

Commune de Brusque (12)

*Etude environnementale et traçages
hydrogéologiques sur l'aire d'alimentation du
forage F3 de Céras*

*Août 2013
A69563/C*



COMMUNE de BRUSQUE
Mairie
Place Saint Jacques
12360 BRUSQUE
Téléphone : 05.65.99.53.12

ANTEA GROUP
"Eau"
Diapason – Bât C
Rue Jean Bart
31670 LABEGE
Tél : 05.61.00.70.40
Fax : 05.61.00.70.41

Sommaire

	Pages
1. Contexte de l'étude.....	5
2. Contexte géologique et hydrogéologique.....	8
2.1. Contexte géologique	8
2.2. Contexte hydrogéologique.....	10
3. Etude environnementale.....	15
3.1. Occupation des sols.....	15
3.2. Etude documentaire.....	17
3.3. Enquête de terrain	19
3.4. Inventaire des sources potentielles de pollution.....	22
3.4.1. Environnement immédiat – village de vacances.....	24
3.4.2. Assainissement.....	24
3.4.3. Décharge sauvage	25
3.4.4. Elevages ovins et bovins.....	25
3.4.5. Axes de communication	26
3.5. Hiérarchisation des risques de pollution.....	27
4. Protocole de traçage des eaux souterraines.....	28
4.1. Généralités	28
4.2. Choix des points d'injection	30
4.3. Mise en place du matériel de suivi.....	30
4.4. Injection des traceurs.....	36
4.5. Analyses des échantillons.....	39
5. Résultats du traçage.....	40
5.1. Suivi des débits.....	40
5.1.1. Forage F3	40
5.1.2. Source de Céras.....	40
5.2. Résultats de l'injection de sulforhodamine au niveau du lieu-dit Soubras.....	43
5.2.1. Forage F3	43
5.2.2. Source de Céras.....	46
5.2.3. Source de Gravas.....	49
5.2.4. Le Dourdou.....	49
5.2.5. Source de Cribas et pisciculture de Brusque (source St Martin).....	49
5.3. Résultats de l'injection de fluorescéine au niveau de la perte de Saussières...	50
6. Conclusions	51
6.1. Identification des risques de pollution.....	51
6.2. Vulnérabilité de la ressource en eau.....	51
6.2.1. Principe de vulnérabilité - infiltrabilité.....	51
6.2.2. Données du traçage – trajet souterrain	52
6.3. Conclusions sur le projet d'embouteillage.....	53
6.4. Poursuite du projet	53

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du forage F3 sur la commune de Brusque	6
Figure 2 : Vue aérienne du site de Céras sur la commune de Brusque	7
Figure 3 : Coupe géologique transversale.....	8
Figure 4 : Contexte géologique général	9
Figure 5 : Emergences au lieu-dit Céras.....	12
Figure 6 : Bassin d'alimentation du forage F3 – fond IGN	13
Figure 7 : Bassin d'alimentation du forage F3 – fond géologique	14
Figure 8 : Occupation des sols sur le bassin d'alimentation du forage F3 Corine Land Cover 2006	15
Figure 9 : Occupation géographique des sols du bassin d'alimentation du forage F3	16
Figure 10 : Inventaires des données BSS et banque des cavités du BRGM	18
Figure 11 : Inventaires figures karstiques dans le bassin d'alimentation du forage F3	21
Figure 12 : Inventaire des sources potentielles de pollution.....	23
Figure 13 : Schéma de principe d'un aquifère karstique (Mangin, 1975) et trajet potentiel d'un traceur	29
Figure 14 : Schéma d'un aquifère karstique [Brühlman et al., 2004]	29
Figure 15 : Installation du matériel de suivi sur le forage F3.....	31
Figure 16 : Installation du matériel de suivi sur la source Céras	32
Figure 17 : Localisation des points de suivi.....	33
Figure 18 : Localisation des points de suivi au niveau du lieu-dit Céras.....	34
Figure 19 : Localisation des points d'injection et des points de suivi	37
Figure 20 : Injection de la sulforhodamine à Soubras	38
Figure 21 : Injection de la fluorescéine à Saussières	38
Figure 22 : Flacons en verre brun	39
Figure 23 : Station de mesure des débits de la source Céras du Parc Naturel Régional des Grands Causses n°O3509310.....	41
Figure 24 : Débits moyens mensuels (de 2002 à 2012) – station hydro n°O3509310...	41
Figure 25 : Evolution du débit de la source Céras en fonction des précipitations	42
Figure 26 : Restitution de la sulforhodamine au niveau de la source de Céras.....	43
Figure 27 : Courbe de restitution de la sulforhodamine au niveau du forage F3.....	44
Figure 28 : Courbe de restitution de la sulforhodamine au niveau de la source de Céras.....	47
Figure 29 : Courbe de restitution de la sulforhodamine au niveau de la source de Gravas.....	49

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Inventaire des données BSS et banque des cavités du BRGM.....	17
Tableau 2 :	Inventaire des figures karstiques de l'enquête de terrain.....	19
Tableau 3 :	Inventaire des sources potentielles de pollution.....	22
Tableau 4 :	Analyse des risques de pollution	27
Tableau 5 :	Caractéristiques des points de suivi.....	30
Tableau 6 :	Dates des visites de contrôle	35
Tableau 7 :	Masses de traceurs injectées et distances aux points de suivi.....	36
Tableau 8 :	Limites de détection du CETRAHE.....	36
Tableau 9 :	Bilan de la restitution de la sulforhodamine au forage F3	45
Tableau 10 :	Bilan de la restitution de la sulforhodamine à la source de Céras.....	48

Liste des annexes

Annexe 1 :	Planches photographiques : figures karstiques
Annexe 2 :	Plans topographiques des relevés spéléologiques – Aven du ravin des Roques
Annexe 3 :	Planches photographiques : sources potentielles de pollution
Annexe 4 :	Synthèses des installations des assainissements autonomes sur le bassin d'alimentation du forage F3
Annexe 5 :	Plaquette de présentation de la réglementation sur les installations agricoles (chambre d'agriculture de Midi-Pyrénées)
Annexe 6 :	Analyses des concentrations en sulforhodamine
Annexe 7 :	Analyses des concentrations en fluorescéine
Annexe 8 :	Interprétation de la restitution en sulforhodamine

1. Contexte de l'étude

En 2001-2002, la commune de Brusque (Aveyron-12) a fait réaliser, sous maîtrise d'œuvre Antea Group, le forage d'exploitation F3 qui recapte l'aquifère alimentant la source de Céras (figures 1 et 2).

Ce recaptage avait été engagé, suite à une étude menée par le BRGM en 1993. Cette étude avait conclu que :

- la ressource avait une origine relativement profonde attestée par des débits peu variables et une très bonne stabilité physico-chimique de l'eau ;
- l'aquifère semblait posséder des réserves importantes ;
- l'aquifère n'était pas karstifié et présentait une vulnérabilité aux pollutions très faible.

L'eau du forage F3, que la commune envisage d'exploiter en "eau de source", est bicarbonatée calcique et magnésienne froide et présente une minéralisation moyenne.

Dans le cadre de cette exploitation, les services de l'ARS ont demandé que le forage fasse l'objet d'un pompage en continu de 6 mois, appuyé par un programme de suivi analytique mensuel. Le pompage a débuté en octobre 2010.

Suite à des problèmes de qualité bactériologique faisant suite aux forts épisodes pluvieux d'octobre et novembre 2010, une désinfection du forage a été effectuée en janvier 2011. Le protocole analytique a dû être adapté et la durée du pompage étendue sur 6 mois supplémentaires. Malgré la désinfection, des analyses bactériologiques se sont encore révélées positives en mars et septembre 2011 suite à de nouveaux épisodes pluvieux.

Afin de mieux appréhender le fonctionnement hydrogéologique du secteur et cerner les points et sites potentiellement à l'origine de ces problèmes de qualité, une étude environnementale succincte sur l'ensemble du bassin versant défini par l'hydrogéologue agréé, M. CHEMIN, a été effectuée et suivie d'une campagne de traçages.

La mission confiée à Antea Group s'est déroulée en 4 phases distinctes :

- **Phase 1** : étude environnementale ;
- **Phase 2** : phase préalable au traçage (choix des lieux d'injection des traceurs, installation du matériel de suivi) ;
- **Phase 3** : opération de traçage (injection des traceurs et suivi sur 2 mois) ;
- **Phase 4** : synthèse des données et recommandations.

Le présent rapport expose les résultats de l'étude environnementale et de la campagne de traçage.

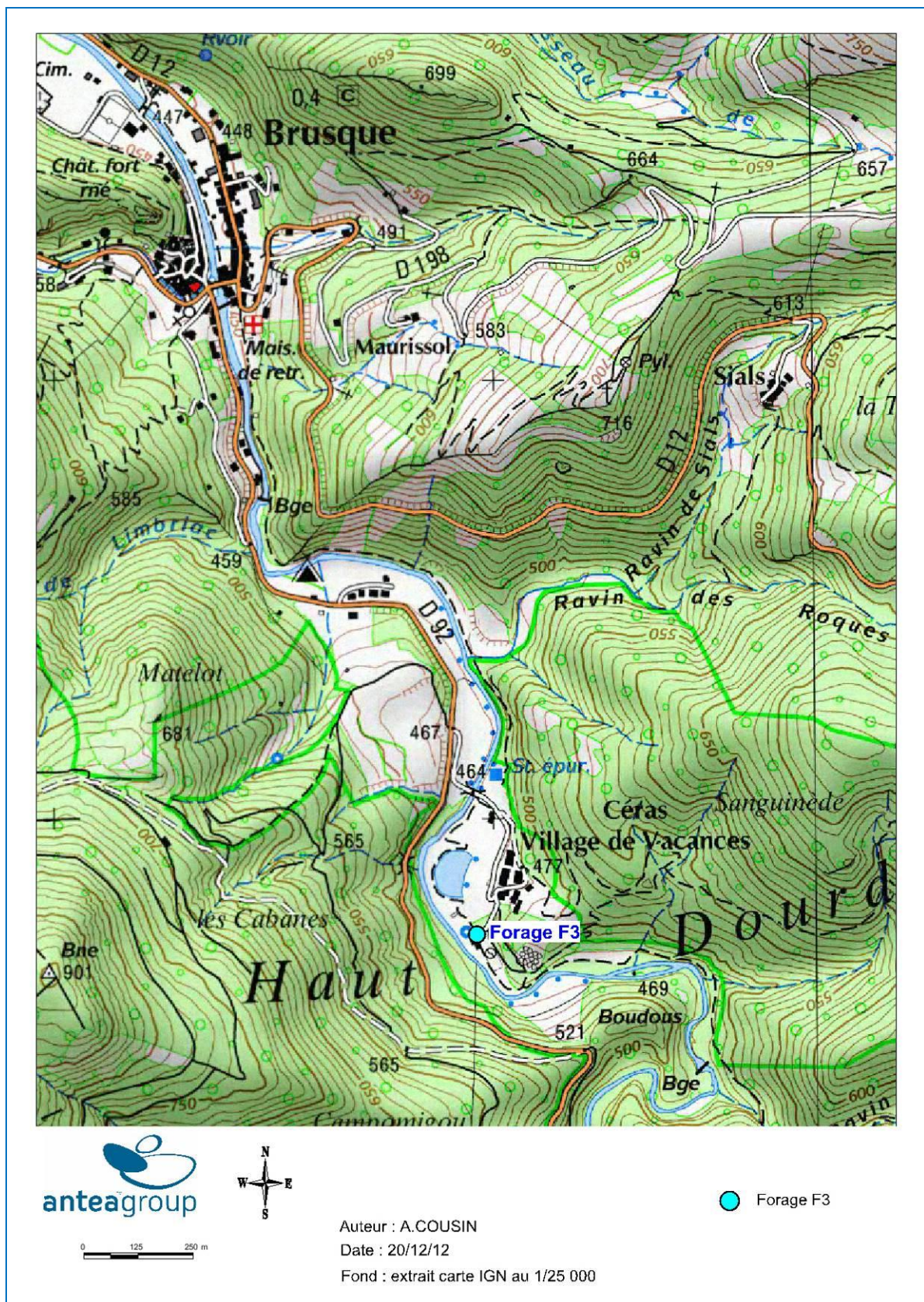


Figure 1 : Localisation du forage F3 sur la commune de Brusque



Figure 2 : Vue aérienne du site de Cérès sur la commune de Brusque

2. Contexte géologique et hydrogéologique

2.1. Contexte géologique

Les terrains affleurants au niveau de la zone de Céras sont les calcaires du Cambrien inférieur (K2a2) et l'ensemble gréso-schisteux cambrien (K2b1). Ces terrains sont puissants de plusieurs centaines de mètres (figures 3 et 4).

Des phases de plissement complexe intervenues au Primaire (Dévonien), sont à l'origine de la mise en place des "écaillés des Monts de Lacaune" dont l'unité III, dite "écaillé de Brusque", fait partie.

Les plissements donnant des structures orientées NE-SW ont été repris par une tectonique d'écaillage et associés à un cisaillement globalement E-W avec de nombreux accidents secondaires.

Cet ensemble constitue une structure synclinale déversée vers le SE, dont une partie du flanc normal (flanc SE) correspond à la zone de Céras.

La schistosité est de plus en plus exprimée à mesure que l'on se rapproche des nappes de charriage à l'est du dispositif. Elle est peu développée sur le secteur de Céras.

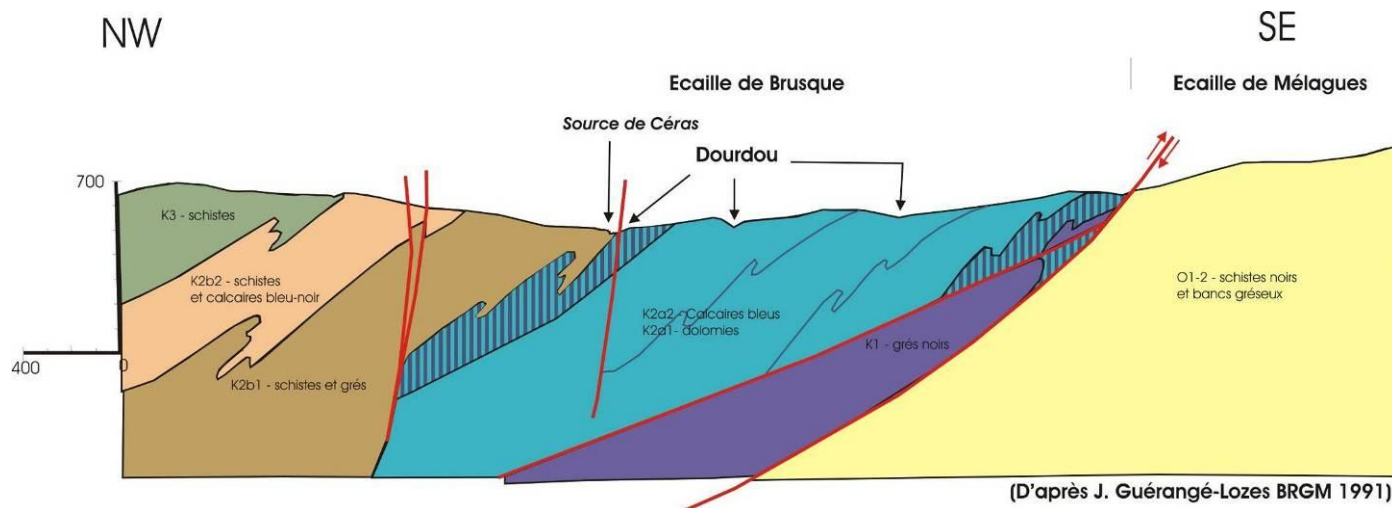


Figure 3 : Coupe géologique transversale

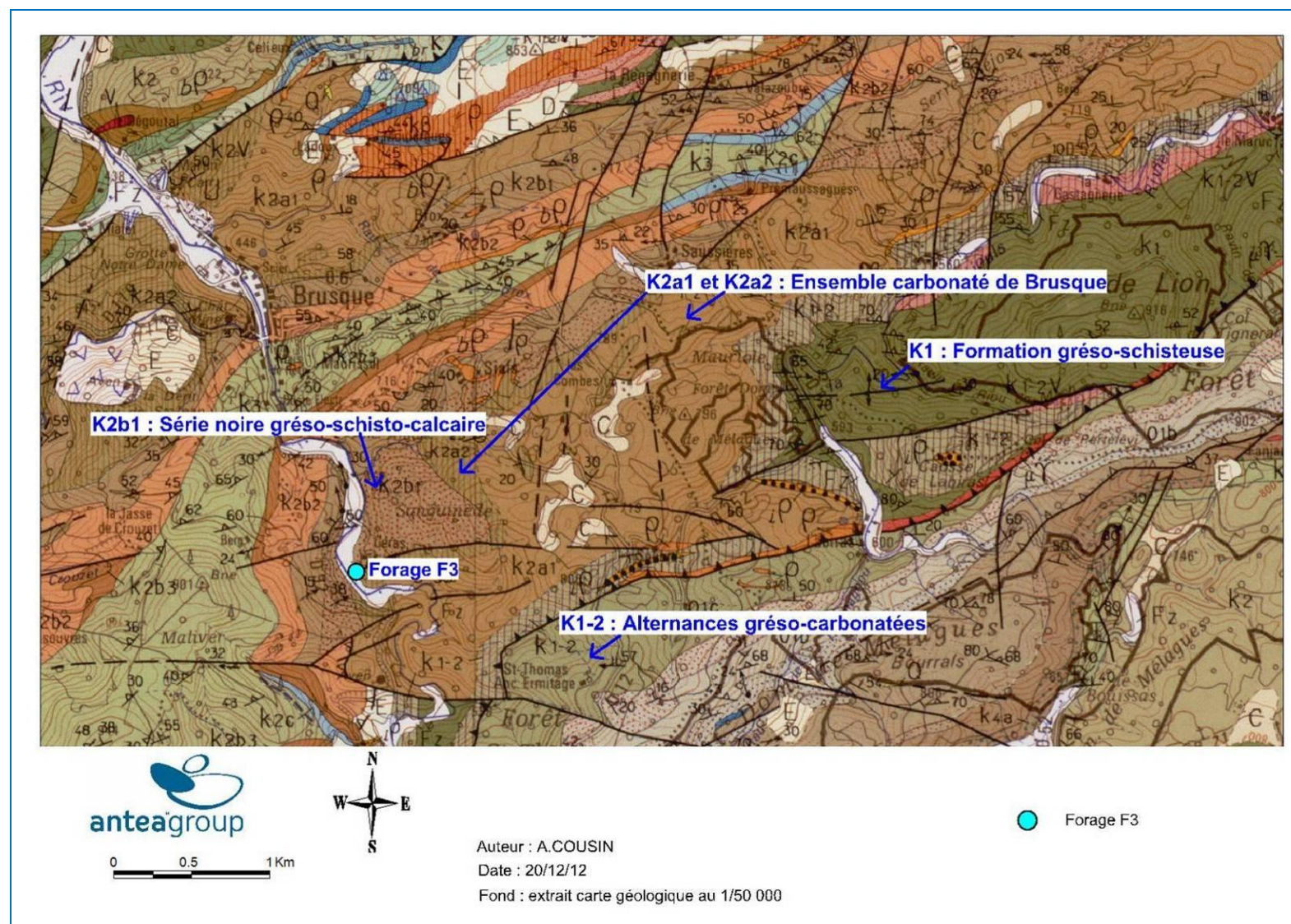


Figure 4 : Contexte géologique général

2.2. Contexte hydrogéologique

Au niveau du lieu-dit « Céras », de nombreuses émergences sont présentes (figure 5). Ces sources correspondent à l'exutoire d'un aquifère constitué par les formations carbonatées précambriennes.

L'étude du BRGM menée en 1992-1993 (étude hydrogéologique d'un projet de captage des sources de Céras à Brusque (12) en vue d'un classement en "eau de source" – Rapport BRGM N 0431 de septembre 1993), sur un cycle hydrogéologique, au pas de deux jours pour les débits et hebdomadaire pour l'hydrochimie, a permis de mettre en évidence :

- un aquifère peu karstifié ;
- des réserves très intéressantes ;
- une circulation lente et profonde de la source de Céras ;
- une très bonne stabilité physico-chimique de l'eau ;
- une alimentation des sources, non pas à partir de pertes du Dourdou, mais par un apport d'eau en provenance d'un aquifère à forte réserve. Le Dourdou est d'ailleurs partiellement alimenté par les formations carbonatées qu'il traverse à proximité de la zone de Céras. En effet le Dourdou à l'étiage s'établit à la cote de 463 mNGF contre 466 mNGF pour la source Céras.

Les travaux portant sur l'hydrochimie indiquent également que les eaux de la source de Céras sont, a priori, issues des formations calcaires K2a2 et gréseuses K2b1. Celles de la source Gravas située à proximité immédiate semblent issues des formations calcaires et dolomitiques du K2a1.

