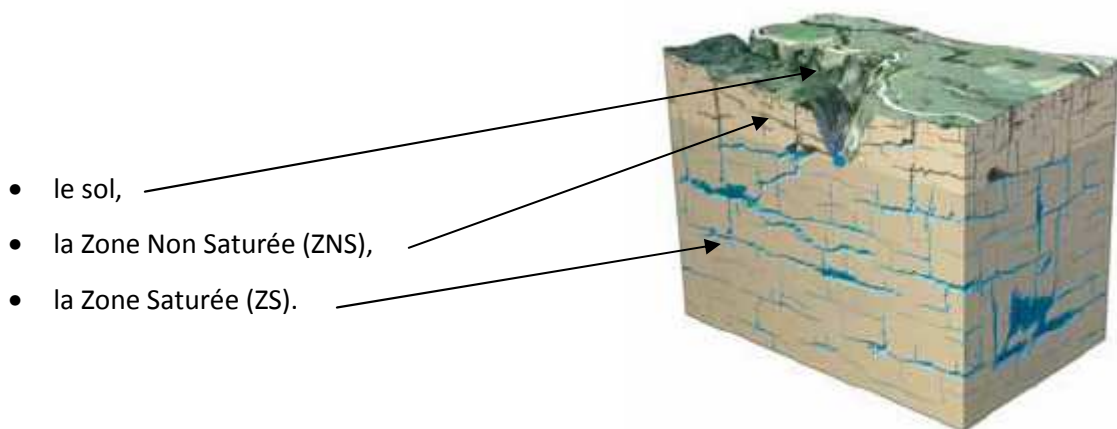


Figure 6 : Schéma de principe d'un aquifère karstique (Mangin, 1975) et trajet potentiel d'un traceur

Le trajet du traceur et donc de la molécule polluante dépend de la structure verticale du système karstique qui peut se schématiser ainsi :

- une couverture (sol) plus ou moins épaisse et ralentissant les écoulements,
- une zone d'infiltration (ou Zone Non Saturée) plus ou moins fracturée,
- la zone noyée drainée vers l'exutoire.



- le sol,
- la Zone Non Saturée (ZNS),
- la Zone Saturée (ZS).

Figure 7 : Schéma d'un aquifère karstique [BRÜHLMAN et al., 2004]

3.2. Phase préalable à l'opération de traçage

3.2.1. Reconnaissance de sol

En préalable à l'injection du traceur, il était nécessaire de valider la capacité d'infiltration du sol au droit du projet. Cette zone « test » est choisie en fonction des objectifs, des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du terrain et des contraintes d'accès. La zone choisie ici correspond à l'emplacement prévu des bassins d'infiltration du futur dispositif d'assainissement.

Pour cela, quatre fosses ont été creusées à proximité de l'emplacement projeté de l'ouvrage d'infiltration des eaux traitées (voir figures suivantes).



Figure 8 : Localisation des fosses – extrait Bing Aériel

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

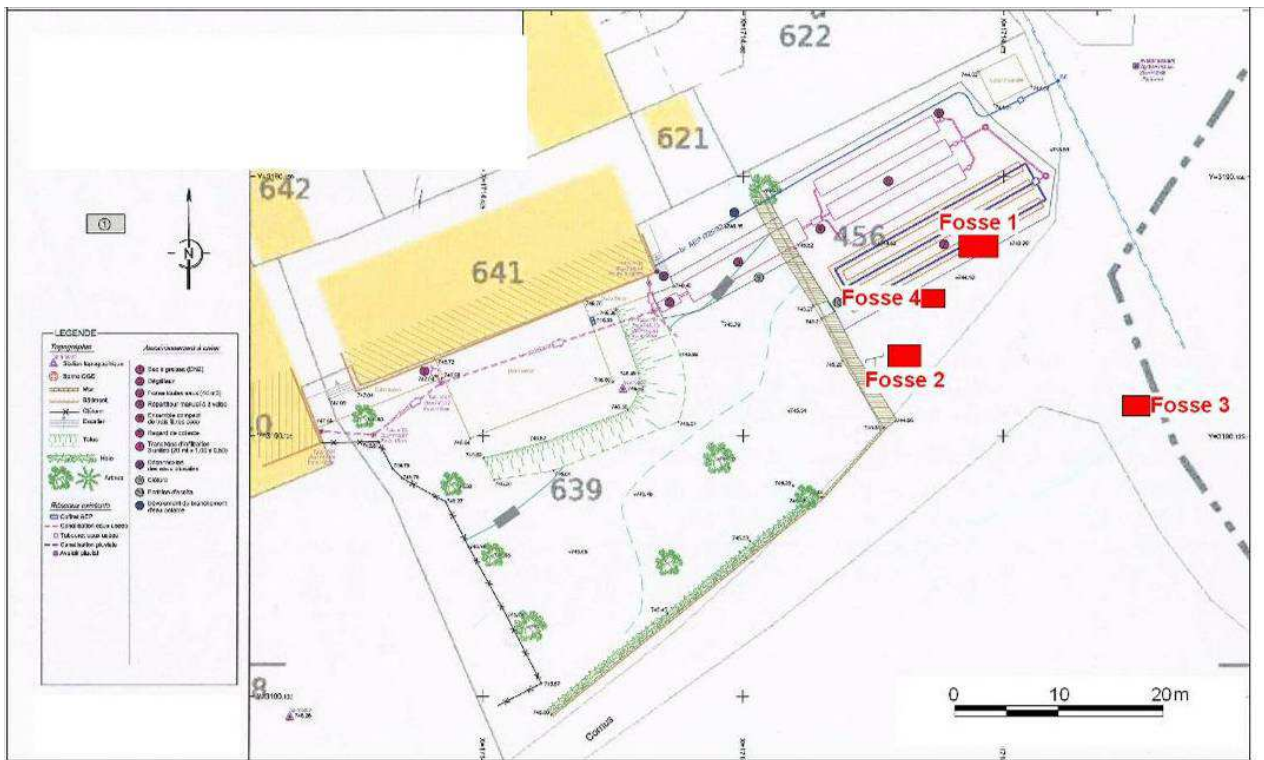


Figure 9 : Localisation des fosses en fonction de l'installation prévue de traitement



Figure 10 : Vue d'ensemble des fosses

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
 A67296/A



Fosse 1



Fosse 2



Fosse 3



Fosse 4

Figure 11 : Planche photographique des fosses

Les caractéristiques des fosses sont les suivantes :

N° fosse	Référence cadastrale		X L2e	Y L2e	Z NGF	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m/sol)
	Section	Parcelle						
1	A	456	667 839.4	1 879 209.4	743	3.7	2.7	0.3
2	A	456	667 832.4	1 879 198.4	743	3.1	2.6	0.9
3	A	Chemin communal	667 855.2	1 879 194.0	743	2.5	2.0	1
4	A	456	667 834.8	1 879 204.1	743	3.0	1.8	1

Tableau 1 : Caractéristiques des fosses

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

Les résultats des essais d'infiltration sont présentés dans le tableau suivant. Les fiches détaillées sont présentées en **annexe 1**.

