Projet gestion multi-usages de l'hydrosystème karstique du Lez -Résultats complémentaires apportés par les forages et les traçages

Véronique Léonardi, Herve Jourde, Jean-Christophe Maréchal, Pascal Brunet, Amélie Dausse

▶ **To cite this version:**

Véronique Léonardi, Herve Jourde, Jean-Christophe Maréchal, Pascal Brunet, Amélie Dausse. Projet gestion multi-usages de l'hydrosystème karstique du Lez -Résultats complémentaires apportés par les forages et les traçages. [Rapport de recherche] BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) (Bureau de recherches géologiques et minières). 2012. hal-03143823

HAL Id: hal-03143823
https://brgm.hal.science/hal-03143823

Submitted on 17 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

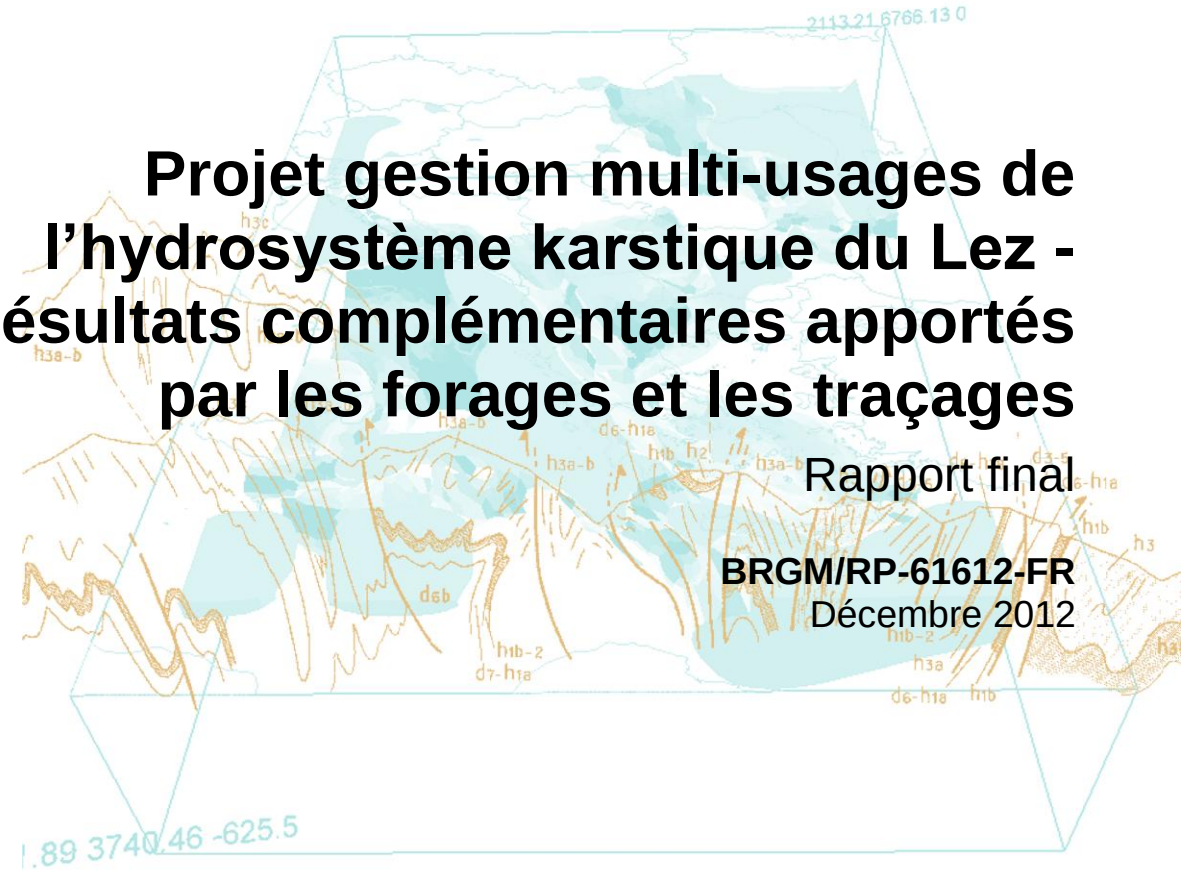
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Document public

Projet gestion multi-usages de l'hydrosystème karstique du Lez - Résultats complémentaires apportés par les forages et les traçages

Rapport final

BRGM/RP-61612-FR
Décembre 2012



Montpellier Agglomération

agence de l'eau rhône méditerranée & corse
établissement public du ministère chargé du développement durable

Département Hérault Conseil Général

HSM HydroSciences Montpellier

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Projet gestion multi-usages de l'hydrosystème karstique du Lez - Résultats complémentaires apportés par les forages et les traçages

Rapport final

BRGM/RP-61612-FR
Décembre 2012

Étude réalisée dans le cadre des opérations (projets) de Recherche du BRGM 2012

Leonardi V., Jourde H., Maréchal JC.
Avec la collaboration de
Pascal Brunet, Amélie Dausse

Vérificateur :		Approbateur :
Nom : B. Ladouche		Nom : M. Audibert
Date : 5/12/2012		Date : 5/02/2013

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Montpellier Agglomération

agence de l'eau rhône méditerranée & corse
établissement public du ministère chargé du développement durable

Département Hérault Conseil Général

HSM HydroSciences Montpellier

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots-clés : système karstique, source du Lez, eau souterraine, gestion, pompage, Hérault, traçage, forage de reconnaissance

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Leonardi V., Jourde H., Maréchal JC. (2012) – Projet gestion multi-usages de l'hydrosystème karstique du Lez - Résultats complémentaires des forages et traçages. Rapport final. BRGM/RP-61612-FR, 52 p., 25 ill.,1 ann.

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le présent rapport fait état des connaissances complémentaires acquises durant le projet de recherche « Gestion multi-usages des aquifères karstiques méditerranéens, le Lez, son bassin versant et son bassin d'alimentation associé au système karstique du Lez » (projet Lez-GMU). Il comprend notamment le descriptif géologique et hydrodynamique des forages réalisés dans le cadre de ce projet ainsi que l'analyse des traçages réalisés courant 2012, après la date de remise du rapport principal de l'atelier AT1 sur l'amélioration des connaissances hydrologiques, hydrogéologiques, hydrauliques et écologiques de l'hydrosystème du Lez (Jourde et al., 2012).

Une synthèse des différents traçages ayant été réalisés sur l'aquifère du Lez y est présentée, ainsi qu'un rappel sur les liens hydrodynamiques existants entre la source du Lez et les différents forages du réseau de suivi de Montpellier Agglomération lié à l'exploitation de la source.

Les trois nouveaux forages réalisés dans le cadre du projet Lez-GMU permettent d'obtenir des informations hydrodynamiques complétant le réseau existant, sur des sous-compartiments contrastés du karst :

- le forage du Triadou traverse une zone karstifiée au sommet du Jurassique Supérieur, en relation directe avec le réseau de drainage principal ;
- le forage de Viols-en-Laval 1 témoignerait du fonctionnement de la zone saturée pour un milieu sans drains majeurs ;
- le forage de Viols-en-Laval 2 serait caractéristique du fonctionnement de la zone d'infiltration de l'aquifère du Lez dans une zone peu perméable.

Le forage du Triadou apporte des informations remarquables sur l'extension de la karstification en profondeur à proximité de la source du Lez.

L'ensemble de ces éléments permet de discuter les limites des bassins hydrogéologiques de la source du Lez en écoulement naturel et en écoulement anthropisé sous l'effet des pompages à fort débit pour l'alimentation en eau de Montpellier Agglomération.

La précision de ces limites vient compléter le modèle conceptuel de fonctionnement proposé dans le rapport principal de l'atelier AT1, élaboré sur la base de l'évolution temporelle des proportions des différents types d'eaux s'écoulant à la source du Lez: (1) circulations peu profondes au sein de l'aquifère supérieur (calcaires du Jurassique supérieur et du Berriasien), (2) interactions avec les eaux de surface et influence des eaux ayant été en contact avec les marno-calcaires du Valanginien, (3) circulations profondes des eaux, probablement facilitées par la présence d'importantes failles mettant en contact l'aquifère supérieur avec les réservoirs carbonatés du Jurassique moyen et inférieur et (4) venue de fluides d'origine plus profonde (en provenance du socle et marqués par le Trias lors de leur remontée vers les réservoirs du Jurassique) lors de précipitations importantes. La contribution des pôles profonds (3 et/ou 4), se manifeste graduellement lors des périodes estivales du fait des prélèvements à la source qui sollicitent des eaux plus profondes, mais également de manière très significative lors des premières crues automnales, par une augmentation de la température et de la minéralisation des eaux du Lez indiquant que ces eaux ont bien évolué en profondeur, en milieu fermé.

Sommaire

1. Introduction 9

2. Description des forages profonds 11

2.1. LOCALISATION DES FORAGES DANS LEUR CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE 11

2.2. LOGS DES FORAGES ET CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES 12
2.2.1. Forages de Viols-en-Laval 12
2.2.2. Forage du Triadou 16

3. Traçages artificiels 25

3.1. SYNTHESE DES ANCIENS TRAÇAGES ARTIFICIELS 25

3.2. NOUVEAUX TRAÇAGES ARTIFICIELS REALISES DANS LE CADRE DE CE PROJET 29
3.2.1. Traçage de la Fausse Monnaie (GMU 1) 29
3.2.2. Traçage de la Perte du Mas Martin (GMU 2) 29
3.2.3. Traçage de l'Aven Roussières (GMU 3) 29
3.2.4. Traçage de la perte du Brestalou de Claret-Mas de Vedel (GMU 4) 29
3.2.5. Traçage de la perte de la Tourquille-Gorniès (GMU 5) 31
3.2.6. Synthèse des nouveaux traçages 32

4. Liens hydrodynamiques entre piézomètres et source du Lez 35

5. Bassins hydrogéologiques en regimes d'écoulements naturel et anthropisé 39

6. Conclusion 45

7. Bibliographie 47

Liste des illustrations

Illustration 1 : Bloc diagramme permettant de visualiser les parties libres et captives de l'aquifère du Lez (d'après Drogue, 1964, modifié) ainsi que les forages (projetés) du Triadou et de Viols-en-Laval. La zone saturée de l'aquifère est représentée en bleu clair et les formations imperméables apparaissent en gris clair (modifié d'après Drogue, 1964) 12

Illustration 2 : Extrait de la carte géologique 1 : 25000 de Saint Martin de Londres et de Montpellier (BRGM) avec (a) Localisation des nouveaux forages (Ftr : forage du Triadou ; Fvl1 et Fvl2 : forages de Viols-en-Laval 1 et 2); (b) Localisation de ces nouveaux forages par rapport aux piézomètres existants. Les formations géologiques principales pour l'aquifère du Lez sont : J8-9 (calcaires du Kimméridgien) en vert clair à l'ouest de la feuille ; n1 (marno-calcaires du Berriasien) en vert foncé à l'est et n2 en vert (marnes ou calcaires du Valanginien). 14

Illustration 3 : Log géologique des forages de Viols-en-Laval 1 (09636X0188/FVL1) et 2 (09636X0189/FVL2) 15

Illustration 4 : Comparaison des niveaux piézométriques des forages de Viols en Laval et du forage du Suquet (avril à juin 2012) 16

Illustration 5 : Logs géologique et technique du forage du Triadou (BSS 09903X0152/TRIADO ; les débits indiqués ont été estimés au soufflage durant la foration) 18

Illustration 6 : Diagraphie sur le forage du Triadou - vitesse mesurée par un micromoulinet lors d'un écoulement forcé (pompage à 15,8 m^3/h) et variation du diamètre du forage par rapport à un diamètre initial de 188 mm 19

Illustration 7 : Localisation du forage du Triadou et du trait de la coupe passant par la source du Lez sur fond géologique (extrait de la carte géologique 1:50000 no XXVII-43 de Montpellier, Ed. BRGM) et sur fond topographique (extrait de la carte 1:25000 de Ganges - St Martin de Londres, Ed. IGN) 20

Illustration 8 : Coupe NW-SE passant par la source du Lez sur laquelle le forage du Triadou a été projeté. Les deux principales venues d'eau observées sur ce forage ont été représentées par D1 et D2 21

Illustration 9 : Photographies de la karstification observée dans le forage du Triadou entre 260 m et 280 m de profondeur (la profondeur, en mètre, est indiquée sur chaque image) 22

Illustration 10 : Coupe géologique NW-SE passant par la source du Lez et variations du niveau piézométrique observé sur le forage du Triadou (en bleu) et à la source du Lez (en noir) pour la période d'avril à juin 2012. 23

Illustration 11 : Rabattements observés sur le forage du Triadou du 9 au 10 juin, induit par un pompage de l'ordre de 1500 l/s à la source du Lez (distance = 1000 m à vol d'oiseau) 24

Illustration 12 : Synthèse critique des traçages artificiels anciens. La colonne "Confirmation" comprend 4 degrés de qualification: Avéré, Incertain, Confirmé, Infirmé. Les qualificatifs « Avéré et Incertain » reposent sur les conclusions des traçages réalisés entre 1956 et 1977 (Avéré : tracage identifié visuellement à la source, Incertain : traçage identifié par charbon actif). Les qualificatifs « Confirmé et Infirmé en 2010/12 » reposent sur les conclusions des traçages réalisés entre 2010 et 2012. 26

Illustration 13 : Extrait de carte géologique 1 : 250 000 (Ed. BRGM) avec position des traçages artificiels réalisés sur l'aquifère du Lez (trait plein : traçages avérés, trait pointillé : traçages incertains). 27

Illustration 14 : fond topographique avec position des traçages artificiels réalisés sur l'aquifère du Lez à proximité de la source (seuls les traçages avérés sont indiqués). 28

Illustration 15 : Débits considérés pour le calcul du taux de restitution du traceur « sulforhodamine » à la source du Lez pour le traçage du Brestalou 30

Illustration 16 : Restitution du traceur « sulforhodamine » à la source du Lez : En haut, courbes de concentration, de débit, de masse restituée cumulée et de flux massique du traceur au cours du temps à la source du Lez ; en bas : Distribution du temps de séjour (DTS) du traceur à la source. 31

Illustration 17 : Tableau de synthèse des cinq essais de traçages réalisés dans le cadre du projet Lez-GMU (* R = Restitution, (+) = résultat positif, (-) = résultat négatif, ? = résultat non démontré)..... 33

Illustration 18 : Localisation des nouveaux essais de traçages réalisés dans le cadre du projet Lez-GMU..... 34

Illustration 19 : Extrait de carte géologique 1 : 250000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages de St Clément et Carnas. 35

Illustration 20 : Extrait de carte géologique 1 : 250000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages Les Matelles, Laudou et Coutach..... 36

Illustration 21 : Extrait de carte géologique 1 : 250000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages Claret Brissac, Fontanes et Bois des Roziers. 37

Illustration 22 : Extrait de carte géologique 1 : 250 000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages Ste Croix de Quintillargues, Mas Martin, Gour Noir et Bois des Avant. 38

Illustration 23 : Coupe hydrogéologique scématique du système karstique du Lez avec distinction des bassins hydrogéologiques de la source, du pompage et de l'impluvium (pour ce dernier, par simplification, les bassins des pertes ne sont pas schématisés). 40

Illustration 24 : Limites du bassin hydrogéologique présumé de la source du Lez en régime d'écoulement naturel. 41

Illustration 25 : Limites de l'impluvium de l'aquifère du Lez et bassin hydrogéologique en régime anthropisé 43

1. Introduction

L'hydrosystème du Lez, fleuve côtier dont la source d'origine karstique est exploitée par une gestion active (pompage à un débit supérieur au débit d'étiage de la source) depuis 1982 par la ville de Montpellier puis l'Agglomération de Montpellier, constitue un site de référence pour étudier, dans le cadre d'un projet d'étude pluridisciplinaire (géologie, hydrogéologie, hydrologie, hydraulique, biologie et économie), les possibilités d'une gestion multi-usages.

Le projet de recherche « Gestion multi-usages des aquifères karstiques méditerranéens – Le Lez, son bassin versant et son bassin d'alimentation » regroupe un partenariat scientifique et technique constitué par le BRGM, les UMR Hydrosciences, G-EAU, TETIS, le CERFACS et BIOTOPE. Les questions d'intérêt qui se posent dans ce cadre concernent :

- l'amélioration de la connaissance de l'aquifère karstique du Lez,
- l'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère karstique et les contraintes associées en termes d'aménagement du territoire,
- l'évaluation de la ressource en eau exploitable au sein de l'aquifère,
- la caractérisation des impacts éventuels de nouveaux scénarios d'exploitation,
- la mitigation des risques d'inondation,
- la caractérisation des interactions du pompage de la source du Lez sur d'autres systèmes connexes,
- la connaissance de la biodiversité souterraine et la définition de bio-indicateurs des eaux,
- la gestion concertée de la ressource.