Les limites du bassin d'alimentation ont été estimées à partir de la géologie et la topographie. L'aire d'infiltration potentielle correspond à l'emprise de la bande de terrain carbonatée k2a incluant vraisemblablement la base de la formation schisto-gréseuse k2b1 et les formations dolomitiques et gréseuses k1-2. Le bassin d'alimentation comprend cette aire d'infiltration à laquelle il faut ajouter, pour partie, les bassins versants des ruisseaux s'écoulant sur les schistes imperméables et subissant des pertes au contact des formations carbonatées, soit une superficie maximale de l'ordre de 15 km² (avis de l'hydrogéologue agréé P. CHEMIN, 2010).

Un bilan hydrologique permet de donner l'ordre de grandeur de la zone d'alimentation dont l'estimation de la superficie (environ 10 à 11 km²) est conforme à l'aire d'affleurement des formations carbonatées. Le bassin d'alimentation défini par l'hydrogéologue agréé Mr Paul CHEMIN est présenté sur les figures 6 et 7.

Les sources de Céras émergent en charge à travers la terrasse d'alluvions grossières du Dourdou, épaisse de 2 à 3 mètres. Elles sourdent au toit de la puissante formation carbonatée (k2a) inclinée de 40 à 50° vers le nord-ouest, au contact des grès (k2b1) qui la surmontent. Elles sont situées au niveau topographique le plus bas et le plus à l'ouest, barré par une importante faille N110° (faille de Céras).

Un traçage à la fluorescéine (800 g) a été réalisé par le BRGM en septembre 1992. Ce traçage a été effectué dans une perte du ruisseau de Soubras (perte la plus proche connue, située à 2 km de la source de Céras). La restitution a été suivie au niveau des sources de Céras et de Gravas ainsi qu'au niveau du Dourdou, en amont de Céras. Aucune restitution n'a été détectée.

L'absence de drainage de la perte de Soubras vers les sources de Céras ne pouvait être envisagée, le bassin d'alimentation des sources étant alors beaucoup trop réduit par rapport aux débits de sortie. L'expérience a donc été renouvelée en juillet 1993 (même point d'injection et même points de suivi) avec 2 kg de fluorescéine. Une restitution a été observée sur les 3 points surveillés. Les conclusions ayant été tirées, à l'époque, de ce traçage sont les suivantes :

- absence d'écoulements de type karstique, quelle que soit la source, puisque la vitesse moyenne varie, selon les points de restitution, entre 9 et 5 m/h ;
- multiplicité des sorties d'eau au niveau des calcaires, ce qui est un indice supplémentaire de l'absence d'un drainage karstique ;
- existence de réserves importantes, responsables d'une très forte dilution du traceur.

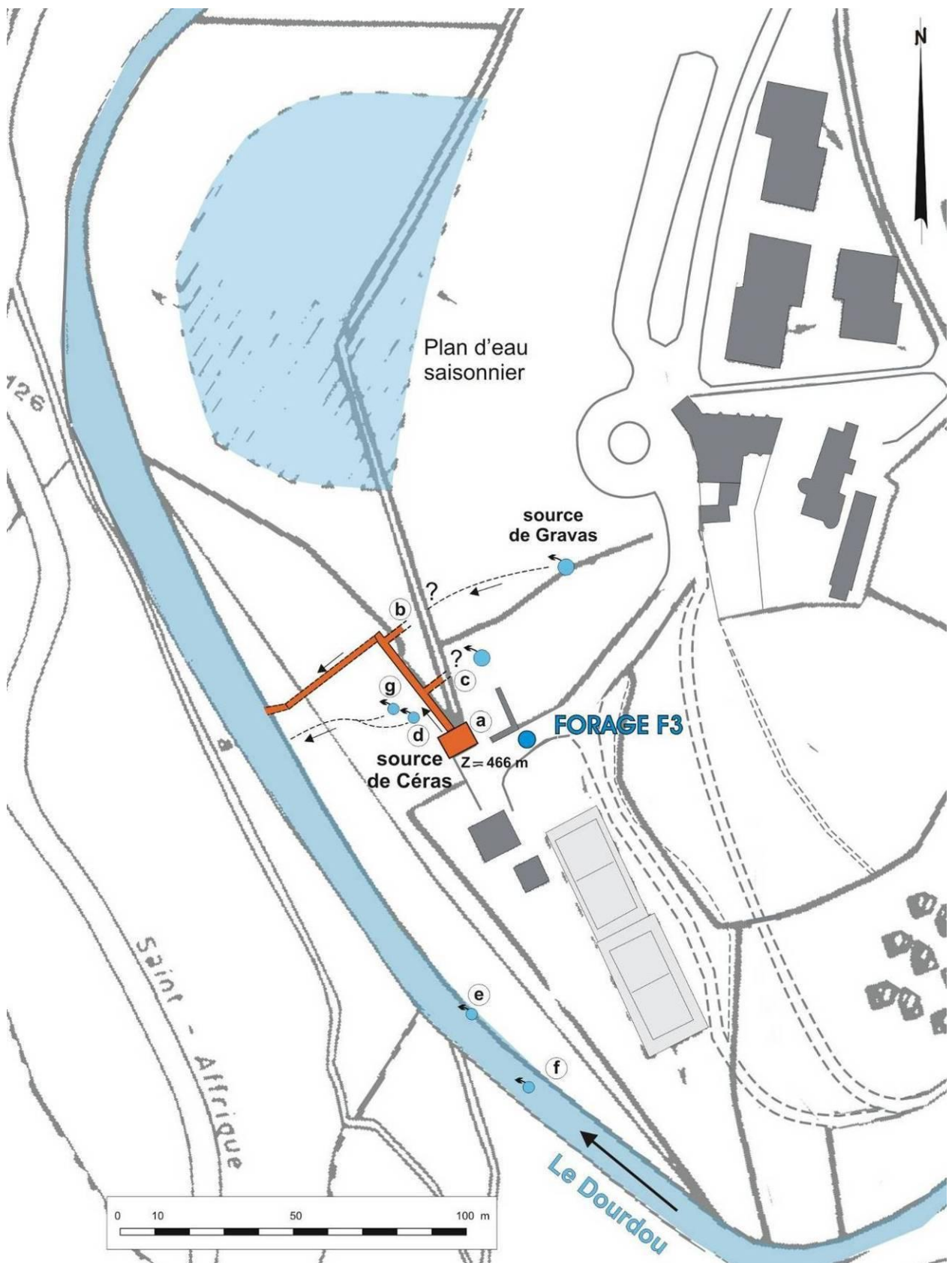
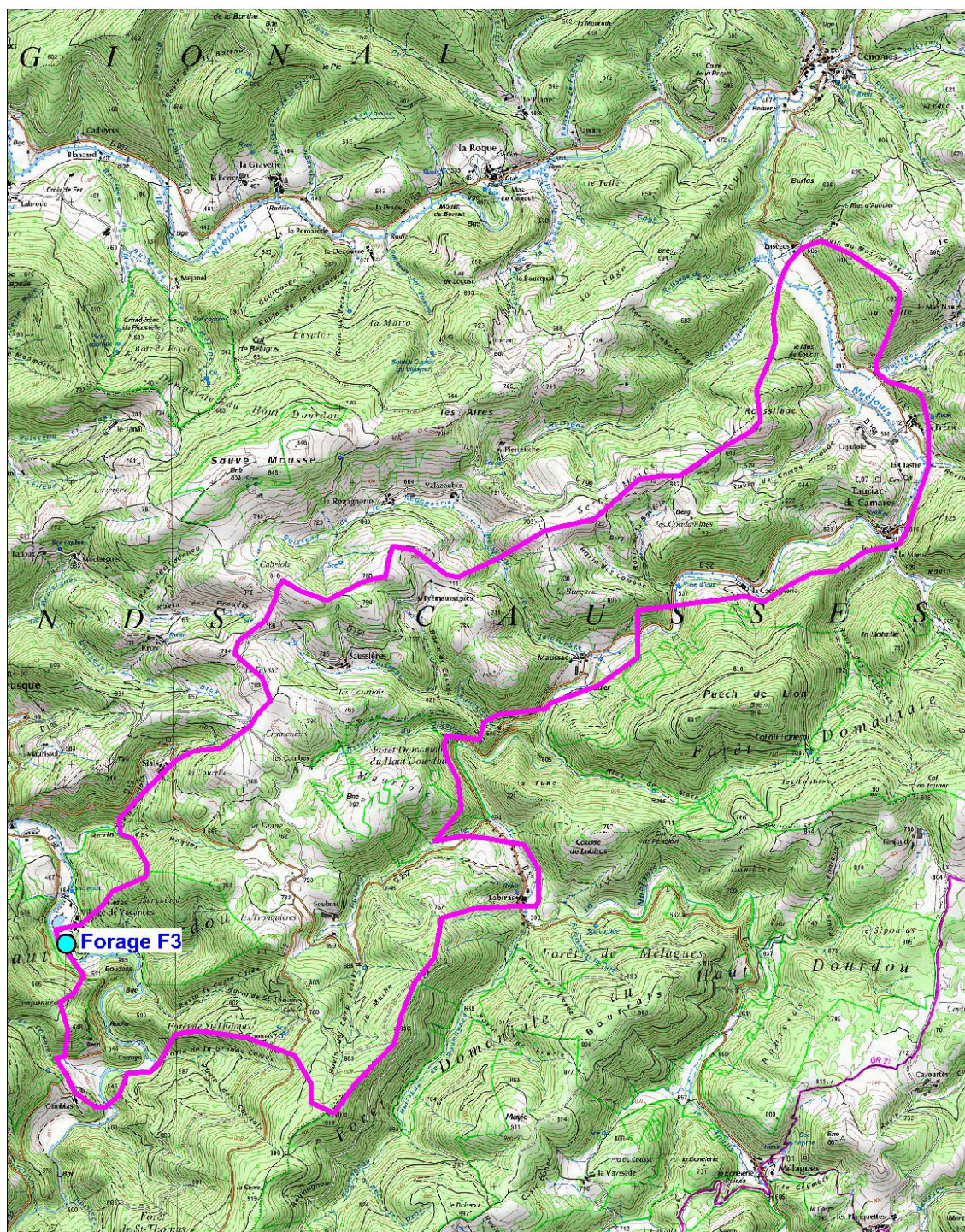


Figure 5 : Emergences au lieu-dit Cérès



0 0.5 1 Km

Auteur : A.COUSIN

Date : 20/12/12

Fond : extrait carte IGN au 1/25 000

Forage F3

Bassin d'alimentation
du captage - P.CHEMIN

Figure 6 : Bassin d'alimentation du forage F3 – fond IGN

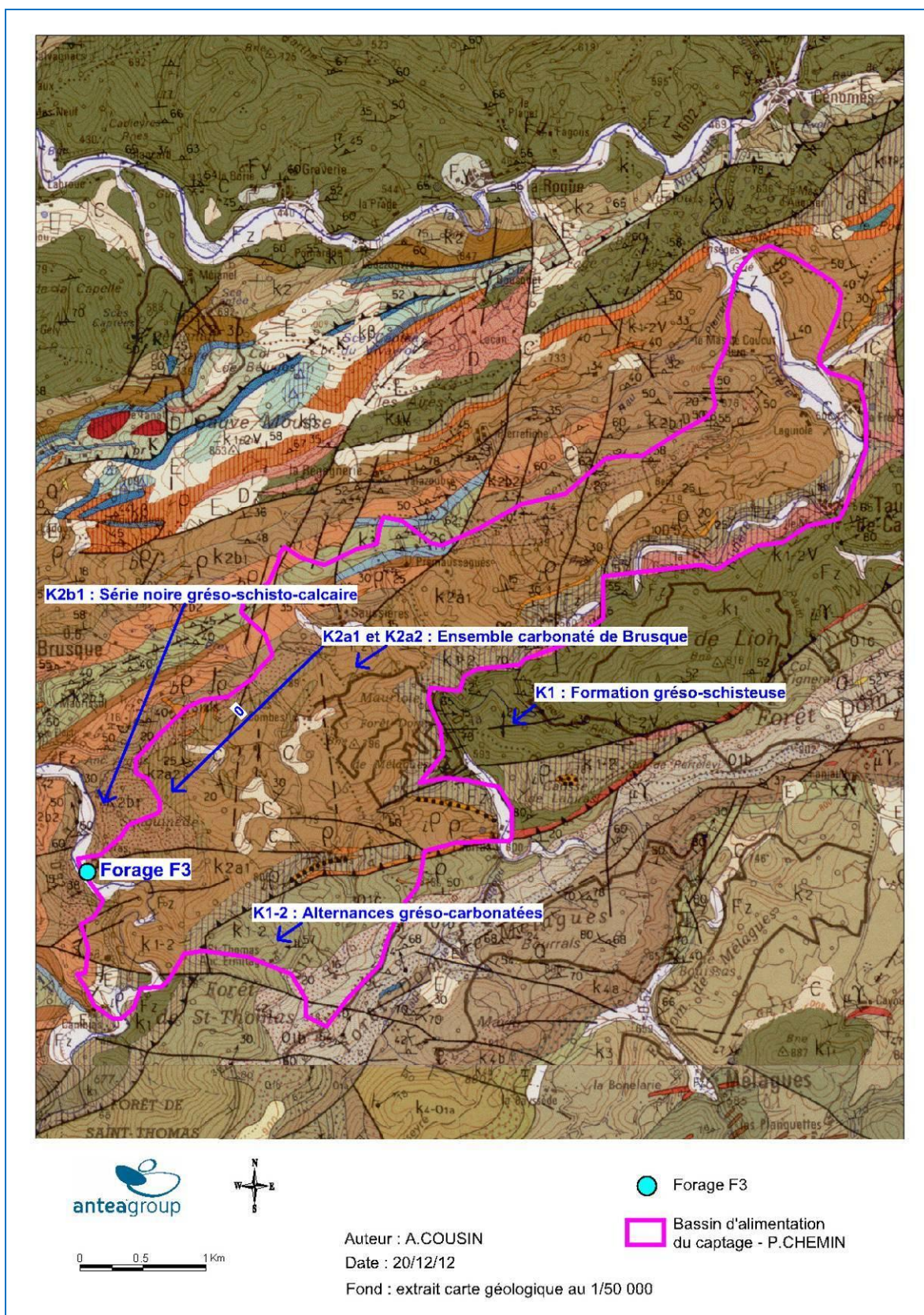


Figure 7 : Bassin d'alimentation du forage F3 – fond géologique

3. Etude environnementale

3.1. Occupation des sols

Les sols du bassin d'alimentation du forage F3 (figures 8 et 9) sont occupés principalement par :

- des forêts de feuillus (50%) ;
- des surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants (14%) ;
- des systèmes cultureux et parcellaires complexes (18%).

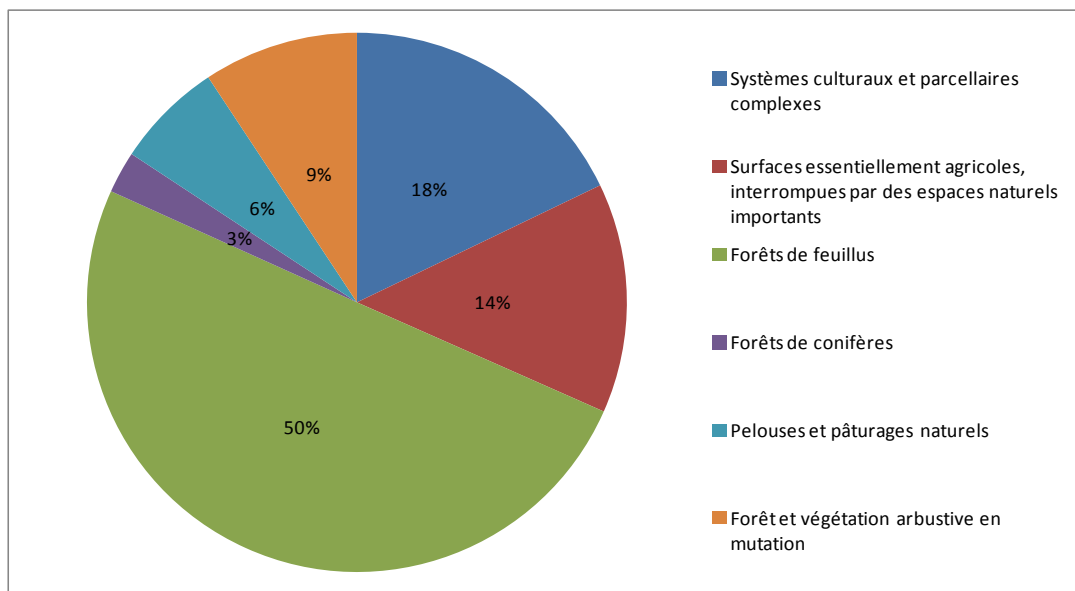
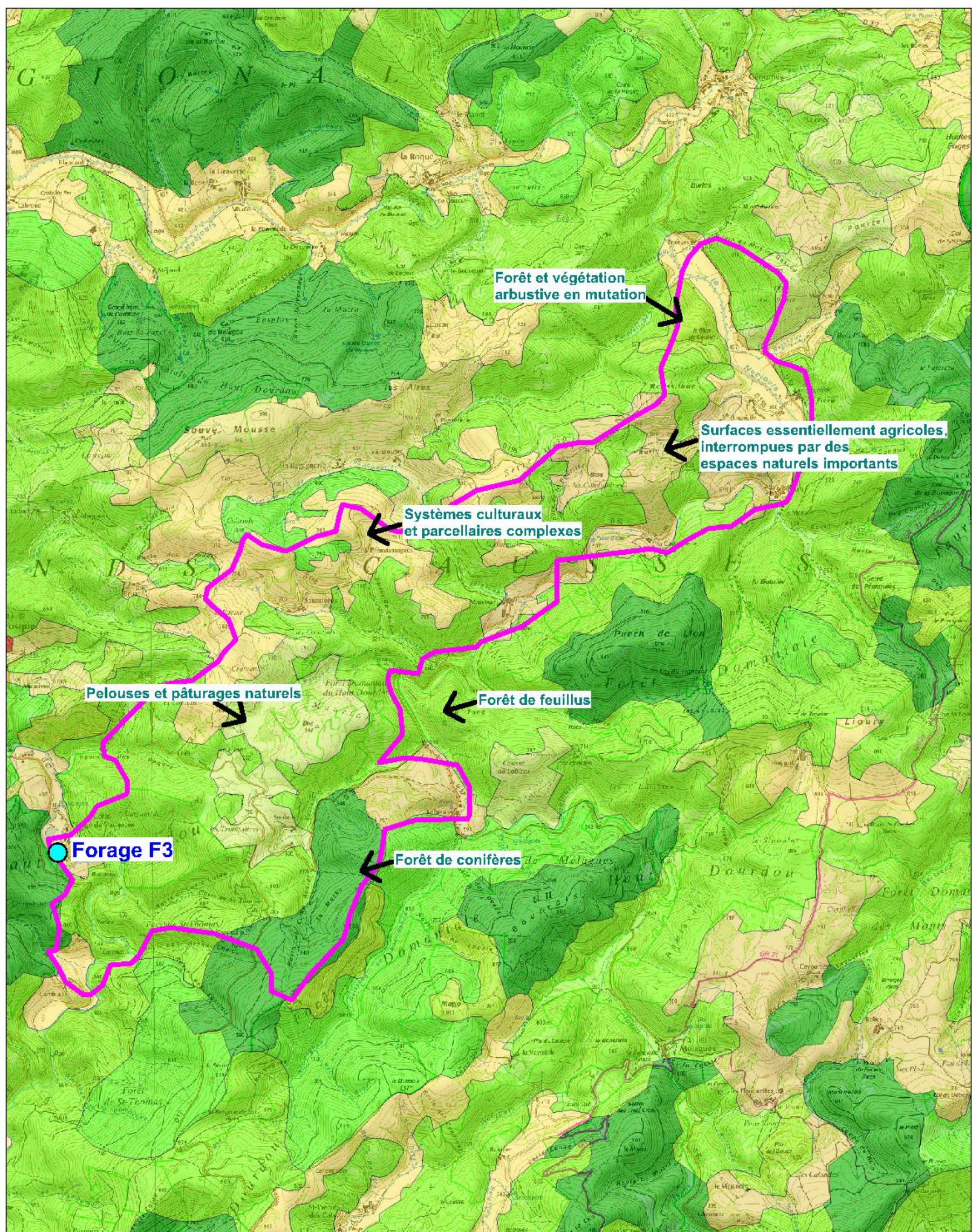


Figure 8 : Occupation des sols sur le bassin d'alimentation du forage F3
Corine Land Cover 2006



0 0.5 1 Km

Auteur : A.COUSIN

Date : 14/02/13

Fond : extrait carte IGN au 1/25 000
 extrait Corine Land Cover 2006

● Forage F3

■ Occupation des sols
 Corine Land Cover 2006

□ Bassin d'alimentation
 du forage F3 - P.CHEMIN

Figure 9 : Occupation géographique des sols du bassin d'alimentation du forage F3

3.2. Etude documentaire

En préalable aux visites de terrain, les données de la banque du sous sol (BSS) et de l'inventaire des cavités du BRGM ont été consultées.

