

THONON AGGLOMERATION

Projet de mise en service d'un captage du site du Bois d'Anthy destiné à l'alimentation en eau potable à Anthy-sur-Léman (74)

Dossier des annexes de la demande d'examen au cas par cas

Rapport

Réf :CEAUCE192885 / REAUCE04462-01

ISC/ CAM / MCN

31/08/2020



THONON AGGLOMERATION

Projet de mise en service d'un captage du site du Bois d'Anthy destiné à l'alimentation en eau potable à Anthy-sur-Léman (74)

Dossier des annexes de la demande d'examen au cas par cas

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	31/08/2020	01	I.Schaefer  S. Grange 	C.Alem 	M. Cohen 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf :CEAUCE192885 / REAUCE04462-01
Numéro d'affaire :	A29157
Domaine technique :	DR01
Mots clé du thésaurus	ETUDE D'IMPACT DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

BURGEAP Agence Centre-Est • Bâtiment A "Hermès" - 2, rue du tour de l'eau – 38400 Saint-Martin-D'Herès Tél : 04.76.00.75.50 • Fax : 04.76.00.75.69 • burgeap.grenoble@groupeginger.com

SOMMAIRE

1.	Le contexte réglementaire du projet	4
2.	Annexes obligatoires.....	5
	Annexe obligatoire n°1 : Renseignements concernant le maître d'ouvrage	5
	Annexe obligatoire n°2 : Plan de situation du projet au 1/25 000	6
	Annexe obligatoire n°3 : Photographies de la zone d'implantation.....	7
	Annexe obligatoire n°4 : Plan du projet.....	11
	Annexe obligatoire n°5 : Plan des abords du projet.....	13
	Annexe obligatoire n°6 : Situation du projet par rapport aux sites Natura 2000.....	14
3.	Annexes volontairement transmises	15
	Annexe volontaire n°1 : Contexte environnemental	16
	Annexe volontaire n°2 : Arrêté préfectoral et périmètres de protection actuels du captage du Bois d'Anthy	20
	Annexe volontaire n°3 : Etude hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy	21

TABLEAUX

Tableau 1 : Catégorie de projet soumis à examen cas par cas potentiellement concerné par le projet de mise en service d'un captage - Extrait de l'Annexe à l'article R.122-2 du Code de l'Environnement	4
---	---

FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet au 1/25 000 (source : Géoportail)	6
Figure 2 : Localisation des prises de vue du site et de ses abords (source : BURGEAP, élaboration sur fond de plan Géoportail)	7
Figure 3 : Plan de masse du projet (source : BURGEAP, élaboration sur fond de plan Géoportail)	11
Figure 4 : Schéma de principe de l'équipement prévisionnel de la tête du forage (source : BRGM, guide d'application de l'arrêté interministériel du 11/9/2003 modifié par BURGEAP).....	12
Figure 5 : Plan des abords de l'emprise du projet (source : élaboration sur fond de plan Géoportail)	13
Figure 6 : Repérage des sites Natura 2000 les plus proches de l'emprise du projet (source : Géoportail)	14
Figure 7 : Localisation des zones humides autour du captage du Bois d'Anthy	17
Figure 8 : Localisation des zones de petes du Pamphiot (source : Géoportail annoté BURGEAP)	19

PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 : Chambre de réunion (vue extérieure)	8
Photographie 2 : Chambre de réunion (vue intérieure)	8
Photographie 3 : Vue d'ensemble de la chambre de captage et du forage (vue nord-est).....	9
Photographie 4 : Vue du point de forage dans son environnement	9
Photographie 5 : Point de forage	10
Photographie 6 : Vue d'ensemble de la chambre de captage et du point de forage (vue sud-ouest)	10

1. Le contexte réglementaire du projet

La procédure de demande d'examen au cas par cas a été introduite par la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 et le décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact. Dernièrement, cette loi a été modifiée par l'ordonnance n°2016-1058 du 3 août 2016 et par le décret n°2016-1110 du 11 août 2016, applicables au 1er janvier 2017 à la procédure de demande d'examen au cas par cas. Celle-ci est désormais concernée par les articles L.122-1 à L.122-3-4 et R.122-1 à R.122-14 du Code de l'environnement.

La présente étude se base sur les critères d'évaluation environnementale définis dans le tableau Annexe à l'article R.122-2 du Code de l'Environnement. Ce dernier permet d'identifier les projets visés par la 3^{ème} colonne du tableau qui relèvent de l'examen au cas par cas.

Les projets donnant lieu à un permis d'aménager ou à un permis de construire peuvent être soumis à étude d'impact systématique ou à un examen préalable au cas par cas selon les critères définis ci-dessous.

Tableau 1 : Catégorie de projet soumis à examen cas par cas potentiellement concerné par le projet de mise en service d'un captage - Extrait de l'Annexe à l'article R.122-2 du Code de l'Environnement

Catégorie de projet	Projet soumis à évaluation environnementale	Projet soumis à examen au cas par cas	Positionnement du projet
17. Dispositifs de captage et de recharge artificielle des eaux souterraines (telles que définies à l'article 2.2 de la directive 2000/60/CE).	Dispositifs de captage ou de recharge artificielle des eaux souterraines lorsque le volume annuel d'eaux à capter ou à recharger est supérieur ou égal 10 millions de mètres cubes.	<p>a) Dispositifs de recharge artificielle des eaux souterraines (non mentionnés dans la colonne précédente).</p> <p>b) Dispositifs de captage des eaux souterraines, lorsque le volume annuel prélevé est inférieur à 10 millions de mètres cubes et supérieur ou égal à 200 000 mètres cubes, excepté en zone où des mesures permanentes de répartition quantitative instituées ont prévu l'abaissement des seuils.</p> <p>c) Dispositifs de captage des eaux souterraines en nappe d'accompagnement :</p> <ul style="list-style-type: none"> -d'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m³/heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau ; -lorsque le débit du cours d'eau en période d'étiage résulte, pour plus de moitié, d'une réalimentation artificielle. Toutefois, en ce qui concerne la Seine, la Loire, la Marne et l'Yonne, le seuil à utiliser est une capacité de prélèvement supérieure à 80 m³/heure. <p>d) Dispositifs de captage des eaux souterraines en zone où des mesures permanentes de répartition quantitative instituées ont prévu l'abaissement des seuils, lorsque la capacité totale est supérieure ou égale à 8 m³/heure.</p>	Le projet prévoit un prélèvement en eau souterraine par forage en complément du captage existant. Le projet est concerné par cette rubrique

Compte tenu de la nature du projet d'aménagement étudié et de son implantation, celui-ci est soumis à une **procédure de demande d'examen au cas par cas** conformément au tableau annexé à l'article R.122-2 du Code de l'environnement.