L'AT1 (atelier 1) du projet a pour objectif l'amélioration des connaissances sur l'hydrosystème karstique du Lez. Les principaux résultats nouveaux ont été synthétisés dans le rapport final de l'AT1 (Rapport RP-60041-FR, 2011). Le présent rapport complète ces résultats en détaillant les nouvelles connaissances issues des opérations de forages et traçages artificiels complémentaires effectués sur la zone d'étude.

2. Description des forages profonds

2.1. LOCALISATION DES FORAGES DANS LEUR CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le réservoir de l'aquifère du Lez se caractérise par des calcaires très fracturés et karstifiés, déposés lors du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur. Les limites de cet hydrosystème se définissent de façon générale à l'Ouest par la vallée de l'Hérault, au Nord-Ouest par la faille des Cévennes, au Nord-Est par le Vidourle, à l'Est par le bassin d'effondrement oligocène de Sommières et au Sud par le pli de Montpellier. Le bassin hydrogéologique de la source du Lez et la zone d'influence des captages du Lez seront définis plus précisément dans la seconde partie de ce rapport (Illustration 1).

La présence de grands accidents (faille des Matelles-Corconne, faille du Lez, faille de Saint Clément) confère à ce système une typologie de « karst barré » permettant la mise en fonctionnement de sources de débordement telles que la source du Lirou et la source du Lez. La faille majeure des Matelles-Corconne joue un rôle important quant à la structure et au fonctionnement de l'aquifère du Lez (Illustration 1):

- au Nord-Ouest de cette faille (et au sud du Pic Saint Loup), le réservoir est à l'affleurement permettant une recharge directe de l'aquifère par les précipitations : l'aquifère est libre dans cette zone ;
- au Sud-Est de cette faille, le réservoir est sous couverture des marnes imperméables valanginiennes (Crétacé inférieur) sur lesquelles se surimposent par endroit des formations calcaires et conglomératiques du Tertiaire : l'aquifère est captif, le réservoir étant à plusieurs centaines de mètres de profondeur mais affleurant également par endroit par le jeu de failles, telles que la faille du Lez où se situe l'exutoire principal des eaux de l'aquifère (source du Lez) ;
- au Nord-Ouest de cette faille (et au Nord du Pic Saint Loup), le réservoir est également sous couverture des formations marneuses imperméables et des calcaires Valanginiens (Crétacé inférieur) du causse de l'Hortus qui confèrent à l'aquifère un comportement captif.

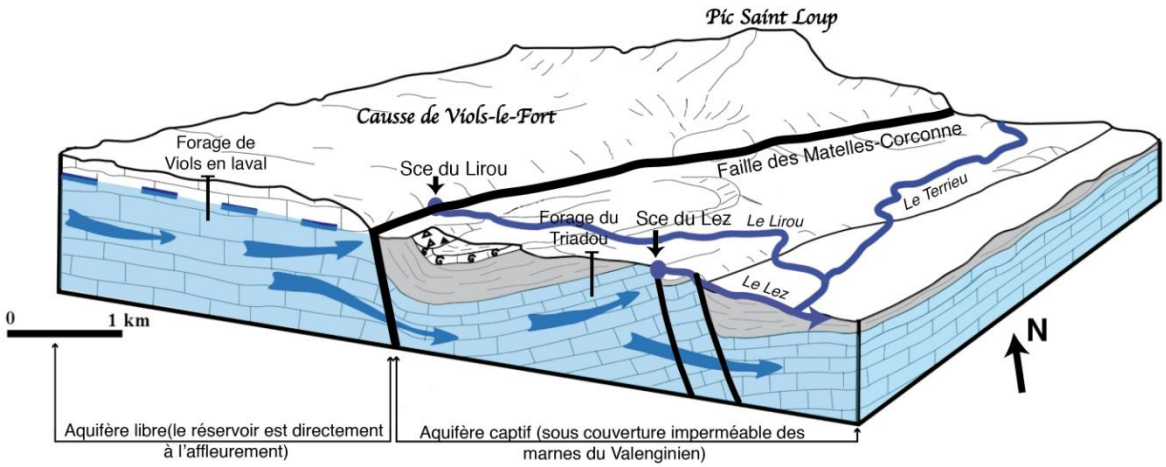


Illustration 1 : Bloc diagramme permettant de visualiser les parties libres et captives de l'aquifère du Lez (d'après Drogue, 1964, modifié) ainsi que les forages (projetés) du Triadou et de Viols-en-Laval. La zone saturée de l'aquifère est représentée en bleu clair et les formations imperméables apparaissent en gris clair (modifié d'après Drogue, 1964)

Jusqu'à présent, aucun forage n'avait été implanté dans la zone sous couverture du bloc Sud-Est (à proximité de la source du Lez) et très peu de forages sont présents sur le causse de Viols-le-Fort où l'aquifère affleure. Dans le cadre de ce projet, trois forages de reconnaissance ont par conséquent été réalisés dans ces zones. Un suivi des niveaux d'eau a été mis en place afin d'améliorer la connaissance du fonctionnement de l'aquifère dans ces secteurs. Ces forages (Illustration 2) sont situés i) à un kilomètre au Nord de la source du Lez (forage du Triadou) et ii) au centre du causse de Viols-le-Fort (Forages de Viols-en-Laval, 1 et 2).

La projection de ces forages sur le bloc diagramme de l'aquifère du Lez (Illustration 1) permet d'appréhender au mieux la zone explorée. Le chapitre suivant décrit ces forages ainsi que les principales informations qu'ils apportent quant à la structure et au fonctionnement de l'aquifère.

2.2. LOGS DES FORAGES ET CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

2.2.1. Forages de Viols-en-Laval

Les forages de Viols en Laval ont été réalisés dans le Jurassique supérieur (Kimméridgien et Oxfordien), qui constitue pour partie l'aquifère du Lez (Illustration 1 et Illustration 2). Le mur de l'aquifère du Lez (substratum imperméable) a été atteint en forant jusqu'aux formations de l'Oxfordien (calcaires marneux de couleur sombre). Ces formations à forte composante marneuse sont en effet considérées comme imperméables par comparaison aux formations calcaires du Kimméridgien très karstifiées et donc très perméables.

L'altitude des têtes de forages est :

- + 238,87 m NGF pour Viols en Laval 1 (BSS 09636X0188/FVL1)
- + 221,30 m NGF pour Viols en Laval 2 (BSS 09636X0189/FVL2)

La profondeur atteinte par ces forages est :

- de 304 m pour Viols en Laval 1
- de 280 m pour Viols en Laval 2

D'après les logs lithologiques de ces forages (Illustration 3), l'épaisseur moyenne du réservoir du Lez sur le Causse de Viols-le-Fort est de l'ordre de 225 m. Le mur de l'aquifère constitué par les formations calco-marneuses de l'Oxfordien est à une altitude de 10 mètres NGF.

Le premier forage (Viols-en-Laval 1) a recoupé quelques niveaux karstifiés dans la zone d'infiltration, un seul de ces niveaux ayant présenté une arrivée d'eau très faible (<0.5 l/s) vers 110 m de profondeur. Le forage ayant été réalisé en période hivernale, ces eaux ont rapidement gelé, ne permettant pas immédiatement d'identifier un niveau d'eau. Ce n'est qu'après plusieurs jours que le niveau d'eau s'est stabilisé à -135 m de profondeur par rapport à la tête de forage, soit aux alentours de +85 m NGF. Ce niveau d'eau réagit aux précipitations (Illustration 4) et semble pouvoir être assimilé au niveau piézométrique de l'aquifère du Lez sur le Causse de Viols-le-Fort.

Le second forage (Viols-en-Laval 2) a traversé une cavité importante sur environ deux mètres aux alentours de 140 m de profondeur. Lors de pluies importantes sur ce secteur, cette cavité se met en eau puis se vidange lentement, le niveau d'eau mettant plus d'un mois pour revenir à son état initial (Illustration 4). Ce comportement hydrodynamique indique une faible connectivité de la zone recoupée par le forage (et par conséquent de la cavité) vis-à-vis du réseau de drainage principal de l'aquifère du Lez dans ce secteur.

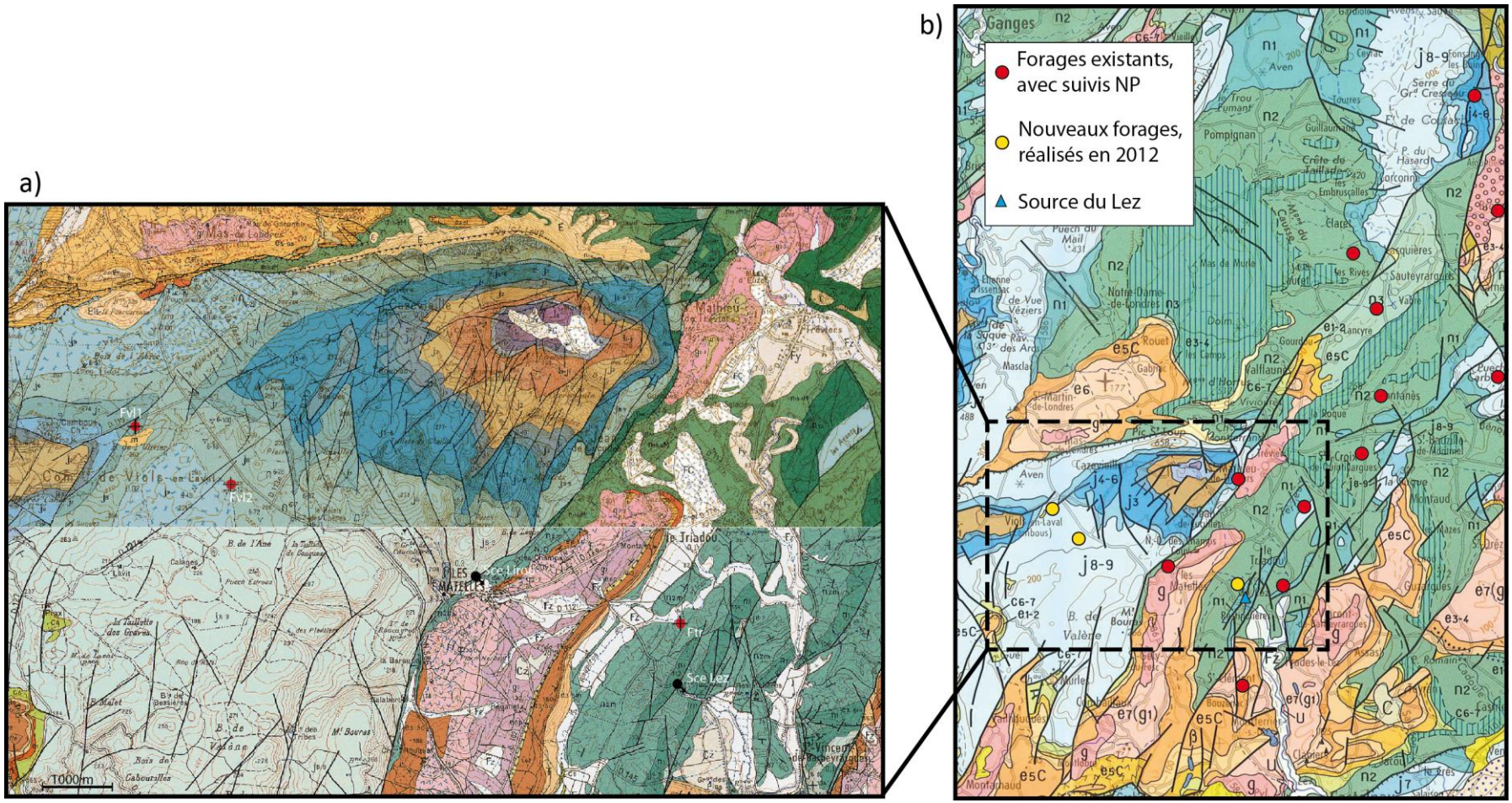


Illustration 2 : Extrait de la carte géologique 1 : 25000 de Saint Martin de Londres et de Montpellier (BRGM) avec (a) Localisation des nouveaux forages (Ftr : forage du Triadou ; Fvl1 et Fvl2 : forages de Viols-en-Laval 1 et 2); (b) Localisation de ces nouveaux forages par rapport aux piézomètres existants. Les formations géologiques principales pour l'aquifère du Lez sont : J8-9 (calcaires du Kimméridgien) en vert clair à l'ouest de la feuille ; n1 (marno-calcaires du Berriasien) en vert foncé à l'est et n2 en vert (marnes ou calcaires du Valanginien).

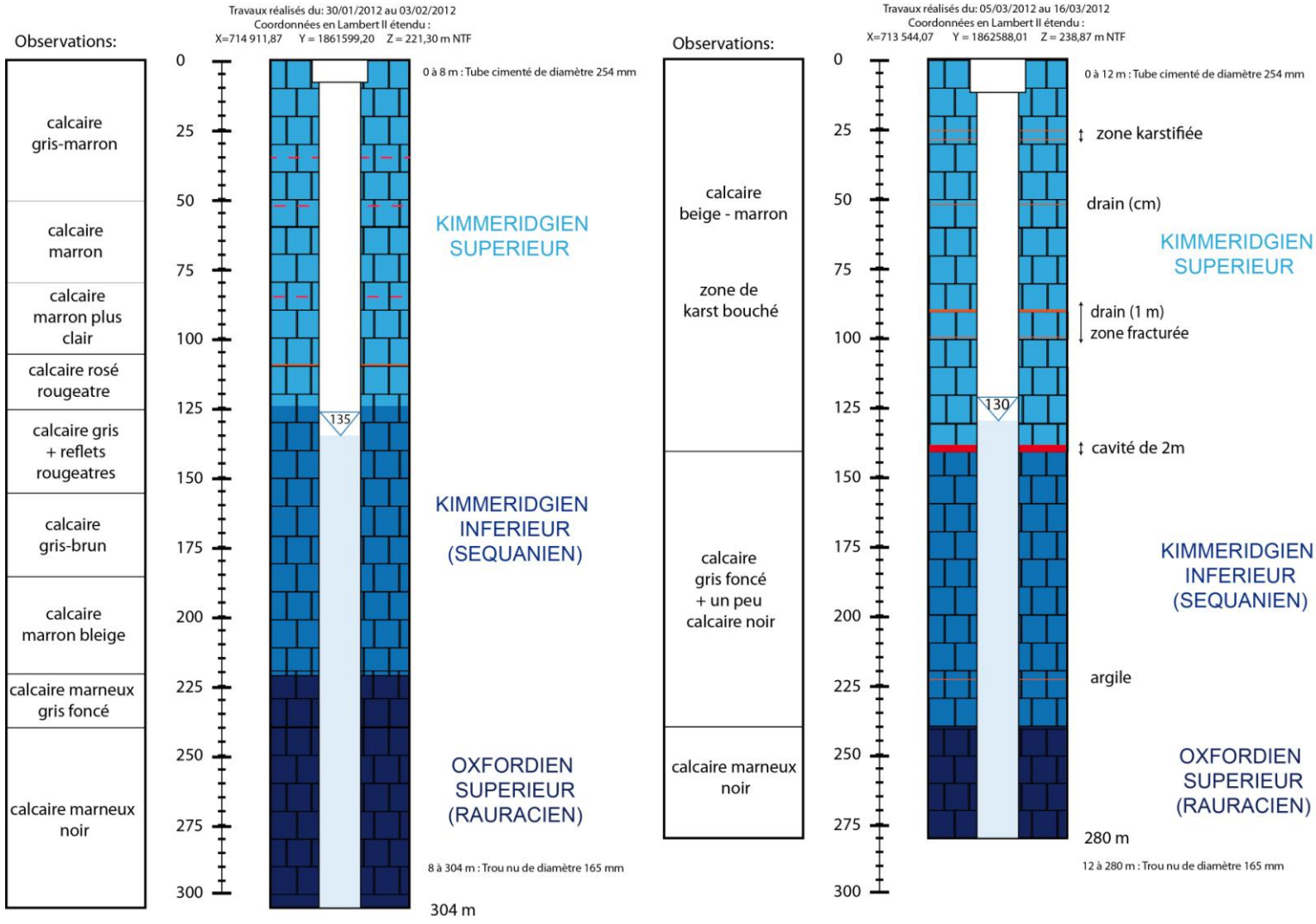


Illustration 3 : Log géologique des forages de Viols-en-Laval 1 (09636X0188/FVL1) et 2 (09636X0189/FVL2)

La comparaison entre les niveaux piézométriques (avec la même référence NGF) des deux forages, montre que le niveau piézométrique de Viols-en-Laval 1 se trouve à + 14 mètres au-dessus de celui de Viols-en-Laval 2 (Illustration 4). La différence de niveau entre ces deux forages traduit un gradient hydraulique de l'ordre de 0,07, avec un écoulement général depuis le forage Viols en laval 1 vers celui de Viols en laval 2. Par ailleurs, pour ces deux forages de Viols-en-Laval, un événement pluvieux provoque une augmentation quasi-immédiate du niveau d'eau, mais le pic observé sur FVL1 est décalé dans le temps par rapport à celui de FVL2, avec une plus faible amplitude : ceci semble indiquer une connectivité de ce forage FVL1 avec des drains de conductivité hydraulique plus faible que ceux de FVL2 et dont la vidange est relativement rapide (le niveau piézométrique revient à son état initial en quelques jours), ce qui illustre leur faible pouvoir capacitif (Illustration 4).