Les données obtenues sont présentées sur la figure 10 et dans le tableau suivant :

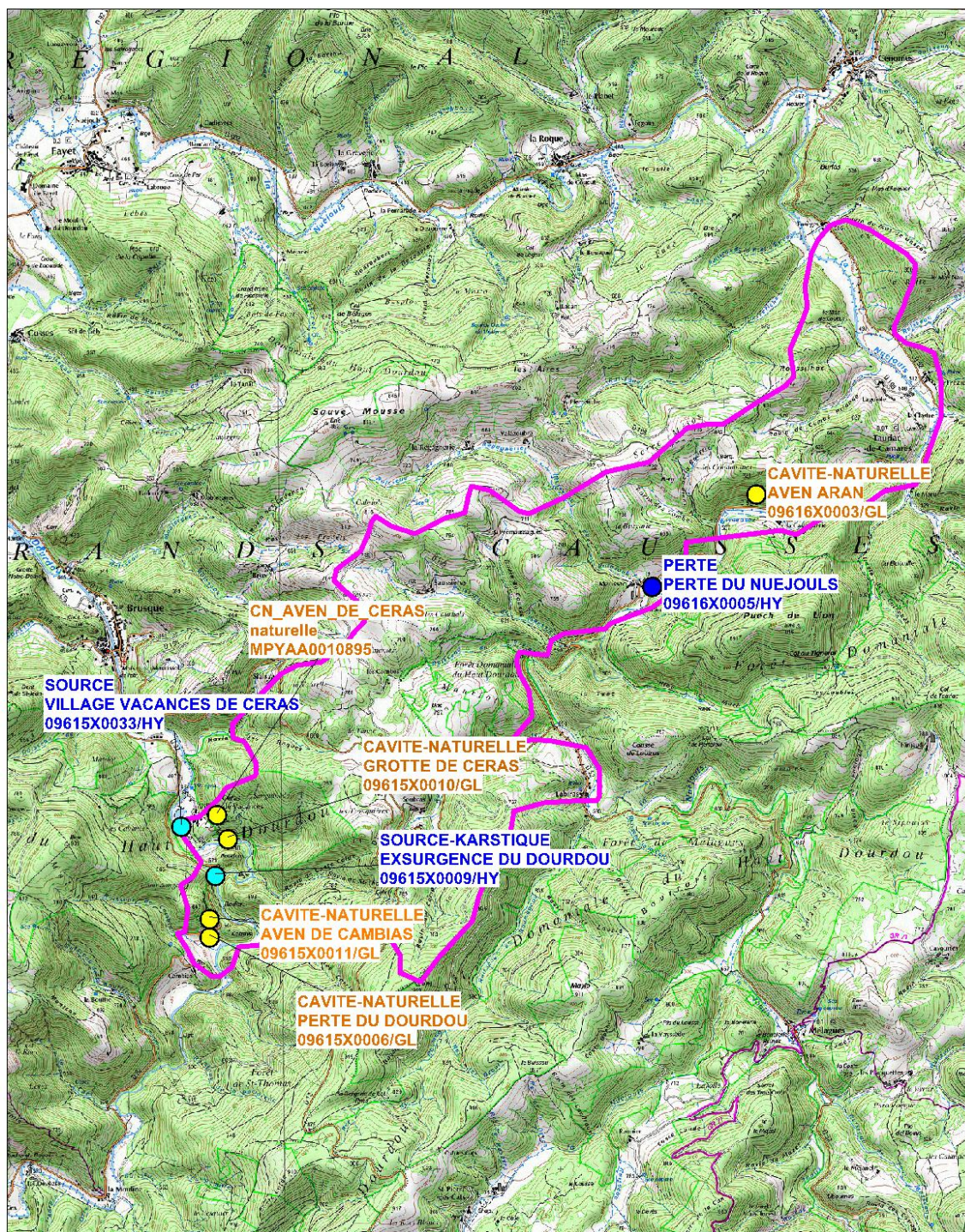
Référence BSS	Référence cavités	Lieu dit	X L2e	Y L2e	Commune	Nature	Z sol
09615X0006/GL	MPYAA0008228	PERTE DU DOURDOU	650219	1860711	BRUSQUE	CAVITE-NATURELLE	490
09615X0009/HY	MPYCS00010135	EXSURGENCE DU DOURDOU	650269	1861212	BRUSQUE	SOURCE-KARSTIQUE	470
09615X0010/GL	MPYCS00010136	GROTTE DE CERAS	650369	1861513	BRUSQUE	CAVITE-NATURELLE	465
09615X0011/GL	MPYAA0008229	AVEN DE CAMBIAS	650219	1860862	BRUSQUE	CAVITE-NATURELLE	505
09615X0033/HY	MPYCS00010143	VILLAGE VACANCES DE CERAS	649988	1861613	BRUSQUE	SOURCE	465
	MPYAA0010895	CN_AVEN_DE_CERAS	650281	1861706	BRUSQUE	CAVITE NATURELLE	
09616X0003/GL		AVEN ARAN	654673	1864318	TAURIAC-DE-CAMARES	CAVITE-NATURELLE	720
09616X0005/HY		PERTE DU NUEJOULS	653823	1863567	TAURIAC-DE-CAMARES	PERTE	549

Tableau 1 : Inventaire des données BSS et banque des cavités du BRGM

Les cavités inventoriées sont au nombre de cinq. Les sorties d'eau identifiées correspondent à la source de Cérès et à une exsurgence du Dourdou. Une zone de perte du Nuéjoul est présente sur la bordure est du système.

La localisation des figures karstiques répertoriées (toutes sont situées au niveau des bordures du système) semble confirmer les conclusions du rapport du BRGM de 1993 (cf. paragraphe 2.2 page 11).

Commune de Brusque (12)
 Etude environnementale et traçages hydrogéologiques sur l'aire d'alimentation du forage F3 de Cérès -
 A69563/C



0 0.5 1 km

Auteur : A.COUSIN

Date : 20/12/12

Fond : extrait carte IGN au 1/25 000

● Sources

● Perte de ruisseau

● Cavités naturelles

□ Bassin d'alimentation
du forage F3 - P.CHEMIN

Figure 10 : Inventaires des données BSS et banque des cavités du BRGM

3.3. Enquête de terrain

A la suite de l'enquête documentaire, deux visites de terrain ont été réalisées afin d'effectuer sur site, une reconnaissance des cavités et des différentes figures karstiques. De nombreux habitants ont été rencontrés. Le Comité Départemental de Spéléologie de l'Aveyron (CDS) a été contacté (M. Jean-Louis ROCHER) et nous a apporté son aide. L'inventaire des sources et cavités complété (figure 11) est présenté dans le tableau ci-dessous :

Référence BSS	Référence cavités	Lieu dit	X L2e	Y L2e	Commune	Nature	Z sol
09615X0006/GL	MPYAA0008228	PERTE DU DOURDOU	650219	1860711	BRUSQUE	Cavité naturelle	490
09615X0010/GL	MPYCS00010136	GROTTE DE CERAS	650369	1861513	BRUSQUE	Cavité naturelle	485
09615X0011/GL	MPYAA0008229	AVEN DE CAMBIAS	650219	1860862	BRUSQUE	Cavité naturelle	505
/	MPYAA0010895	CN_AVEN_DE_CERAS	650281	1861706	BRUSQUE	Cavité naturelle	470
09616X0003/GL	/	AVEN ARAN	654673	1864318	TAURIAC-DE-CAMARES	Cavité naturelle	720
/	/	Cavité naturelle de la Castagnerie	655 121	1 864 388	TAURIAC-DE-CAMARES	Cavité naturelle	540
/	/	Cavité naturelle des Courtials	652 153	1 863 195	BRUSQUE	Cavité naturelle	750
/	/	Cavité naturelle de Cramaniès	651 829	1 863 059	MELAGUES	Cavité naturelle	760
/	/	Cavité naturelle des Combes	651 615	1 862 917	BRUSQUE	Cavité naturelle	740
/	/	Grotte de Soubras ?	651 798	1 861 762	BRUSQUE	Cavité naturelle	660
/	/	Aven du ravin des Roques	651 009	1 862 340	BRUSQUE	Cavité naturelle	666
09616X0005/HY	/	PERTE DU NUEJOULS	653823	1863567	TAURIAC-DE-CAMARES	Perte karstique	549
/	/	Perte du ruisseau de Mauriole	651 870	1 863 482	BRUSQUE	Perte karstique	670
/	/	Perte du ruisseau de Saussière	652 106	1 861 446	BRUSQUE	Perte karstique	700
/	/	Perte du ruisseau de Valazoubre	653 210	1 864 074	TAURIAC-DE-CAMARES	Perte karstique	600
/	/	Perte du Nuéjols de Tauriac ?	655 424	1 864 378	TAURIAC-DE-CAMARES	Perte karstique	530
/	/	Perte du Nuéjols de La Fézié ?	655 897	1 865 239	TAURIAC-DE-CAMARES	Perte karstique	500
/	/	Perte du ruisseau du Causse	652 614	1 863 645	TAURIAC-DE-CAMARES	Perte karstique	670
09615X0009/HY	MPYCS00010135	EXSURGENCE DU DOURDOU	650269	1861212	BRUSQUE	Source karstique	470
09615X0033/HY	MPYCS00010143	VILLAGE VACANCES DE CERAS	649988	1861613	BRUSQUE	Source karstique	465
/	/	Source Cribas	650 541	1 862 474	BRUSQUE	Source karstique	470
/	/	Source Saint Thomas	651 581	1 860 896	BRUSQUE	Source	750
/	/	Résurgence Camp Ausset	652 170	1 861 368	BRUSQUE	Source	640
/	/	Source Prémaussagues	652 415	1 863 956	TAURIAC-DE-CAMARES	Source	710
/	/	Source Saint Martin	648 792	1 863 975	BRUSQUE	Source karstique	450

Tableau 2 : Inventaire des figures karstiques de l'enquête de terrain

Au total, 11 cavités naturelles, 7 pertes karstiques, 3 sources karstiques et 3 autres sources ont été repérées. Les planches photographiques des différentes figures karstiques sont présentées en annexe 1.

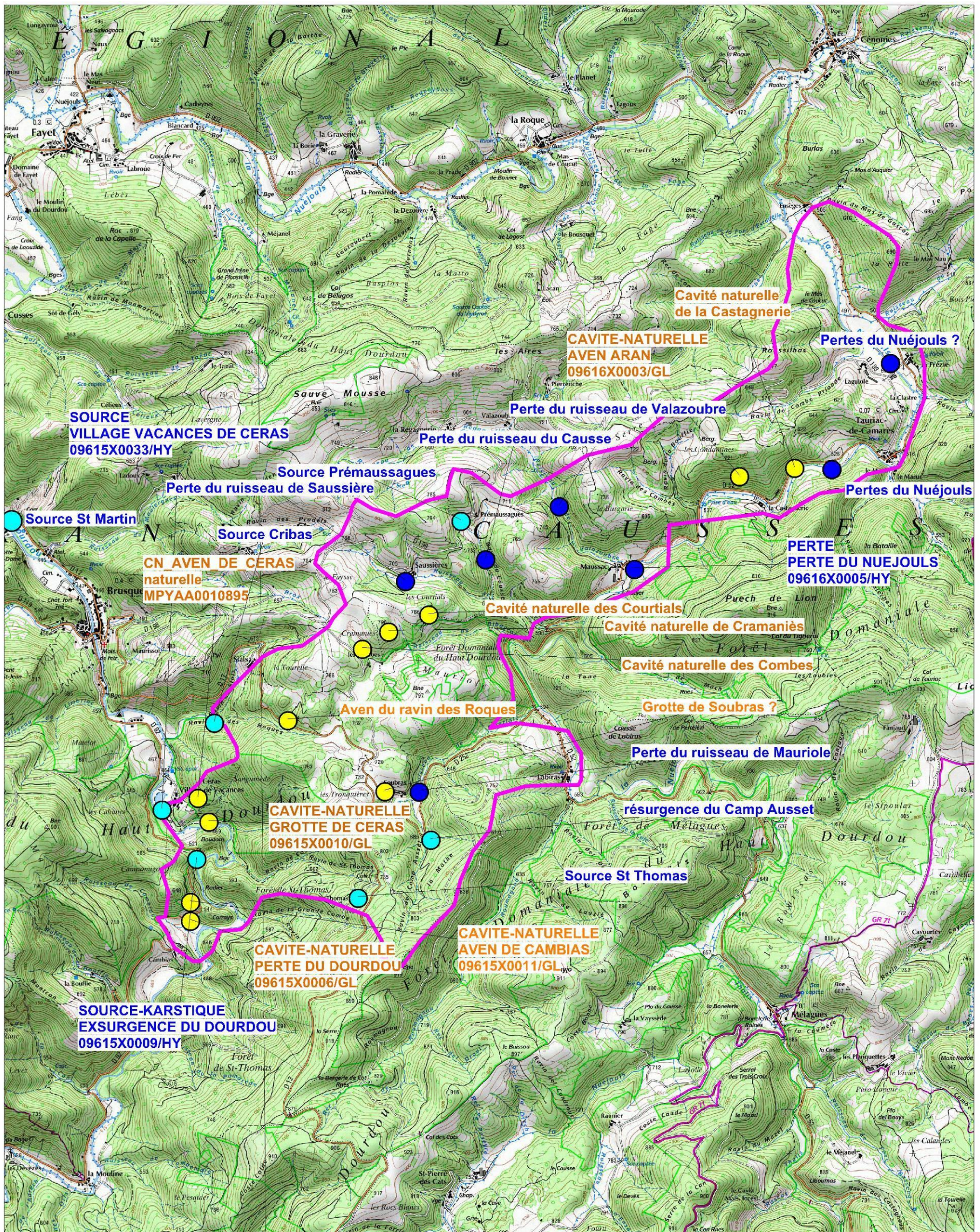
Parmi ces cavités, on notera la présence de l'aven du Ravin des Roques (sud-ouest du bassin d'alimentation). Cette cavité découverte en juin 2009 par les spéléologues présente des dimensions importantes (dénivelée de 36 m pour un développement topographique de 131 m). Les plans topographiques des relevés spéléologiques sont présentés en annexe 2. Un niveau d'eau souterrain présentant un écoulement actif est noté à -28 m par rapport à l'entrée de la cavité soit environ 640 m NGF. Cette cavité est située au point bas du « Ravin des Roques » et draine les eaux d'écoulement de ce ravin. Une relation directe pourrait exister entre cet aven et la source de Cribas qui s'écoule à 600 m à l'ouest, en contrebas (≈ 470 m NGF) et qui présente des débits importants et un écoulement pérenne (source CSD).

Les nombreuses figures karstiques sont présentes au niveau du secteur de Céras entre 470 490 mNGF (sources de Céras, exurgences du Dourdou, grotte de Céras, aven de Céras). La grotte de Céras dont l'entrée se situe à l'altitude 485 m NGF, dans la pente calcaire qui domine d'une vingtaine de mètres le Dourdou, constitue l'entrée d'un réseau karstique, cartographié en 1976. Ce réseau présente un siphon en eau à 17 m de profondeur soit un niveau d'eau à environ 468 m NGF, qui correspond au niveau de la nappe souterraine qui alimente les sources de Céras. Lors de fortes pluies, l'eau sort par l'entrée de la cavité, ce qui traduit une mise en pression de la nappe de plus de 17 m de hauteur. La grotte de Céras correspondrait à une exurgence ancienne du système, qui fonctionnait à une époque où le Dourdou s'écoulait à une cote supérieure à la cote actuelle. L'exutoire actuel du système correspond aux sources de Céras.

Les ruisseaux, qui prennent naissance sur les formations schisteuses, de la bordure ouest du bassin d'alimentation du forage F3, se perdent tous au niveau du contact avec les calcaires. Aucun écoulement pérenne n'est observé sur les formations calcaires.

A noter qu'un alignement des figures karstiques (cavités et pertes de ruisseau) de direction WSW, ENE est observable à l'échelle du bassin d'alimentation du forage F3. Cet alignement correspond à l'orientation générale de la bande calcaire.

Toutes ces observations sont caractéristiques de la présence d'un système karstique de surface, actif et bien développé, qui semble participer directement à l'alimentation des sources de Céras. Elles contredisent les conclusions du rapport du BRGM de 1993.



0 0.5 1Km

Auteur : A.COUSIN

Date : 20/12/12

Fond : extrait carte IGN au 1/25 000

● Sources

● Perte de ruisseau

● Cavités naturelles

□ Bassin d'alimentation
du forage F3 - P.CHEMIN

Figure 11 : Inventaires figures karstiques dans le bassin d'alimentation du forage F3

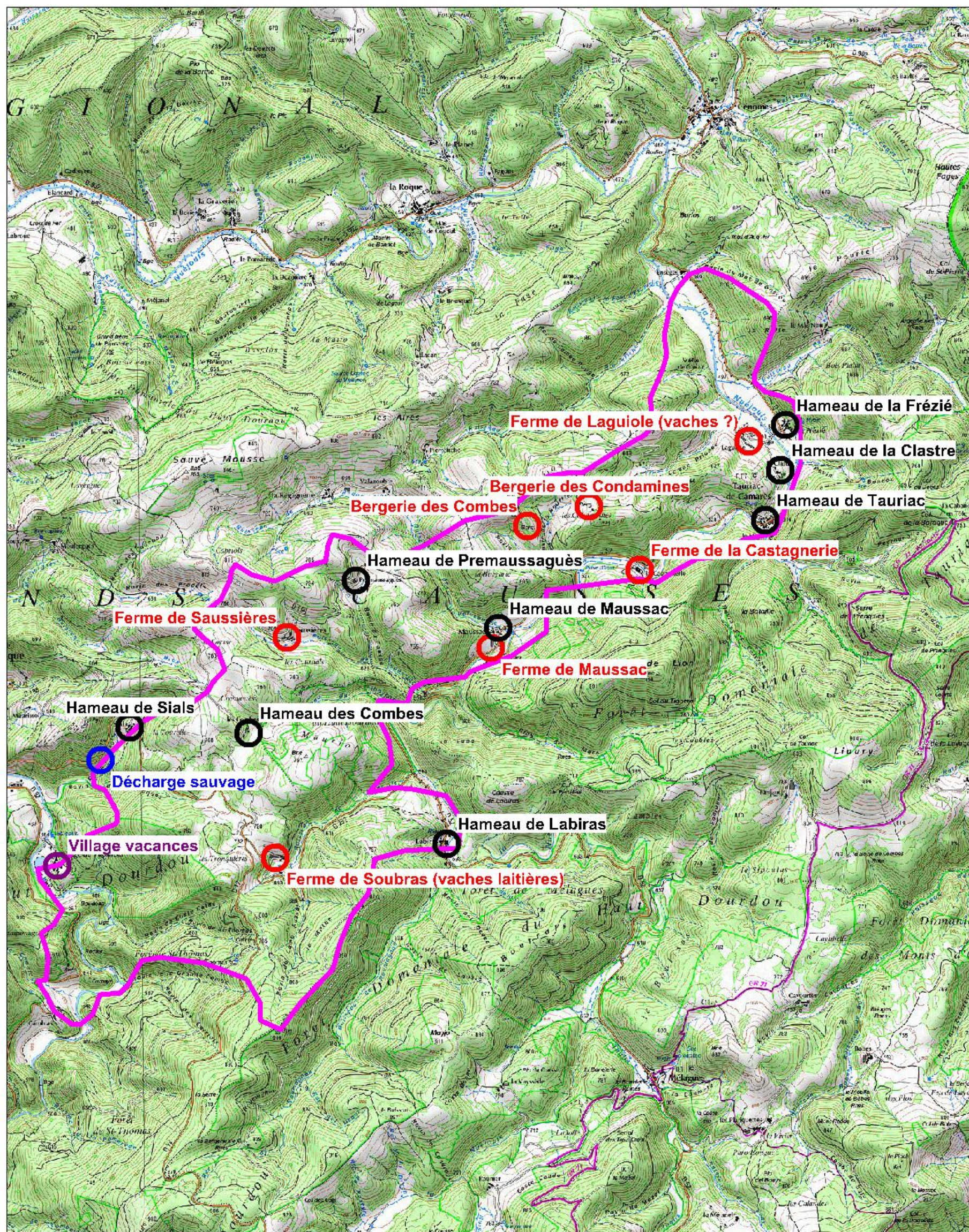
3.4. Inventaire des sources potentielles de pollution

Lors des visites de terrain, les différentes sources potentielles de pollution, sur l'aire d'alimentation du forage F3, ont été identifiées et sont présentées dans le tableau suivant et sur la figure 12.

Lieu-dit	Description	Source de pollution potentielle
Village de vacances	Centre d'hébergement pour vacanciers	Assainissement, pacage d'animaux (peu nombreux)
Route de Sials	Décharge sauvage	Détritus rejetés à flanc de ravin, majorité de déchets inertes
Hameau de Sials	Petit bourg d'une dizaine de maisons	Assainissement
Ferme de Soubras	Elevage bovin	Lisiers + assainissement
Hameau de Labiras	3 à 4 habitations privées	Assainissement
Hameau des Combes	2 ou 3 habitations privées	Assainissement
Ferme de Saussière	Elevage bovin	Lisiers + assainissement
Ferme de Maussac	Elevage ovins	Lisiers + assainissement
Hameau de Maussac	Petit bourg d'une dizaine de maisons	Assainissement
Ferme de la Castagnerie	Habitation privée	Assainissement, pacage d'animaux (peu nombreux)
Hameau de Premaussaguès	2 ou 3 habitations privées	Assainissement
Hameau de Tauriac	Petit bourg d'une dizaine de maisons	Assainissement
Hameau de la Claste	2 habitations privées et un cimetière	Assainissement et cimetière
Hameau de la Frézié	Quelques habitations privées	Assainissement
Bergerie des Combes	Elevage ovins	Lisiers + assainissement
Bergerie des Condamines	Elevage ovins	Lisiers + assainissement
Ferme de Laguiole	Elevage bovins ou ovins	Lisiers + assainissement
Routes	Passage de véhicules	Déversement accidentel de substances diverses

Tableau 3 : Inventaire des sources potentielles de pollution

Les planches photographiques des différentes sources potentielles de pollution sont présentées en annexe 3. Les principales sources de pollutions identifiées concernent le village de vacances, une décharge sauvage, les élevages de bovins et d'ovins ainsi que les petits hameaux équipés d'installations d'assainissement autonomes.