La procédure de demande d'examen au cas par cas, analysée par les services de l'Autorité Environnementale statuant sur la nécessité ou non pour le pétitionnaire de réaliser une étude d'impact, consiste à renseigner le formulaire CERFA n°14734*03 de demande d'examen au « cas par cas » préalable à la réalisation d'une étude d'impact.

Ce formulaire permet de présenter les rubriques administratives, les caractéristiques du projet, l'historique des procédures administratives, les sensibilités environnementales et les caractéristiques de l'impact potentiel du projet.

Ce formulaire CERFA n°14734*03 requiert également six annexes obligatoires présentées au paragraphe suivant.

2. Annexes obligatoires

Objet		
1	Document CERFA n°14734 intitulé « informations nominatives relatives au maître d'ouvrage ou pétitionnaire » - non publié ;	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Un plan de situation au 1/25 000 ou, à défaut, à une échelle comprise entre 1/16 000 et 1/64 000 (Il peut s'agir d'extraits cartographiques du document d'urbanisme s'il existe) ;	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Au minimum, 2 photographies datées de la zone d'implantation, avec une localisation cartographique des prises de vue, l'une devant permettre de situer le projet dans l'environnement proche et l'autre de le situer dans le paysage lointain ;	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Un plan du projet <u>ou</u> , pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux catégories 5° a), 6° b) et c), 7°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 22°, 32, 38° ; 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement un projet de tracé ou une enveloppe de tracé ;	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Sauf pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux 5° a), 6° b) et c), 7°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 22°, 32, 38° ; 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement : plan des abords du projet (100 mètres au minimum) pouvant prendre la forme de photos aériennes datées et complétées si nécessaire selon les évolutions récentes, à une échelle comprise entre 1/2 000 et 1/5 000. Ce plan devra préciser l'affectation des constructions et terrains avoisinants ainsi que les canaux, plans d'eau et cours d'eau ;	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Si le projet est situé dans un site Natura 2000, un plan de situation détaillé du projet par rapport à ce site. Dans les autres cas, une carte permettant de localiser le projet par rapport aux sites Natura 2000 sur lesquels le projet est susceptible d'avoir des effets.	<input checked="" type="checkbox"/>

Annexe obligatoire n°1 : Renseignements concernant le maître d'ouvrage

La feuille de renseignements concernant le maître d'ouvrage est éditée séparément.

Annexe obligatoire n°3 : Photographies de la zone d'implantation

Un reportage photographique a été réalisé sur site entre le 11 et 15 décembre 2019. La Figure 2 ci-dessous localise les prises de vue réalisées. Elles sont présentées au fil des pages suivantes.

Figure 2 : Localisation des prises de vue du site et de ses abords (source : BURGEAP, élaboration sur fond de plan Géoportail)



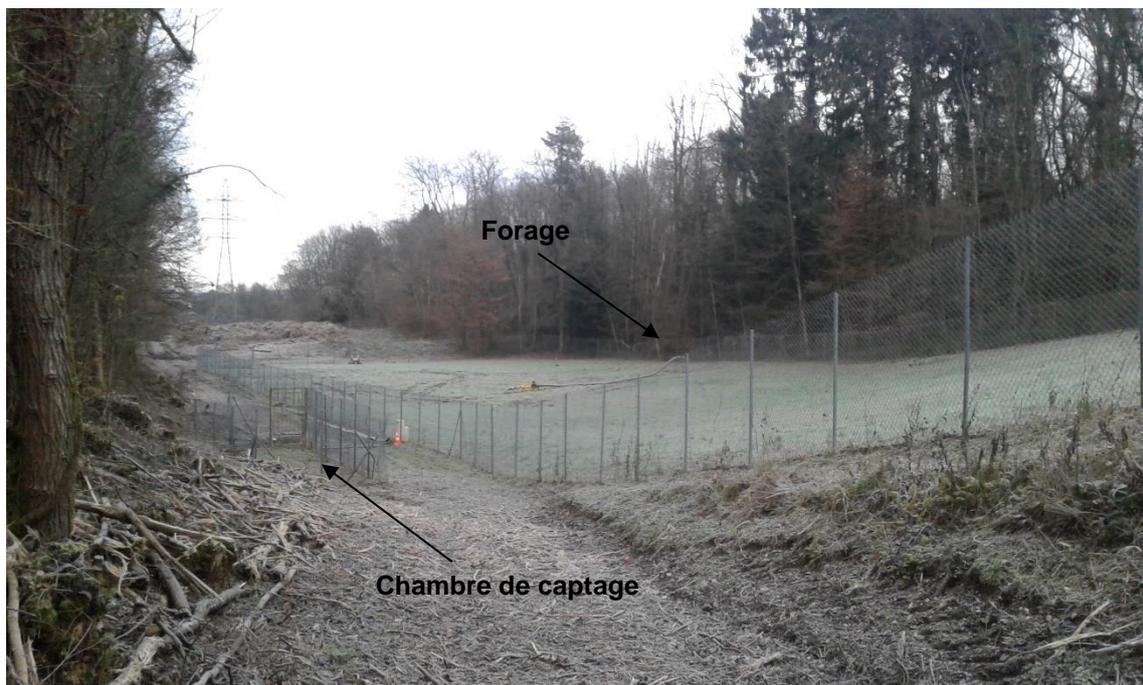
Photographie 1 : Chambre de réunion (vue extérieure)



Photographie 2 : Chambre de réunion (vue intérieure)



Photographie 3 : Vue d'ensemble de la chambre de captage et du forage (vue nord-est)