N° fosse	Débit d'infiltration (m ³ /h)	Perméabilité calculée (m/s)	Perméabilité calculée (mm/h/ml)
1	0.8	2.28E-05	22.2
2	1.7	5.94E-05	69.0
3	0.8	4.55E-05	65.5
4	0.3	1.57E-05	18.9

Tableau 2 : Débits d'infiltration et perméabilités calculées

Les sols rencontrés correspondent à des blocs massifs de calcaires emballés dans une matrice argilo-limoneuse de couleur brune.

Les perméabilités calculées sur les quatre fosses sont homogènes et comprises entre 1,6 et $5,9 \cdot 10^{-5}$ m/s. Ces perméabilités sont considérées comme fortes (**figure 12**)

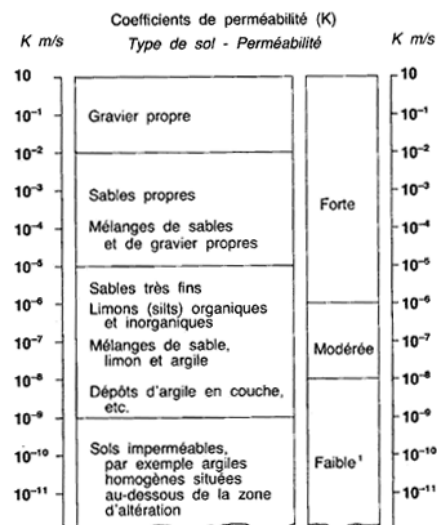


Figure 12 : Classe de perméabilité des sols – source FAO.org

3.2.2. Mise en place du matériel de suivi

En accord avec la communauté de commune, le suivi de la restitution a été effectué uniquement sur la source de la Gloriette. Le suivi a été effectué au moyen d'un préleveur autonome et d'un fluorimètre de terrain permettant d'enregistrer en continu l'arrivée du traceur (**figure 13**). Le pas d'acquisition des données a été défini à 2 minutes pour le fluorimètre et de 6 h pour les prélèvements automatiques.

*Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A*



Figure 13 : Installation du fluorimètre au niveau de la source Gloriette

La surveillance s'est déroulée du mardi 15 mai 2012 à partir de 15h00 (injection) jusqu'au vendredi 25 mai 2012 à 10h30 soit pendant 10 jours.

Suite à l'installation du dispositif de surveillance, deux visites de contrôle ont été réalisées par un ingénieur d'Antea Group selon le planning suivant :

Dates	Nature de l'intervention
Mardi 15 mai 2012	Injection et installation du dispositif de surveillance
Lundi 21 mai 2012	1 ^{ère} visite de contrôle d'acquisition des données
Vendredi 25 mai 2012	2 ^{ème} visite de contrôle d'acquisition des données Retrait du matériel

Tableau 3 : Date des visites de contrôle

3.3. Injection du traceur

Au vu des résultats des tests d'infiltration, la fosse 2 a été choisie comme point d'injection. L'injection de traceur a été effectuée le 15 mai 2012 à 15h (figure 11).



Figure 14 : Injection du traceur

Le traceur injecté est un traceur fluorescent, la fluorescéine, facile à mettre en œuvre et à analyser par les laboratoires spécialisés. Les seuils de détections sont faibles.

Traceur	Œil nu	Laboratoire	
		Eaux naturelles optiquement propres	Bruit de fond existant
Fluorescéine	100 µg/l	0.002 µg/l	0.01 µg/l

Tableau 4 : Limites de détection de la fluorescéine

Il s'agit d'une substance totalement inoffensive couramment utilisée en hydrologie et en hydrogéologie. La fiche de données de sécurité de la fluorescéine avec mention de l'innocuité du produit est fournie en **annexe 2**.

Afin d'assurer une restitution de bonne qualité, une quantité suffisante de traceur a été injectée (500 g) suivie de 5 m³ d'eau claire pour permettre au traceur de traverser les horizons de sol superficiels non saturés.

3.4. Analyse des échantillons

Les échantillons prélevés par les préleveurs automatiques ont été stockés dans des flacons en verre brun fumé rincés à l'eau prélevée. L'analyse par spectrofluorimétrie a été réalisée au Laboratoire CETRAHE d'Orléans.

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

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

Ainsi le spectre positif signifie que le colorant est présent dans l'échantillon analysé. A l'inverse, si le spectre est négatif, le produit analysé n'est pas le colorant mais un tout autre produit comme la matière organique ou divers polluants pouvant contenir un mélange fluorescent interférent avec la mesure.

3.5. Evolution du débit de la source

Les chroniques de débit pendant la durée du traçage nous ont été fournies par le Parc Naturel Régional des Grands Causses et sont issues de la station automatique de mesure installée sur le ruisseau La Lèbre à Cornus (code HYDRO O3565410), située légèrement en aval de la source de la Gloriette. A noter qu'à cet endroit, les débits mesurés correspondent aux débits cumulés des sources de la Gloriette et de la Dèvre (**figure 16**).

Le mois de mai correspondait à une période de hautes eaux pour le ruisseau de la Lèbre (**figure 15**).

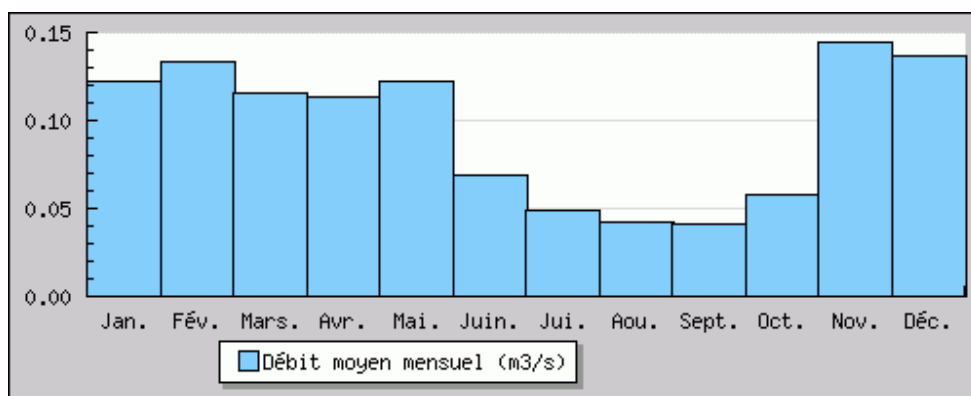


Figure 15 : Modules interannuels mesurés à la station O3565410, 1999-2012

Complexe touristique du Viala (12)
 Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
 A67296/A