0 0.5 1 Km

Auteur : A.COUSIN

Date : 14/02/13

Fond : extrait carte IGN au 1/25 000

- Exploitations agricoles
- Hameaux
- Décharge
- Village vacances

Figure 12 : Inventaire des sources potentielles de pollution

3.4.1. Environnement immédiat – village de vacances

Le forage F3 est situé dans un village de vacances. Des fuites du réseau d'assainissement du village de vacances sont susceptibles de générer des flux polluants pouvant impacter rapidement le forage. Cependant, des contaminations bactériologiques ont été observées durant la période hivernale de fermeture du VVF. Le temps de vie dans les eaux souterraines des bactéries retrouvées au forage étant de quelques semaines au maximum, il est peu probable que des fuites sur le réseau soit en cause. Au vu de la proximité du forage, un diagnostic de l'état du réseau peut cependant s'avérer intéressant.

Un pacage d'animaux était présent à quelques mètres du forage. A la demande de la mairie ce dernier a été déplacé à une centaine de mètres en amont. Malgré le peu d'animaux présents (quelques chèvres et paons), le stockage de fumier sur une zone karstique à faible distance du forage peut présenter un risque de contamination.

3.4.2. Assainissement

Des installations d'assainissement dégradées sont susceptibles de générer des pollutions diffuses importantes. Depuis la Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'Eau et la Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'Eau et les Milieux Aquatiques, les communes (ou leurs groupements) ont l'obligation de délimiter sur leur territoire, les zones d'assainissement collectif et individuel (zonage d'assainissement soumis à l'enquête publique).

La mise en place et l'entretien des installations d'assainissement collectives sont à la charge de la commune. Les hameaux de Sials (Brusque), Labiras (Melagues), Maussac et La Frézié (Tauriac-de-Camarès) sont raccordés aux réseaux d'assainissement collectifs des communes.

Pour les installations d'assainissement autonome, l'aide à la mise en place des nouveaux dispositifs d'assainissement ainsi que la vérification périodique de la validité des installations existantes (contrôles effectués tous les 7 à 8 ans) est effectuée par le SPANC (Service Public d'Assainissement Non Collectif). Les bilans des contrôles périodiques sont fournis aux différentes mairies. Les travaux de mise en conformité des installations sont à la charge du propriétaire de l'installation.

Le SPANC du Parc Naturel Régional des Grands Causses a été contacté. Au total, 20 installations d'assainissement autonomes sont présentes sur l'aire d'alimentation du captage dont 18 non conformes (dernières visites réalisées entre 2010 et 2012). A noter, que de nombreuses installations rejettent directement leurs effluents dans les ruisseaux à proximité. La synthèse des installations des traitements autonomes est présentée en annexe 4.

Au vu du nombre du nombre d'installations présentes sur le bassin d'alimentation et de leurs états, les risques de contamination de la ressource en eau souterraine sont importants.

3.4.3. Décharge sauvage

Une décharge sauvage est présente le long de la route départementale 12 qui mène au hameau de Sials, en bordure ouest du bassin d'alimentation du forage. Cette dernière est située à flanc de falaise. Les eaux du fossé de la route sont collectées jusqu'à une buse puis rejetées sur les déchets présents. Elles rejoignent ensuite le ravin des Roques puis le Dourdou. Les déchets identifiés lors de la visite de site sont des déchets inertes (tuiles, gravats, tôles). Il n'est pas exclu que des résidus organiques soient ponctuellement déversés.

La situation géographique de la décharge, les pentes importantes et la nature des déchets rendent peu probable une contamination bactériologique du forage.

3.4.4. Elevages ovins et bovins

Les élevages d'ovins et de bovins sont nombreux sur le bassin d'alimentation et sont susceptibles de générer des pollutions diverses. Le type et l'importance des sources de pollutions potentielles issues de l'élevage dépendent notamment :

- de la taille et du type de l'exploitation (ovins ou bovins, nombre de tête, surfaces de pacage) ;
- des installations de stockage des lisiers (types, volumes, état général) ;
- des installations de stockage des fumiers (volumes) ;
- des méthodes d'amendement et d'épandages (lisiers, matières minérales, fréquences et périodes des épandages) ;
- des éventuels traitements effectués ;
- de l'entretien des engins agricoles (huiles, ...).

Les déjections animales sont riches en éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) sous forme directement assimilable par les plantes ainsi qu'en éléments secondaires (calcium, magnésium, ...) et en oligoéléments (cuivre, fer, ...). Toutes ces caractéristiques en font de très bon engrais agricoles pouvant être épandus pour dynamiser la pousse des plantes (cultures fourragères ou prairies de pacage par exemple).

Les déjections des ovins ou des bovins sont très riches en micro-organismes. Par exemple, si l'on considère la quantité rejetée par rapport à la masse de fèces émise, on considère qu'un bovin représente pour les apports en microorganismes, l'équivalent d'un rejet de 10 habitants (source portail de l'information environnemental en Bretagne).

Lorsque les effluents d'élevage et engrais minéraux sont épandus en quantité supérieure aux besoins des cultures ou juste avant une période importante de précipitations, les éléments chimiques et les micro-organismes migrent dans les eaux superficielles et souterraines (susceptibles de s'infiltrer au niveau des pertes de ruisseaux).

Les stockages de fumiers et les produits nécessaires à l'entretien des engins agricoles peuvent aussi être lessivés par les précipitations et de migrer vers les eaux souterraines et superficielles.

Du fait des surfaces concernées, des volumes et de la concentration des effluents notamment en micro-organismes, les risques de contamination de la ressource en eau souterraine sont importants.

En fonction du nombre d'animaux présents sur les sites d'élevages, les exploitations sont soumises à la réglementation du Règlement Sanitaire Départemental (RSD) ou des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). La plaquette technique de la chambre d'agriculture de Midi-Pyrénées relative à cette réglementation est présentée en annexe 5.

Le règlement sanitaire départemental a pour objectif la protection de l'eau et du voisinage. Il fixe la réglementation pour l'implantation et le fonctionnement des bâtiments ainsi que pour le stockage et l'épandage (déjections animales, jus d'ensilage et eaux de lavage). A noter, que le bassin d'alimentation du forage F3 n'est pas situé en zone vulnérable à la pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole.

Les installations de tailles importantes font l'objet de dispositions particulières (ICPE) notamment concernant l'épandage, les distances réglementaires et les capacités de stockage.

L'autorité compétente pour la mise en conformité d'une installation est la chambre d'agriculture (chiffrage, accompagnement dans les démarches, ...).

3.4.5. Axes de communication

La circulation, sur l'aire d'alimentation du forage F3, est de type local. Les axes, présents à l'intérieur de l'aire d'alimentation du captage, sont de deux types. On trouve :

- des voies communales ;
- des routes départementales.

Aucune voie ferrée n'est présente sur l'aire d'alimentation

3.5. Hiérarchisation des risques de pollution

Le risque de pollution de la ressource est déterminé, grâce au croisement de l'aléa et de la vulnérabilité de celle-ci dans la zone d'appel.

Les aléas potentiels inventoriés ont été répartis selon 3 classes, puis hiérarchisés selon leur probabilité d'occurrence (tableau 4). Les 3 types d'aléas sont :

- aléa accidentel : accident de toute sorte pouvant provoquer des pollutions ponctuelles de l'environnement, et plus particulièrement de l'aquifère (ex : déversement d'une citerne, suite à un accident routier) ;
- aléa chronique : pollution permanente (ex : système d'assainissement autonome non conforme) ;
- aléa diffus : pollution sur de grandes surfaces (ex : épandage de lisier, engrais et pesticides sur des parcelles agricoles).

Source potentielle de pollution	Remarque	Risque
Village de vacances	Fuites potentielles du réseau d'assainissement Pacage d'animaux	Modéré
Assainissement	Nombreuses installations autonomes Faible fréquence des contrôles	fort
Décharge sauvage	Déchets inertes Limite du bassin d'alimentation	faible
Elevages ovins et bovins	Stockages de lisiers et fumiers, épandages	fort
Axes de communication	Faible circulation	faible

Tableau 4 : Analyse des risques de pollution

4. Protocole de traçage des eaux souterraines

4.1. 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 subi 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 – figure 13). 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.

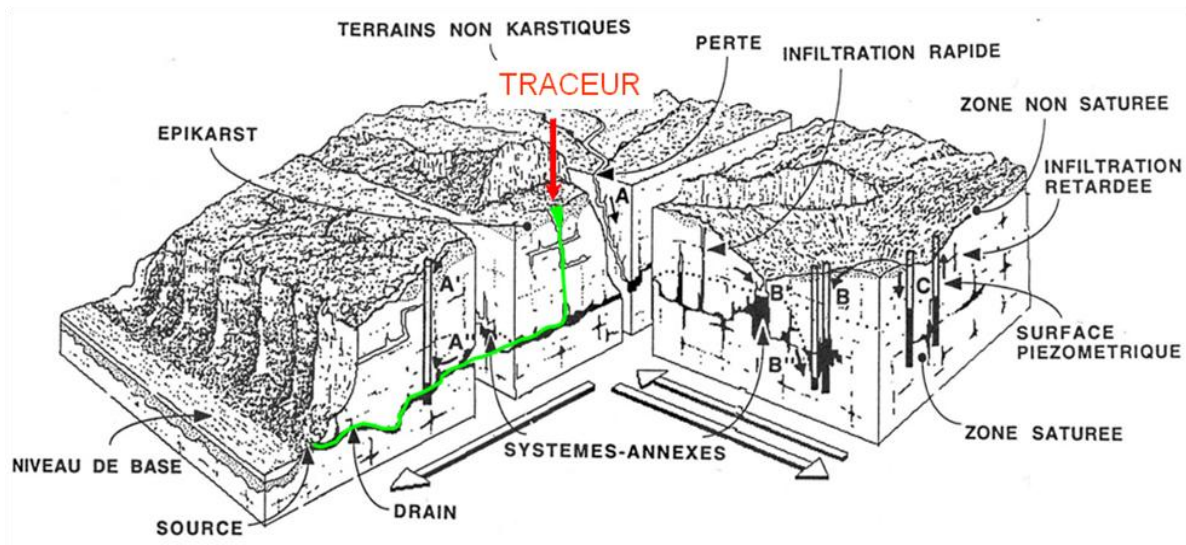


Figure 13 : Schéma de principe d'un aquifère karstique (Mangin, 1975) et trajet potentiel d'un traceur

Le trajet du traceur et donc de la molécule polluante dépend de la structure verticale du système karstique qui peut se schématiser ainsi (figure 14) :

- 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.

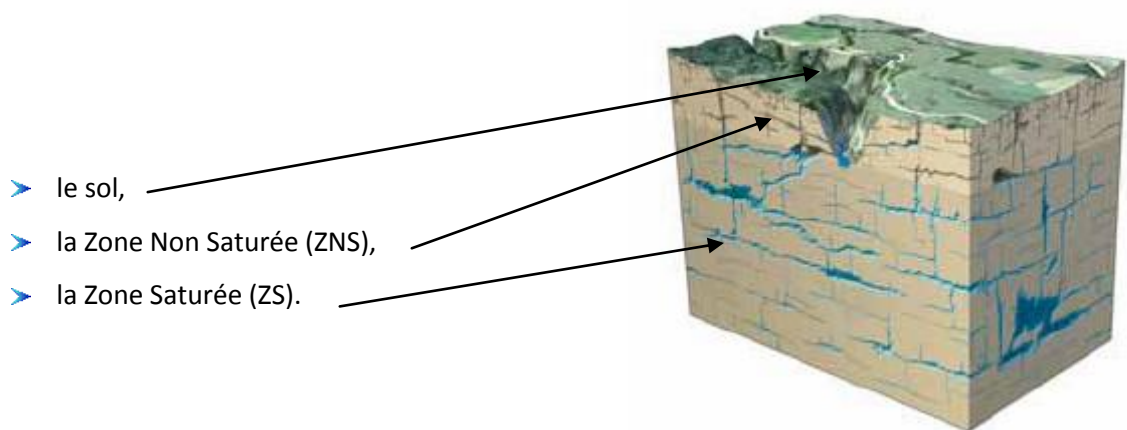


Figure 14 : Schéma d'un aquifère karstique [BRÜHLMAN et al., 2004]

4.2. Choix des points d'injection

A l'issue de l'inventaire des différentes figures karstiques et des sources potentielles de pollution, il a été choisi de procéder à deux injections de traceurs au niveau des fermes de Soubras et de Saussières. Il s'agit en effet des élevages les plus proches de la source de Céras et du Forage F3. De plus, de nombreuses grottes et cavités sont présentes à proximité de ses exploitations et sont situées en aval hydraulique. Ces figures karstiques peuvent constituer des réseaux d'écoulement préférentiels pour une éventuelle pollution.

Ce choix correspond aussi aux observations faites par M. P. CHEMIN, hydrogéologue agréé, qui considérait la ferme de Soubras comme la principale source de pollution du secteur (cf. avis de P. CHEMIN – Site des sources de Céras. Captage AEP actuel et forage « eau de source » en projet. Examen hydrogéologique réglementaire. Proposition des périmètres de protection. Octobre 2010).

4.3. Mise en place du matériel de suivi

Le suivi de la restitution a été effectué au niveau du forage F3 et de la source Céras, au moyen de deux préleveurs autonomes et de deux fluorimètres de terrain permettant d'enregistrer en continu l'arrivée du traceur (figures 15 et 16). Le pas d'acquisition des données a été défini à 15 minutes pour le fluorimètre et à 7h pour les prélèvements automatiques.

Des échantillons ponctuels ont été prélevés, à l'occasion des tournées de récupération des échantillons automatiques, sur la source de Gravas, le Dourdou en amont des résurgences de Céras, la pisciculture de Brusque (source Saint Martin) et la source de Cribas (figures 17 et 18). Les caractéristiques des points suivis sont les suivantes :

Point de suivi	Type	Type de suivi	X L2e	Y L2e	Z (m NGF)
Forage F3	Forage	Continu	650 031	1 861 554	470
Source de Céras	Source	Continu	650 017	1 861 556	470
Source de Gravas	Source	Ponctuel	650 003	1 861 583	470
Le Dourdou	Cours d'eau	Ponctuel	650 042	1 861 465	465
Source de Cribas	Source	Ponctuel	650 541	1 862 474	500
Pisciculture de Brusque (source de St Martin)	Source	Ponctuel	648 792	1 863 975	450

Tableau 5 : Caractéristiques des points de suivi



Figure 15 : Installation du matériel de suivi sur le forage F3

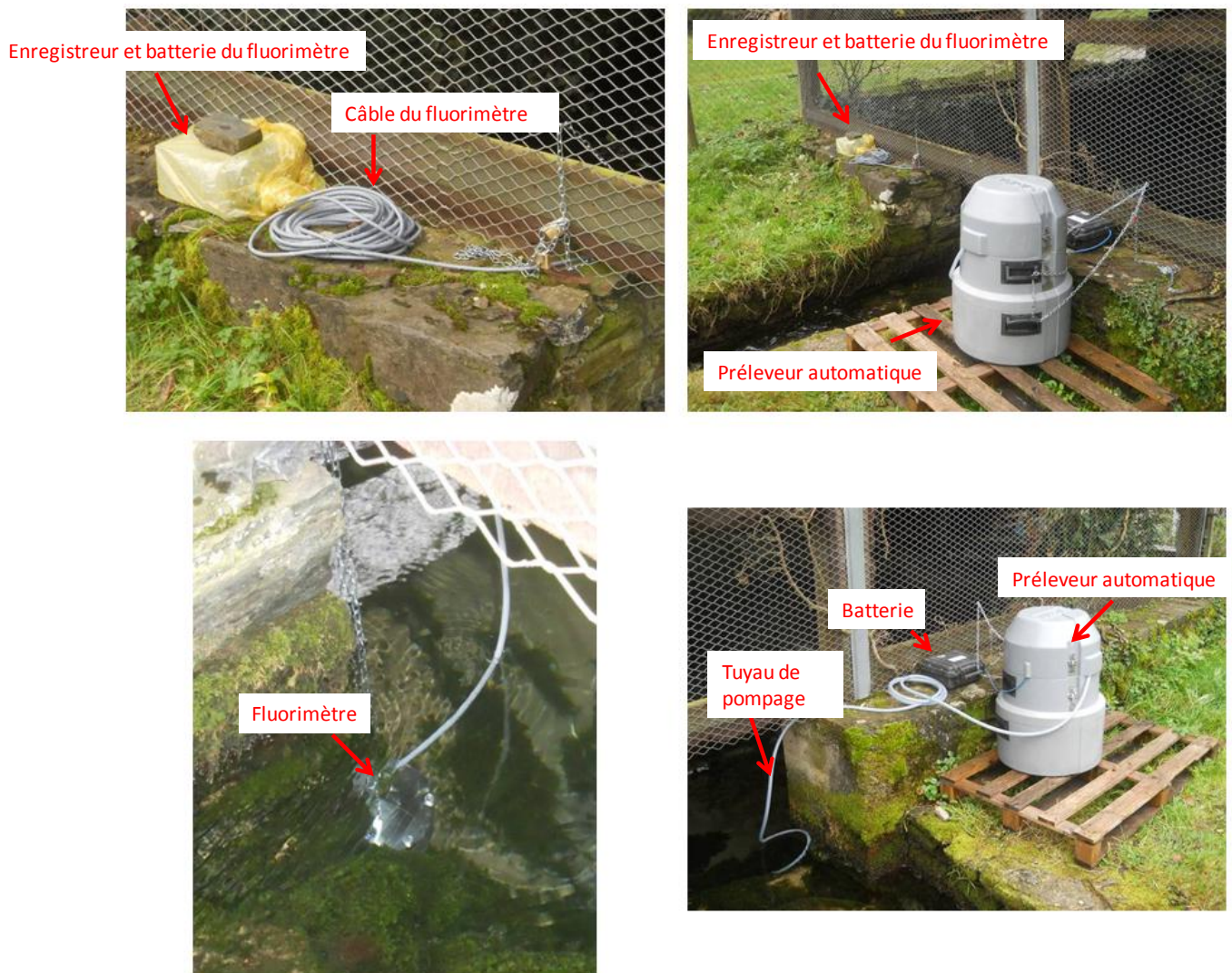
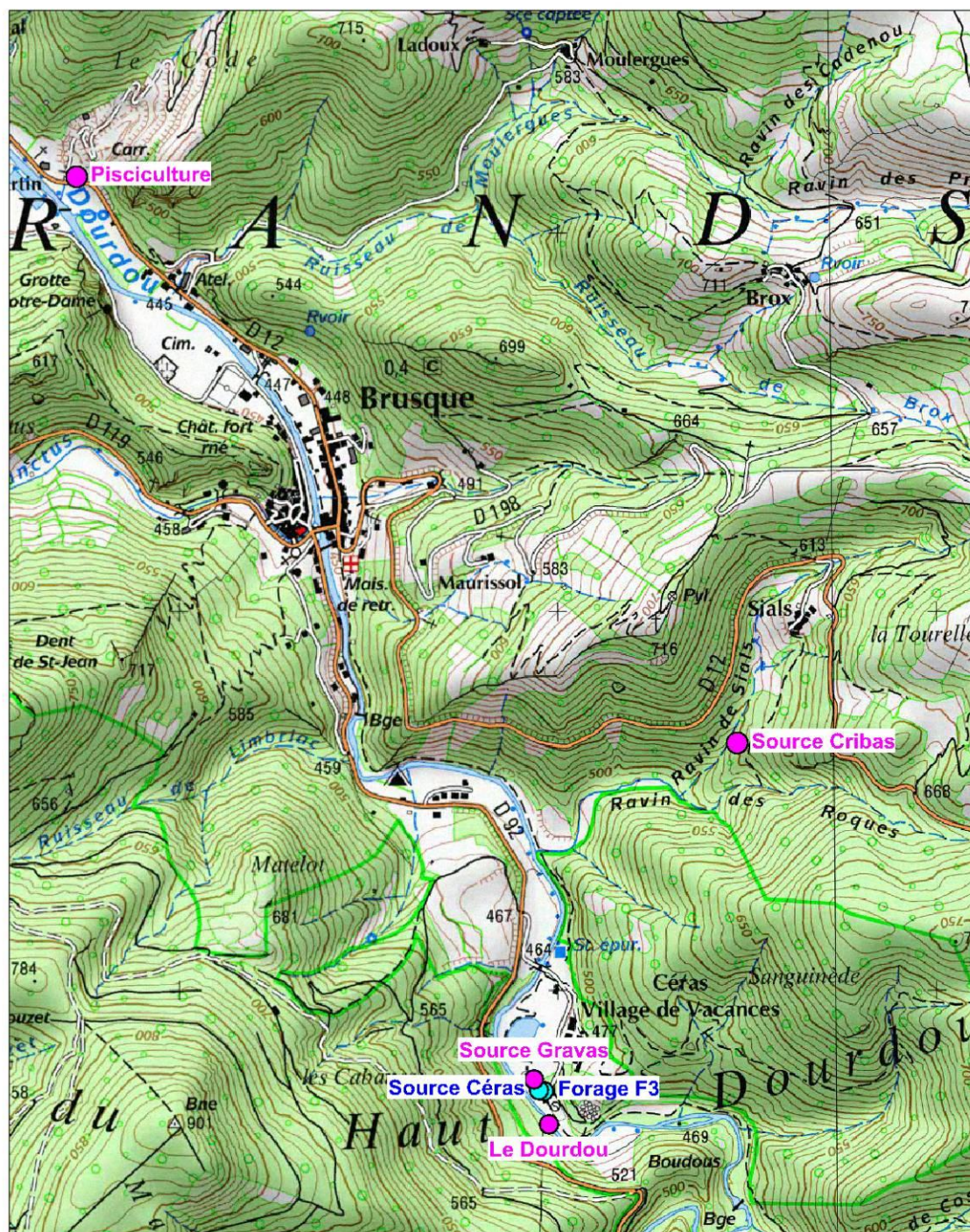


Figure 16 : Installation du matériel de suivi sur la source Céras



0 250 500m

Auteur : A.COUSIN

Date : 20/12/12

Fond : extrait carte IGN au 1/25 000

Points du suivi en continu

Points du suivi ponctuel

Figure 17 : Localisation des points de suivi



Figure 18 : Localisation des points de suivi au niveau du lieu-dit Céras

La surveillance s'est déroulée du mercredi 14 novembre 2012 à partir de 10h00 jusqu'au mardi 08 janvier 2013 à 14h00, soit pendant près de 2 mois.