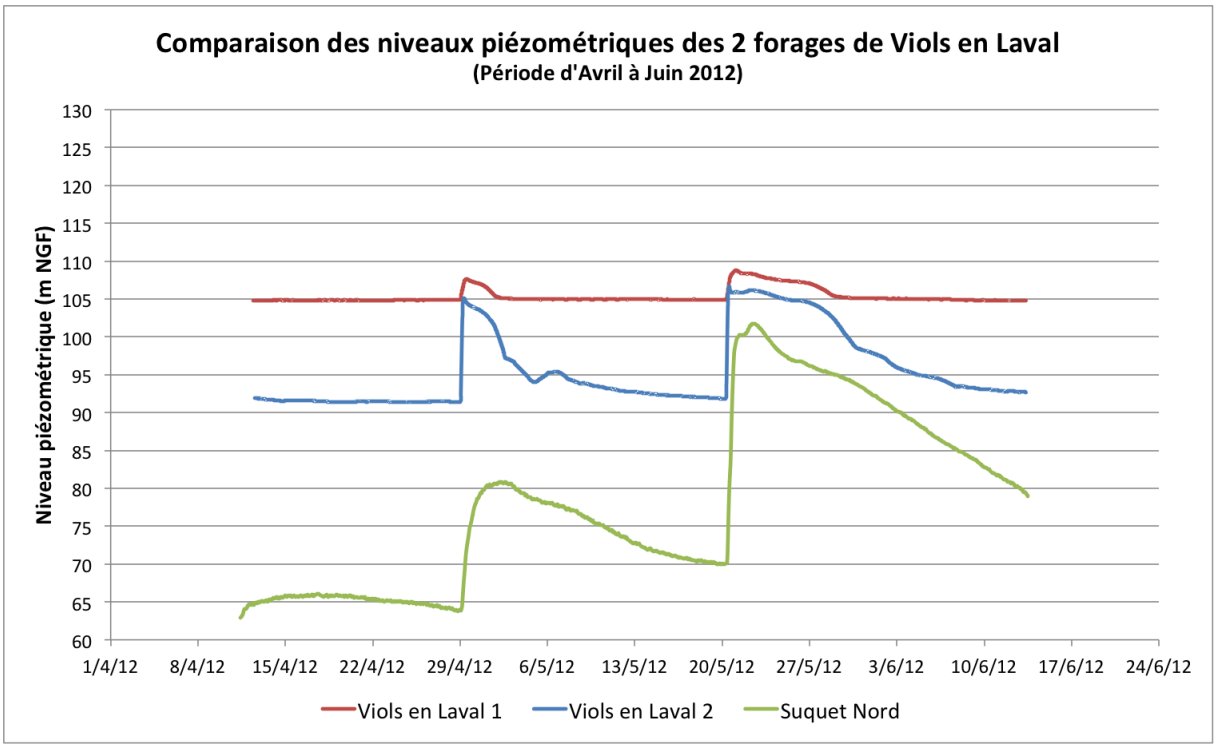


Illustration 4 : Comparaison des niveaux piézométriques des forages de Viols en Laval et du forage du Suquet (avril à juin 2012)

La comparaison de ces niveaux piézométriques avec celui du forage du Suquet (commune des Matelles) montre que ces 3 niveaux réagissent de façon concomitante aux 2 évènements pluvieux observés d'avril à juin 2012 (Illustration 4). L'amplitude importante de variation du niveau piézométrique du Suquet montre que ce dernier est connecté avec un niveau de drains majeurs, contrairement à celui de Viols en laval 1. Par ailleurs traçage réalisé à l'automne 2012 avec injection de fluorescéine sur le forage de Viols-en-Laval 2 a montré la faible connectivité de ce forage avec le réseau de drainage principal connecté au forage du Suquet (Lienart, communication personnelle).

2.2.2. Forage du Triadou

Le forage du Triadou a été réalisé à un kilomètre à vol d'oiseau de la source du Lez, dans la partie captive de l'aquifère (Illustration 1). Les travaux ont duré du 15/01 au 30/01; le numéro BSS est 09903X0152/TRIADO. Le réservoir de l'aquifère a été atteint après avoir traversé

180 m de marnes valanginiennes (Crétacé inférieur) qui constituent le toit imperméable de l'aquifère, lui conférant un caractère captif à cet endroit. Cette captivité se vérifie d'ailleurs par la stabilisation du niveau piézométrique à 30 m sous la surface alors que le toit de l'aquifère se situe à 180 m de profondeur. Cette différence est induite par une forte pression de l'eau dans l'aquifère, qui se remet à l'équilibre avec la pression atmosphérique à environ -30 m sous la surface.

Un profil vertical de mesures de vitesses au micromoulinet réalisées en pompage (4,4 l/s) (Illustration 6) permet d'identifier les principales venues d'eau dans le forage du Triadou. Du fait de la pression d'eau dans l'aquifère du Lez, les faibles arrivées d'eau observées dans le Valanginien lors de la foration (à -70 m de profondeur) ne s'observent plus actuellement comme l'illustre la diagraphie des vitesses mesurées au micromoulinet (Illustration 6). En effet, on observe que vers 70-85 m de profondeur (marno-calcaire du Valanginien d'après l'Illustration 5), une augmentation du diamètre de forage induite par la présence d'une cavité provoque une chute de la vitesse mesurée ; cette diminution de vitesse ne traduit cependant aucune arrivée d'eau du fait du retour à la vitesse initialement mesurée aux alentours de 85 m de profondeur.

Les arrivées d'eau identifiées sont les suivantes :

- la première venue d'eau provient d'un drain identifié à 225 m de profondeur (soit à -133 m NGF) dans le Berriasien (voir Illustration 5). D'après l'Illustration 6, la vitesse moyenne passe de 9,5 m/min à 6,2 m/min. Sachant que la vitesse de descente de la camera est de l'ordre de 3,5 m/min, le débit total provenant de l'aquifère se traduit par une vitesse de 6 m/min. Cette différence de 3,3 m/min indique donc que cette zone produit plus de la moitié du débit en provenance de l'aquifère.
- la seconde venue d'eau provient d'une zone fortement karstifiée entre 265 m et 270 m de profondeur (soit à -178 m NGF), ce qui correspond à la transition entre le Berriasien et le Jurassique supérieur (voir Illustration 5). D'après l'Illustration 6, la différence de vitesse est de l'ordre de 2,5 m/min, soit une variation plus faible que pour le niveau précédent. La diminution du diamètre du forage observée dans cette zone de transition aurait pour effet d'augmenter la vitesse mesurée au micromoulinet pour un débit équivalent ; par conséquent, cette surimposition d'effets (augmentation de vitesse associée à une diminution de diamètre et diminution de vitesse associée à une arrivée d'eau – entre 265m et 270 m de profondeur), ne permet pas de dire si les apports dans cette zone sont moins importants que pour la précédente zone à 225 m de profondeur, d'autant plus que, lors de la foration, les venues d'eau au soufflage étaient beaucoup plus importantes à 270 m qu'à 225 m de profondeur (Illustration 6).

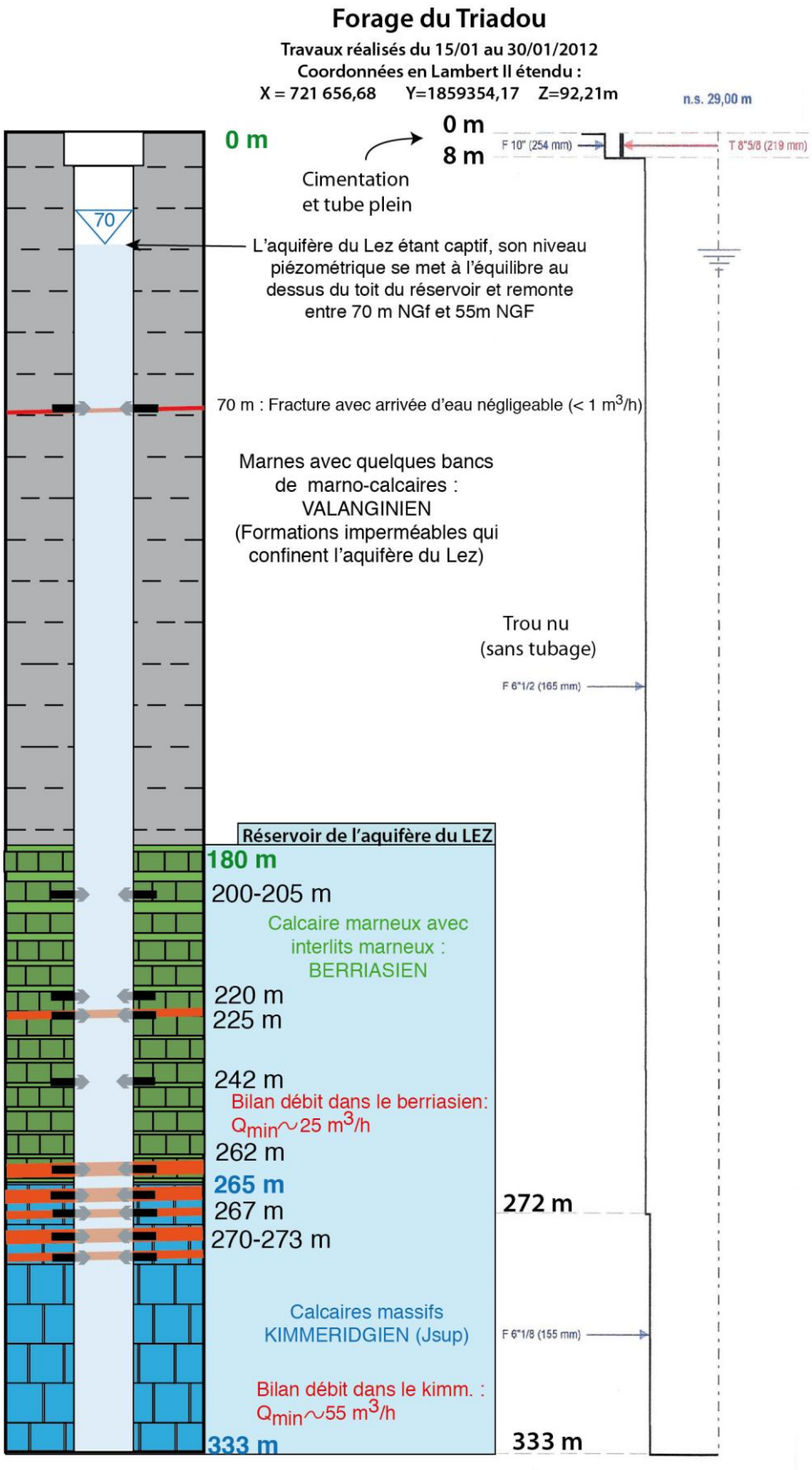


Illustration 5 : Logs géologique et technique du forage du Triadou (BSS 09903X0152/TRIADO ; les débits indiqués ont été estimés au soufflage durant la foration)

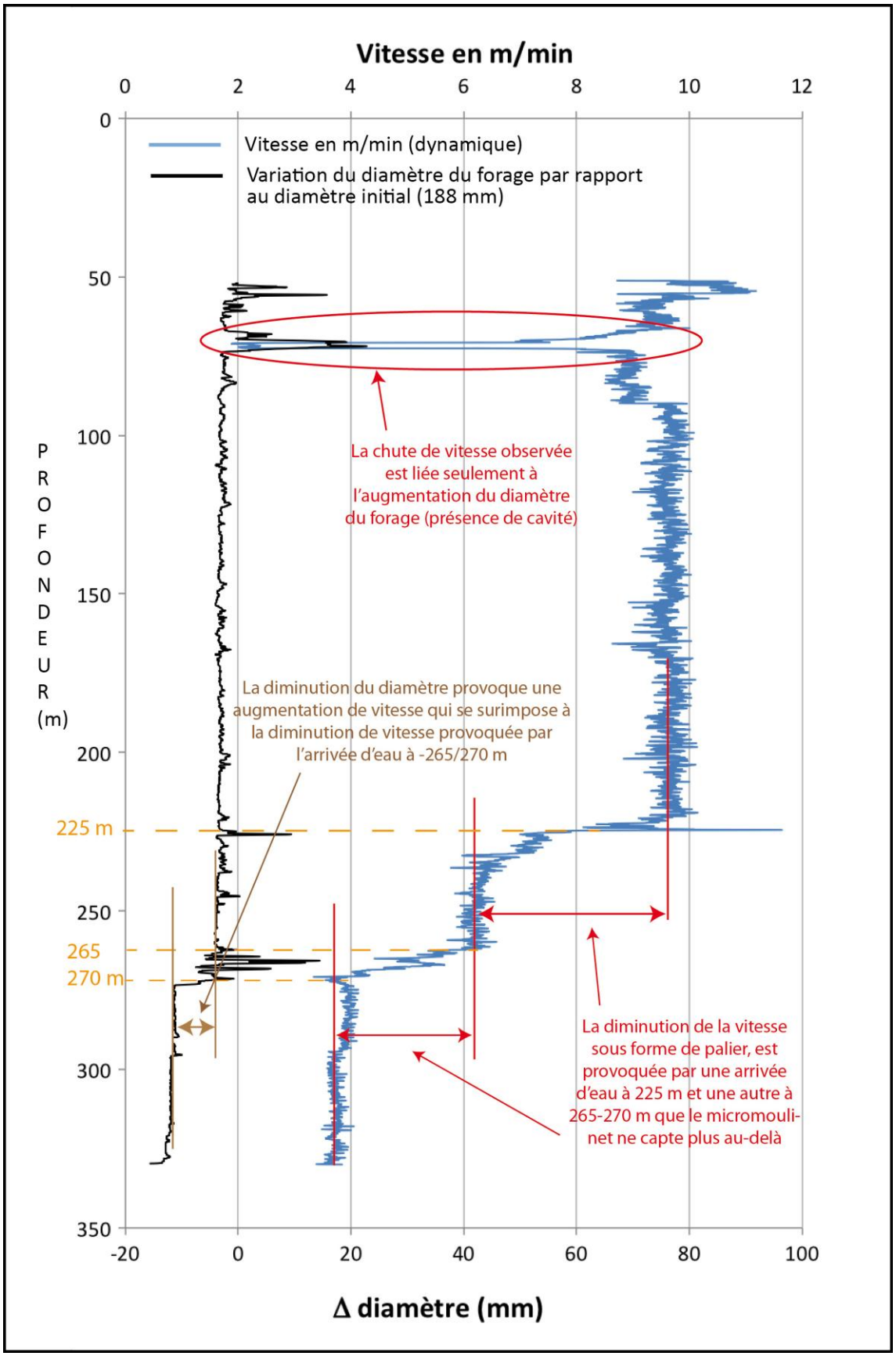


Illustration 6 : Diagraphie sur le forage du Triadou - vitesse mesurée par un micromoulinet lors d'un écoulement forcé (pompage à 15,8 m^3/h) et variation du diamètre du forage par rapport à un diamètre initial de 188 mm

Pour positionner les principaux drains identifiés sur ce forage par rapport au drain principal de la source du Lez, une coupe NW-SE, passant par la source et perpendiculaire à la direction des couches géologiques dans ce secteur, a été réalisée. Le forage du Triadou a été projeté sur cette coupe. Les localisations du forage et du trait de coupe sont représentées sur l'Illustration 7, la coupe est représentée sur l'Illustration 8.