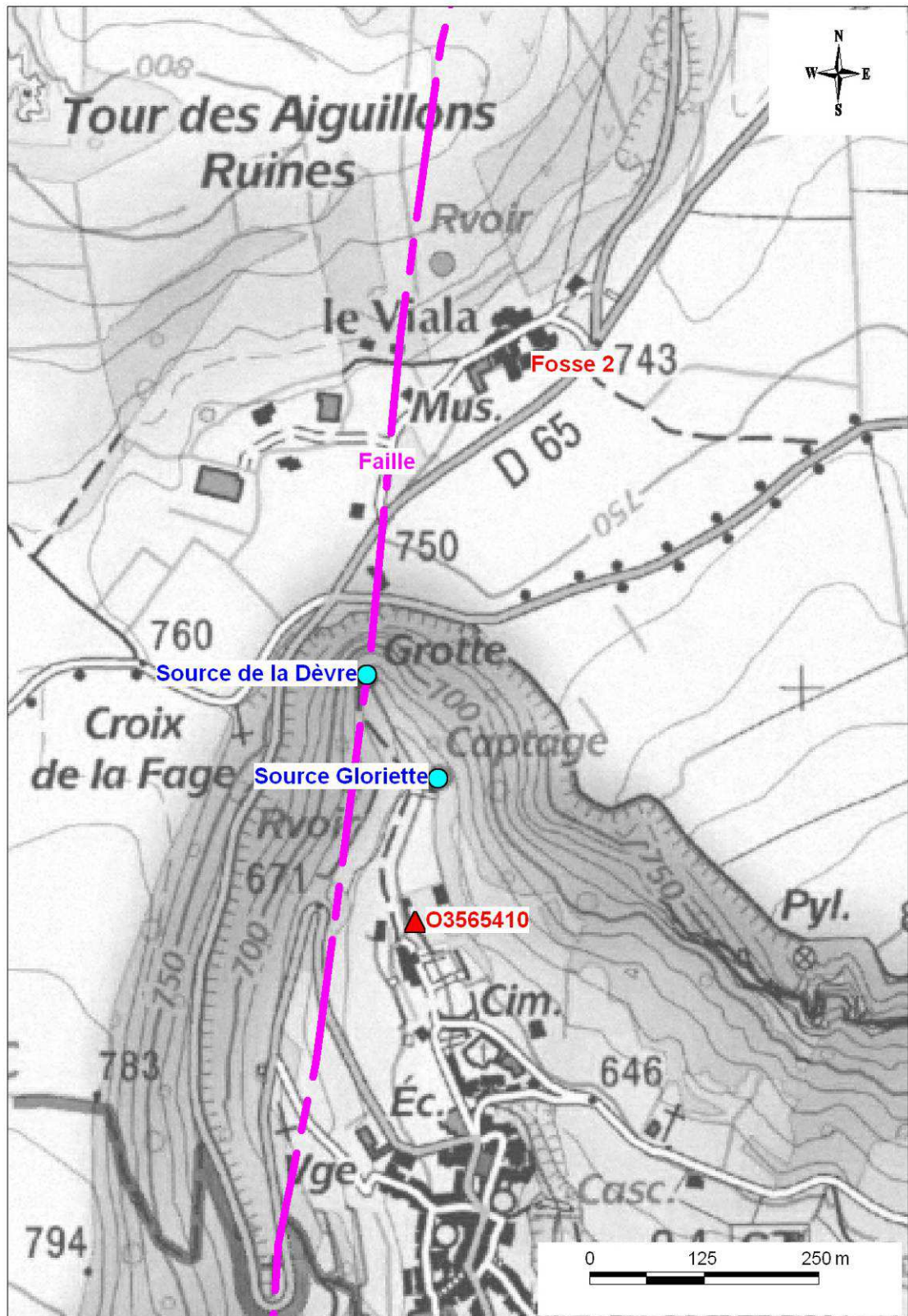


Figure 16 : Localisation de la station hydrométrique O3565410

3.6. Résultats du traçage

3.6.1. Suivi du débit

Le graphique suivant présente les débits cumulés des sources de la Gloriette et de la Dèvre au niveau de la station HYDRO de La Lèbre à Cornus (code O3565410).

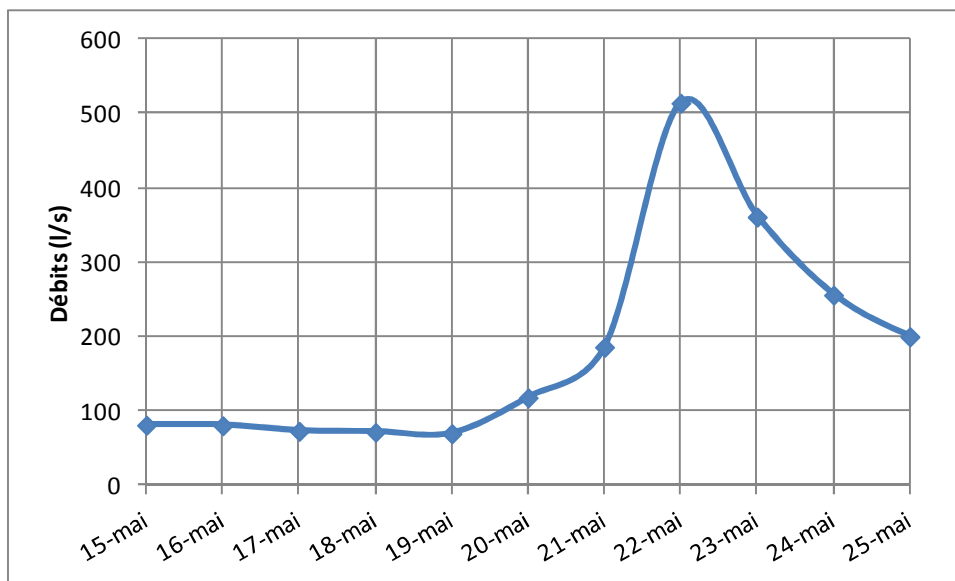


Figure 17 : Suivi des débits de la Lèbre - station HYDRO O3565410

Le 15 mai le débit cumulé des sources Gloriette et de la Dèvre était de 81,1 l/s. A partir du 19 mai, le débit augmente progressivement pour arriver à un maximum de 514 l/s le 22 mai. Le débit diminue ensuite progressivement pour atteindre 200 l/s le 25 mai.

3.6.2. Restitution du traceur

L'ensemble des enregistrements a correctement fonctionné sur le Fluorimètre (100 % des données disponibles). Les analyses effectuées sur les échantillons prélevés confirment les données obtenues à partir du fluorimètre. Le détail des analyses est présenté en **annexe 3**.