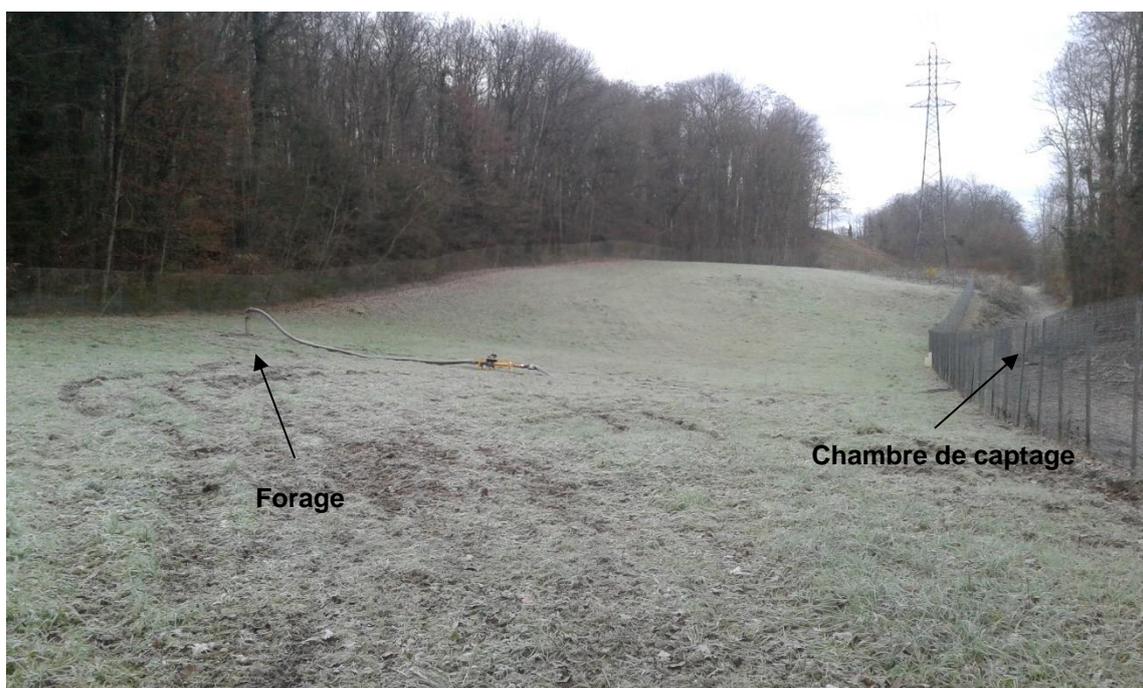
Photographie 4 : Vue du point de forage dans son environnement



Photographie 5 : Point de forage



Photographie 6 : Vue d'ensemble de la chambre de captage et du point de forage (vue sud-ouest)



Annexe obligatoire n°4 : Plan du projet

Figure 3 : Plan de masse du projet (source : BURGEAP, élaboration sur fond de plan Géoportail)