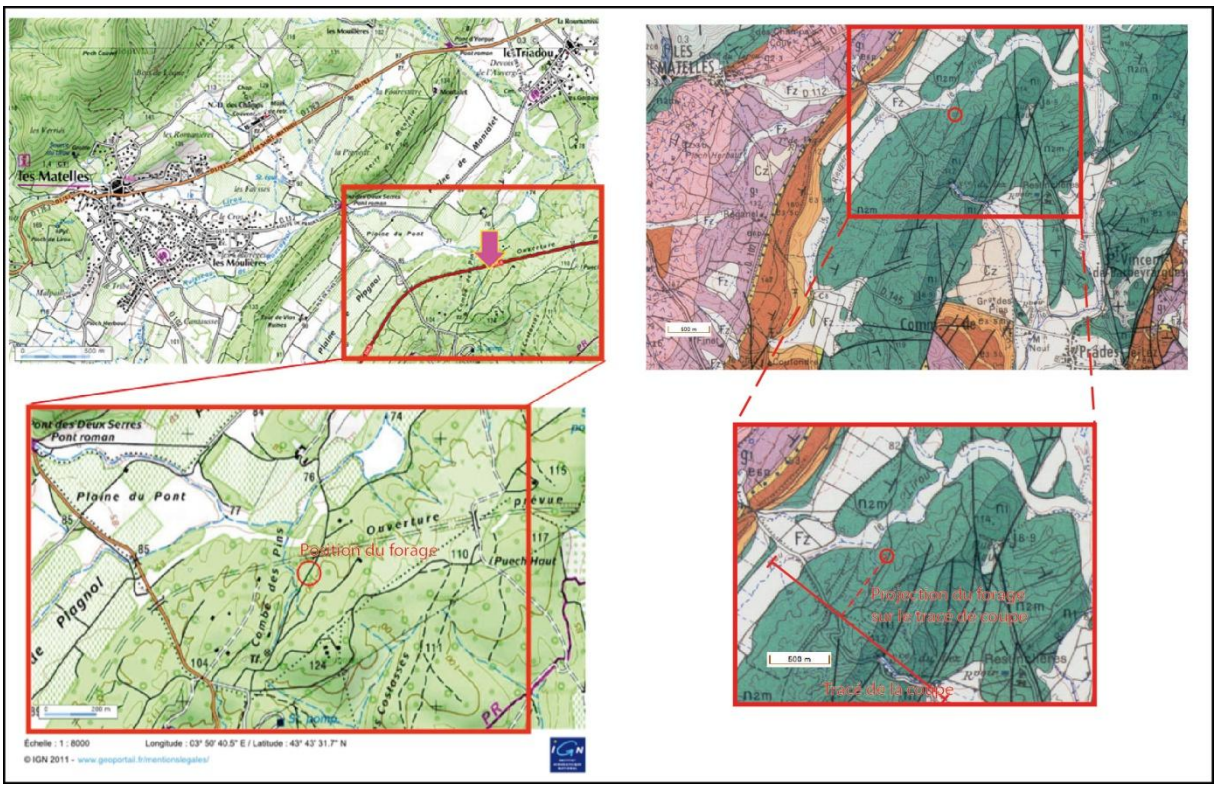


Illustration 7 : Localisation du forage du Triadou et du trait de la coupe passant par la source du Lez sur fond géologique (extrait de la carte géologique 1:50000 no XXVII-43 de Montpellier, Ed. BRGM) et sur fond topographique (extrait de la carte 1:25000 de Ganges - St Martin de Londres, Ed. IGN)

La coupe représentée sur l'Illustration 8 permet de mettre en évidence que l'interface Berriasien – Jurassique supérieur où a été identifiée l'arrivée d'eau principale dans le forage du Triadou (notée D2 sur la coupe) pourrait être à l'origine de la géométrie observée au niveau du drain terminal de la source du Lez puisque la direction de cet interface fortement karstifié (obtenu par le prolongement des couches géologiques selon les pendage observés) correspond également à la direction du drain terminal de la source du Lez.

Une karstification importante se serait donc développée sur cette interface géologique comme le confirment les images de cette zone acquises via une caméra de forage–entre 265 et 270 m de profondeur (Illustration 9).

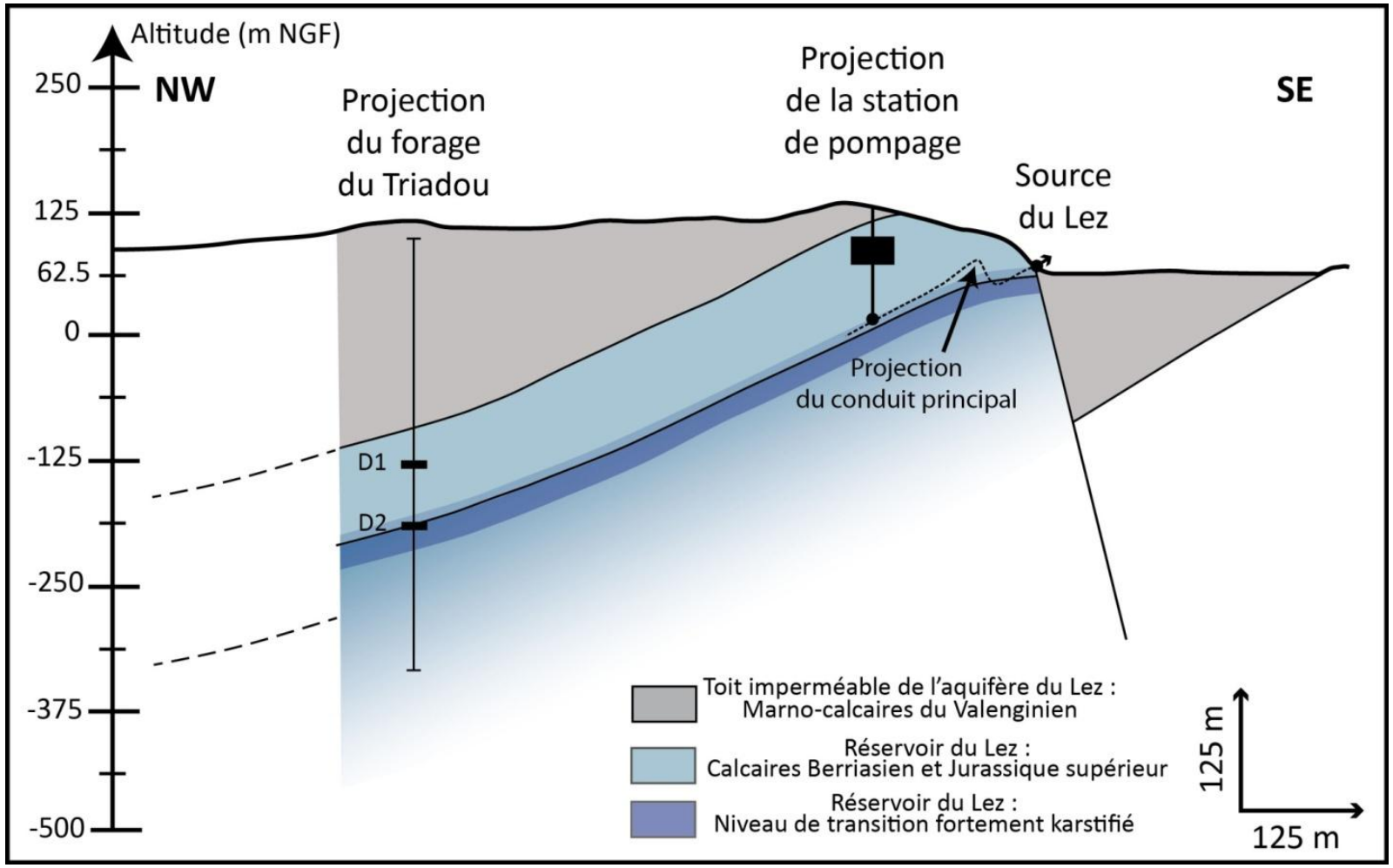


Illustration 8 : Coupe NW-SE passant par la source du Lez sur laquelle le forage du Triadou a été projeté. Les deux principales venues d'eau observées sur ce forage ont été représentées par D1 et D2

Illustration 9 : Photographies de la karstification observée dans le forage du Triadou entre 260 m et 280 m de profondeur (la profondeur, en mètre, est indiquée sur chaque image)

Les variations piézométriques enregistrées au forage du Triadou sur la période d'avril à juin 2012 (Illustration 10) confirment également cette forte connectivité entre le forage et la source du Lez (vraisemblablement via l'horizon karstifié précédemment décrit) ; en effet les oscillations piézométriques semblent totalement corrélées aux pompages à la source du Lez, et leur amplitude est d'autant plus importante que le niveau piézométrique est bas, avec une différenciation du comportement lorsque le niveau piézométrique est inférieur au niveau de débordement de la source du Lez. Le comportement hydrodynamique du forage ainsi que l'arrivée d'eau principale observée dans le forage (D2) semble ainsi confirmer une très forte connectivité avec le drain karstique terminal sur lequel les pompages du Lez sont opérés, très vraisemblablement via un horizon karstifié très développé au niveau de l'interface Berriasien – Jurassique supérieur.

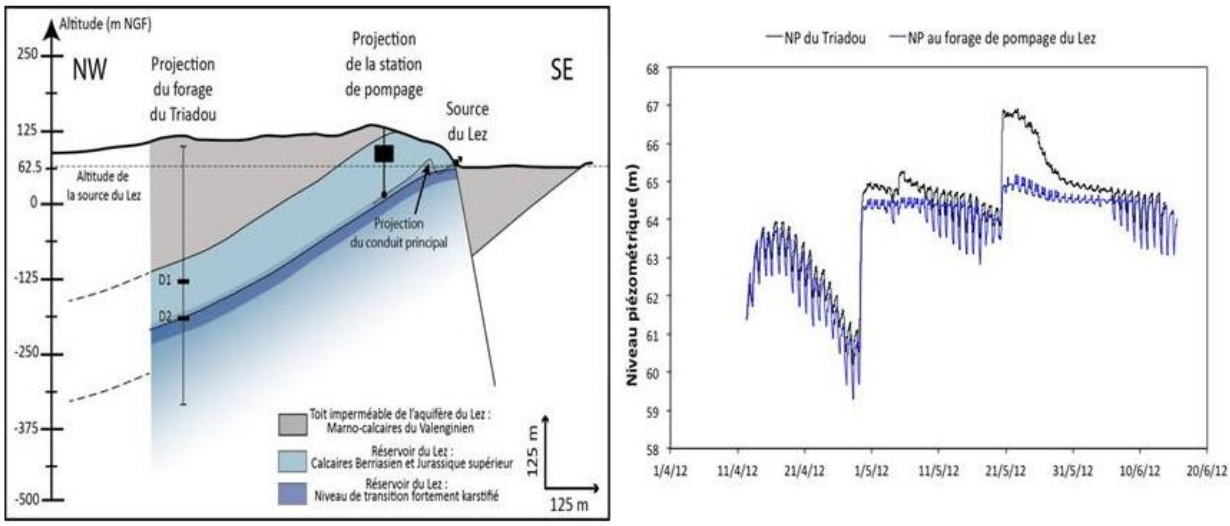


Illustration 10 : Coupe géologique NW-SE passant par la source du Lez et variations du niveau piézométrique observé sur le forage du Triadou (en noir) et à la source du Lez (en bleu) pour la période d'avril à juin 2012.

Une analyse de la réponse hydrodynamique de l'aquifère aux pompages à la source du Lez a été réalisée sur un cycle d'environ 9 heures, du 9 au 10 juin 2012 (Illustration 11). L'interprétation de la réponse hydrodynamique enregistrée sur le forage du Triadou à partir de la méthode de Jacob, a permis d'estimer une transmissivité de l'ordre de 0,3 m^2/s et un emmagasinement de l'ordre de 2.10^{-3}. Ces valeurs sont représentatives des propriétés hydrodynamiques de l'horizon karstifié précédemment décrit où se situe le drain principal, et non de l'ensemble de l'aquifère, du fait de la courte durée du cycle de pompage interprété. De même, au vu de la faible durée de cet essai, le fort effet capacitif des drains karstiques influe probablement les ordres de grandeur des paramètres estimés.

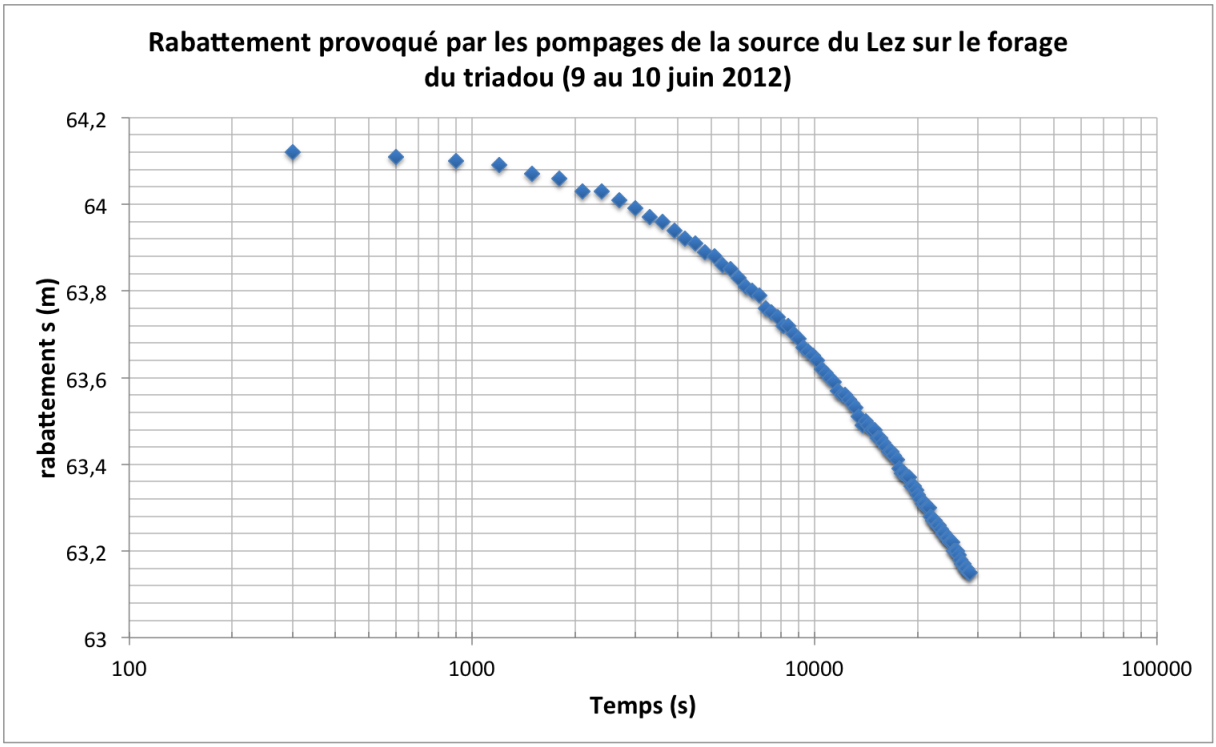


Illustration 11 : Rabattements observés sur le forage du Triadou du 9 au 10 juin, induit par un pompage de l'ordre de 1500 l/s à la source du Lez (distance = 1000 m à vol d'oiseau)

En conclusion, le forage du Triadou permet d'attester de la persistance d'une forte karstification en profondeur, très probablement sous la forme d'un horizon karstifié au niveau de l'interface Berriasien - Jurassique supérieur recoupé aux alentours de -170 m NGF, horizon sur lequel se situe le drain terminal de la source du Lez.

Concernant les forages de Viols-en-Laval, les variations de niveaux piézométriques observées sur ces forages (Illustration 4) montrent qu'ils ne sont pas influencés par le pompage réalisé sur le bloc au Sud de la faille des Matelles-Corconne puisque le pompage à la source du Lez n'affecte pas les niveaux piézométriques du Causse de Viols-le-Fort.

3. Traçages artificiels

3.1. SYNTHESE DES ANCIENS TRAÇAGES ARTIFICIELS

Une synthèse critique des différents essais de traçages artificiels réalisés sur l'hydrosystème du Lez entre 1956 et 1977 a été réalisée d'après Paloc H. (1966) et Durepaire P. (1985), complétée par quelques traçages récents notamment dans le cadre de l'étude hydrogéologique pour le projet de Lien routier (Illustration 12).