La période de surveillance a permis d'observer une restitution de l'ordre de 30% de la masse du traceur injectée. La courbe de restitution obtenue sur le fluorimètre et précisée à l'aide des échantillons du préleveur automatique présente une forme unimodale caractéristique (figures 18 et 19).

Le traceur apparaît au niveau de la source de la Gloriette le 21 mai à 4h00 soit 5 jours et 13 h après l'injection. Cette restitution est concomitante à la crue observée sur la Lèbre. La distance entre la source Gloriette et la fosse 2 étant de 480 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur en période de hautes eaux est de 3,6 m/h.

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
 A67296/A

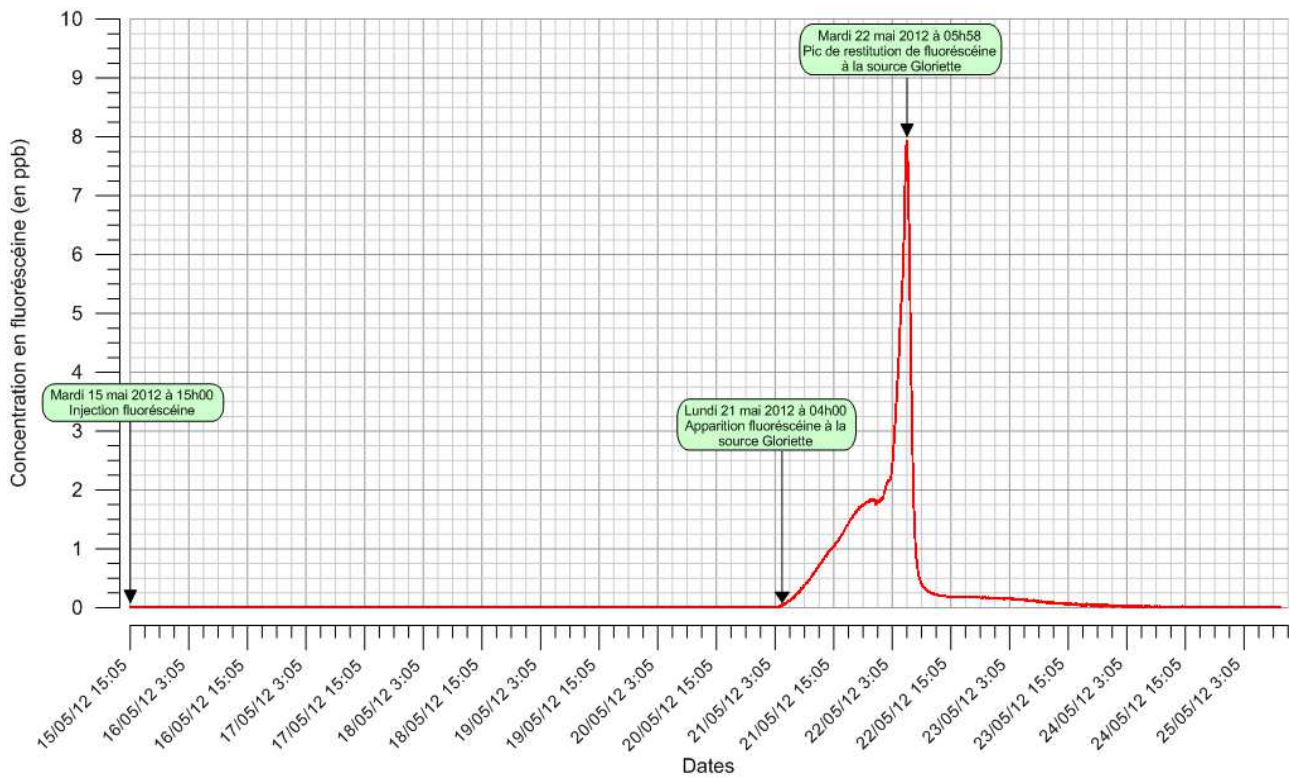


Figure 18 : Courbe de restitution du traceur à la source Gloriette

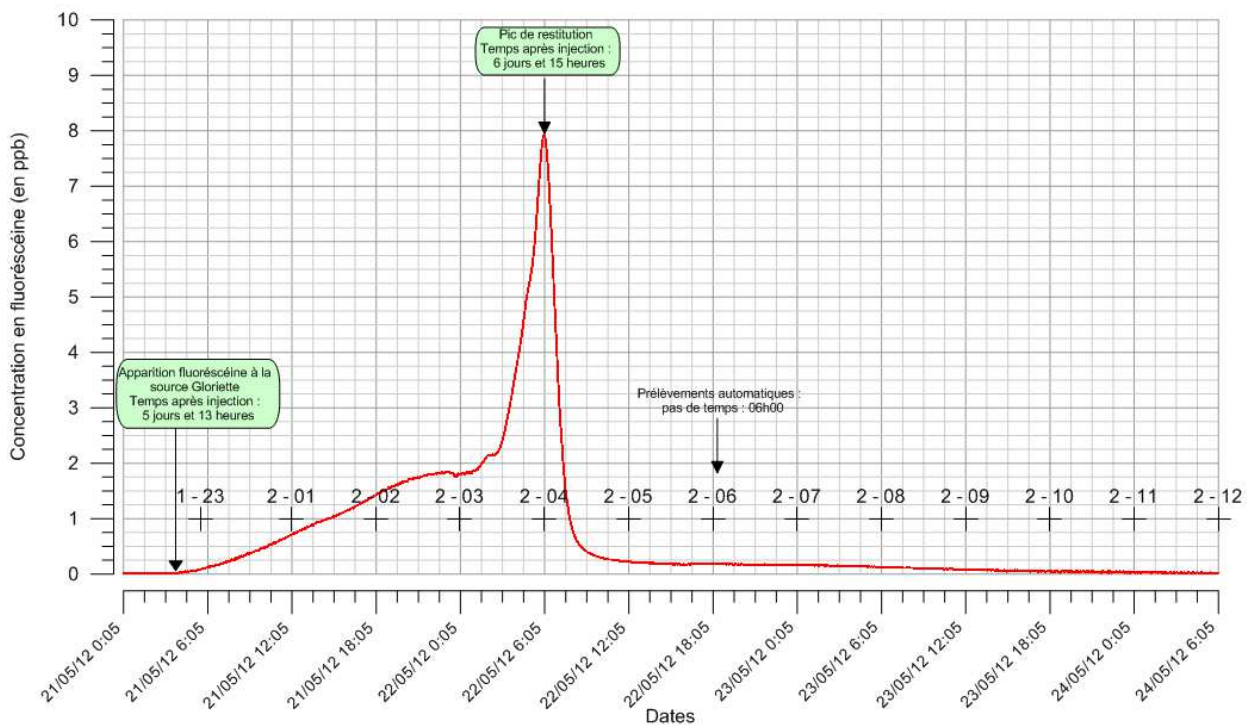


Figure 19 : Courbe de restitution du traceur à la source Gloriette (« zoom ») et listing des prélèvements automatiques

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

La concentration augmente progressivement durant la journée du 21 mai puis très fortement la journée du 22 mai pour atteindre un maximum de 7,9 µg/l le 22/05 à 05h58. Le temps modal est de 6 jours et 15h soit une vitesse modale de 3,0 m/h.