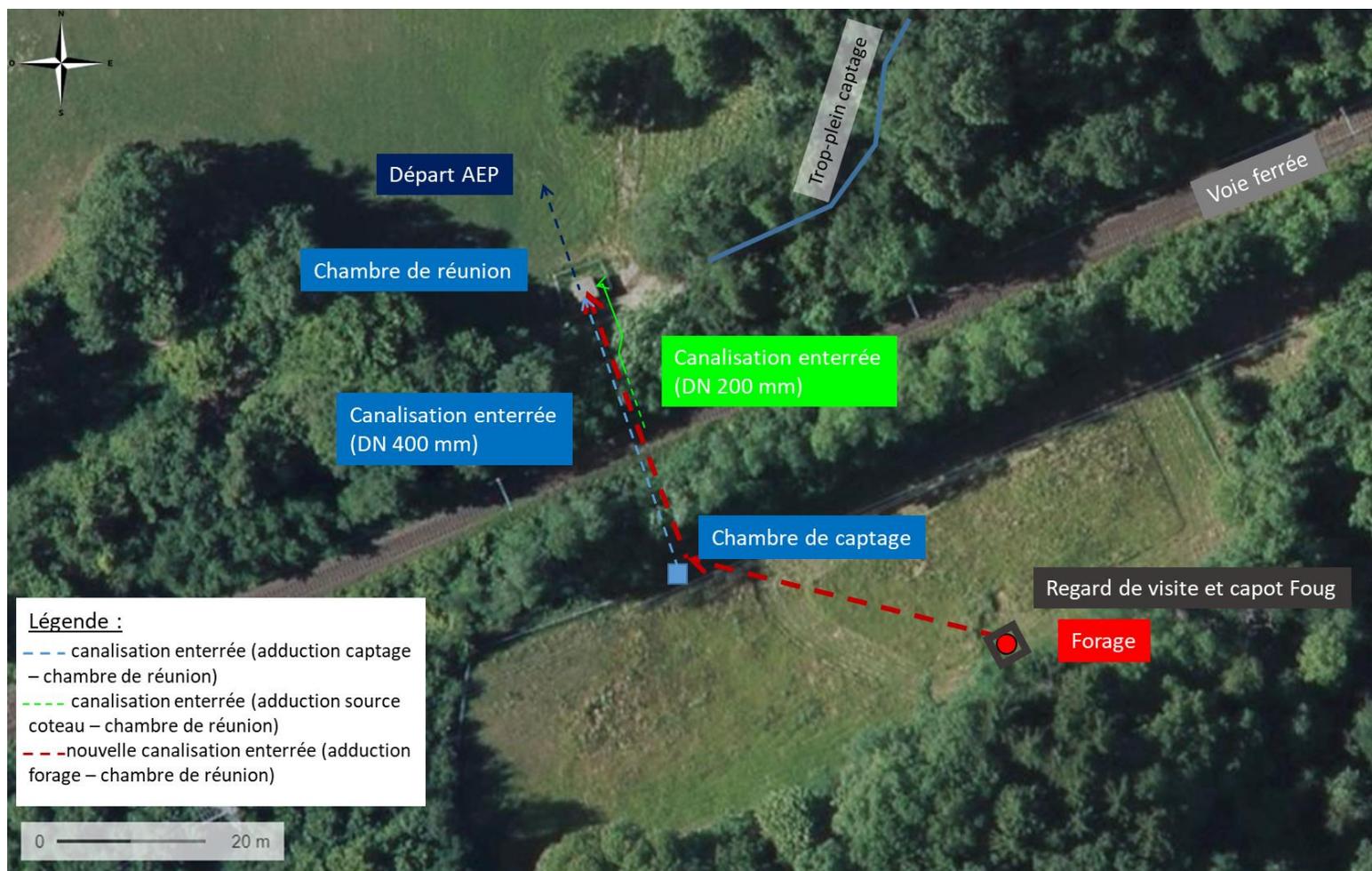
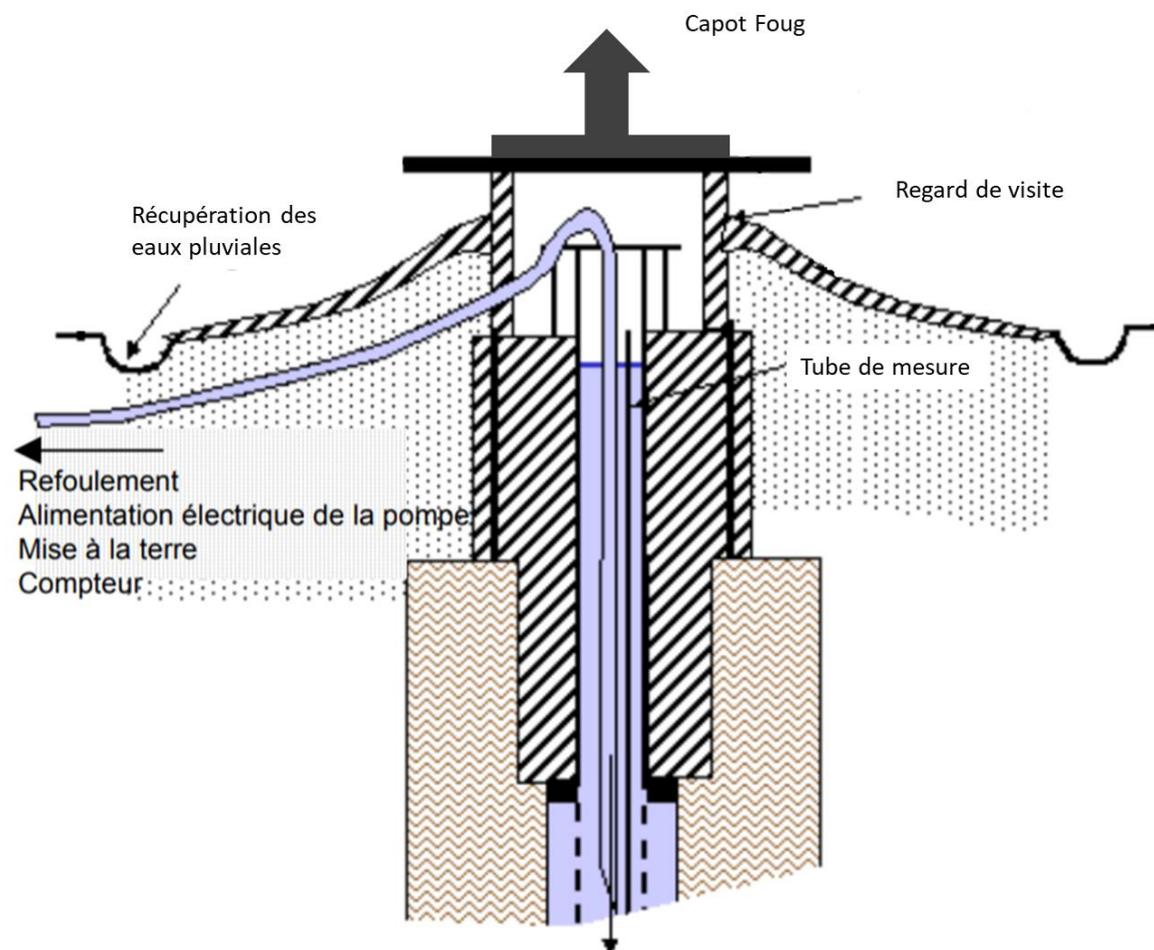
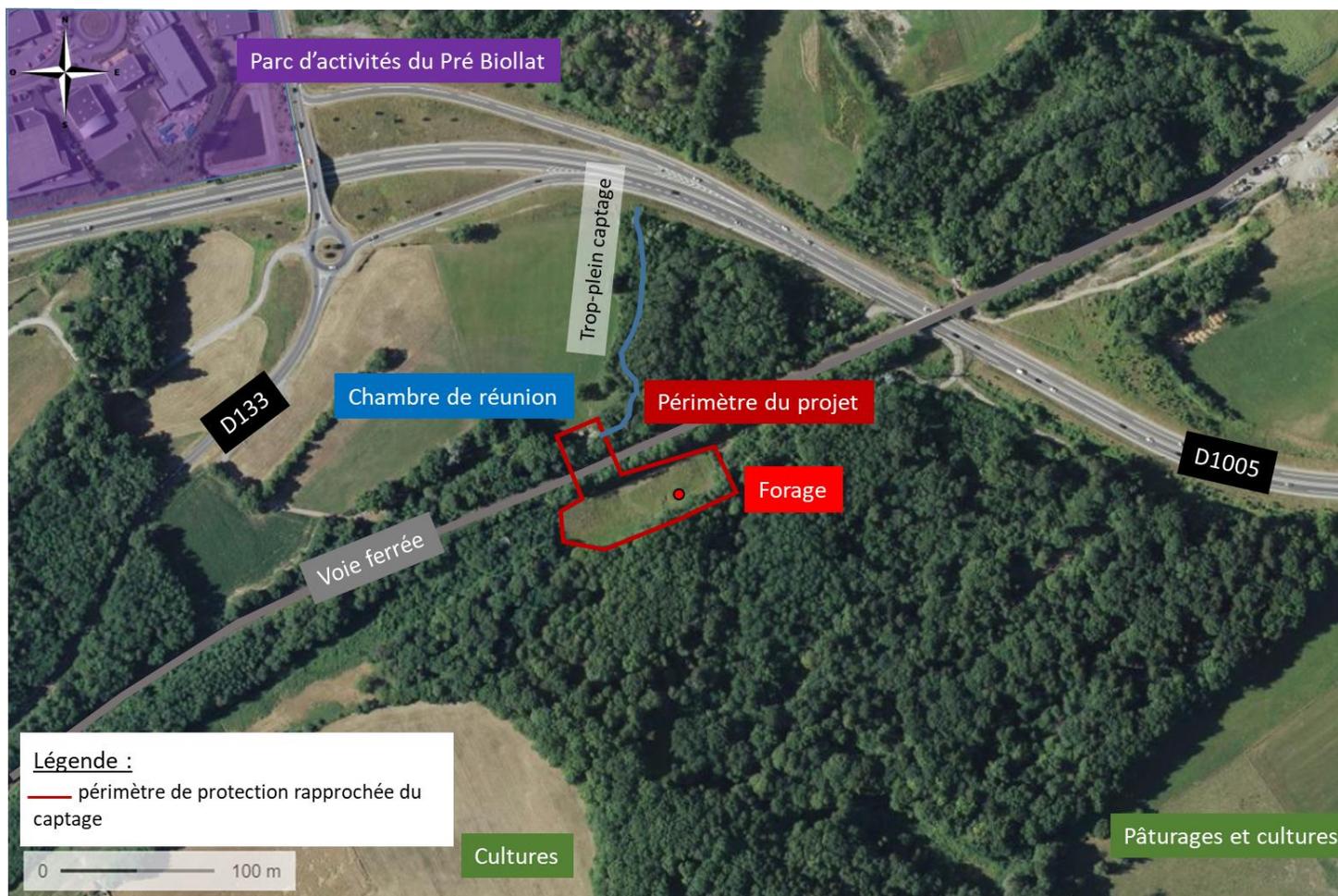