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

Dates	Nature de l'intervention
Mercredi 14 novembre 2012	Injection et installation du dispositif de surveillance
Lundi 19 novembre 2012	1 ^{ère} visite de contrôle d'acquisition des données
Lundi 26 novembre 2012	2 ^{ème} visite de contrôle d'acquisition des données
Lundi 03 décembre 2012	3 ^{ème} visite de contrôle d'acquisition des données
Lundi 10 décembre 2012	4 ^{ème} visite de contrôle d'acquisition des données
Lundi 17 décembre 2012	5 ^{ème} visite de contrôle d'acquisition des données
Mardi 08 janvier 2013	6 ^{ème} visite de contrôle d'acquisition des données et retrait du dispositif de surveillance

Tableau 6 : Dates des visites de contrôle

4.4. Injection des traceurs

Suite à l'étude environnementale, la perte du ruisseau de Mauriole en amont de la ferme de Soubras et la perte du ruisseau de Saussières en contrebas de la ferme de Saussières (figures 19 à 21) ont été choisis comme points d'injection :

Site	Traceur	Masse (kg)	Date	X L2e	Y L2e	Z m NGF	Distance de Céras (m)
Soubras	Sulforhodamine	10	14/11/12 11h45	651 870	1 863 482	670	2060
Saussières	Fluorescéine	5	14/11/12 17h	652 106	1 861 446	700	2660

Tableau 7 : Masses de traceurs injectées et distances aux points de suivi

Avant les injections, les différents services de l'Etat (ARS, DREAL, Parc Naturel des Grands Causses, mairie) ont été prévenus par e-mails.

Les traceurs utilisés sont des substances totalement inoffensives couramment utilisées en hydrologie et en hydrogéologie. De ce fait l'ensemble des traceurs est adapté au contexte de l'étude, sans engendrer de contraintes fortes en termes de potabilité de l'eau et de gêne des utilisateurs.

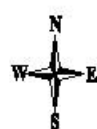
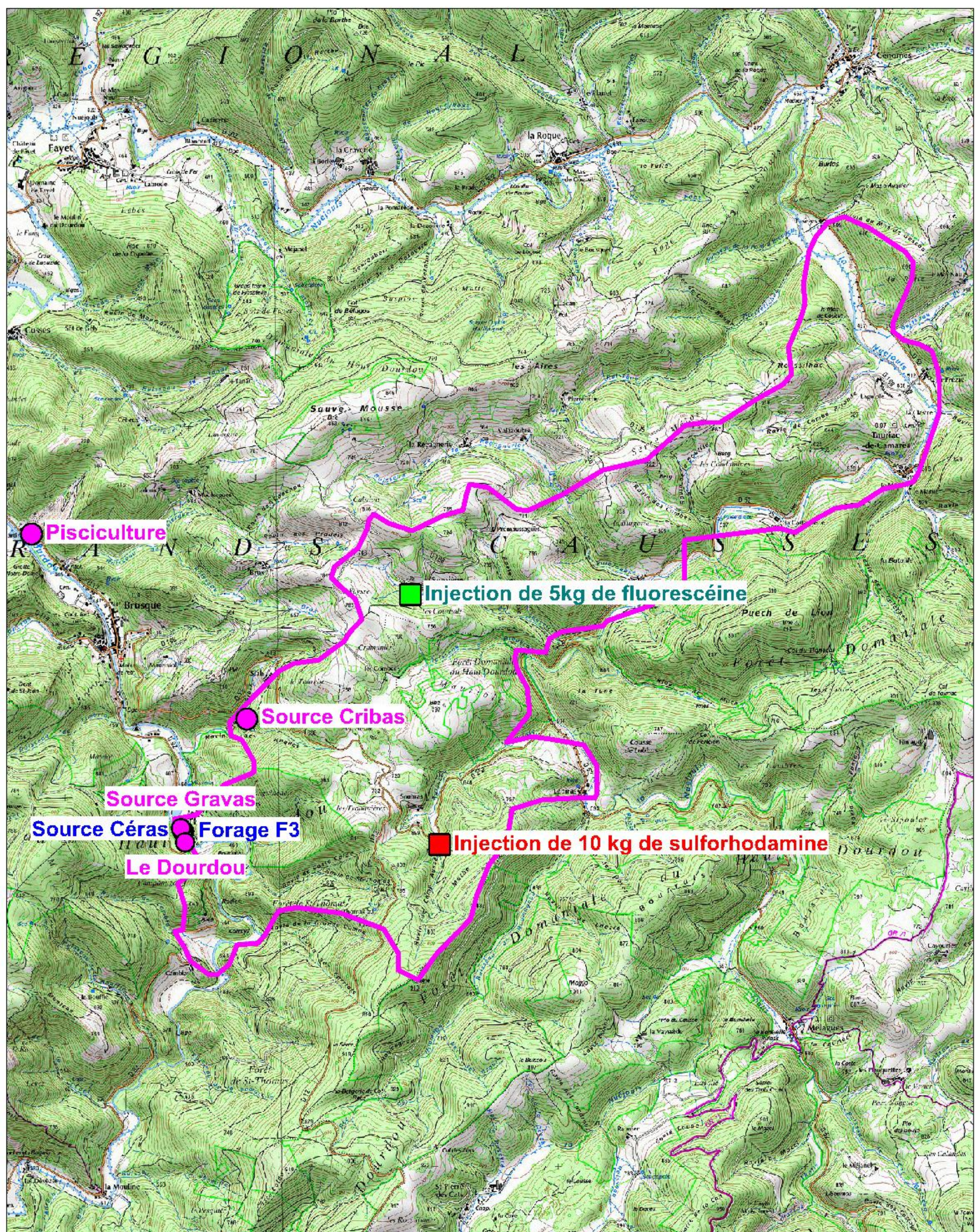
De plus, les traceurs injectés sont des traceurs fluorescents faciles à mettre en œuvre et à analyser par les laboratoires spécialisés (ici le la Cellule R&D d'expertise et de TRANSfert en TRAçage Appliqués à l'Hydrogologie et à l'Environnement de l'université d'Orléans, CETRAHE). Les seuils de détections sont faibles.

Traceur	Eaux naturelles optiquement propres (µg/l)	Bruit de fond élevé (µg/l)
Sulforhodamine B	0.20	0.50
Fluorescéine	0.001	0.01

Tableau 8 : Limites de détection du CETRAHE

Afin d'assurer des restitutions de bonne qualité, les quantités de traceur injectées doivent être importantes. En effet :

- des phénomènes d'absorption peuvent apparaître dans la zone non saturée et tout au long du cheminement souterrain ;
- les débits d'écoulement des différentes sources au niveau de Céras sont importants, entraînant de forts phénomènes de dilution.



- Points du suivi en continu
- Points du suivi ponctuel

- Points d'injection sulforhodamine
- Points d'injection fluorescéine

- Bassin d'alimentation du forage F3 - P.CHEMIN

0 0.5 1 Km

Auteur : A.COUSIN

Date : 20/12/12

Fond : extrait carte IGN au 1/25 000

Figure 19 : Localisation des points d'injection et des points de suivi



Figure 20 : Injection de la sulforhodamine à Soubras



Figure 21 : Injection de la fluorescéine à Saussières

4.5. Analyses des échantillons

Les échantillons prélevés par les préleveurs automatiques ont été stockés dans des flacons en verre brun fumé, rincés à l'eau prélevée (figure 22).



Figure 22 : Flacons en verre brun

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.

5. Résultats du traçage

5.1. Suivi des débits

5.1.1. Forage F3

La pompe du forage F3 a été remise en service au débit de 17,5 m³/h le 14 novembre 2012. Le pompage a été maintenu à débit constant tout au long des deux mois. Les eaux d'exhaure ont été rejetées dans le Dourdou en aval de la source de Céras.

5.1.2. Source de Céras

La source Céras est équipée d'une station de mesure des débits (figure 23) gérée par le Parc Naturel Régional des Grands Causses (station hydro n°O3509310).

En période estivale, une partie du débit de la source de Céras échappe à la mesure du débit lors des périodes d'alimentation du plan d'eau de baignade (abaissement du seuil au niveau du bief en provenance de la source). Pendant l'opération de traçage, le plan d'eau était à sec et son dispositif d'alimentation était déconnecté.

Les eaux de la source Gravas et celles d'une deuxième source située à proximité de la source Céras, se jettent dans le bief de la source Céras et sont prises en compte dans la mesure du débit.

Il existe d'autres émergences situées en bordure du Dourdou, à proximité de la source de Céras pour lesquelles il est impossible de suivre les débits. Tous ces paramètres font qu'il est difficile de maîtriser la mesure du débit général d'exhaure produit par l'ensemble des émergences du secteur. Sur la base des observations visuelles de terrain, le débit de la source Céras représente environ 50% du débit total des émergences présentes.



Figure 23 : Station de mesure des débits de la source Céras du Parc Naturel Régional des Grands Causses n°O3509310

Sur la base des données disponibles, les débits moyens mensuels interannuels (2002-2012) ont été calculés (figure 24).

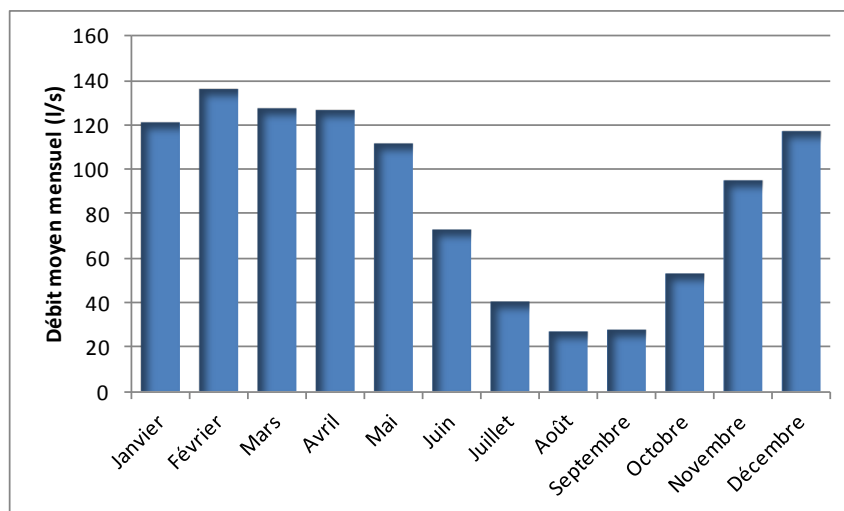


Figure 24 : Débits moyens mensuels (de 2002 à 2012) - Station hydro n°O3509310

Les mois de novembre, décembre et janvier, durant lesquels a été effectué le traçage, correspondent à la période de hautes eaux.

Les données de débits de la source durant la période de suivi (de novembre à mi-janvier) ont été couplées avec les données brutes des précipitations enregistrées à la station de MALIVER-HAUT SAPC (n° 12039001) située sur la commune de Brusque à une altitude de 861 m (figure 25).

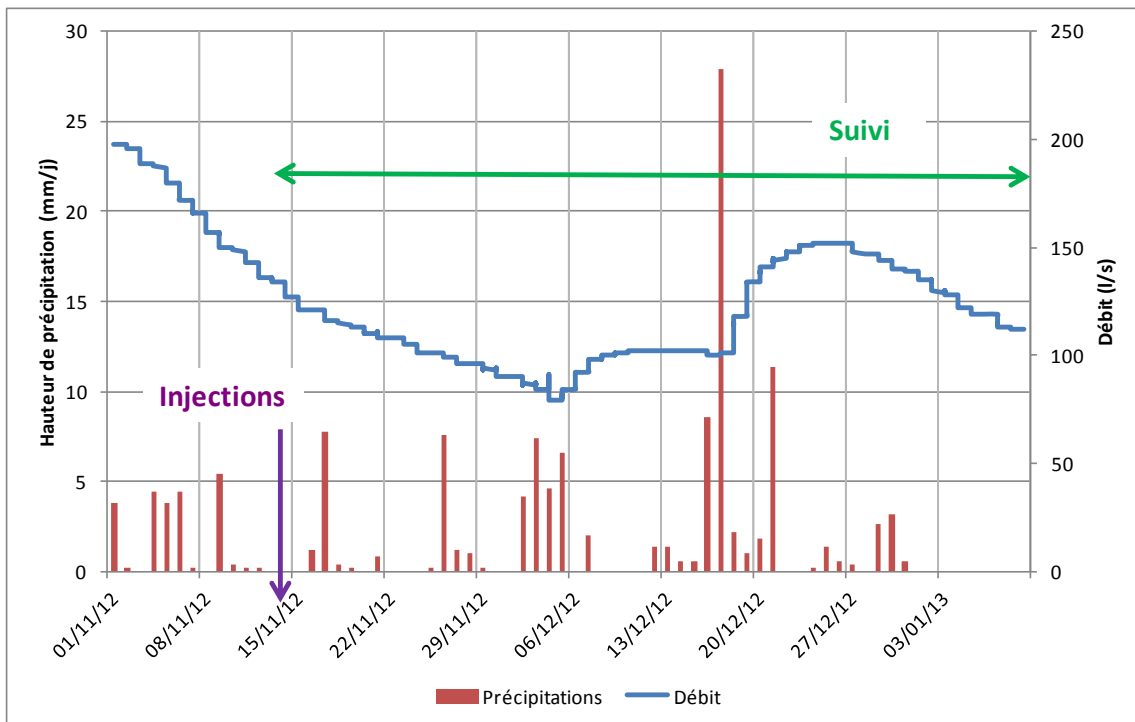


Figure 25 : Evolution du débit de la source Cérás en fonction des précipitations

Le débit de la source Cérás mesuré début novembre est élevé (198 l/s). Il diminue progressivement entre début novembre et début décembre (80 l/s le 5 décembre). Il augmente ensuite consécutivement à des événements pluvieux survenus début et mi-décembre (augmentation du débit de 101 à 152 l/s avec une hauteur cumulée de 53 mm de précipitations entre le 16 et le 25 décembre). A noter que l'augmentation de débit, suite aux précipitations, se fait de manière progressive, la diminution est observée à partir du 27 décembre, soit 6 jours après la fin de l'évènement pluvieux.

5.2. Résultats de l'injection de sulforhodamine au niveau du lieu-dit Soubras

La sulforhodamine a été analysée sur l'ensemble des points de suivi. Une restitution visuelle a été observée sur le forage F3 et sur la source de Céras (figure 26). Cette restitution a été confirmée par les fluorimètres de terrains et les analyses effectuées au laboratoire.



Figure 26 : Restitution de la sulforhodamine au niveau de la source de Céras

5.2.1. Forage F3

L'ensemble des enregistrements a correctement fonctionné sur le fluorimètre (100% des données disponibles). Les analyses effectuées par spectrofluorimétrie sur les échantillons prélevés confirment les données obtenues à partir du fluorimètre. Le détail des analyses est présenté en annexe 6. La fiche d'interprétation est présentée en annexe 8.

La première arrivée (figure 27) est observée le 19 novembre à 10h40 soit 4j et 23h après l'injection. La distance entre le point d'injection (Soubras) et le forage F3 étant de 2060 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur en période de hautes eaux, est de 17,3 m/h.

La période de surveillance a permis d'observer au niveau du forage F3, une restitution de l'ordre de 1% de la masse du traceur injectée, soit 83g.

Commune de Brusque (12)
 Etude environnementale et traçages hydrogéologiques sur l'aire d'alimentation du forage F3 de Cérès - A69563/C

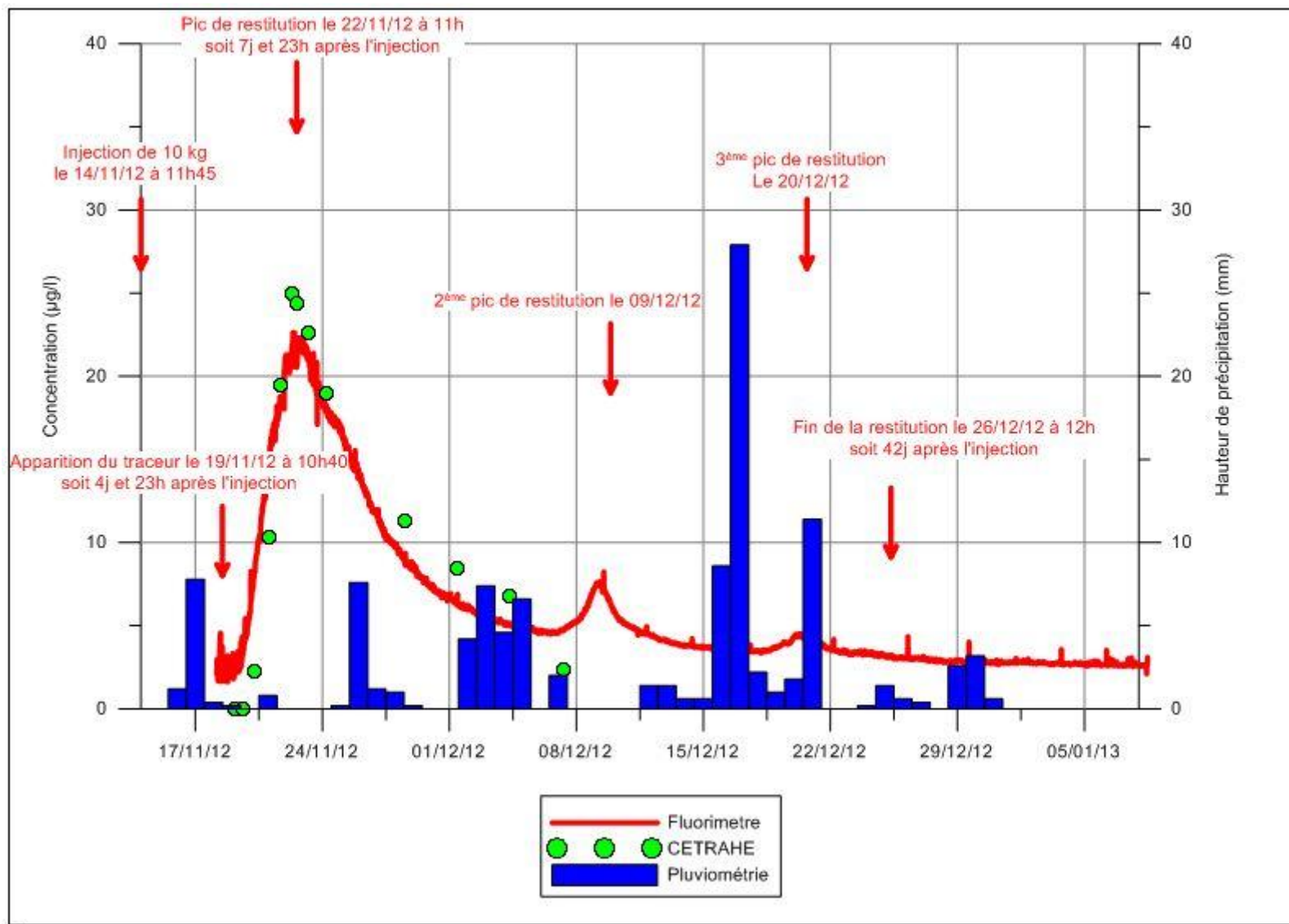


Figure 27 : Courbe de restitution de la sulforhodamine au niveau du forage F3

La concentration augmente fortement du 19 au 22 novembre pour atteindre un maximum de 22,6 µg/l le 22/11 à 11h00 (donnée fluorimètre). Le temps modal (concentration maximum) est de 7 jours et 23 heures soit une vitesse modale de 11 m/h.