Traçage	Point d'injection	Point d'apparition	Confirmation
1	Siphon aval du grand Boulidou des Matelles	Event du Lirou	Avéré
		Source du Lez (?)	Incertain
2	Perte du Brestalou (Boulidou B2 du mas de Vedel)	Boulidou de Viala	Avéré
		Source du Lez	Avéré / Confirmé 2012
3	perte 1 du ruisseau d'artigues (Miral)	Source du Lez	Incertain
4	Perte du Yorgues (faille de Corconne)	Source du Lez	Avéré
5	perte du Lamalou (amont perte du Moulin du Rouet)	Source des Fontanilles	Avéré
		Source du Lez (?)	Incertain (peu probable)
6	Pertes du ruisseau de la Tourquille (Gorniès)	Source du Lez	Incertain / Infirmé pour l'instant 2012 (suivi encore en cours)
		Source des Fontanilles	Incertain / Infirmé 2012 mais pb matériel
7	Perte de Saint-Martin	Resurgence (source) des Chataigniers	Avéré
		Source des Fontanilles	Incertain
		Source du Lez (?)	Incertain (peu probable)
8	Grotte de la Fausse Monnaie	Source du Lez	Avéré / Confirmé 2010
9	Perte du ruisseau de Pouzet	Source du Lez ?	Incertain
		Source du Gour Noir ?	Incertain
		Source de la Fleurette ?	Incertain
		Source de Restinclières ?	Incertain
10	Perte du Thalweg à 200m de la source du Lez	Source du Lez	Avéré
11	Brestalou de Lauret	Source du Lez	Avéré
12	Terrieu en aval de Tréviers à 4,2 km de source du Lez	Source du Lez	Avéré
13	Terrieu en amont de Tréviers à 7,5km de source du Lez	Source du Lez	Avéré
14	Perte du Lirou (amont)	Source du Lez	Avéré

Traçage	Point d'injection	Point d'apparition	Confirmation
15	Perte du Lirou (aval)	Source du Lez	Avéré

Illustration 12 : Synthèse critique des traçages artificiels anciens. La colonne "Confirmation" comprend 4 degrés de qualification: Avéré, Incertain, Confirmé, Infirmé. Les qualificatifs « Avéré et Incertain » reposent sur les conclusions des traçages réalisés entre 1956 et 1977 (Avéré : tracage identifié visuellement à la source, Incertain : traçage identifié par charbon actif). Les qualificatifs « Confirmé et Infirmé en 2010/12 » reposent sur les conclusions des traçages réalisés entre 2010 et 2012.

La localisation de ces traçages est présentée sur l'Illustration 13, l'Illustration 14 et le tableau de l'Annexe1 en résume les principales caractéristiques.

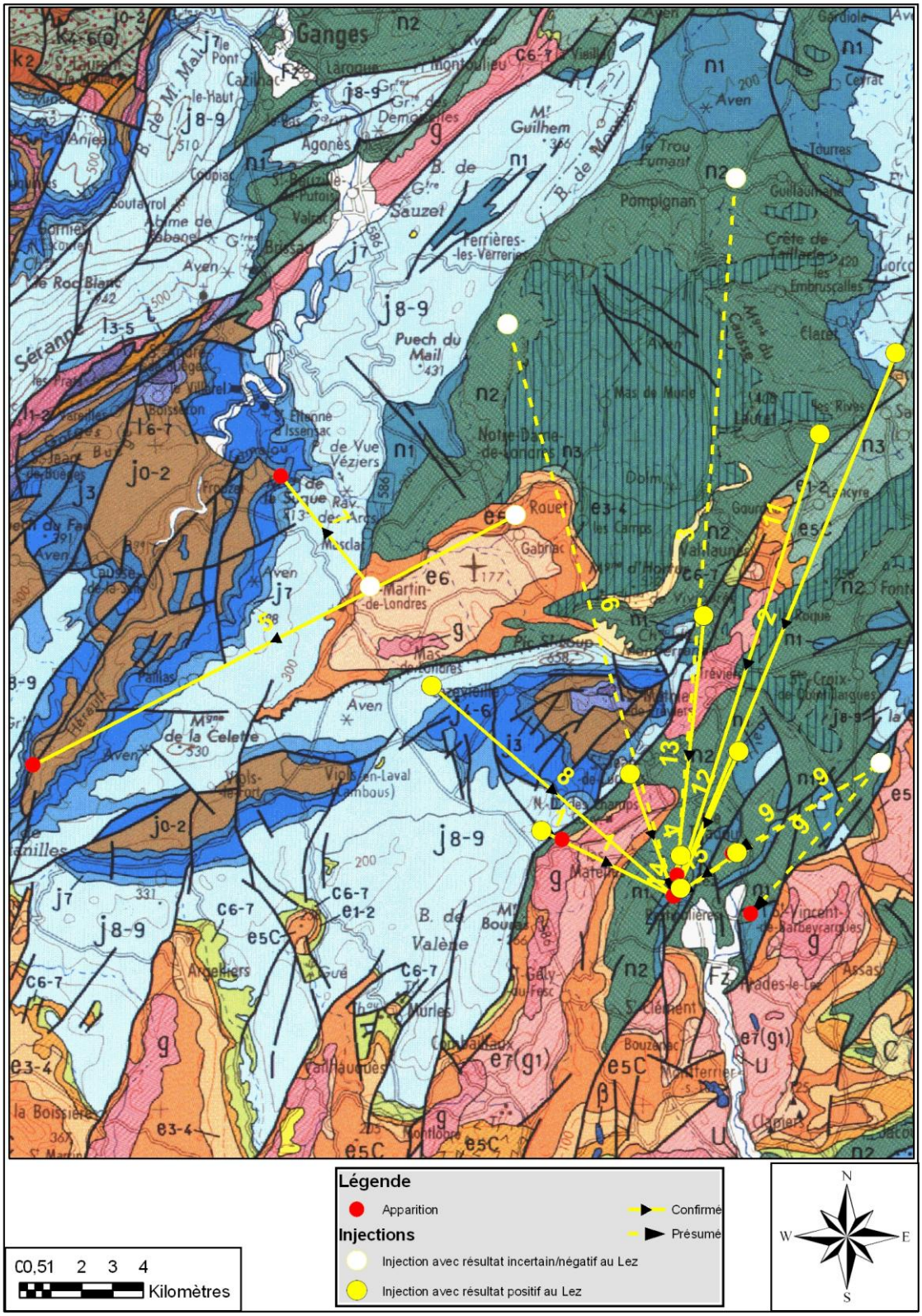


Illustration 13 : Extrait de carte géologique 1 : 250 000 (Ed. BRGM) avec position des traçages artificiels réalisés sur l'aquifère du Lez (trait plein : traçages avérés, trait pointillé : traçages incertains).

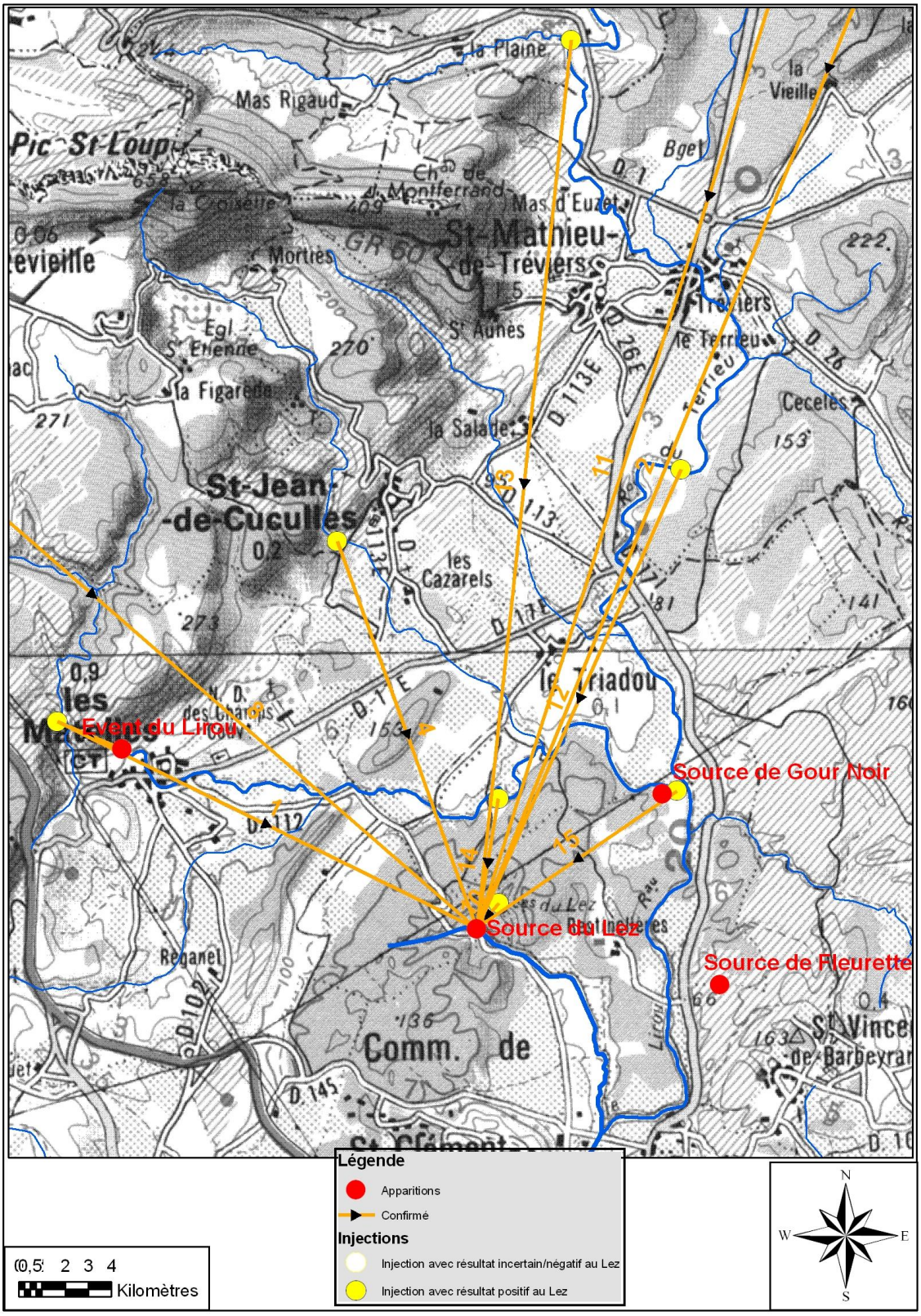


Illustration 14 : fond topographique avec position des traçages artificiels réalisés sur l'aquifère du Lez à proximité de la source (seuls les traçages avérés sont indiqués).

3.2. NOUVEAUX TRAÇAGES ARTIFICIELS REALISES DANS LE CADRE DE CE PROJET

Dans le cadre du projet Lez-GMU, cinq essais ont été réalisés, numérotés GMU 1 à GMU 5.

3.2.1. Traçage de la Fausse Monnaie (GMU 1)

Ce traçage (GMU 1, Illustration 17) a été décrit dans le premier rapport de l'AT1 (Rapport RP-60041-FR, 2011). Le tracé de l'essai est visible sur l'Illustration 18 (à partir du point d'injection nommé GMU 1). L'objectif de ce traçage était de préciser la limite ouest du bassin d'alimentation de la source du Lez, sur le Causse de Viols le fort. En effet, dans ce secteur, d'après les traçages des années 60, l'aven de la Fausse Monnaie serait connecté à la source du Lez, alors que l'aven Vidal (situé à 2,5 km au Sud Ouest) ne le serait pas. Des doutes étaient donc émis sur ces deux traçages, nous incitant à les reproduire. La réalisation du traçage sur l'Aven de la Fausse Monnaie (4 kg de fluorescéine injectés le 20/04/2010) a permis de vérifier et confirmer les relations entre ce point d'injection et les sources du Lirou et du Lez. A ce jour, le traçage de l'aven Vidal n'a pu être encore reproduit, n'ayant pu obtenir des conditions hydrologiques adéquates pour la réalisation de celui-ci.

3.2.2. Traçage de la Perte du Mas Martin (GMU 2)

Le traçage de la Perte du Mas Martin (GMU 2 sur l'Illustration 17 et l'Illustration 18 et Rapport RP-60041-FR, 2011), localisée au Nord de Saint Bauzille de Montmel, a été réalisé afin de préciser la limite est du bassin d'alimentation de la source du Lez. Malheureusement, le traceur injecté (5 kg de sulforhodamine injecté le 03/02/2011) n'est jamais ressorti ni à la source du Lez ni à la source de Fontbonne. Ce traçage a été réalisé à la même période que celui de l'Aven Roussières, et la même crue citée plus loin a perturbé les éventuelles restitutions de ce traceur à la source du Lez (du fait de dilution du traceur et de l'augmentation de la turbidité).

3.2.3. Traçage de l'Aven Roussières (GMU 3)

Le traçage de l'aven Roussières (GMU 3 sur l'Illustration 17 et l'Illustration 18 et Rapport RP-60041-FR, 2011), localisé à proximité de l'aven Vidal, a été réalisé afin de préciser également cette limite ouest du bassin d'alimentation de la source du Lez. Malheureusement, le traceur injecté (5 kg de fluorescéine injectés le 17/02/2011) n'est jamais ressorti ni à la source du Lez ni à la source des Fontanilles. A la période présumée de sortie, une petite crue a eu lieu sur le bassin, induisant une forte dilution du traceur et une augmentation de la turbidité nous empêchant de confirmer ou d'infirmer la présence du traceur à ces deux sources.

3.2.4. Traçage de la perte du Brestalou de Claret-Mas de Vedel (GMU 4)

La perte du Brestalou de Claret se trouve sur la faille des Matelles-Corconne, à 16,5 km de la source du Lez : ce traçage est répertorié dans l'Illustration 17 et son tracé est visible sur l'Illustration 18. Cette zone est particulièrement vulnérable du fait de la présence de la faille des Matelles-Corconne et l'objectif du traçage était d'évaluer la répartition temporelle de la restitution à la source du Lez d'un éventuel polluant s'infiltrant dans cette zone.

Le 22 mai 2012 à 12 h, 10 kg de sulforhodamine ont été injectés dans la perte du Brestalou de Claret (près du Mas de Vedel) dans des conditions de moyennes à basses eaux. Le traceur est apparu à la source du Lez, douze jours plus tard. Le passage du traceur a été validé sur fluorimètre de terrain ainsi que par spectrophotomètre sur échantillon d'eau, en laboratoire.

L'analyse de la courbe du flux massique du traceur (produit de la concentration du traceur par le débit à la source du Lez, Illustration 15) a permis de calculer la masse restituée du traceur, qui correspond à 71% de la masse injectée, traduisant un excellent taux de restitution. La vitesse moyenne de transit du polluant dans l'aquifère est ainsi estimée à 57 m/h. La durée totale de restitution est d'environ 27 jours ; cependant, la majeure partie du traceur est évacuée en 17 jours par la source du Lez (Illustration 16).

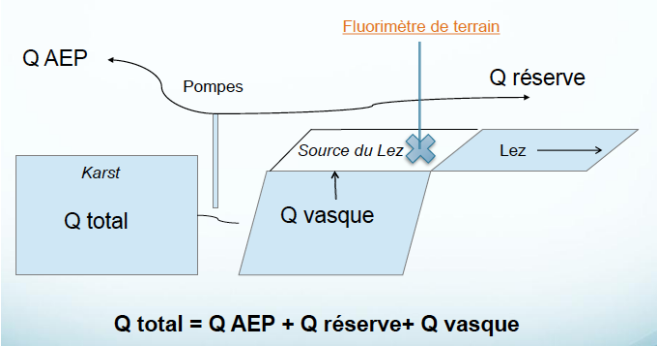


Illustration 15 : Débits considérés pour le calcul du taux de restitution du traceur « sulforhodamine » à la source du Lez pour le traçage du Brestalou

La ressource en eau à la Source du Lez est donc particulièrement vulnérable à une éventuelle contamination s'infiltrant au droit de cette perte du fait :

- d'un taux de restitution très élevé (> 70%) à la source du Lez
- d'une vitesse de transit rapide (le traceur atteint la source en 12 jours)

En conséquence, elle a été prise en compte dans la définition de la vulnérabilité de l'aquifère (rapport de l'AT2 - BRGM/RP-61013-FR - Batiot et al., 2012).

A noter également que la durée de restitution est rapide, la quasi-totalité du traceur étant évacuée par la source du Lez en 17 jours, ce qui permettrait d'éliminer rapidement une éventuelle pollution.