La concentration diminue ensuite progressivement. La fin de restitution est calculée le 23 mai à 23h50 soit 8 jours et 9 h après l'injection. Le temps de passage du traceur est de 2 jours et 20h.

3.6.3. Taux de dilution

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est faible ($1,6 \cdot 10^{-8} \text{ l}^{-1}$). Ainsi pour un déversement de 10 kg d'une substance potentiellement polluante et miscible à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles du traçage, la concentration maximale attendue à la source de la Gloriette serait de l'ordre de 160 µg/l. La restitution se ferait sur une durée de l'ordre de 3 jours.

Injection	
Lieu d'injection	Future station d'épuration
Restitution	Source de la Gloriette
Date d'injection	15/05/12 15:00
Traceur	Fluorescéine
Distance entre l'injection et la restitution (m)	480
Masse injectée (g)	500
Masse restituée (g)	148
Restitution %	30
Temps	
Apparition du traceur (j)	5,54
Temps modal (j)	6,6
Temps moyen de séjour (j)	6,57
Durée de restitution (j)	2,83
Vitesses	
Vitesse d'apparition (m/j)	86,6
Vitesse modale (m/j)	72,5
Vitesse moyenne (m/j)	73,3
Vitesse apparente (m/j)	73,1
Concentration et dilutions	
Concentration initiale (g/l)	0,1
Concentration max (g/l)	7,9E-6
Dilution minimale	7,9E-7
Dilution unitaire (l^{-1})	1,6E-8
DTS max (s^{-1})	2,8E-5

Tableau 5 : Bilan du traçage

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

A noter que les données de débit utilisées pour les calculs correspondent aux débits cumulés des sources de la Gloriette et de la Dèvre.

Le suivi de la concentration n'ayant été effectué que sur la source Gloriette, la masse de traceur restituée à la source Gloriette est donc légèrement surestimée d'où un taux de restitution réel inférieur à 30 %.

4. Suivi des paramètres physico-chimiques et analyses d'eau effectuées à la source de la Gloriette

Conformément à la demande de l'hydrogéologue agréé M. CHEMIN, des analyses physico-chimiques et en laboratoire ont été effectuées sur les eaux de la source Gloriette permettant de compléter la connaissance actuelle.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux 6 et 7 en suivant. Les bordereaux détaillés des analyses sont présentés en **annexe 4**.

Les analyses ont été complétées par des mesures in situ à l'aide d'un matériel portable type WTW étalonné. Pour les analyses complètes, elles ont été confiées au laboratoire EUROFINs à Montpellier.

Dates	Source de la Dèvre	Source Gloriette
Vendredi 18 mai 2012	Conductivité : 446 $\mu\text{S/cm}$, Température : 10,5 °C, pH : 7,8 Eh : 325 mV	Conductivité : 440 $\mu\text{S/cm}$, Température : 10,6 °C, pH : 7,9 Eh : 320 mV
Vendredi 25 mai 2012	Conductivité : 464 $\mu\text{S/cm}$, Température : 10,7 °C, pH : 7,8 Eh : 264 mV	Conductivité : 464 $\mu\text{S/cm}$, Température : 10,7 °C, pH : 7,8 Eh : 246 mV
Vendredi 7 juin 2012	Conductivité : 390 $\mu\text{S/cm}$, Température : 10,8 °C, pH : 7,58	Conductivité : 419 $\mu\text{S/cm}$, Température : 10,4 °C, pH : 7,37

Tableau 6 : Résultats des analyses physico-chimiques in-situ

Les eaux des deux sources présentent des conditions moyennes de 400 à 450 $\mu\text{S/cm}$ soit des eaux moyennement minéralisées. On n'observe pas de variations significatives entre les dates de mesure, sauf éventuellement sur les mesures du 7 juin où la source de la Dèvre présente une eau plus chaude et moins minéralisée.

La température oscille autour de 10,7 °C et le pH est caractéristique d'eau proche de la neutralité, légèrement basique (autour de 7,8).

Les valeurs entre les deux sources sont relativement proches. Le propriétaire des lieux nous indique cependant que la source de la Dèvre coule en permanence, en aval du point de résurgence connu (grotte). D'après lui, le régime hydrologique semble différent pour les 2 sources, avec un retard constaté lors des pluies pour la source de la Gloriette.

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

Source gloriette				
Paramètre	unité	date		
		21/05/2012	25/05/2012	07/06/2012
Physico-chimie				
Turbidité	NTU	1,03	0,9	1,36
Chlorure (Cl)	mg/l	5,48	5,74	5,85
Nitrates (NO₃)	mg/l	14,0	11,5	13,9
Nitrites (NO₂)	mg/l	<0,04	<0,04	0,08
Orthophosphates (PO₄)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1
Sulfate (SO₄)	mg/l	5,82	6,99	6,72
Ammonium (NH₄)	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05
Carbone organique total (C)	mg/l	0,8	1,1	0,6
Bore (B)	mg/l	/	<0,05	/
Phosphore (P)	mg/l	0,016	0,006	0,016
P₂O₅	mg/l	0,04	0,01	0,04
Bactériologie				
Coliforme totaux	UFC/100ml	Ininterprétable*	<100	<100
Entérocoques interstinaux	NPP/100ml	<38	<38	38
Eschérichia coli	UFC/100ml	Ininterprétable*	<100	<100
Coliformes thermotolérants	UFC/100ml	Ininterprétable*	<100	<100
Spores d'anaérobies sulfito-réducteurs	UFC/100ml	2	2	1
Salmonelle présomptive	Dans 5l	0	0	0
Bactéries aérobies revivifiables 22°C	UFC/100ml	>30 000	7 200	12 000
Bactéries aérobies revivifiables 36°C	UFC/100ml	11 000	1 100	930

*La mention « Ininterprétable » signifie que le laboratoire n'a pas pu effectuer de comptage précis du fait du nombre trop élevé de souches de bactéries revivifiables

Tableau 7 : Résultats des analyses effectuées au laboratoire – source de la Gloriette

Les eaux analysées présentent une contamination notable en bactéries fécales et spores sulfito-réductrices. Les teneurs très élevées le 21 mai en bactéries aérobies revivifiables empêchent le comptage précis des autres paramètres bactériologiques. Ce constat est très regrettable et s'explique en partie par le système actuel de captation, où les eaux stagnent temporairement dans la galerie de captage.