La concentration diminue ensuite progressivement. Deux pics de restitution de moindre importance sont observés et font suite à des épisodes pluvieux. La fin de restitution est calculée le 26 décembre à 12h00 soit 42 jours et 0h après l'injection. Le temps de passage du traceur est de 37 jours et 1h.

Le bilan de la restitution de la sulforhodamine au niveau du forage F3 est présenté dans le tableau suivant :

Injection		
Lieu d'injection	Soubras	
Restitution	Forage F3	
Date d'injection	14/11/12 11:45	
Traceur	Sulforhodamine	
Distance entre l'injection et la restitution (m)	2 060	
Masse injectée (g)	10 000	
Masse restituée (g)	83	
Restitution %	1	
Temps		
Apparition du traceur (h) (j)	118.9	5.0
Temps modal (h) (j)	191.3	8.0
Temps moyen de séjour (h) (j)	352.5	14.7
Durée de restitution (h) (j)	889.3	37.1
Vitesses		
Vitesse d'apparition (m/h) (m/j)	17.3	416
Vitesse modale (m/h) (m/j)	10.8	259
Vitesse moyenne (m/h) (m/j)	8.4	201
Vitesse apparente (m/h) (m/j)	5.8	140
Concentration et dilutions		
Concentration max (µg/l) (g/l)	22.6	2.3E-5
Dilution unitaire (l ⁻¹)	2.3E-9	
DTS max (s ⁻¹)	1.7E-10	

Tableau 9 : Bilan de la restitution de la sulforhodamine au forage F3

5.2.2. Source de Céras

L'ensemble des enregistrements a correctement fonctionné sur le fluorimètre. Seule la période du 30/11/12 au 10/12/12 est manquante suite à un défaut de carte mémoire, mais peut être corrélée par les analyses de laboratoire. Les analyses effectuées sur les échantillons prélevés confirment les données obtenues à partir du fluorimètre. Le détail des analyses est présenté en annexe 6. Le détail de l'interprétation est présenté en annexe 8.

La première arrivée (figure 28) est observée le 19 novembre à 10h40 soit 4j et 23h après l'injection. La distance le point d'injection (Soubras) et la source de Céras étant de 2060 m, la vitesse maximale atteinte par le traceur en période de hautes eaux, est de 17,3 m/h.

La période de surveillance a permis d'observer, au niveau de la source Céras, une restitution de l'ordre de 28% de la masse du traceur injectée, soit 2,7 kg.

Commune de Brusque (12)
 Etude environnementale et traçages hydrogéologiques sur l'aire d'alimentation du forage F3 de Cérès - A69563/C

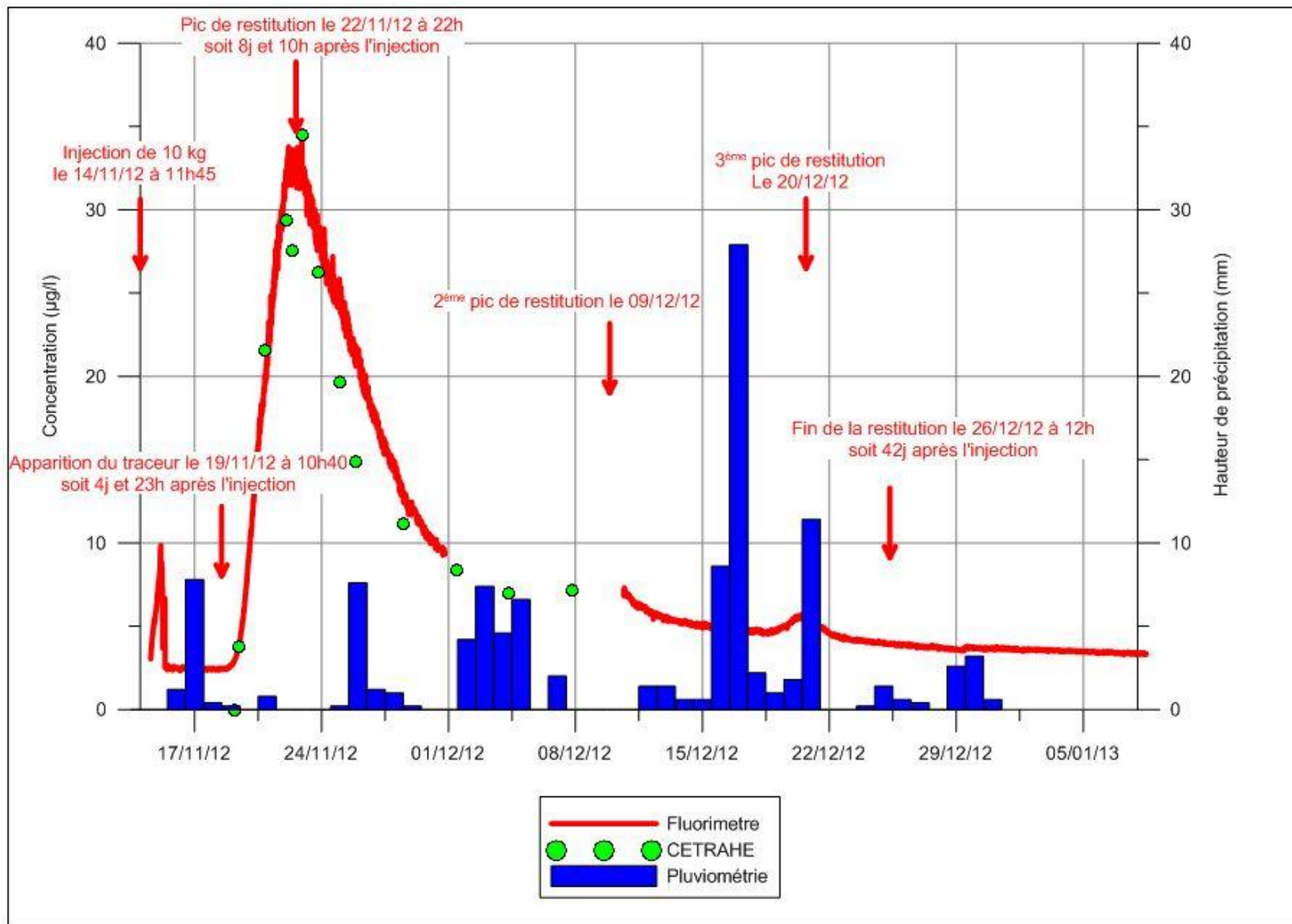


Figure 28 : Courbe de restitution de la sulforhodamine au niveau de la source de Cérès

La concentration augmente fortement du 19 au 22 novembre pour atteindre un maximum de 34,5 µg/l le 22/11 à 22h00 (donnée fluorimètre). Le temps modal est de 8 jours et 10 heures, soit une vitesse modale de 10 m/h.

La concentration diminue ensuite progressivement. Deux pics de restitution de moindre importance sont observés et font suite à des épisodes pluvieux. La fin de restitution est calculée le 26 décembre à 12h00 soit 42 jours et 0h après l'injection. Le temps de passage du traceur est de 37 jours et 1h.

Le bilan de la restitution de la sulforhodamine au niveau de la source de Céras est présenté dans le tableau suivant :

Injection		
Lieu d'injection	Soubras	
Restitution	Source de Céras	
Date d'injection	14/11/12 11:45	
Traceur	Sulforhodamine	
Distance entre l'injection et la restitution (m)	2 060	
Masse injectée (g)	10 000	
Masse restituée (g)	2 757	
Restitution %	28	
Temps		
Apparition du traceur (h) (j)	118.9	5.0
Temps modal (h) (j)	202.3	8.4
Temps moyen de séjour (h) (j)	331.4	13.8
Durée de restitution (h) (j)	889.3	37.1
Vitesses		
Vitesse d'apparition (m/h) (m/j)	17.3	416
Vitesse modale (m/h) (m/j)	10.2	244
Vitesse moyenne (m/h) (m/j)	7.7	184
Vitesse apparente (m/h) (m/j)	6.2	149
Concentration et dilutions		
Concentration max (µg/l) (g/l)	34.5	3.5E-5
Dilution unitaire (l ⁻¹)	3.5E-9	
DTS max (s ⁻¹)	1.4E-6	

Tableau 10 : Bilan de la restitution de la sulforhodamine à la source de Céras

5.2.3. Source de Gravas

Des prélèvements ponctuels ont été effectués à l'occasion des tournées de maintenance du matériel sur la source de Gravas. Les analyses en laboratoire effectuées sur ces prélèvements montrent une restitution en sulforhodamine. La concentration maximale atteinte (tournée du 26/11/12) est de 4,4 µg/l (figure 29).

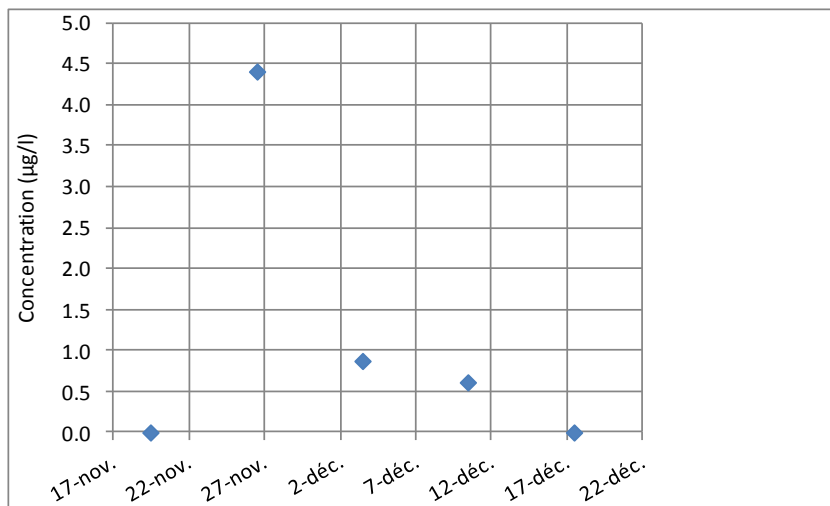


Figure 29 : Courbe de restitution de la sulforhodamine au niveau de la source de Gravas

Cette concentration est beaucoup plus faible que celles observées sur le forage F3 et la source de Céras. A noter que les émergences des sources Gravas et Céras sont très proches. Des mélanges des eaux souterraines peuvent avoir lieu peu avant l'arrivée au niveau du bief.

5.2.4. Le Dourdou

Des prélèvements ponctuels ont été effectués à l'occasion des tournées de maintenance du matériel sur le Dourdou en amont de la source Céras. Les analyses en laboratoire effectuées sur ces prélèvements montrent une restitution en sulforhodamine d'une concentration de 3,1 µg/l observée lors de la tournée du 26 novembre 2012. A noter que de multiples arrivées d'eau sont observées sur le Dourdou en amont et à proximité de la source de Céras.

5.2.5. Source de Cribas et pisciculture de Brusque (source St Martin)

Aucune restitution de sulforhodamine n'a été observée sur les prélèvements effectués au niveau de la source de Cribas et de la pisciculture de Brusque.

5.3. Résultats de l'injection de fluorescéine au niveau de la perte de Saussières

Aucune restitution de fluorescéine n'a été observée sur les différents points de suivi. Le détail des analyses est présenté en annexe 7.

Les hypothèses, pouvant expliquer cette absence de restitution sont les suivantes :

- le traceur est resté piégé au niveau d'une retenue d'eau présente au sein de la structure karstique. Cette hypothèse est peu probable. De fortes précipitations ont été observées au cours de la période du suivi. Ces précipitations semblent avoir mis en charge le réseau karstique et auraient pu favoriser la sortie du traceur ;
- le traceur est ressorti à la faveur d'une source non inventoriée et non suivie avant de rejoindre le réseau superficiel. En effet, de nombreuses sources et cavités restent à découvrir. L'aven du ravin des Roques par exemple n'a été découvert que récemment (2009) ;
- le traceur est ressorti très rapidement au niveau de la source de Cribas, et n'a pas été détecté à partir des échantillons ponctuels. Cette hypothèse semble la plus plausible. La source de Cribas présente des débits importants. La présence d'un alignement de cavités, dont fait partie le ravin des Roques, entre la perte de Saussières et la source de Cribas, peut indiquer la présence d'un drain karstique. Les cotes topographiques (issues de la carte IGN) de la plupart de ces cavités sont élevées par rapport à la perte de Saussières. Cependant, aucune information sur l'extension de ces cavités n'est disponible.

6. Conclusions

6.1. Identification des risques de pollution

L'étude environnementale effectuée par Antea Group sur le bassin d'alimentation de la source de Céras a permis de répertorier trois types de pollution :

- les pollutions domestiques essentiellement représentées par les rejets d'assainissement des principaux hameaux. En 2012, 90 % des dispositifs d'assainissement autonome n'étaient pas conformes à la réglementation (source SPANC du Parc Naturel Régional des Grands Causses). De nombreuses installations rejettent directement leurs effluents dans les ruisseaux,
- les installations d'élevages ovins et bovins (stockages et épandages de fumiers) sachant que 18 % de l'aire d'alimentation sont occupés par des parcelles agricoles,
- les déjections d'animaux sauvages très présents sur le secteur.

L'exploitation de la forêt (réalisée localement par des Groupements Forestiers) n'a pas été considérée comme un vecteur de pollution.

Aucune enquête agricole ou détaillée des sources de pollution n'a été réalisée. Il s'agit ici d'un inventaire bibliographique complété par quelques visites de terrain.

6.2. Vulnérabilité de la ressource en eau

6.2.1. Principe de vulnérabilité - infiltrabilité

La vulnérabilité de la ressource correspond à la plus ou moins grande facilité que va avoir un polluant à rejoindre la zone noyée du karst et par la suite l'exutoire principal du système karstique lors de son trajet souterrain.

L'appréciation de cette vulnérabilité dépend directement des observations de terrain et notamment de l'infiltrabilité du sous-sol, c'est-à-dire la facilité que va avoir une molécule polluante à s'infiltrer rapidement dans le sol. Cette infiltrabilité dépend donc de l'occupation du sol mais aussi de la présence de figures karstiques (pertes, avens...) facilitant cette pénétration.

L'étude environnementale a permis de répertorier de nombreuses figures karstiques réparties sur l'ensemble du bassin d'alimentation de Céras. Certaines cavités, comme l'aven du ravin des Roques et la grotte de Céras, sont bien développées et présentent des écoulements souterrains actifs. Les ruisseaux qui prennent naissance sur les formations schisteuses se perdent au niveau du contact avec les calcaires.

Ces observations caractérisent donc plusieurs zones très vulnérables, qui correspondent aux bassins versants des nombreuses pertes inventoriées.

6.2.2. Données du traçage – trajet souterrain

Un traçage permet de simuler une pollution accidentelle dans un secteur considéré comme très vulnérable (ici des pertes karstiques). Les résultats donnés par le traçage permettront de déduire des informations sur le trajet souterrain du traceur, depuis la surface jusqu'à l'exutoire. Cependant, ce trajet ne concerne qu'une partie du système et le traçage est réalisé dans des conditions hydrologiques bien précises. Les données sont donc à prendre avec précautions.

Deux injections de traceurs fluorescents ont été effectuées le 14 novembre 2012 à partir de pertes des ruisseaux de Soubras et Saussières. Le suivi des restitutions a été effectué au moyen de deux fluorimètres de terrain et complété par des prélèvements automatiques (forage F3 et source Céras). Des prélèvements ponctuels ont aussi été effectués à l'occasion des tournées de maintenance du matériel de mesure (source Gravas, source Cribas et pisciculture de Brusque).

Aucune restitution n'a été observée à partir du traçage de Saussières. Ce résultat surprenant peut s'expliquer par :

- un piégeage du traceur dans la zone d'infiltration,
- une restitution inférieure au seuil de détection du Laboratoire.

Ce traçage nous indique essentiellement que certaines pertes comme celles de Saussières sont assez mal connectées avec la zone noyée du système de Céras.

Le traçage de Soubras a confirmé la relation hydrogéologique avec le forage F3 et les différentes émergences du secteur (source de Céras, source de Gravas et Dourdou à Céras). Une restitution a été observée 5 jours après l'injection du traceur. Le taux de restitution du traceur calculé est de l'ordre de 1 % au forage F3 et 28 % au niveau de la source Céras.

Le taux de dilution unitaire du traceur calculé au niveau du forage F3 (concentration maximale restituée sur la masse injectée) est de $2,3 \cdot 10^{-9} \text{ l}^{-1}$. 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 au forage F3 serait de l'ordre de 23 µg/l, concentration très supérieure aux normes de potabilité de nombreux produits (pesticides, hydrocarbures,...). La restitution se ferait sur une durée de l'ordre de 37 jours.

De la même manière, une pollution de type bactériologique impacterait directement le captage en quelques jours. La bactérie *Escherichia coli* par exemple, survit en général de 4 à 12 semaines dans l'eau contenant une microflore moyenne à une température de 15 à 18 °C (Kudryavtseva, 1972 ; Filip et coll., 1987; Edberg et coll., 2000).

Ce constat est à mettre en relation avec la vitesse de transit élevée, observée lors du traçage (259 m/j pour le maximum de la restitution).

De ce fait, la perte de Soubras correspond à un point très sensible, où toute pollution superficielle atteindrait rapidement la Céras en l'impactant de manière chimique ou bactériologique.

6.3. Conclusions sur le projet d'embouteillage

Suite à ce constat et malgré la bonne stabilité physico-chimique des eaux qui avait conduit le BRGM à conclure sur une faible vulnérabilité du système, la source de Céras et le forage F3 drainent un bassin d'alimentation fortement vulnérable avec la présence de nombreuses pertes karstiques dont certaines sont directement reliées à la zone noyée sous-jacente.

En période de fortes précipitations, des infiltrations rapides et préférentielles de polluants divers peuvent donc avoir lieu et impacter ponctuellement et temporairement la source de Céras et le forage.

Certaines sources de pollution identifiées sont situées dans des secteurs très vulnérables soit directement en amont des pertes.

A la connaissance de ces nouvelles informations, l'utilisation de la ressource du secteur de Céras comme « eau de source » apparaît dès lors délicate et justifie des études et investigations complémentaires.

Même si l'activité agro pastorale est en déclin (bergeries des Combes et des Condamines) et que la décharge sauvage route de Sials ne présente a priori plus un risque majeur, un inventaire précis des mises en conformité et une quantification des flux polluants sont nécessaires et peuvent rendre possible la réduction des sources de pollution. Par contre, la réduction de la vulnérabilité est quant à elle impossible, compte tenu du contexte karstique (présence de pertes naturelles de ruisseaux).

De plus, même si des mesures de réduction de sources polluantes sont mises en place, rien de pourra garantir à 100% à la commune la non pollution de la source et du forage suite à un phénomène accidentel ou inconnu.

6.4. Poursuite du projet

Au vu des résultats obtenus et présentés dans le cadre de cette étude, il est possible d'effectuer une étude technico-économique détaillée de la réduction des sources polluantes.

Cette étude se déroulera en trois phases :

1. Etat des lieux des sources de pollution. Cet état devra obligatoirement se faire après une phase préalable de communication auprès des résidents des hameaux principaux et des agriculteurs concernés.
2. Etude technique de mise en conformité des installations avec mises aux normes des dispositifs d'assainissement ou de traitement des effluents agricoles.
3. Chiffrage de chaque solution et présentation en Mairie.