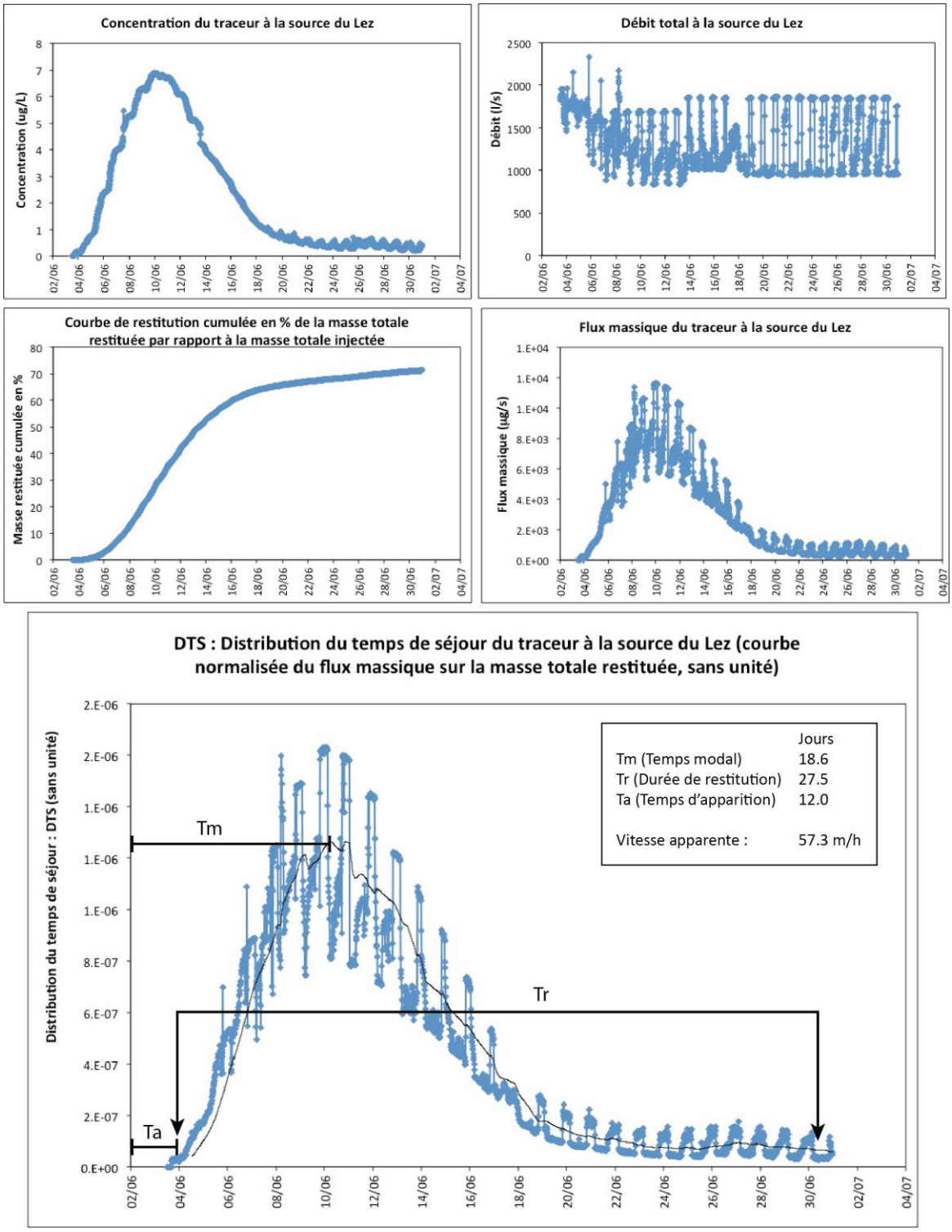


Illustration 16 : Restitution du traceur « sulforhodamine » à la source du Lez : En haut, courbes de concentration, de débit, de masse restituée cumulée et de flux massique du traceur au cours du temps à la source du Lez ; en bas : Distribution du temps de séjour (DTS) du traceur à la source.

3.2.5. Traçage de la perte de la Tourquille-Gorniès (GMU 5)

A 19 h 30, le vendredi 25 mai 2012, les conditions étaient quasi optimales pour l'injection au niveau de la perte de Gornies avec un écoulement du ruisseau de l'ordre de 3 l/s et une perte

absorbant de l'ordre de 2 l/s. Quinze kilogrammes de fluorescéine ont été injectés et absorbés quasiment dans leur intégralité en moins de 24 h : une visite sur le site d'injection le samedi 26 mai vers 19h a permis de constater que la zone de perte, active lors de la réalisation du traçage était alors sèche, cette zone s'étant déplacée d'environ 50 m vers l'amont avec un débit inférieur ou égal à 1 l/s. Il restait néanmoins un peu de fluorescéine très diluée dans une vasque un peu en aval, où l'absorption par la perte semblait beaucoup plus restreinte. L'ensemble de ces éléments laisse supposer que le traceur a été correctement « poussé » après injection d'autant plus qu'un gros orage de 20 - 25 mm s'est abattu sur la zone le dimanche 27 mai.

Les sources suivies dans le cadre de ce traçage sont la source des Fontanilles et la source du Lez. Un fluorimètre et un préleveur ont ainsi été installés le mardi 29 mai à la source des Fontanilles ainsi qu'un second fluorimètre à la source du Lez. A la date de remise de ce rapport (Décembre 2012), le suivi en continu des différentes sources n'a permis d'identifier aucune restitution, ce qui laisse présager que le traceur est encore présent dans l'aquifère ; sa faible mobilisation pouvant être rattachée à la période d'étiage prolongée qui a suivi l'injection et à des pluies automnales assez tardives et de relativement faible intensité. Le suivi de ces sources sera maintenu jusqu'à fin décembre afin d'identifier une éventuelle restitution.

Ce traçage est répertorié dans l'Illustration 17 et son point d'injection est visible sur l'Illustration 18.

3.2.6. Synthèse des nouveaux traçages

Les résultats des traçages réalisés dans le cadre de cette étude sont synthétisés au sein du tableau de l'Illustration 17.

Traçage	Points d'injection	Date et traceur	Points de suivi	R*	Commentaire
GMU 1	Aven de la Fausse Monnaie	20/04/2010 à 12h00 fluorescéine (4 kg)	Source des Fontanilles (fluorimètre)	(-)	
			Source du Lirou (fluorimètre)	(+)	Restitution > 50 % pour le cumul des deux sources
			Source du Lez (fluorimètre)	(+)	
GMU 2	Perte du Mas Martin	03/02/2011 sulforhodamine (5 kg)	Source du Lirou (fluorimètre)	?	Crue ayant entraîné un pic de fluorescence (lié à la turbidité ?) : le passage du traceur n'est pas validé par le spectrophotomètre en laboratoire
			Source des Fontanilles (fluorimètre)	?	
			Source du Lez (fluorimètre)	?	
			Source de Fontbonne (fluorimètre)	?	
GMU 3	Aven Roussière	17/02/2011 fluorescéine (5 kg)	Source du Lirou (fluorimètre)	?	Crue ayant entraîné un pic de fluorescence (lié à la turbidité ?) : le passage du traceur n'est pas validé par le spectrophotomètre en laboratoire
			Source des Fontanilles (fluorimètre)	?	
			Source du Lez (fluorimètre)	?	
			Source de Fontbonne (fluorimètre)	?	
GMU 4	Brestalou de Claret	22/05/2012 à 12h sulforhodamine (10 kg)	Source du Lez (fluorimètre)	(+)	Restitution > 70 %
GMU 5	Perte de le Tourquille (Gornies)	25/05/2012 à 19 h 30 fluorescéine (15 kg)	Source du Lez (fluorimètre)	(-)	
			Source des Fontanilles (fluorimètre)	(-)	

Illustration 17 : Tableau de synthèse des cinq essais de traçages réalisés dans le cadre du projet Lez-GMU (R = Restitution, (+) = résultat positif, (-) = résultat négatif, ? = résultat non démontré)*

Ils sont localisés sur l'Illustration 18. Ils ont permis de confirmer, à l'ouest, l'appartenance de l'Aven de la Fausse Monnaie au bassin hydrogéologique du Lez. Au Nord, ils confirment la connexion entre la perte du Brestalou de Claret et la source du Lez. Le suivi du traçage de la Perte de la Tourquille (Gornies) est toujours en cours.

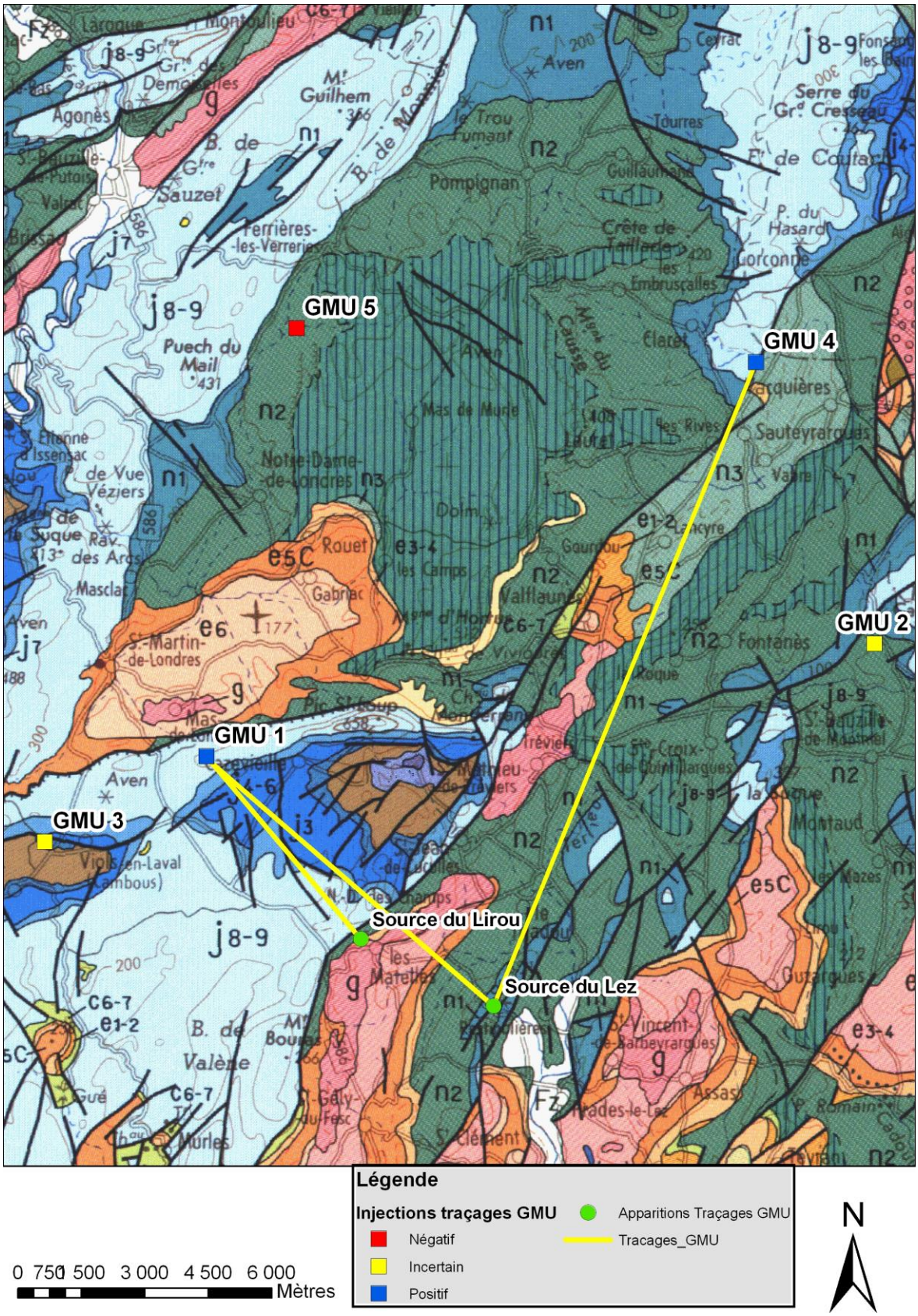


Illustration 18 : Localisation des nouveaux essais de traçages réalisés dans le cadre du projet Lez-GMU

4. Liens hydrodynamiques entre piézomètres et source du Lez

Dans cette partie, les liens hydrodynamiques existant entre les forages de surveillance de l'aquifère du Lez, équipés d'enregistreurs de la piézométrie au pas de temps de 15 mn (réseau de suivi Montpellier Agglomération) et la source du Lez sont présentés pour un cycle hydrologique (du 1er septembre 2001 au 30 août 2002).

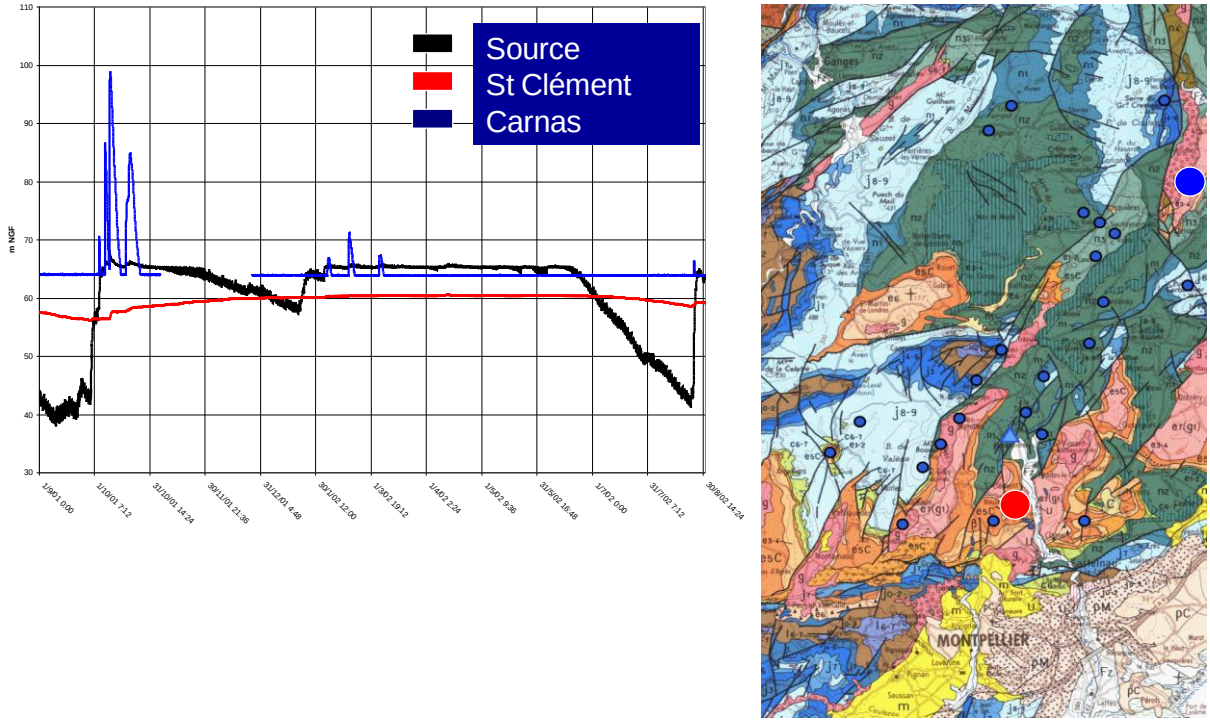
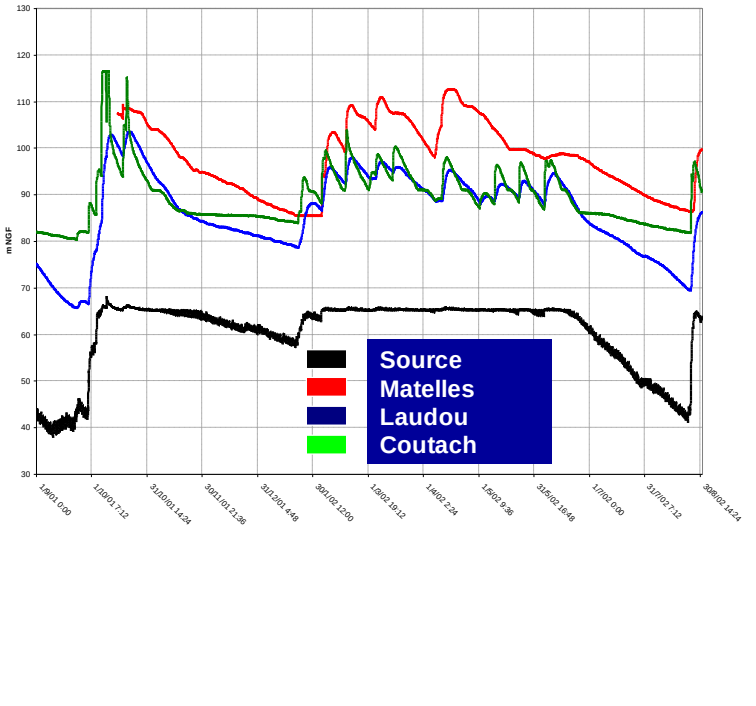


Illustration 19 : Extrait de carte géologique 1 : 250000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages de St Clément et Carnas.