Les autres paramètres indicateurs semblent confirmer un impact anthropique sur la source (présence de nitrates à des teneurs de > 10 mg/l).

Les paramètres physico-chimiques ne montrent pas de variations significatives entre les analyses.

5. Conclusions et recommandations

5.1. Données du traçage

La communauté de commune Larzac Templier Causses et Vallées envisage la réhabilitation du complexe touristique du Viala et notamment la mise en place d'une station de traitement des eaux usées issues du complexe touristique.

Compte tenu de la présence du captage de la source de la Gloriette en aval de ce complexe, l'ARS a nommé M. Paul CHEMIN, hydrogéologue agréé, afin de donner un avis sanitaire sur le projet. Afin d'appuyer son avis, il a demandé que soit réalisé un traçage hydrogéologique depuis le site, complété par un suivi qualitatif sur les sources de la Gloriette et de la Dèvre.

Une injection d'un traceur fluorescent a été effectuée le 15 mai 2012 à partir d'une fosse réalisée au niveau de l'emplacement prévu des tranchées d'infiltration. Le suivi de la restitution a été effectué au moyen d'un Fluorimètre de terrain complété par des prélèvements automatiques.

Les tests d'infiltration réalisés sur 4 fosses ont permis de calculer des perméabilités comprises entre 1,6 et $5,9 \cdot 10^{-5}$ m/s. Elles sont considérées comme bonnes pour ce type de milieu (sols limono-argileux) mais correspondent à des infiltrations diffuses dans des sols poreux. Aucune infiltration préférentielle (fracture ouverte, absorption importante, aven) n'a été identifiée.

Le traçage s'est déroulé en période de hautes eaux, avec des débits importants des deux sources. Le taux de restitution du traceur calculé est de l'ordre de 30 %. Ce taux est surestimé du fait de la prise en compte des débits conjoints de la source de la Gloriette et de la source de la Dèvre.

Si on prend comme hypothèse que seulement 50 % du débit cumulé s'écoule au captage de la Gloriette, 15 % de restitution reste une valeur assez faible, qui s'explique par la forte absorption du traceur au sein de la zone d'infiltration (sol compris mais hors zone noyée). En effet, compte tenu de la distance du projet au captage et de la structure drainante du système (observée par les explorations spéléologiques), l'épuration naturelle au sein de la zone noyée doit être relativement faible.

Ce constat est à mettre en relation avec la vitesse de transit observée lors du traçage (3 m/h pour le maximum de la restitution) ce qui reste très faible. Les vitesses observées en hautes eaux sur le Larzac sont généralement comprises entre 50 et 150 m/h. L'infiltration du traceur vers la zone noyée s'est donc faite très lentement.

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

Dans les conditions hydrogéologiques du traçage (hautes eaux), le débit cumulé des deux sources est important (514 l/s le 22 mai, au moment du maximum de restitution) et explique la faible concentration maximale observée (7,9 µg/l) et le fort taux de dilution calculé ($1,6 \cdot 10^{-8} \text{ l}^{-1}$).

Un simple calcul permet d'estimer l'impact d'un déversement de 10 kg de produits polluants miscibles à l'eau, dans les mêmes conditions d'injection et de transfert que celles du traçage. Ainsi, cette pollution entrainerait une concentration maximale à la source Gloriette de l'ordre de 160 µg/l et un temps de passage du nuage de 3 jours. Cette valeur de 160 µg/l reste élevée et montre que tout impact de produit chimique et miscible à l'eau aurait un impact sanitaire sur le captage.

L'analyse des paramètres physico-chimiques in-situ ne montre pas de variations significatives entre les différents prélèvements. Les sources sont fortement impactées par des bactéries revivifiables, fécales et sulfito-réductrices qui proviennent des rejets directes agricoles ou urbains sur le bassin d'alimentation.

Les paramètres mesurés sur les deux sources sont quasi identiques sauf pour le dernier prélèvement qui indiquerait une légère différence (l'eau de la Dèvre étant moins minéralisée et plus chaude). Il est difficile à ce stade de conclure sur l'origine des deux sources. Il semble qu'elles soient connectées lors des crues (même signature physico-chimiques) mais légèrement différentes en moyenne ou basses eaux.

Ces analyses ont été perturbées par des teneurs très importantes en bactéries aérobies revivifiables, empêchant la quantification des autres paramètres bactériologiques.

5.2. Conclusions et perspectives

5.2.1. Impact du projet sur la ressource en eau captée

Le complexe touristique du Viala se situe dans un environnement contraignant du point de vue hydrogéologique, avec la présence d'un réseau karstique drainant une partie des eaux souterraines du secteur et la présence à faible distance d'un exutoire de ce réseau captée pour l'alimentation en eau potable.

Les données du traçage mettent en évidence les relations entre le rejet d'assainissement du complexe touristique du Viala et le captage de la Gloriette. Une dilution importante est observée lors de cette opération, mise en relation avec les forts débits constatés lors de la restitution en traceur.

Les faibles valeurs de vitesse observées lors du traçage (3 m/h) et le faible taux de restitution estimé (15 %) prouvent que le traceur a circulé très lentement dans la zone d'infiltration, avant de rejoindre la zone noyée. Ce constat reste un point positif pour le projet, puisque cette infiltration lente permet une épuration biologique des effluents.

Cependant, les simples calculs effectués montrent qu'un déversement accidentel de 10 kg de produit miscible à l'eau impacterait le captage, à des taux supérieurs aux normes de potabilité de certains produits.

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

Il est donc important de prendre en compte cette dernière donnée dans la faisabilité du projet.

Les impacts du projet sur les eaux souterraines peuvent survenir :

- pendant la phase de travaux, lors de la création de la station d'assainissement. De manière générale, cet impact peut provenir essentiellement d'un déversement accidentel lors des terrassements ou d'une remise en suspension des fines lors des épisodes pluvieux,
- pendant la phase d'exploitation avec l'infiltration chronique des rejets du complexe touristique, s'ils ne sont pas traités correctement.

5.2.2. Recommandations

Au cours de la phase de travaux on veillera à :

- s'assurer du bon état de fonctionnement de l'ensemble du matériel utilisé (engins de chantier, flexibles, ...),
- entretenir ou réparer les engins sur des aires étanches hors zone de travaux,
- éviter les travaux par temps de fortes pluies et éviter l'infiltration massive d'eau turbide au sein des fosses effectuées pour la mise en place des dispositifs.