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

Planches photographiques : figures karstiques

(12 pages)

Cavité naturelle perte du Dourdou
09615X0006/GL



Aven Aran
09616X0003/GL



Cavité naturelle de la Castagnerie



Pertes du Nuejouis
09616X0005/HY



Perte du ruisseau de Mauriole



Perte du ruisseau de Saussières



Exsurgences du Dourdou
09615X0009/HY



Source du village de vacances de Céras
09615X0033/HY



Source Cribas



Source Saint-Thomas



Résurgence du Camp Ausset



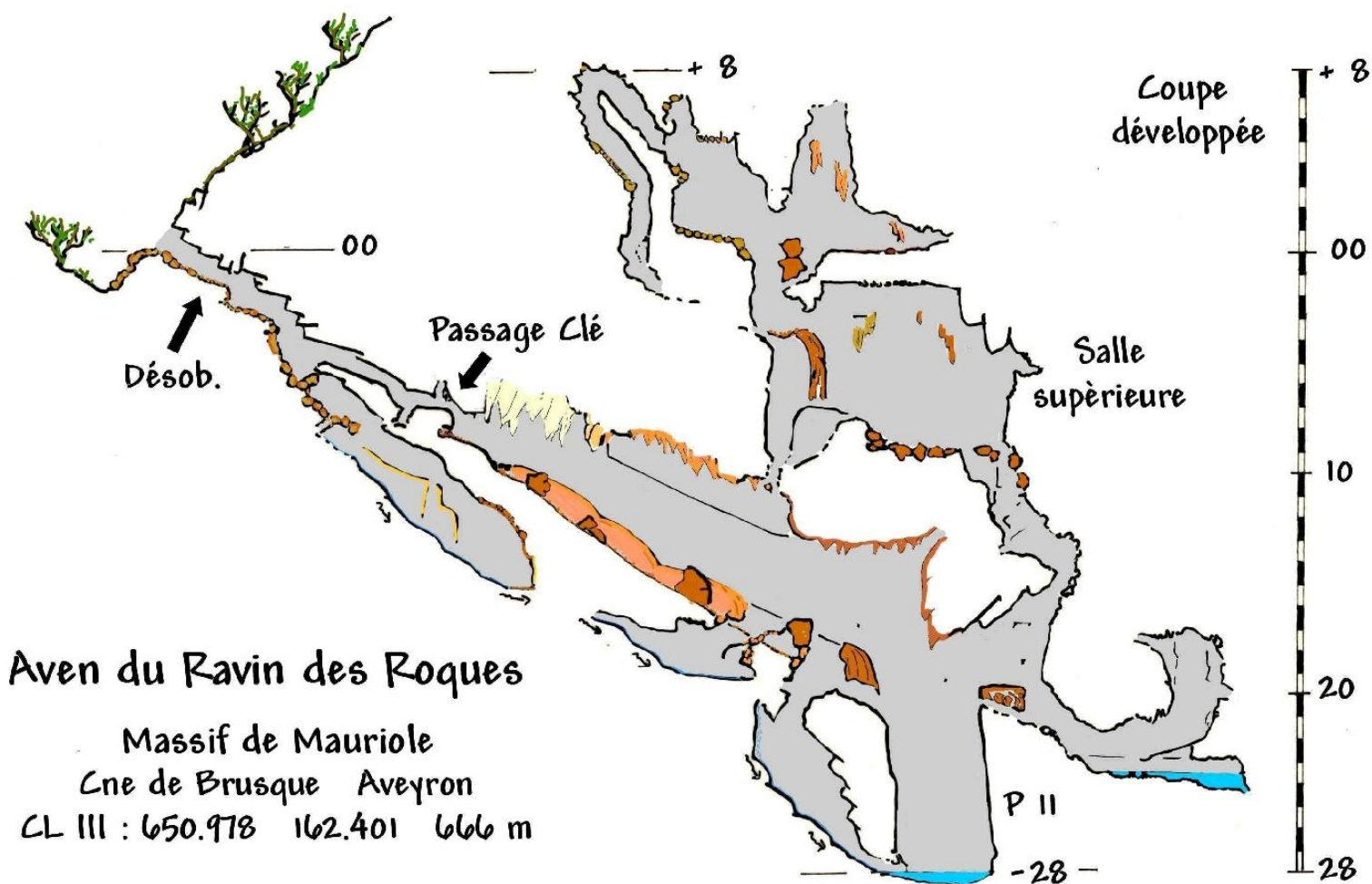
Source Prémaussagues



Annexe 2

Plans topographiques des relevés spéléologiques – Aven du ravin des
Roques

(2 pages)



Relevées : Jean-Luc bouillon, , Martial Guennery, Pierre Viala, JL Rocher
 Dessin Caillou

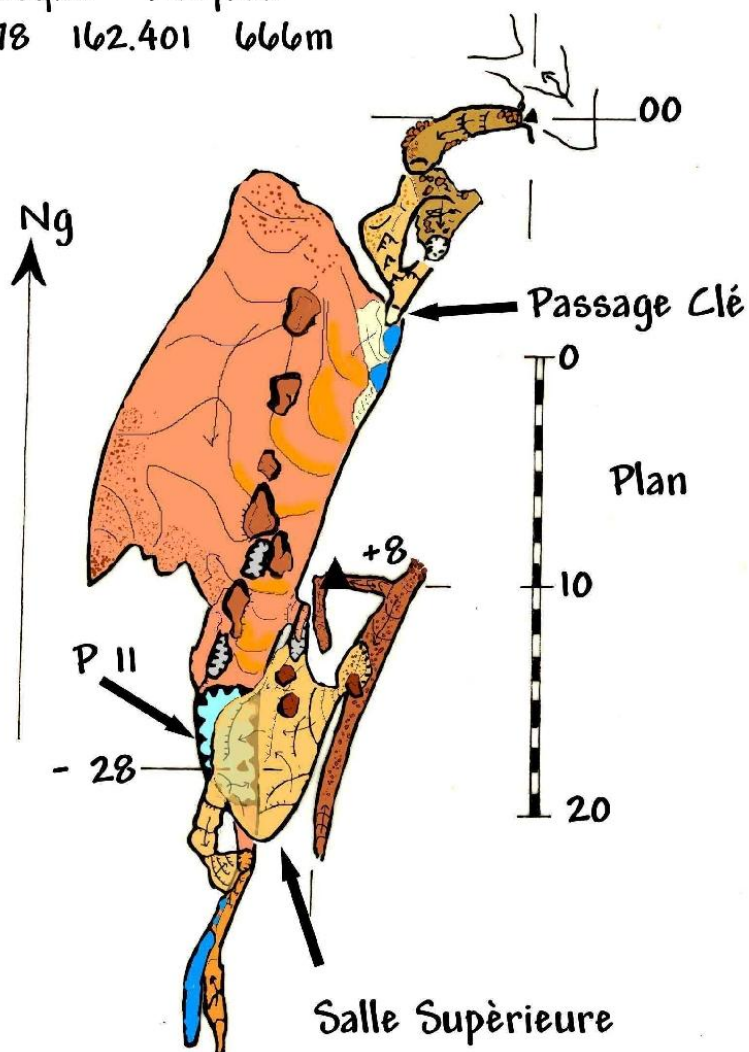
Alpina 2011

Aven du Ravin des Roques

Massif de Mauriole

Cne de Brusque Aveyron

CL III : 650.978 162.401 666m



Développement topo 131 m

Relevées : Jean-Luc bouillon, Martial Guennery, JL ROcher, Pierre Viala
Dessin : Caillou

Alpina 2011

Annexe 3

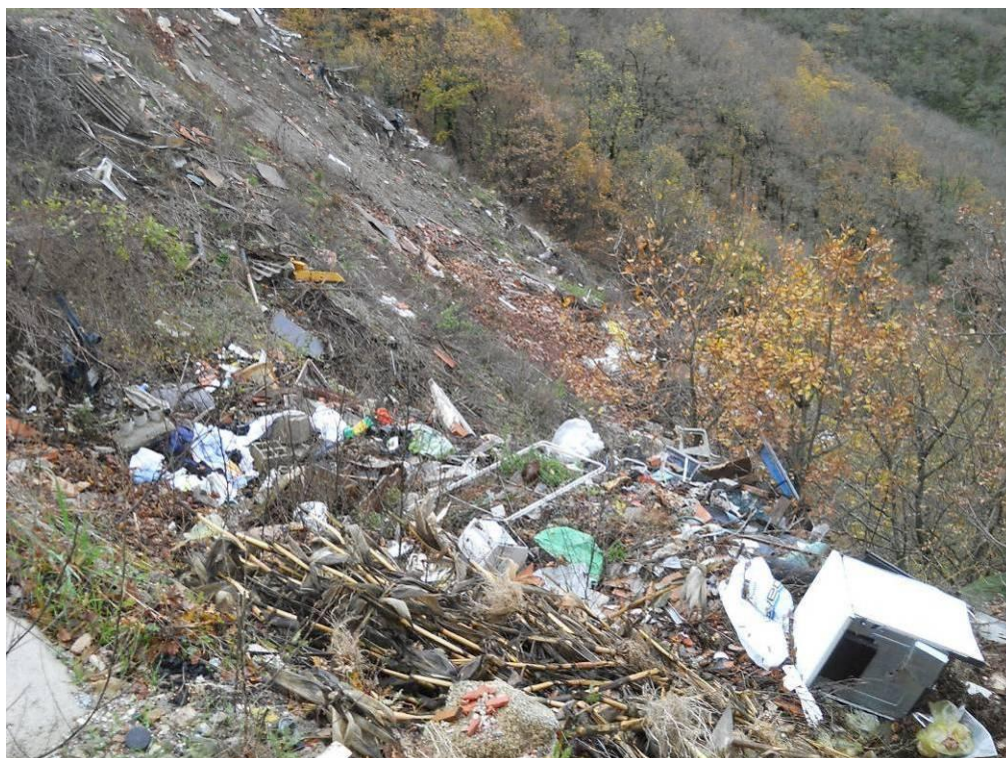
Planches photographiques : sources potentielles de pollutions

(10 pages)

Village de vacances



Décharge sauvage route de Sials



Hameau de Sials



Ferme de Soubras



Ferme de Saussières



Ferme de Maussac



Ferme de la Castagnerie



Hameau de Tauriac



Bergerie des Combes



Ferme de Laguiole



Annexe 4

Synthèse des installations des assainissements autonomes sur le
bassin d'alimentation du forage F3

(1 page)

Date de la visite	Adresse du dispositif (Lieu-dit, numéro de rue)	Commune du dispositif (nom de la commune)	N° parc (INSEE + numéro ordre)	Nombre de chambre	Année de réalisation	Type de fosse	Volume	Volume du Bac à graisse	Rejet direct	Type de traitement	Dimensions	Nature du sol	Surface Disponible	Eestimation Pente	Vidange de la Fosse	Avis	Remarques
05/08/2011	CAMBIAS	BRUSQUE	120390084	1	2001	FTE	20000	Abs	Oui	Puisard	10	T + Roche	200	10	0	Non conforme avec nuisances	trop de broussailles pour voir si il y a un rejet visible, fosse dimensionnée pour 30 à 40 personnes mais 70 à 80 max pendant l'été
21/07/2011	SAUSSIERS	BRUSQUE	120390003	3	?	Abs	0	Abs	Oui	Rejet direct	0	Terre	200	5	0	Non conforme avec nuisances	rejet en surface non visible trop de broussailles
08/11/2012	SAUSSIERS	BRUSQUE	120390042	3	1989	FS	2000	?	Oui	Rejet direct	0	Terre	0	10	1	Non conforme avec nuisances	pas proprio du terrain ou est située la fosse, ni pour le rejet
08/11/2012	SOUBRAS	BRUSQUE	120390047	3	1998	FTE	3000	Abs	Oui	Tranchées d'épandage	20	Roche	200	30	0	Non conforme avec nuisances	fosse à mettre à jour et vidange
17/08/2010	LABIRAS	MELAGUES	121430004	2	1977	FS	1000	Abs	Oui	ruisseau		Alluvions	0	0	0	Non conforme avec nuisances	Rejet commun avec les autres habitations du village
17/08/2010	LABIRAS	MELAGUES	121430005	0	1970	FS	1000	Abs	Oui	ruisseau		Alluvions	0	0	0	Non conforme avec nuisances	Rejet commun avec les autres habitations du village
25/08/2010	LABIRAS	MELAGUES	121430007	2	1970	FS	?	Abs	Oui	ruisseau		Alluvions	0	0	0	Non conforme avec nuisances	Rejet commun avec les autres habitations du village
17/08/2010	LABIRAS	MELAGUES	121430008	2	1970	FS	1000	Abs	Oui	ruisseau		Alluvions	200	0	0	Non conforme avec nuisances	Rejet commun avec les autres habitations du village
25/08/2010	LABIRAS	MELAGUES	121430020	3	1970	FS	1000	Abs	Oui	ruisseau		Alluvions	0	0	0	Non conforme avec nuisances	Rejet commun avec les autres habitations du village
25/08/2010	LABIRAS	MELAGUES	121430054	3	1970	FS	1000	Abs	Oui	ruisseau		Alluvions	0	0	0	Non conforme avec nuisances	Rejet commun avec les autres habitations du village
02/12/2010	PREMAUSSAGUES	TAURIAC DE CAMARES	122750001	5	?	Absence	0	Absence	Oui	Infiltration sur la parcelle	0	Rocher	50	10	0	Non conforme avec nuisances	pas de wc dans la maison, pb accès au terrain dispo
16/11/2010	LE MARUC	TAURIAC DE CAMARES	122750002	2	1980	FS	1000	Absence	Oui	Rivière	0	Rocher	5	0	0	Non conforme avec nuisances	rejet avec les eaux pluviales des maisons à Maruc, tres peu de place, meme pas sur pour système compact
24/03/2011	LE MARUC	TAURIAC DE CAMARES	122750003	3	2006	FTE	3000	Absence	Non	Tranchées d'épandage	12	Terre	50	2	0	Non conforme sans nuisances visibles	manque des regards pour être acceptable
16/11/2010	LA CASTAGNERIE	TAURIAC DE CAMARES	122750006	3	1982	FS	1200	Absence	Oui	Puisard	0	Terre et rocher	10	2	1	Non conforme sans nuisances visibles	rien de visible, en pied de montagne, système compact conseillé hors zone inondable
27/08/2010	LE MARUC	TAURIAC DE CAMARES	122750007	3	2010	FS	1500	400	Non	Tranchées d'épandage	50	Terre et rocher	100	5	2012	conforme Chantier neuf	2 bacs à graisse et regard fait à la main
24/03/2011	LA CLASTRE	TAURIAC DE CAMARES	122750008	2	1999	FS	?	Abs	Oui	infiltration sur la parcelle	0	Terre	0	10	0	Non conforme avec nuisances	demandeur autorisation système compact en terrain voisin
24/03/2011	LA CLASTRE PRESBYTERE	TAURIAC DE CAMARES	122750010	3	?	FTE	3000	Abs	Oui	infiltration sur la parcelle	0	Terre	50	2	0	Non conforme avec nuisances	rejet en terrain voisin, possibilité d'épandage sur le terrain, le maire doit demander à l'entreprise qui a effectués les travaux de revenir pour malfaçon
02/12/2010	LAGUIOLE	TAURIAC DE CAMARES	122750011	4	1970	FS	1500	Absence	Oui	infiltration sur la parcelle	0	Terre et Rocher	100	2	2003	Non conforme avec nuisances	projet de réhab le long de la route
23/11/2010	LA CLASTRE	TAURIAC DE CAMARES	122750020	3	2006	FTE	3000	Abs	NON	Tranchées d'épandage	50	Terre	50	0	0	conforme Chantier neuf	pas trop de place et rocher en fond de fouille
02/12/2010	LAGUIOLE	TAURIAC DE CAMARES	122750022	2	1994	FTE	3000	200	Oui	infiltration sur la parcelle	0	Terre et Rocher	100	2	2003	Non conforme avec nuisances	projet de réhab le long de la route, pluvial à débrancher

Annexe 5

Plaquette de présentation de la réglementation sur les installations
agricoles (chambre d'agriculture de Midi-Pyrénées)

(1 page)

Annexe 6

Analyses des concentrations en sulforhodamine

(3 pages)

DONNEES BRUTES EN SULFORHODAMINE

Forage F3

Antea Group

Traceur : Sulforhodamine
Date d'injection : le 14/11/2012 à 11h45
Point d'injection : Soubras
Masse de traceur injectée : 10 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	C° brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
	23	FCeras	FCeras23	19/11/12 4:35	0.552		négatif	négatif	0.000
	26	FCeras	FCeras26	19/11/12 15:40	0.555				0.003
	29	FCeras	FCeras29	20/11/12 6:40	2.810				2.258
	33	FCeras	FCeras33	21/11/12 2:40	10.840				10.288
	36	FCeras	FCeras36	21/11/12 17:40	20.031				19.479
	39	FCeras	FCeras39	22/11/12 8:40	25.530				24.978
	40	FCeras	FCeras40	22/11/12 13:40	21.077	24.897			24.345
	43	FCeras	FCeras43	23/11/12 4:40	23.125				22.573
	48	FCeras	FCeras48	24/11/12 5:40	19.507				18.955
	56	FCeras	FCeras56	28/11/12 13:05	8.047	11.867			11.315
	66	FCeras	FCeras66	1/12/12 11:05	5.128	8.948			8.396
	76	FCeras	FCeras76	4/12/12 8:35	3.536	7.356			6.804
	86	FCeras	FCeras86	7/12/12 6:35	2.866	6.686	positif	positif	2.314

DONNEES BRUTES EN SULFORHODAMINE

Source Ceras

Antea Group

Traceur : Sulforhodamine
Date d'injection : le 14/11/2012 à 11h45
Point d'injection : Soubras
Masse de traceur injectée : 10 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	C° brute corrigée en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
	23	SCeras	SCeras23	19/11/12 4:35	0.505		négatif	négatif	0.000
	25	SCeras	SCeras25	19/11/12 10:40	4.296				3.791
	30	SCeras	SCeras30	20/11/12 21:40	22.064				21.559
	34	SCeras	SCeras34	22/11/12 1:40	27.263	29.913			29.408
	35	SCeras	SCeras35	22/11/12 8:40	25.443	28.093			27.588
	37	SCeras	SCeras37	22/11/12 22:40	32.312	34.962			34.457
	40	SCeras	SCeras40	23/11/12 19:40	26.787				26.282
	44	SCeras	SCeras44	24/11/12 23:40	20.170				19.665
	47	SCeras	SCeras47	25/11/12 20:40	15.355				14.850
	56	SCeras	SCeras56	28/11/12 13:05	7.846	11.674			11.169
	66	SCeras	SCeras66	1/12/12 11:05	5.039	8.867			8.362
	76	SCeras	SCeras76	4/12/12 8:05	3.679	7.507			7.002
	88	SCeras	SCeras88	7/12/12 20:05	3.861	7.689	positif	positif	7.184

DONNEES BRUTES EN SULFORHODAMINE

Source Gravas

Antea Group

Traceur : Sulforhodamine
 Date d'injection : le 14/11/2012 à 11h45
 Point d'injection : Soubras
 Masse de traceur injectée : 10 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
Echantillon ponctuel	1	Gravas	Gravas01	19/11/12 10:10	0.558	0.388	négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	2	Gravas	Gravas02	26/11/12 11:30	4.912				4.407
Echantillon ponctuel	3	Gravas	Gravas03	3/12/12 11:00	1.548	1.378			0.873
Echantillon ponctuel	4	Gravas	Gravas04	10/12/12 10:20	1.287	1.117	positif faible	positif faible	0.612
Echantillon ponctuel	5	Gravas	Gravas05	17/12/12 11:00	0.928	0.550	négatif	négatif	0.000

DONNEES BRUTES EN SULFORHODAMINE

Dourdou

Antea Group

Traceur : Sulforhodamine
 Date d'injection : le 14/11/2012 à 11h45
 Point d'injection : Soubras
 Masse de traceur injectée : 10 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
Echantillon ponctuel	2	Dourdou	Dourdou02	26/11/12 11:40	3.638				3.133
Echantillon ponctuel	3	Dourdou	Dourdou03	3/12/12 11:40	0.304	0.288	négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	4	Dourdou	Dourdou04	10/12/12 11:10	0.232	0.216	négatif	négatif	0.000

DONNEES BRUTES EN SULFORHODAMINE

Source Cribas

Antea Group

Traceur : Sulforhodamine
 Date d'injection : le 14/11/2012 à 11h45
 Point d'injection : Soubras
 Masse de traceur injectée : 10 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
Echantillon ponctuel	2	Cribas	Cribas02	26/11/12 13:15	0.557		négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	3	Cribas	Cribas03	3/12/12 12:00	0.266	0.492	négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	4	Cribas	Cribas04	10/12/12 12:30	0.159	0.385			0.000

DONNEES BRUTES EN SULFORHODAMINE**Pisciculture****Antea Group**

Traceur : Sulforhodamine
Date d'injection : le 14/11/2012 à 11h45
Point d'injection : Soubras
Masse de traceur injectée : 10 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
Echantillon ponctuel	2	Pisci	Pisci02	26/11/12 10:30	0.554		négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	3	Pisci	Pisci03	3/12/12 10:00	0.253	0.465			0.000
Echantillon ponctuel	4	Pisci	Pisci04	12/12/12 9:45	0.291	0.503	négatif	négatif	0.000

Annexe 7

Analyses des concentrations en fluorescéine

(2 pages)