Les piézomètres de St-Clément et Carnas (Illustration 19) sont caractérisés par une absence de corrélation entre leurs variations piézométriques et les variations de niveau à la source du Lez. Il n'existe donc pas de connectivité apparente avec le réseau de drainage principal du système karstique du Lez.



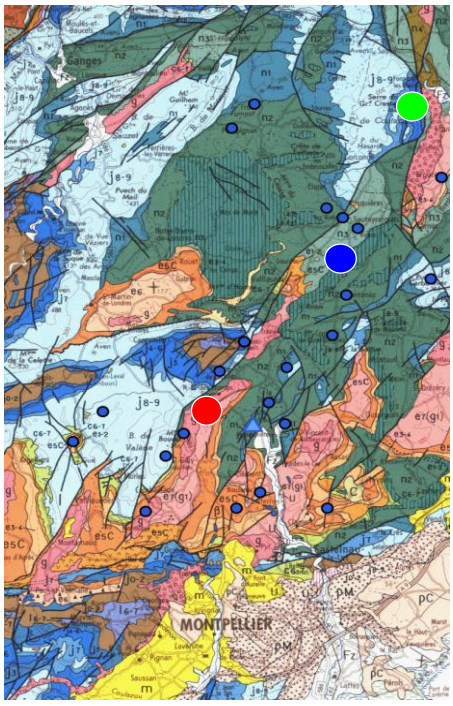


Illustration 20 : Extrait de carte géologique 1 : 250000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages Les Matelles, Laudou et Coutach.

Les piézomètres des Matelles, de Laudou et de Coutach (Illustration 20) sont caractérisés par des variations de niveau comparables à celle observées à la source mais avec un niveau supérieur de 20 à 40 m. Ceci démontre une très forte connectivité avec le réseau de drainage principal. Ces piézomètres sont situés dans un compartiment situé à l'amont hydraulique de la source.

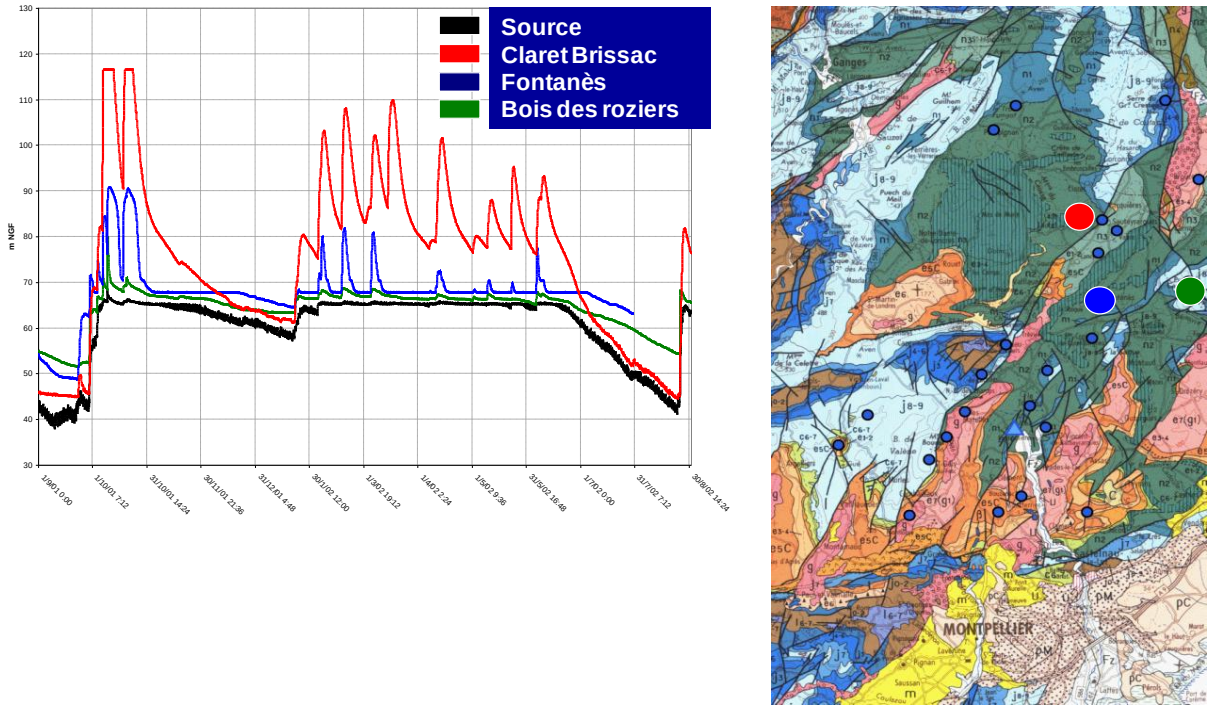
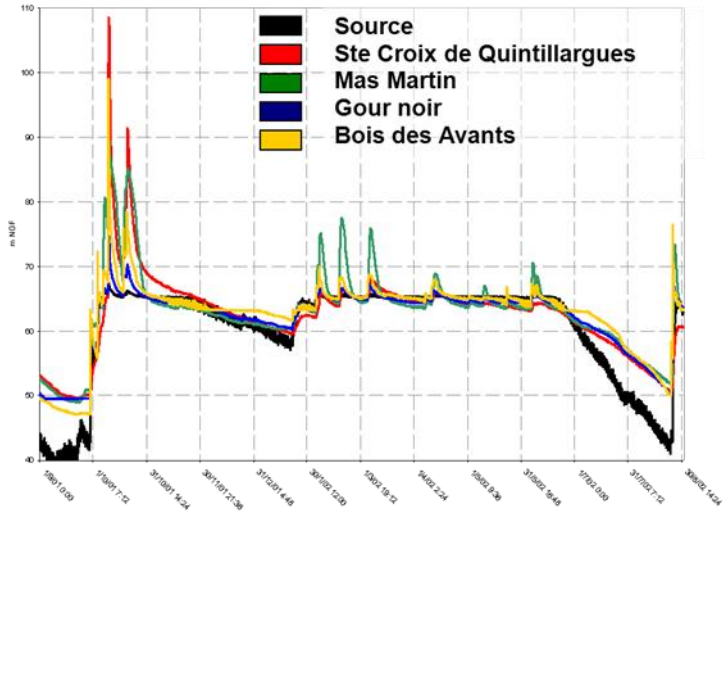


Illustration 21 : Extrait de carte géologique 1 : 250000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages Claret Brissac, Fontanes et Bois des Roziers.

Les piézomètres de Claret Brissac, Fontanès et Bois des Roziers (Illustration 21) sont caractérisés par des variations de niveau comparables à celle observées à la source mais avec des niveaux très proches tout en restant supérieurs (5 m). Cette connectivité identifiée avec le réseau de drainage principal est plus importante encore pour le piézomètre de Claret Brissac implanté sur un drain majeur.



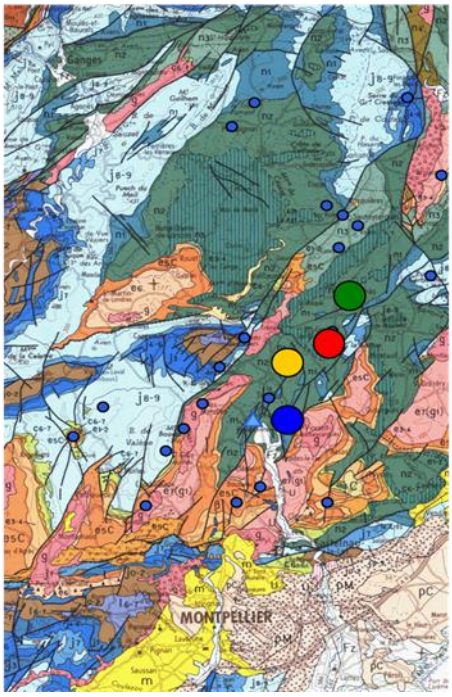


Illustration 22 : Extrait de carte géologique 1 : 250 000 (Ed. BRGM) avec position des forages suivis par Veolia pour la communauté d'agglomération de Montpellier et variations piézométriques enregistrées à la source ainsi qu'aux forages Ste Croix de Quintillargues, Mas Martin, Gour Noir et Bois des Avant.

Les piézomètres de Ste Croix de Quintillargues, de Mas Martin, de Gour noir et du Bois des Avants (Illustration 22) présentent des niveaux piézomètriques plus bas que celui de la source du Lez lorsque celle-ci déborde ce qui témoigne d'un drainage apparent vers d'autres exutoires que la source du Lez. Cependant leurs niveaux piézomètriques est plus haut que celui de la source pendant l'étiage ce qui témoigne d'un drainage apparent vers la source du Lez : ce drainage est provoqué par les pompages à la source, témoignant d'une influence de ces pompages sur ces niveaux localisés à l'aval hydraulique de la source du Lez.

5. Bassins hydrogéologiques en regimes d'écoulements naturel et anthropisé

La définition des bassins hydrogéologiques et impluvium de la source du Lez nécessite de prendre en compte deux caractéristiques spécifiques de cet aquifère karstique. D'une part, la présence d'une partie du réservoir sous couverture moins perméable induit une différence entre le bassin hydrogéologique et l'impluvium. Par ailleurs, les cycles de pompages induisant des rabattements au sein du conduit karstique à l'aval du système induisent une différence entre bassins hydrogéologiques de la source en régime naturel et en régime anthropisé (en pompage).

Ces notions de bassins sont précisées sur le schéma de l'Illustration 23. Le bassin hydrogéologique de la source du Lez correspond à l'étendue à l'intérieur de laquelle les écoulements d'eau souterraine convergent vers la source du Lez en période d'écoulement naturel. Vers l'aval (sud-est), elle s'étend jusqu'à la source. En période d'étiage, lorsque les pompages sont supérieurs au débit naturel de la source, le rabattement induit au sein du réseau de drains karstiques se propage vers l'aval. Il en résulte un bassin hydrogéologique qui s'étend à l'aval de la source. Il correspond au bassin défini par Bérard (1983) qui s'étend jusqu'au Pli de Montpellier au sud. L'impluvium, ou zone d'infiltration des eaux qui alimentent la source du Lez, est constitué par les secteurs dans lesquels l'aquifère (Jurassique) est libre et peut donc être rechargé par les eaux d'infiltration. A cela, s'ajoutent, sur la zone de couverture (Crétacé), les bassins versants des pertes qui collectent les eaux de ruissellement qui convergent vers les pertes, permettant une infiltration directe dans l'aquifère du Lez.

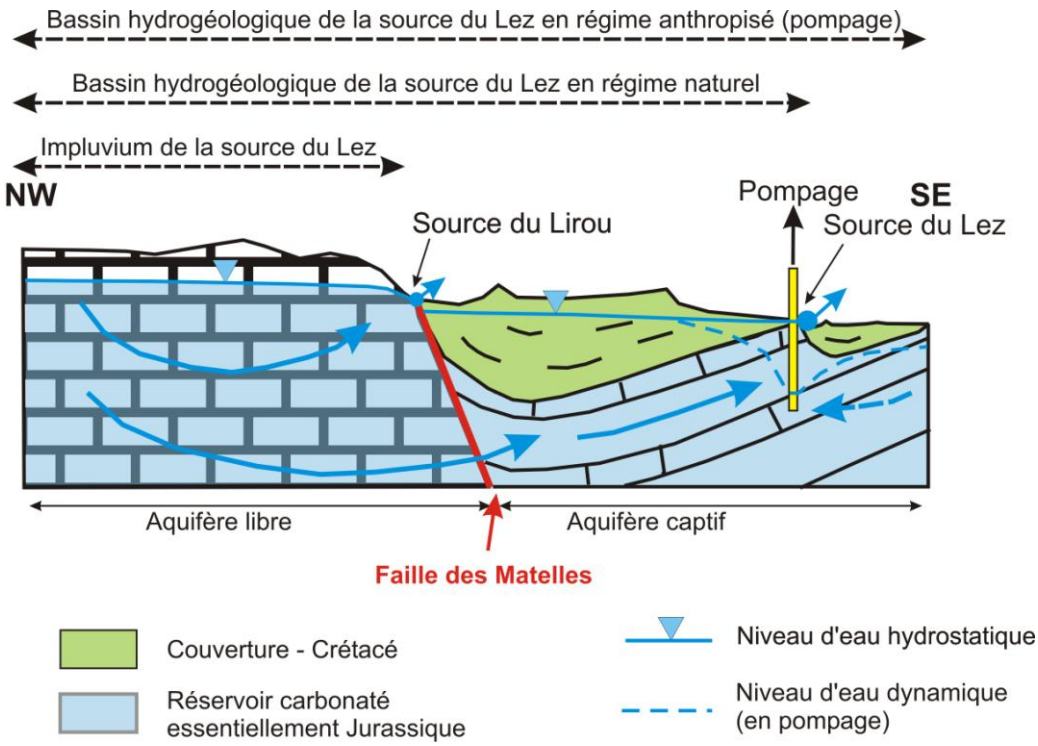


Illustration 23 : Coupe hydrogéologique scématique du système karstique du Lez avec distinction des bassins hydrogéologiques de la source, du pompage et de l'impluvium (pour ce dernier, par simplification, les bassins des pertes ne sont pas schématisés).

Sur la base de la synthèse des différents traçages réalisés sur l'aquifère du Lez, il nous est possible de proposer les limites du bassin hydrogéologique de la source en régime d'écoulement naturel, lorsque l'effet des pompages ne perturbe que peu le gradient piézométrique et que le niveau de la source est supérieur au seuil de débordement (Illustration 24). Ce bassin diffère du bassin hydrogéologique du pompage (défini par Bérard) essentiellement dans la partie Sud où, vers l'aval, il se limite à la source du Lez.

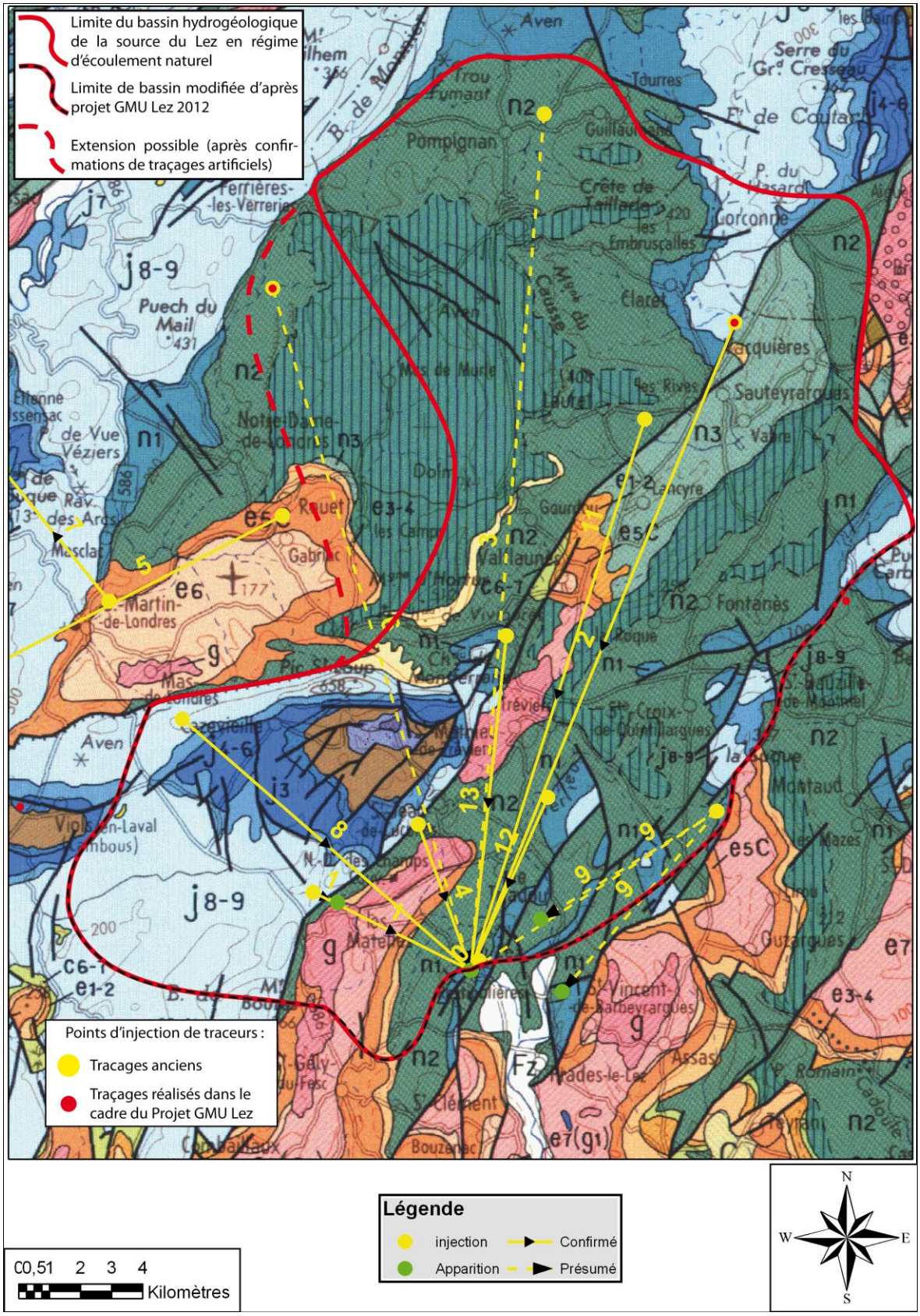


Illustration 24 : Limites du bassin hydrogéologique présumé de la source du Lez en régime d'écoulement naturel.