Figure 4 : Schéma de principe de l'équipement prévisionnel de la tête du forage (source : BRGM, guide d'application de l'arrêté interministériel du 11/9/2003 modifié par BURGEAP)



Annexe obligatoire n°5 : Plan des abords du projet

Figure 5 : Plan des abords de l'emprise du projet (source : élaboration sur fond de plan Géoportail)



Annexe obligatoire n°6 : Situation du projet par rapport aux sites Natura 2000

Le réseau « Natura 2000 » s'inscrit au cœur de la politique de conservation de la nature de l'Union européenne et est un élément clé du dispositif visant à enrayer l'érosion de la biodiversité.

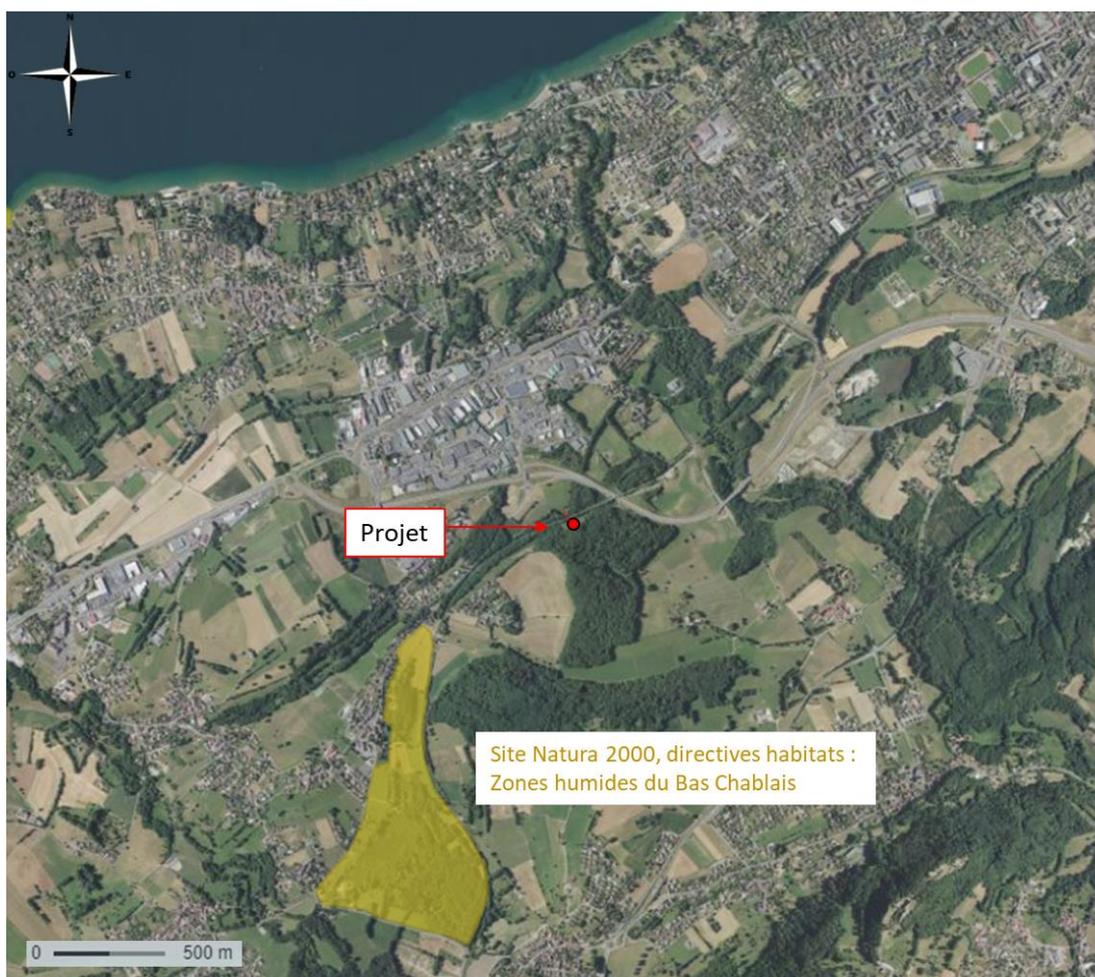
Ce réseau, mis en place en application de la Directive « Oiseaux » datant de 1979 et de la Directive « Habitats » datant de 1992, vise à assurer la survie à long terme des espèces et des habitats particulièrement menacés, à forts enjeux de conservation en Europe. Il est constitué d'un ensemble de sites naturels, terrestres et marins, identifié pour la rareté ou la fragilité des espèces de la flore et de la faune sauvage et des milieux naturels qu'ils abritent.