DONNEES BRUTES EN FLORESCEINE

Forage F3

Antea Group

Traceur : Fluorescéine
Date d'injection : le 14/11/2012 à 17h00
Point d'injection : Saussières
Masse de traceur injectée : 5 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
	4	FCeras	FCeras04	15/11/12 5:35	0.008		négatif	négatif	0.000
	8	FCeras	FCeras08	16/11/12 1:35	0.002				0.000
	11	FCeras	FCeras11	16/11/12 16:35	0.005				0.000
	15	FCeras	FCeras15	17/11/12 12:35	0.007		négatif	négatif	0.000
	18	FCeras	FCeras18	18/11/12 3:35	0.010				0.000
	22	FCeras	FCeras22	18/11/12 23:35	0.019		négatif	négatif	0.000
	26	FCeras	FCeras26	19/11/12 17:40	0.002				0.000
	29	FCeras	FCeras29	20/11/12 14:40	0.003				0.000
	32	FCeras	FCeras32	21/11/12 11:40	0.011				0.000
	35	FCeras	FCeras35	22/11/12 8:40	0.006				0.000
	38	FCeras	FCeras38	23/11/12 5:40	0.007		négatif	négatif	0.000
	42	FCeras	FCeras42	24/11/12 9:40	0.005				0.000
	45	FCeras	FCeras45	25/11/12 6:40	0.006				0.000
	48	FCeras	FCeras48	26/11/12 3:40	-0.003				0.000
	52	FCeras	FCeras52	27/11/12 9:05	0.009		négatif	négatif	0.000
	54	FCeras	FCeras54	27/11/12 23:05	0.007				0.000
	57	FCeras	FCeras57	28/11/12 20:05	0.014		négatif	négatif	0.000
	60	FCeras	FCeras60	29/11/12 17:05	0.011				0.000
	63	FCeras	FCeras63	30/11/12 14:05	0.004		négatif	négatif	0.000
	66	FCeras	FCeras66	1/12/12 11:05	0.001				0.000
	69	FCeras	FCeras69	2/12/12 8:05	0.003				0.000
	73	FCeras	FCeras73	3/12/12 11:35	0.000				0.000
	76	FCeras	FCeras76	4/12/12 8:35	0.007		négatif	négatif	0.000
	80	FCeras	FCeras80	5/12/12 12:35	0.006				0.000
	83	FCeras	FCeras83	6/12/12 9:35	0.004				0.000
	86	FCeras	FCeras86	7/12/12 6:35	0.000				0.000
	89	FCeras	FCeras89	8/12/12 3:35	0.003				0.000
	92	FCeras	FCeras92	9/12/12 0:35	0.014		négatif	négatif	0.000
	95	FCeras	FCeras95	9/12/12 21:35	0.003				0.000
	99	FCeras	FCeras99	11/12/12 1:00	0.010				0.000
	102	FCeras	FCeras102	11/12/12 22:00	0.018		négatif	négatif	0.000
	105	FCeras	FCeras105	12/12/12 19:00	0.015				0.000
	108	FCeras	FCeras108	13/12/12 16:00	0.014				0.000
	112	FCeras	FCeras112	14/12/12 20:00	0.009				0.000
	117	FCeras	FCeras117	16/12/12 7:00	0.009				0.000
	122	FCeras	FCeras122	18/12/12 9:20	0.029		négatif	négatif	0.000
	130	FCeras	FCeras130	25/12/12 17:20	0.027		négatif	négatif	0.000

DONNEES BRUTES EN FLORESCEINE

Source Céras

Antea Group

Traceur : Fluorescéine
Date d'injection : le 14/11/2012 à 17h00
Point d'injection : Saussières
Masse de traceur injectée : 5 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
	8	SCeras	SCeras08	16/11/12 1:35	0.013	0.012	négatif	négatif	0.000
	15	SCeras	SCeras15	17/11/12 12:35	0.002	0.001			0.000
	22	SCeras	SCeras22	18/11/12 23:35	0.003	0.002			0.000
	32	SCeras	SCeras32	21/11/12 11:40	0.008				0.000
	52	SCeras	SCeras52	27/11/12 9:05	0.009		négatif	négatif	0.000
	76	SCeras	SCeras76	4/12/12 8:05	0.007				0.000

DONNEES BRUTES EN FLORESCEINE

Source Gravas

Antea Group

Traceur : Fluorescéine
 Date d'injection : le 14/11/2012 à 17h00
 Point d'injection : Saussières
 Masse de traceur injectée : 5 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
Echantillon ponctuel	1	Gravas	Gravas01	19/11/12 10:10	0.022		négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	2	Gravas	Gravas02	26/11/12 11:30	0.004				0.000
Echantillon ponctuel	3	Gravas	Gravas03	3/12/12 11:00	0.006		négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	4	Gravas	Gravas04	10/12/12 10:20	0.001				0.000

DONNEES BRUTES EN FLORESCEINE

Dourdou

Antea Group

Traceur : Fluorescéine
 Date d'injection : le 14/11/2012 à 17h00
 Point d'injection : Saussières
 Masse de traceur injectée : 5 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
Echantillon ponctuel	2	Dourdou	Dourdou02	26/11/12 11:40	0.015				0.000
Echantillon ponctuel	3	Dourdou	Dourdou03	3/12/12 11:40	0.016		négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	4	Dourdou	Dourdou04	10/12/12 11:10	0.015				0.000

DONNEES BRUTES EN FLORESCEINE

Source Cribas

Antea Group

Traceur : Fluorescéine
 Date d'injection : le 14/11/2012 à 17h00
 Point d'injection : Saussières
 Masse de traceur injectée : 5 kg

Remarques	Flacon	N° de série	N° d'éch.	Date	Conc. Brute en ng/ml	%brute corrigé en ng/ml	Spectre émission	Spectre exc.	C° nette en ng/ml
Echantillon ponctuel	1	Cribas	Cribas01	19/11/12 12:30	0.007		négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	2	Cribas	Cribas02	26/11/12 13:15	0.002				0.000
Echantillon ponctuel	3	Cribas	Cribas03	3/12/12 12:00	0.013				0.000
Echantillon ponctuel	4	Cribas	Cribas04	10/12/12 12:30	0.013		négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	5	Cribas	Cribas05	17/12/12 12:30	0.006	0.011	négatif	négatif	0.000
Echantillon ponctuel	6	Cribas	Cribas06	8/1/13 12:30	0.004	0.009			0.000

Annexe 8

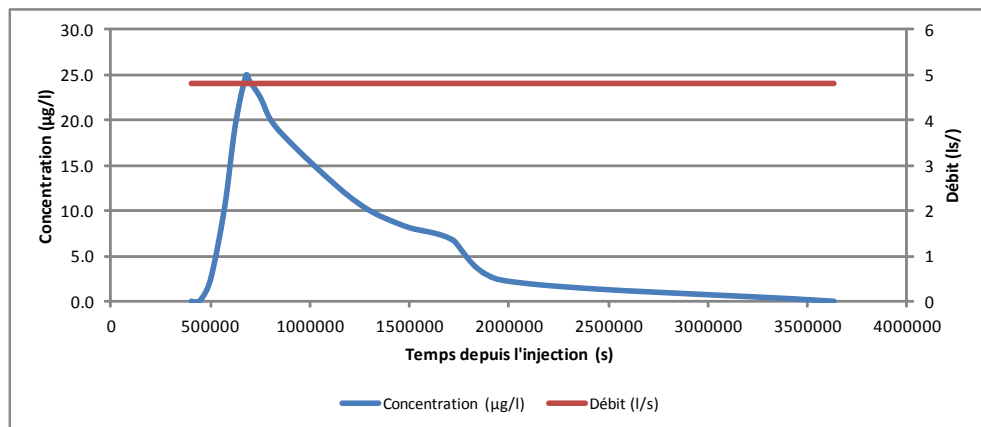
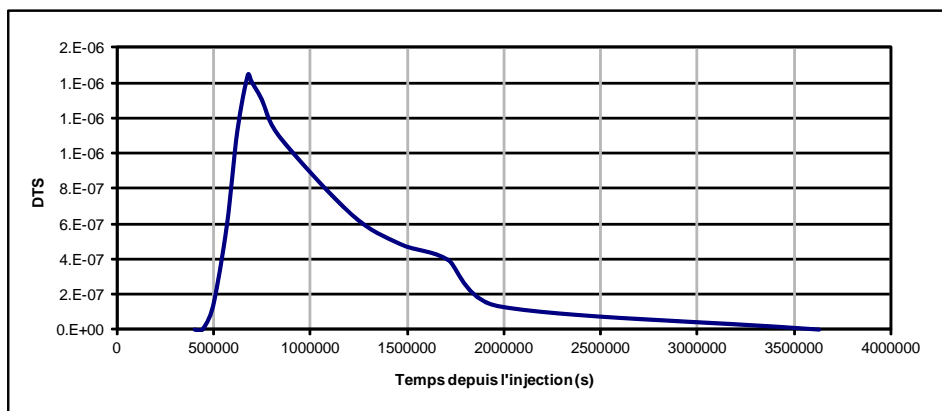
Interprétation de la restitution en sulforhodamine

(2 pages)

Forage F3 RESTITUTION EN SULFORHODAMINE

Point d'injection	Soubras	Arrivée	Heure d'arrivée	19/11/2012 10:40		
Heure d'injection	14/11/2012 11:45		to (s) (h) (j)	428100	118.9	4.95
Point de Suivi	Forage F3		Vmax (m/s) (m/h) (m/j)	0.00481	17.32	415.75
Distance x (m)	2060	Mode	Heure modale	22/11/2012 11:00		
Masse injectée (g)	10000		Temps modal tm (s) (h) (j)	688500	191.25	7.97
Masse restituée Mr (g)	83.0		Vitesse modale Vm (m/s) (m/h)	0.00299	10.77	258.5
Taux de restitution (%)	0.83	Moyenne	Temps moy séjour (s) (h) (j)	1268861	352.46	14.7
Cmax (µg/l) (g/l)	22.60	2.26E-05	$\int (1/t) \cdot (h(t) \, d(t))$	1.13E-06		
Taux de dilution unitaire	2.26E-09		Vitesse moyenne (m/s) (m/h)	2.33E-03	8.38	201.1
DTS max (s-1)	1.74E-10		Vitesse apparente (m/s) (m/h)	1.62E-03	5.84	140.3
Simulation de pollution si 10 kg (en µg/l)		22.60	Fin	Heure fin restitution	26/12/2012 12:00	
				Durée de restitution (s) (h) (j)	3201600	889.33
						37.1

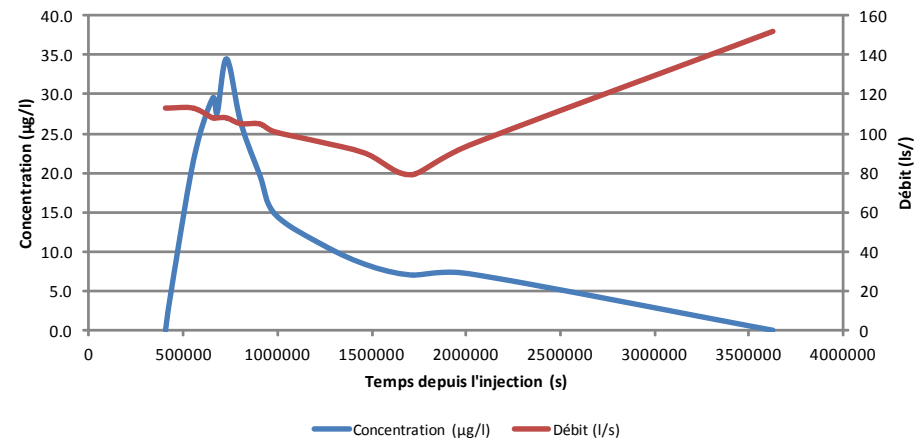
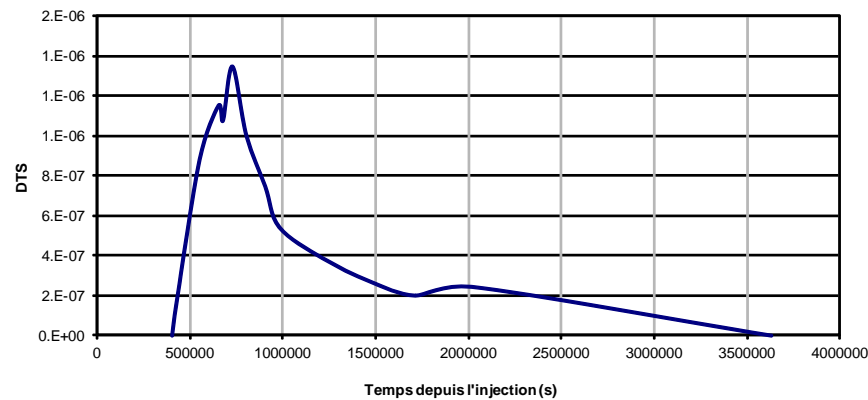
Date	Temps depuis l'injection (sec)	Temps depuis l'injection (h)	Temps depuis l'arrivée du traceur (sec)	Concentration (µg/l)	Débit (l/s)	Flux massique (µg/s)	Flux massique (g/s)	Masse restituée (g)	DTS = h(t)	Intégrale DTS	h(t)*t	$\int h(t)*t = \text{TMS}$	h(t)*1/t	$\int h(t)*1/t$
19/11/12 4:35	406200	112.83	-21900	0	4.81	0.00E+00	0.00E+00		0	0.00E+00	0.00E+00		0.00E+00	
19/11/12 15:40	446100	123.92	18000	0.003	4.81	1.44E-02	1.44E-08	2.88E-04	1.7376E-10	3.47E-06	7.75E-05	1.55E+00	3.90E-16	7.77E-12
20/11/12 6:40	500100	138.92	72000	2.258	4.81	1.09E+01	1.09E-05	2.94E-01	1.3078E-07	3.54E-03	6.54E-02	1.77E+03	2.62E-13	7.07E-09
21/11/12 2:40	572100	158.92	144000	10.288	4.81	4.95E+01	4.95E-05	2.17E+00	5.9589E-07	2.62E-02	3.41E-01	1.46E+04	1.04E-12	4.69E-08
21/11/12 17:40	626100	173.92	198000	19.479	4.81	9.37E+01	9.37E-05	3.87E+00	1.1282E-06	4.66E-02	7.06E-01	2.83E+04	1.80E-12	7.68E-08
22/11/12 8:40	680100	188.92	252000	24.978	4.81	1.20E+02	1.20E-04	5.77E+00	1.4467E-06	6.95E-02	9.84E-01	4.56E+04	2.13E-12	1.06E-07
22/11/12 13:40	698100	193.92	270000	24.345	4.81	1.17E+02	1.17E-04	2.14E+00	1.4101E-06	2.57E-02	9.84E-01	1.77E+04	2.02E-12	3.73E-08
23/11/12 4:40	752100	208.92	324000	22.573	4.81	1.09E+02	1.09E-04	6.09E+00	1.3074E-06	7.34E-02	9.83E-01	5.31E+04	1.74E-12	1.01E-07
24/11/12 5:40	842100	233.92	414000	18.955	4.81	9.12E+01	9.12E-05	8.99E+00	1.0979E-06	1.08E-01	9.25E-01	8.59E+04	1.30E-12	1.37E-07
28/11/12 13:05	1214400	337.33	786300	11.315	4.81	5.44E+01	5.44E-05	2.71E+01	6.5537E-07	3.26E-01	7.96E-01	3.20E+05	5.40E-13	3.43E-07
1/12/12 11:05	1466400	407.33	1038300	8.396	4.81	4.04E+01	4.04E-05	1.19E+01	4.863E-07	1.44E-01	7.13E-01	1.90E+05	3.32E-13	1.10E-07
4/12/12 8:35	1716600	476.83	1288500	6.804	4.81	3.27E+01	3.27E-05	9.15E+00	3.9409E-07	1.10E-01	6.76E-01	1.74E+05	2.30E-13	7.02E-08
7/12/12 6:35	1968600	546.83	1540500	2.314	4.81	1.11E+01	1.11E-05	5.53E+00	1.3403E-07	6.65E-02	2.64E-01	1.18E+05	6.81E-14	3.75E-08
26/12/12 12:00	3629700	1008.25	3201600	0	4.81	0.00E+00	0.00E+00	9.24E+00	0	1.11E-01	0.00E+00	2.19E+05	0.00E+00	5.65E-08



SOURCE DE CERAS RESTITUTION EN SULFORHODAMINE

Point d'injection	Soubras		Arrivée	Heure d'arrivée	19/11/2012 10:40		
Heure d'injection	14/11/2012 11:45			to (s) (h) (j)	428100	118.9	5.0
Point de Suivi	Source de Céras			Vmax (m/s) (m/h) (m/j)	0.00481	17.32	415.75
Distance x (m)	2060		Mode	Heure modale	22/11/2012 22:00		
Masse injectée (g)	10000			Temps modal tm (s) (h) (j)	728100	202.25	8.4
Masse restituée Mr (g)	2757.8			Vitesse modale Vm (m/s) (m/h)	0.00283	10.19	244.4
Taux de restitution (%)	27.58		Moyenne	Temps moy séjour (s) (h) (j)	1193001	331.39	13.8
Cmax (µg/l) (g/l)	34.46	3.45E-05		∫ (1/t)*(h(t) d(t)	1.03E-06		
Taux de dilution unitaire	3.45E-09			Vitesse moyenne (m/s) (m/h)	2.13E-03	7.67	184.2
DTS max (s-1)	1.35E-06			Vitesse apparente (m/s) (m/h)	1.73E-03	6.22	149.2
Simulation de pollution si 10 kg (en µg/l)		34.46	Fin	Heure fin restitution	26/12/2012 12:00		
				Durée de restitution (s) (h) (j)	3201600	889.33	37.1

Date	Temps depuis l'injection (sec)	Temps depuis l'injection (h)	Temps depuis l'arrivée du traceur (sec)	Concentration (µg/l)	Débit (l/s)	Flux massique (µg/s)	Flux massique (g/s)	Masse restituée (g)	DTS = h(t)	Intégrale DTS	h(t)*t	∫ h(t)*t = TMS	h(t)*1/t	∫ h(t)*1/t
19/11/2012 04:35	406200	112.83	-21900	0.00	113.00	0.00E+00	0.00E+00		0	0.00E+00	0.00E+00		0.00E+00	
19/11/2012 10:40	428100	118.92	0	3.79	113.00	4.28E+02	4.28E-04	4.69E+00	1.55E-07	1.70E-03	6.65E-02	7.28E+02	3.63E-13	3.97E-09
20/11/2012 21:40	554100	153.92	126000	21.56	113.00	2.44E+03	2.44E-03	1.80E+02	8.83E-07	6.54E-02	4.89E-01	3.50E+04	1.59E-12	1.23E-07
22/11/2012 01:40	654900	181.92	226800	29.41	108.00	3.18E+03	3.18E-03	2.83E+02	1.15E-06	1.03E-01	7.54E-01	6.27E+04	1.76E-12	1.69E-07
22/11/2012 08:40	680100	188.92	252000	27.59	108.00	2.98E+03	2.98E-03	7.76E+01	1.08E-06	2.81E-02	7.35E-01	1.88E+04	1.59E-12	4.22E-08
22/11/2012 22:40	730500	202.92	302400	34.46	108.00	3.72E+03	3.72E-03	1.69E+02	1.35E-06	6.12E-02	9.86E-01	4.34E+04	1.85E-12	8.66E-08
23/11/2012 19:40	806100	223.92	378000	26.28	105.00	2.76E+03	2.76E-03	2.45E+02	1.00E-06	8.88E-02	8.07E-01	6.78E+04	1.24E-12	1.17E-07
24/11/2012 23:40	906900	251.92	478800	19.67	105.00	2.06E+03	2.06E-03	2.43E+02	7.49E-07	8.82E-02	6.79E-01	7.49E+04	8.26E-13	1.04E-07
25/11/2012 20:40	982500	272.92	554400	14.85	101.00	1.50E+03	1.50E-03	1.35E+02	5.44E-07	4.89E-02	5.34E-01	4.59E+04	5.54E-13	5.21E-08
28/11/2012 13:05	1214400	337.33	786300	11.17	96.00	1.07E+03	1.07E-03	2.98E+02	3.89E-07	1.08E-01	4.72E-01	1.17E+05	3.20E-13	1.01E-07
01/12/2012 11:05	1466400	407.33	1038300	8.36	90.00	7.53E+02	7.53E-04	2.30E+02	2.73E-07	8.34E-02	4.00E-01	1.10E+05	1.86E-13	6.38E-08
04/12/2012 08:05	1714800	476.33	1286700	7.00	79.00	5.53E+02	5.53E-04	1.62E+02	2.01E-07	5.88E-02	3.44E-01	9.24E+04	1.17E-13	3.76E-08
07/12/2012 20:05	2017200	560.33	1589100	7.18	94.00	6.75E+02	6.75E-04	1.86E+02	2.45E-07	6.74E-02	4.94E-01	1.27E+05	1.21E-13	3.60E-08
26/12/2012 12:00	3629700	1008.25	3201600	0.00	152.00	0.00E+00	0.00E+00	5.44E+02	0.00E+00	1.97E-01	0.00E+00	3.98E+05	0.00E+00	9.79E-08



Rapport

Titre : Commune de Brusque (12). Etude environnementale et traçages hydrogéologiques sur l'aire d'alimentation du forage de Céras

Numéro et indice de version :	A69563/C
Date d'envoi : Août 2013	Nombre d'annexes dans le texte : 8
Nombre de pages : 54	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 :

Commune de BRUSQUE
Mairie
Place Saint Jacques
12360 BRUSQUE
Téléphone : 05 65 99 53 77

Nom et fonction des interlocuteurs :

Monsieur BERNAT, Maire

Antea Group

Unité réalisatrice : OSO (Implantation de Labège – 31674)

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

<i>Interlocuteur commercial :</i>	<i>Stéphane HILLAIRET</i>
<i>Responsable de projet :</i>	<i>Stéphane HILLAIRET</i>
<i>Auteur :</i>	<i>Antoine COUSIN</i>
<i>Expert technique :</i>	<i>Christophe SUBIAS</i>
<i>Secrétariat :</i>	<i>Nicole RAMIERE</i>

Qualité

Contrôlé par : Stéphane HILLAIRET

Date : Août 2013 - Version C

N° du projet : MPYP10-0136

Références et date de la commande : Accord du 21/07/2012

Mots clés : Traçage, eau embouteillée, eau de source