L'impluvium de l'aquifère du Lez est cartographié à l'Illustration 25 : il est composé de secteurs disjoints correspondant aux zones de calcaires affleurant et aux zones de pertes. Ce sont ces secteurs dans lesquels l'eau qui s'infiltre s'écoule vers l'exutoire du Lez. Ce sont également les zones les plus vulnérables de l'aquifère (cf rapport AT2 ; Batiot et al., 2012). Cet impluvium constitue la base de la réflexion pour la définition de la zone de sauvegarde actuelle de la ressource en eau qui sera définie dans un rapport ultérieur du projet Lez-GMU.

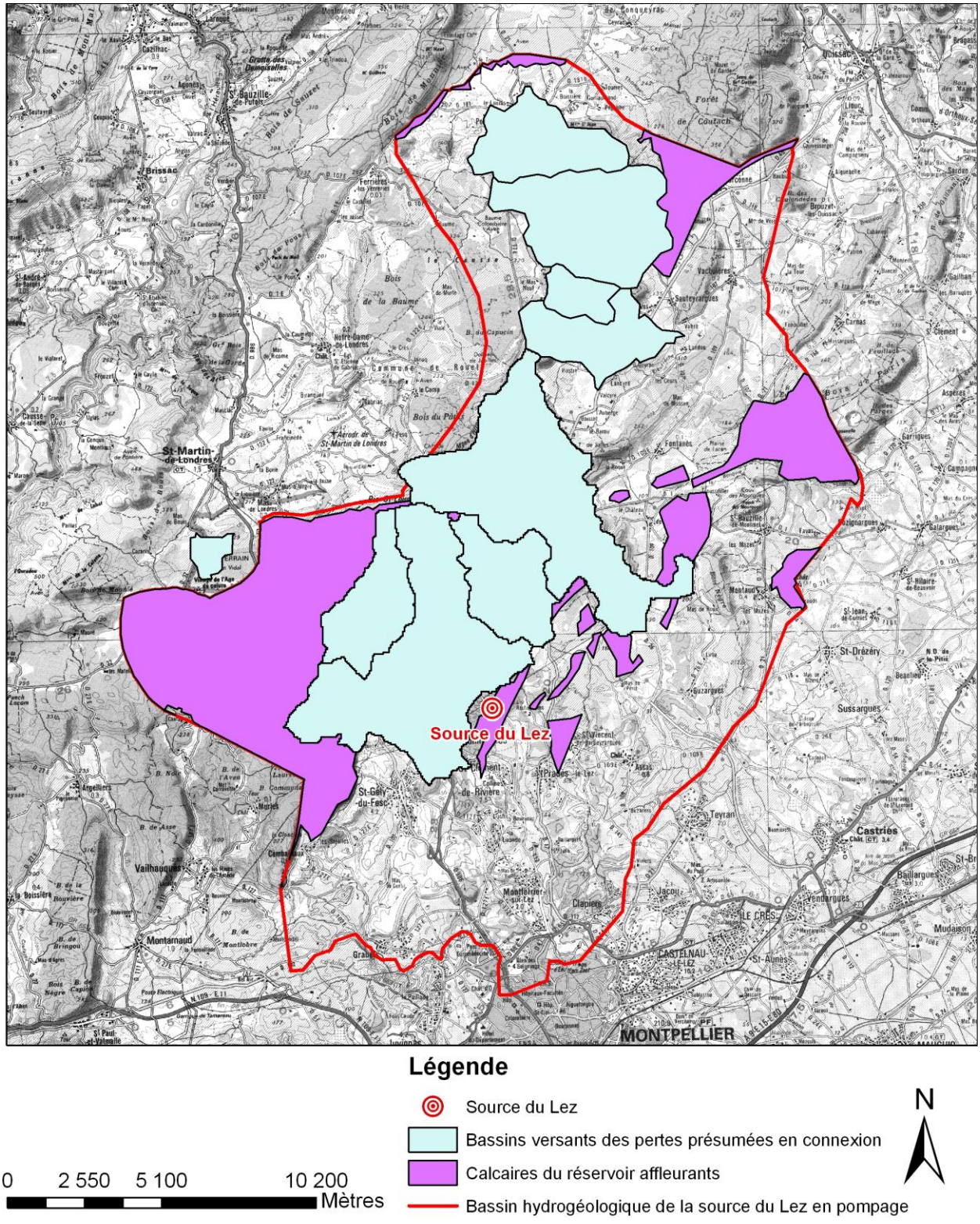


Illustration 25 : Limites de l'impluvium de l'aquifère du Lez et bassin hydrogéologique en régime anthropisé

6. Conclusion

Les forages et essais de traçages artificiels réalisés dans le cadre de l'AT1 du projet Lez-GMU permettent de préciser la structure et le fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère karstique du Lez.

Les trois forages réalisés permettent d'obtenir des informations hydrodynamiques complétant le réseau existant, sur des sous-compartiments contrastés du karst :

- le forage du Triadou traverse une zone karstifiée au sommet du Jurassique Supérieur, en relation directe avec le réseau de drainage principal,
- le forage de Viols-en-Laval 1 témoignerait du fonctionnement de la zone saturée pour un milieu sans drains majeurs,
- le forage de Viols-en-Laval 2 serait caractéristique du fonctionnement de la zone d'infiltration de l'aquifère du Lez, dans une zone peu perméable, faiblement connectée au réseau karstique.

Le forage du Triadou apporte des informations remarquables sur l'extension de la karstification en profondeur à proximité de la source du Lez.

Les essais de traçages artificiels réalisés ont permis de confirmer, à l'ouest, l'appartenance de l'Aven de la Fausse Monnaie au bassin hydrogéologique du Lez. Au Nord, ils confirment la connexion entre la perte du Brestalou de Claret et la source du Lez. Le suivi du traçage de la Perte de la Tourquille (Gornies) donne un résultat négatif.

L'analyse des piézomètres permet de distinguer des comportements hydrodynamiques différents qui justifient de les intégrer dans le réseau d'observation de l'aquifère. Au sujet de ce dernier, des propositions seront faites dans le rapport final du projet Lez-GMU, notamment concernant l'intégration des nouveaux forages au sein de ce réseau.

Ces résultats permettent de confirmer l'extension actuelle du bassin hydrogéologique de la source en régime naturel et en régime anthropisé (pompage) ainsi que de proposer un impluvium de la source du Lez.

7. Bibliographie

Anonyme (1997). Expériences de traçage quantitatif aux alentours de la source du Lez. Rapport GEO PROSPECT.

Batiot-Guilhe, C., B. Ladouche, J.L. Seidel, V. Prié, F. Cernesson, N. Dorfliger, M. Blanc, J.C. Maréchal, V. Léonardi, P.Y. Vion (2012). Projet Gestion multi-usages de l'hydrosystème karstique du Lez : caractérisation hydrochimique ; qualité chimique, vulnérabilité de l'hydrosystème et de l'écosystème associé. AT2, rapport final, BRGM/RP-61013-FR.

Berard, P., (1983). Alimentation en eau de la Ville de Montpellier. Captage de la source du Lez ; Rapport BRGM / 83 SGN 325 LRO, 22 p.

Drogue, C., (1964): *"Étude hydrogéologique des principales ressources de la région Nord Montpelliérain."* Mémoire du CERH, t. 1, Montpellier, 62-121.

Dubois, P. (1962). Deux expériences de colorations à la bordure méridionale des Cévennes. I- Coloration du réseau souterrain du Lez (Hérault). II – Coloration du ruisseau souterrain de Rogues (Gard). SB 4ème série, Mémoires N°2, 41-50, Actes du 4ème Congrès National de Spéléologie, Belfort-Malvaux.

Dubois, P. (1964). Colorations du SCAL en 1964 – Perte de la Tourquille. BSCAL, rapport d'activités 1964, 51-54.

Durepaire, P., (1985). Inventaire et étude géologique, hydrogéologique et géomorphologique détaillés des cavités naturelles du bassin d'alimentation de la source du Lez (Hérault). mémoires du CERGA. USTL. Montpellier. Tome X, fascicules 4 et 5 (texte et atlas). 1985.

Jourde H., Dörfliger N., Maréchal JC., Batiot-Guilhe C., Bouvier C., Courrioux G., Desprats JF., Fullgraf T., Ladouche B., Leonardi V., Malaterre PO., Prié V., Seidel J.L. (2011). Projet gestion multi-usages de l'hydrosystème karstique du Lez - Synthèse des connaissances récentes et passées, Rapport RP-60041-FR, 355 pp, 5 ann.

Marjolet, G. (1977). Contribution à l'étude de la vulnérabilité de l'aquifère karstique de la source du Lez. Convention 167/75 – CERGA – Agence de Bassin Rhône Méditerranée Corse – Ville de Montpellier, Montpellier (rapport inédit), 66 p.

Marjolet G., Salado J. (1978). Le système karstique de la source du Lez (Hérault). In : Méditerranée, Deuxième série, 32(1-2), 71-83.

Paloc, H., (1966). Carte hydrogéologique de la France. Région karstique nord-montpelliéraine. Inventaire des cavités naturelles et notice explicative. Mémoires du B.R.G.M. n° 50.

Annexe 1

Tableau de synthèse des traçages artificiels réalisés entre 1965 et 1985 sur l'aquifère du Lez (avec restitution à la source du Lez)

		INJECTION						REAPPARITION						
Références	**N° tracage sur carte**	**Coordonnées en lambert 93 (sauf exception en Lambert 3)**		**Acteur du traçage**	**Date d'injection**	**Nom du lieu d'injection**	**Traceur et kg**	**Coordonnées en lambert 3**		**Date de réapparition**	**Nom du lieu de réapparition**	**Distance (m)**	**Temps de transit**	**Vitesse apparente (m/h)**
H. PALOC BRGM Juillet 1966, Durepaire85	1	**764382**	**6293216**	Gouzes (SCM)	16/12/56	Boulidou des Matelles	2, fluo	718,33	160,26	30/12/56	Event du Lirou	700	336h	2,08
								721,47	158,7	17/12/56	Source du Lez (?)	4000	24h	166,6
A. GUISSART (S.C.M.) BRGM Juillet 1966, Durepaire85	2	**774471**	**6307173**	Guissart (SCM)	19/2/1957 à 22h00	Perte du Brestalou (mas de Vedel)	11, fluo			20/2/1957 à 15h00	Boulidou de Viala	800	17h	47,05
								721,47	158,7	4/3/57	Source du Lez	16500	312h (<15jr)	52,9
H. PALOC BRGM Juillet 1966, Durepaire85	2	**idem**	**idem**	Paloc	7/3/59	Perte du Brestalou de Claret	12			8/3/59	Boulidou de Viala	800	24h	33,3
P. DUBOIS (SCAL), Durepaire85	3	**769672**	**6311381**	Dubois (SCAL)	10/6/61	perte 1 du ruisseau d'artigues	20, fluo	721,47	158,7	10/10/61	Source du Lez	21 000	2952h	7,1
SCAL ? Drogue, CERH, Durepaire 85?	4	**766855**	**6294808**	Drogue (CERH)	18/4/62	Perte de Yorgues (faille de Corconne)	20, fluo	721,47	158,7	15/6/62	Source du Lez	3 700	1392h (58jr)	2,65
H. PALOC BRGM Juillet 1966, Durepaire85	5	**Lambert 3 X : 716,97**	**Lambert 3 Y : 169,32**	Paloc (SCM)	15/11/63	perte du Lamalou (amont perte du Moulin du Rouet)	15, fluo	716,2	171,45	13/12/63	Source des Fontanilles	15 400	672 (28jr)	≥22,9
								721,47	158,7	23/1/64	Source du Lez (?)	11 500		
P. DUBOIS (SCAL), Durepaire85	6	**763440**	**6307378**	Paloc (SCM)	2/2/64	Pertes (du ruisseau) de la Tourquille = de Gorniès	40, fluo	721,47	158,7	16/2/64	Source du Lez	16 800	336 (14jr)	50,6
											Source des Fontanilles	17200	336 (14jr)	51
H. PALOC BRGM Juillet 1966, Durepaire85	7	**759593**	**6300045**	Paloc (SCM)	8/11/64	Perte de Saint-Martin	20, fluo	710,4	170,35	14/11/64	Resurgence (source) des Chataigniers	4 000	<140	>28,5
								703,6	162,25	15/11/64	Source des Fontanilles	10 600	<168	>63
								721,48	158,7	5/12/64	Source du Lez (?)	12 000	648	19
Durepaire85	8	**761312**	**6297271**	SCAL	15/04/1968	Grotte de la Fausse Monnaie	20, fluo				Source du Lez	8900	27jr	13,7
Durepaire85	9	**Lambert 3 X : 727,22**	**Lambert 3 Y : 162,47**	Marjolet (CERH)	5/6/72	Perte du ruisseau de Pouzet	3, fluo	721,47	158,7		Source du Lez ?	7 000	1,5 à 4 jours	70 à 210
								723,1	159,9		Source du Gour Noir ?	5 500	1,5 à 3 jours	80 à 150
								723,62	158,22		Source de la Fleurette ?	6 200	1,5 à 4 jours	57 à 172
								?	?		Source de la Restinclières	7 000	1,5 à 4 jours	65 à 200
G. MARJOLET (CERGH)	10	**Lambert 3 X : 721,66**	**Lambert 3 Y : 158,93**	Marjolet (CERH)	sept-73	Perte du Thalweg à -200m source du Lez	uranine	721,47	158,7		Source du Lez	200	10	20
Vittenet et Durepaire85	11	**772169**	**6304310**	Marjolet (CERH)	27/04/1976 à 11h00	Brestalou de Lauret	5, uranine	721,47	158,7	10/5/76	Source du Lez	13 300	26 jours	21
G. MARJOLET (CERGH), Durepaire85	12	**Lambert 3 X : 723,24**	**Lambert 3 Y : 162,77**	Marjolet (CERH)	09/051977 à 18h00	Terrieu en aval de Tréviers	3, uranine	721,47	158,7	20/9/77	Source du Lez	4 200	10,5 jours (255h)	16,4
G. MARJOLET (CERGH), Durepaire 85	13	**Lambert 3 X : 722,24**	**Lambert 3 Y : 166,55**	Marjolet (CERH)	23/09/1977 à 11h00 (ou 23/03 ??)	Terrieu en amont de Tréviers	3, uranine	721,47	158,7	27/03/1977 à 18h00	Source du Lez	7 500	5,2 jours (124h)	60
GEO PROSPECT 97	14	**768281**	**6292532**	GEO PROSPECT	14/2/97 à 15h00	Perte du Lirou (amont)	2500, NaCl	721,47	158,7	15/02/1997	Source du Lez	1157	1 à 2 jours	15
GEO PROSPECT 97	15	**769853**	**6292604**	GEO PROSPECT	13/2/97 à 15h15	Perte du Lirou (aval)	1, uranine	721,47	158,7	18/2/1997 à 23h00	Source du Lez	2138	47 heures	13,6

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - **www.brgm.fr**

D3E/NRE

1039 rue de Pinville
34000 – Montpellier – France
Tél. : 04.67.15.79.80