La structuration de ce réseau comprend :

- Des Zones de Protection Spéciale (ZPS), visant la conservation des espèces d'oiseaux sauvages figurant à l'annexe I de la Directive « Oiseaux » ou qui servent d'aires de reproduction, de mue, d'hivernage ou de zones de relais à des oiseaux migrateurs ;
- Des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) visant la conservation des types d'habitats et des espèces animales et végétales figurant aux annexes I et II de la Directive « Habitats ».

L'emprise du projet est localisée à 810 mètres au nord-est de la ZSC « Zones humides du bas Chablais », en aval hydraulique.

Figure 6 : Repérage des sites Natura 2000 les plus proches de l'emprise du projet (source : Géoportail)



3. Annexes volontairement transmises

Annexe volontaire n° 1 : Contexte environnemental – BURGEAP 2020

Annexe volontaire n° 2 : Arrêté préfectoral et périmètres de protection du captage du Bois d'Anthy

Annexe volontaire n° 3 : Etude hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy BURGEAP 2014

Annexe volontaire n°1 : Contexte environnemental

Note de synthèse des impacts du projet sur les zones humides et les cours d'eau

BURGEAP

Août 2020

Cette annexe contient 3 pages.

Les autres zones humides sont toutes situées soit en dehors de l'aquifère, soit déconnectées de ce dernier avec :

- Des zones humides en dehors de l'aquifère et donc totalement déconnectées de ce dernier : Les Lanches, les Planchamps ;
- Des zones humides déconnectées de l'aquifère, car situées en rive droite du Phamphiot : Chignens sud et nord-est, Versoie et Marclaz) ;
- Des zones humides en lien avec les terrasses de surface et/ou des petites résurgences de surface qui ne peuvent pas être alimentées par l'aquifère : les Hutins, Bertholle, Biolley.

Au final, l'ensemble des observations de terrain confirment l'absence d'impact du pompage sur les zones humides.

► Impact sur les cours d'eau

► Impact sur le Ruisseau des Fosseaux

Le ruisseau de Fosseaux est un cours d'eau très anthropisé busé sur quasiment tout son lit, jusqu'à son exutoire au lac Léman. Il prend naissance avec les eaux du trop-plein de la zone humide de la Verniaz (appelée également zone humide des Buissons), récupère une partie des eaux pluviales de la zone d'activité au nord, ainsi que de nombreux drainages d'écoulement diffus souterrains ou d'anciennes sources dans le système de terrasses graveleuses d'Anthy. Les mesures sur la zone humide des Buissons réalisées dans le cadre des pompages d'essai de 2013 montrent l'indépendance du pompage vis-à-vis de cette zone humide et donc de l'alimentation des Fosseaux.

► Impact sur le Pamphiot

La Pamphiot est le principal cours d'eau du secteur, en bordure nord et est de l'aquifère du Bois d'Anthy.

Le trop-plein de la source du Bois d'Anthy se déverse directement dans le Phamphiot par un fossé ouvert vers le nord-Est, sans recouper/alimenter de zone humides.

En période de fort débit de la source du Bois d'Anthy, le trop-plein de débit non utilisé pour l'eau potable, se déverse dans ce fossé. En période d'étiage, l'intégralité du débit de la source est utilisée pour l'eau potable de la commune. Ne subsiste qu'un petit écoulement très faible (< 0,2 l/s, difficile à jauger sur le terrain), en lien avec des fuites du captage, comme le montrent les observations faites en octobre 2019 (période pluvieuses, début de la source encore faible en début de la période de recharge, la totalité du débit de la source utilisée pour l'eau potable). **Le mode d'exploitation envisagé en période de basses eaux ne va pas modifier les apports vers le trop-plein** puisque le pompage est envisagé uniquement en période de basses eaux lorsque le débit de la source est intégralement dérivé pour l'eau potable. De plus, il existera toujours un débit résiduel à la source, donc au trop-plein, supérieur au débit quasi nul existant aujourd'hui lorsque l'intégralité du débit de la source est exploitée pour l'eau potable.

Les études géologiques montrent que l'extension de l'aquifère est rapidement limitée vers l'est, donc vers le Pamphiot. Il reste possible, mais cela reste à vérifier, qu'une partie du débit du Pamphiot se perde au profit de l'aquifère rapport BURGEAP REAUCE00929 de mars 2014). La zone de pertes potentielles est identifiée dans le secteur de Grange Allard sur la commune d'Allinges, soit 1450 m à vol d'oiseaux du captage.

Le rayon d'influence du pompage estimé pour le débit d'exploitation envisagé de 70 m³/h en pointe en régime permanent est de 165 m d'après la formule de Sichardt et une hypothèse de perméabilité des alluvions de 5.10⁻³ m/s (selon les résultats de l'essai de pompage de 2013).

Les estimations de rabattements de la nappe en régime transitoire montrent un rabattement inférieur à 5 cm à une distance de 100 m de puits pour un pompage en continu durant 30 jours.

Compte tenu de son éloignement, le projet de pompage est donc sans impact sur le débit du Pamphiot.