Si les travaux de terrassement mettaient à jour une zone d'infiltration préférentielle (fracture ouverte, aven...), des dispositions seraient alors prises pour éviter toute infiltration massive d'eau turbide dans cette zone. Un déplacement de la filière de traitement serait alors envisagé dans une zone moins vulnérable.

Concernant la filière de traitement, les niveaux de rejet donnés par les constructeurs sont en général assez bons (DBO5 : 15 mg/l - NGL : 45 mg/l - DCO : 50 mg/l - NK : 11 mg/l - MEST : 10 mg/l - NO3 : 33 mg/l) et sont conformes à l'Arrêté du 22 Juin 2007 (niveau D4). Le filtre compact coco assure un abattement théorique organique des eaux usées à traiter supérieure à 90 % et une réduction de 2 log des germes microbiens.

Le retour d'expérience des SPANC sur ce type de procédé mentionne cependant :

- une forte sensibilité du procédé aux eaux parasites et aux apports pluviaux,
- une adaptation seulement aux eaux usées domestiques,
- une variation de charge tolérée jusqu'à 25 %,
- une évolution des taux d'abattement incertaine au cours du temps.

La filière compact COCO semble donc bien adaptée et dimensionnée au projet. Il sera donc primordial d'éviter toute intrusion d'eau pluviale. Un suivi analytique et bactériologique du filtre semble indispensable afin de confirmer au cours du temps l'efficacité de la filière.

Le traitement tertiaire par tranchées d'infiltration nous semble également adapté au contexte et permettra une épuration biologique supplémentaire des eaux traitées (2-3 log microbiens). Il est conseillé de surdimensionner légèrement les tranchées compte tenu des capacités d'infiltration des sols et des enjeux en aval.

Complexe touristique du Viala (12)
Traçages hydrogéologiques depuis les rejets de la station d'épuration
A67296/A

Observations sur l'utilisation du rapport

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

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

Annexe 1

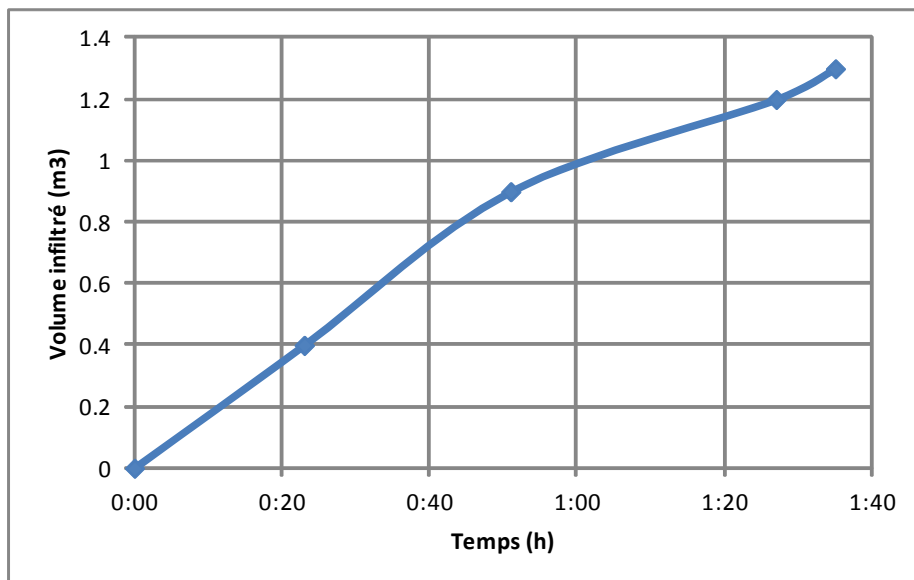
Résultats des tests d'infiltration

(4 pages)

Fiche résultat d'essai de percolation détermination du débit d'infiltration

Commune : Cornus
Lieu dit : Le Viala

Essai d'infiltration : Fosse 1



Profondeur (m) : 0.3
Longueur (m) : 3.7
Largeur (m) : 2.7

Débit d'infiltration Q

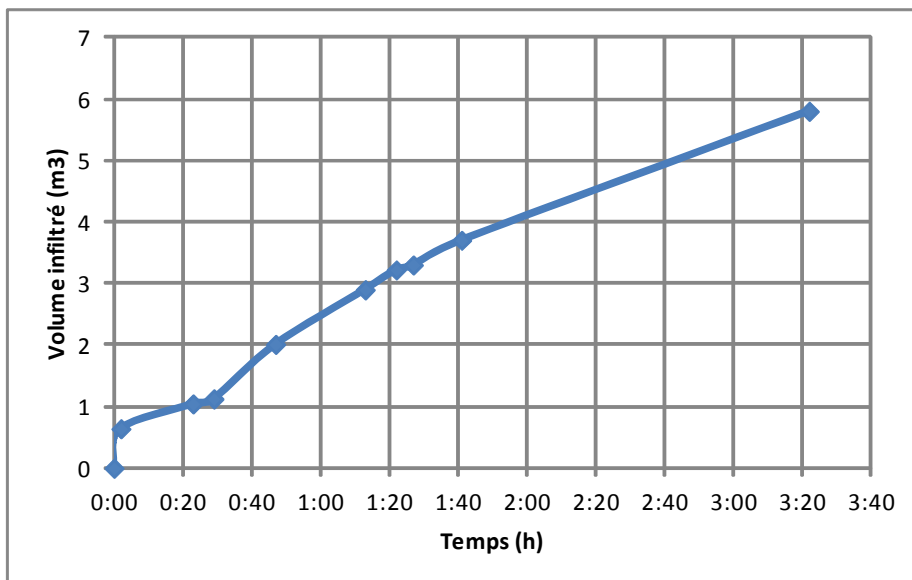
(m ³ /s)	2.28E-04
(m ³ /h)	0.8
(m ³ /h/ml)	0.2