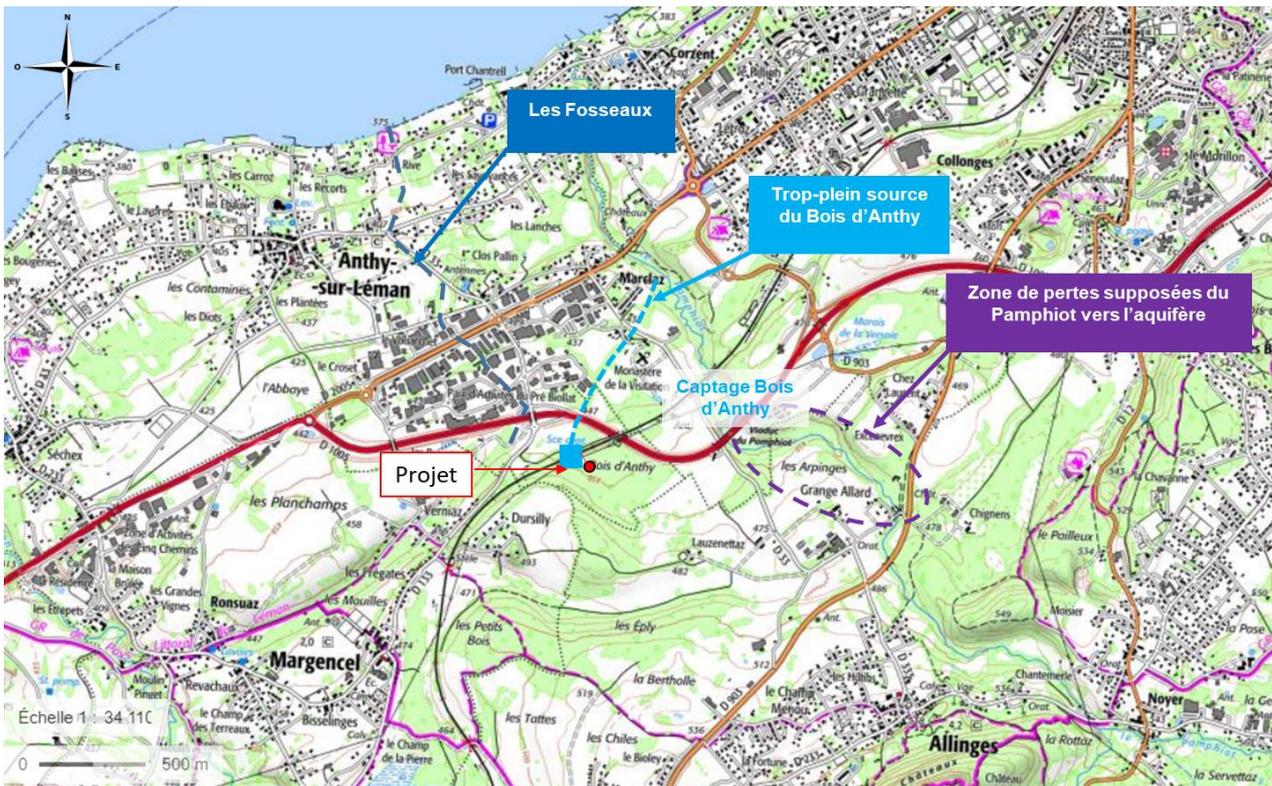


Figure 8 : Localisation des zones de pertes du Pamphiot (source : Géoportail annoté BURGEAP)

Annexe volontaire n°2 : Arrêté préfectoral et périmètres de protection actuels du captage du Bois d'Anthy

« Déclaration d'utilité publique, arrêté N° DDAF/B18.86 »

Le Préfet commissaire de la République

28/11/1986

Cette annexe contient 9 pages.

PREFECTURE DE LA HAUTE-SAVOIE

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE
ET DE LA FORET

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES AFFAIRES
SANITAIRES ET SOCIALES



MAITRE D'OUVRAGE : Commune d'ANTHY-SUR-LEMAN

NATURE DES TRAVAUX : ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DERIVATION DES EAUX ET
INSTITUTION DES PERIMETRES DE PROTECTION

Captages des "Bois d'Anthy"

DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE

Arrêté n° DDAF-B/18.86

Le Préfet,
Commissaire de la République
du Département de la Haute-Savoie,
Chevalier de l'ordre National du Mérite,

- VU - le Code de l'Expropriation pour cause d'utilité publique annexé aux décrets du 28 mars 1977, n° 77 - 392 portant codification des textes législatifs, et n° 77 - 393 portant codification des textes réglementaires, concernant l'expropriation pour cause d'utilité publique ;
- VU - l'article 113 du Code Rural sur la dérivation des eaux non domaniales ;
- VU - les articles L.20 et L.20.1 du Code de la Santé Publique ;
- VU - le décret n° 61-859 du 1er août 1961 complété et modifié par le décret n° 67-1093 du 15 décembre 1967 portant règlement d'administration publique, pris pour l'application de l'article L.20 du Code de la Santé Publique ;
- VU - la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 modifiée relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution ;
- VU - le décret n° 67-1094 du 15 décembre 1967 sanctionnant les infractions à la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre la pollution ;

.../...

VU - la circulaire interministérielle du 10 décembre 1968 relative aux périmètres de protection des points de prélèvement d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines ;

VU - le décret modifié n° 55-22 du 4 janvier 1955 portant réforme de la publicité foncière et le décret d'application modifié n° 55-1350 du 14 octobre 1955 ;

VU - la délibération en date du 26 juin 1985 par laquelle le Conseil Municipal d'Anthy-sur-Léman :

* approuve le projet d'institution des périmètres de protection des captages des "Bois d'Anthy" ;

* demande qu'il soit procédé à l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique de ce projet et de la dérivation des eaux, ainsi qu'à l'enquête parcellaire conjointe ;

* s'engage à indemniser les usagers des eaux lésés par la dérivation et à créer les ressources nécessaires à l'opération ;

VU - les plans des lieux et notamment les plans et états parcellaires des terrains compris dans les périmètres de protection des points d'eau ;

VU - l'avis du Conseil Départemental d'Hygiène en date du 26 juin 1985 ;

VU - le dossier de l'enquête à laquelle il a été procédé sur le territoire des communes d'Anthy-sur-Léman, Allinges et Margencel, conformément à l'arrêté préfectoral n° 82/85 en date du 26 septembre 1985, en vue de la déclaration d'utilité publique de la dérivation des eaux et de l'institution des périmètres de protection des captages précités ;

VU - les pièces constatant :

1) que l'avis d'enquête a été publié, affiché et inséré dans deux journaux locaux diffusés dans le département,

2) que le dossier de l'enquête est resté déposé pendant 17 jours consécutifs, du 12 au 29 novembre 1985 inclus, en Mairie d'Anthy-sur-Léman, ainsi qu'un dossier sommaire en Mairies d'Allinges et de Margencel ;

VU - les registres d'enquête et l'avis favorable du Commissaire-Enquêteur, en date du 27 décembre 1985 ;

VU - l'avis de Monsieur le Sous-Préfet, Commissaire-Adjoint de la République de l'Arrondissement de Thonon-les-Bains, en date du 12 février 1986 ;

VU - le rapport de l'Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Directeur Départemental de l'Agriculture et de la Forêt, en date du 27 novembre 1986 sur les résultats de l'enquête ;

.../...