Coefficient de perméabilité

(m/s)	2.28E-05
(mm/h)	82.1
(mm/h/ml)	22.2

Fiche résultat d'essai de percolation détermination du débit d'infiltration

Commune : Cornus
Lieu dit : Le Viala
Essai d'infiltration : Fosse 2



Profondeur (m) : 0.9
Longueur (m) : 3.1
Largeur (m) : 2.6

Débit d'infiltration Q

(m ³ /s)	4.79E-04
(m ³ /h)	1.7
(m ³ /h/ml)	0.6

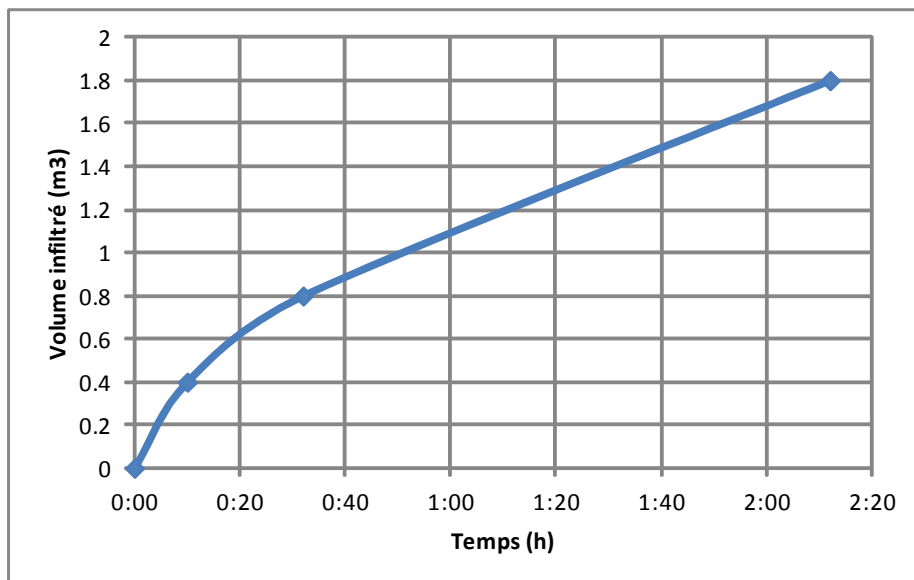
Coefficient de perméabilité

(m/s)	5.94E-05
(mm/h)	213.9
(mm/h/ml)	69.0

Fiche résultat d'essai de percolation détermination du débit d'infiltration

Commune : Cornus
Lieu dit : Le Viala

Essai d'infiltration : Fosse 3



Profondeur (m) : 1
Longueur (m) : 2.5
Largeur (m) : 2

Débit d'infiltration Q

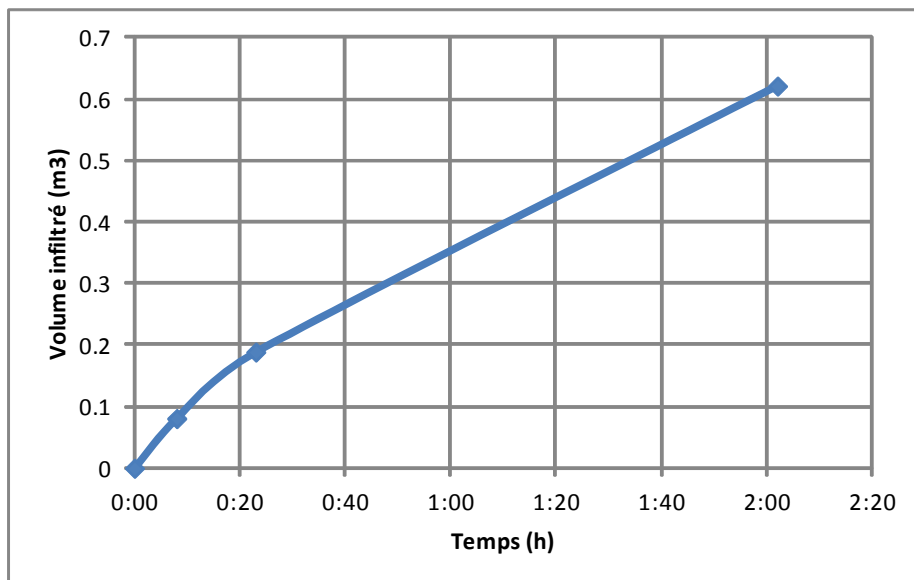
(m ³ /s)	2.27E-04
(m ³ /h)	0.8
(m ³ /h/ml)	0.3

Coefficient de perméabilité

(m/s)	4.55E-05
(mm/h)	163.6
(mm/h/ml)	65.5

Fiche résultat d'essai de percolation détermination du débit d'infiltration

Commune : Cornus
Lieu dit : Le Viala
Essai d'infiltration : Fosse 4



Profondeur (m) : 1
Longueur (m) : 3
Largeur (m) : 1.8

Débit d'infiltration Q

(m ³ /s)	8.48E-05
(m ³ /h)	0.3
(m ³ /h/ml)	0.1

Coefficient de perméabilité

(m/s)	1.57E-05
(mm/h)	56.6
(mm/h/ml)	18.9

Annexe 2

Fiche de données de sécurité de la fluorescéine

(5 pages)

Annexe 3

Analyses de la concentration en traceur

(1 pages)

DONNEES BRUTES EN FLUORESCEINE**SOURCE GLORIETTE****Antea Group**

Traceur : Fluorescéine
Date d'injection : le 15/05/2012 à 15h00
Point d'injection : Fosse n°2
Masse de traceur injectée : 500 g

Date	Temps relatif en min	Conc. brute en ng/ml	Conc. corrigée en ng/ml	Spectre émission	Spectre excitation	Conc. Nette en ng/ml
20/05/2012 23:30	7710	0,090		positif faible	positif faible	0,020
21/05/2012 05:30	8070	0,236				0,166
21/05/2012 05:30	8070	0,817				0,817
21/05/2012 12:00	8460	0,883				0,813
21/05/2012 18:00	8820	1,675				1,605
22/05/2012 00:00	9180	1,979				1,909
22/05/2012 06:00	9540	7,894				7,824
23/05/2012 06:00	10980	0,453				0,383

Annexe 4

Bordereaux détaillés des analyses

(7 pages)

Rapport

Titre : Complexe touristique du Viala (12). Traçage hydrogéologique depuis les rejets de la station d'épuration

Numéro et indice de version :	A67296/A
Date d'envoi : Juillet 2012	Nombre d'annexes dans le texte : 4
Nombre de pages : 30	Nombre d'annexes en volume séparé : 0
Diffusion (nombre et destinataires) :	3 ex. <i>Client</i>
	1 ex. <i>Agence</i>
	1 ex. <i>Auteur</i>

Client

Coordonnées complètes :

Communauté de commune Larzac Templier
Causses et Vallées
Le Bourg
12540 CORNUS

Nom et fonction des interlocuteurs : Mr Jean GENIEZ – Président de la communauté de commune

Antea Group

Unité réalisatrice : OSO (Implantation de Labège – 31674)

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

<i>Interlocuteur commercial :</i>	<i>Christophe SUBIAS</i>
<i>Responsable de projet :</i>	<i>Christophe SUBIAS,</i>
<i>Auteur :</i>	<i>Antoine COUSIN</i>
<i>Expert technique :</i>	<i>Christophe SUBIAS</i>
<i>Secrétariat :</i>	<i>Sandrine MAELFAIT</i>

Qualité

Contrôlé par : Christophe SUBIAS
Date : Juillet 2012 - *Version A*

N° du projet : *MPYP12-0062*

Références et date de la commande : Accord du 26/04/2012

Mots clés : Traçage, eau potable, eau usée