CONSIDERANT que la réhabilitation des ouvrages et la mise en place des périmètres de protection contribueront à améliorer la qualité de l'eau des captages précités et à permettre ainsi leur utilisation pour l'alimentation en eau potable de la commune d'Anthy-sur-Léman ;

SUR la proposition de Monsieur le Secrétaire Général de la Préfecture,

- ARRETE -

Article 1er : est déclaré d'utilité publique le projet d'institution des périmètres de protection des captages des "Bois d'Anthy" utilisés pour alimenter le réseau de distribution d'eau potable de la commune d'Anthy-sur-Léman.

Article 2 : la commune d'Anthy-sur-Léman est autorisée à dériver les eaux recueillies par les captages précités situés sur son territoire, aux lieux dits "Les Bois d'Anthy Nord" et "Les Bois d'Anthy Sud", section A du plan cadastral.

Article 3 : conformément à l'engagement pris par le Conseil Municipal dans sa séance du 26 juin 1985, la commune d'Anthy-sur-Léman devra indemniser les usiniers, irrigants et autres usagers des eaux de tous les dommages qu'ils pourront prouver leur avoir été causés par la dérivation des eaux.

Article 4 : Il est établi autour des ouvrages de captage des périmètres de protection immédiate, un périmètre de protection rapprochée et un périmètre de protection éloignée, en application des dispositions de l'article L.20 du Code de la Santé Publique et du décret n° 61-859 du 1er août 1961 complété et modifié par le décret n° 67-1093 du 15 décembre 1967, ces périmètres s'étendant conformément aux indications des plans et états parcellaires annexés au présent arrêté, sur le territoire des communes d'Allinges, d'Anthy-sur-Léman, de Margencel et de Thonon-les-Bains.

Article 5 : à l'intérieur des périmètres de protection, la zone de captage devra être aménagée et les activités interdites ou réglementées comme suit :

A - TRAVAUX A REALISER -

En vu d'éviter la contamination des eaux captées et leur mélange avec les eaux de surface, il faudra :

- cimenter la chaussée piétonnière passant sous la vole ferrée et remplacer le canal souterrain par une canalisation étanche, / NON
- évacuer par conduites étanches le trop plein du coffre "A" ainsi que toutes les eaux superficielles et les envoyer au fossé à l'aval des ouvrages, OK

OK

.../...

- assainir le site en surface en remblayant la zone marécageuse par du tout-venant à bon pouvoir filtrant, après abattage des arbres et débroussaillage,
- rehausser les puits des nouveaux captages et en étanchéifier les buses,
- aménager -en les déplaçant le cas échéant- les chemins au niveau des périmètres immédiats qui devront en outre être clôturés sans que soit condamné l'accès aux parcelles voisines.

B - PERIMETRES DE PROTECTION -

I - Périmètres de protection immédiate :

Ils devront être achetés en toute propriété par la commune d'Anthy-sur-Léman, et clôturés hermétiquement.

Après rénovation des lieux et déboisement, toute activité y sera interdite hormis un entretien soigneux des ouvrages et un nettoyage régulier du site (fauchage ou débroussaillage).

II - Périmètre de protection rapprochée :

Sur ce périmètre seront interdits :

- les constructions non reliées à un réseau d'égouts étanches.
- les épandages de fumures organiques liquides (purins, lisiers) et plus généralement tout rejet ou épandages d'eaux usées domestiques ou industrielles.
- les abreuvoirs et les parcs où les animaux stationnent de longues périodes (replat de Lauzenette).
- les excavations du sol et du sous-sol (ouvertures de carrières, pistes, routes, etc...).
- les dépôts d'ordures ou d'immondices.
- le stockage de produits potentiellement polluants (fuel, hydrocarbures, tas de fumier, pesticides, herbicides, sacs d'engrais...).
- le déboisement à blanc. Seule l'exploitation par taies successives et reboisement immédiat seront autorisés.
- les épandages de désherbants et plus généralement l'emploi de produits phyto-sanitaires sur l'emprise S.N.C.F.

.../...

Seront tolérés, sous le contrôle de la collectivité distributrice et au vu de l'évolution de la qualité de l'eau en application de l'article 8 :

- le pacage temporaire et itinérant, mais sans divagation du bétail, et en restant à plus de 100 mètres des ouvrages.
- l'emploi d'engrais et de produits phyto-sanitaires, sous réserve d'un usage modéré.
- les épandages de fumiers, sous réserve du respect des dispositions de l'article 159 du Règlement Sanitaire Départemental qui régit les prescriptions applicables aux pratiques d'épandage des sous-produits des activités agricoles.

III - Périmètre de protection éloignée :

Déclaré zone sensible à la pollution, il fera l'objet de soins attentifs de la part des communes avec respect scrupuleux du Règlement Sanitaire Départemental. En particulier, les épandages de lisiers et les rejets d'eaux usées devront être réglementés.

Par ailleurs, le projet de déviation de la R.N. 5 pourra être accepté sous réserve de retenir le tracé passant à l'aval de la chambre collectrice de la parcelle 1280, et de respecter les dispositions suivantes lors de la réalisation des travaux :

- entaillement limité des buttes Ouest et Est à une cote supérieure à 443 mètres N.G.F.
- mise en place d'un profil longitudinal convexe au niveau du vallon où se situent les captages afin d'envoyer les eaux des chaussées en dehors de la zone d'influence possible de ces derniers.
- aménagement sous le remblai de la déviation de passages suffisamment conséquents pour drainer la dépression.
- rehaussement des têtes d'ouvrage et remblaiement des terrains entre route et chemin de fer d'au moins un mètre.

Article 6 : Monsieur le Maire d'Anthy-sur-Léman est autorisé à acquérir, soit à l'amiable soit par voie d'expropriation, en vertu du Code de l'expropriation pour cause d'utilité publique, les terrains nécessaires à la réalisation du projet et à la constitution des périmètres de protection immédiate. Les expropriations éventuellement nécessaires devront être réalisées dans un délai de 5 ans à compter de la publication du présent arrêté.

Les périmètres de protection immédiate, dont les terrains seront acquis en pleine propriété par la commune seront clôturés à sa diligence et à ses frais.

.../...

M. l'Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Directeur Départemental de l'Agriculture et de la Forêt, dressera procès-verbal de l'opération.

Le périmètre de protection rapprochée sera délimité par des bornes portant la mention "Service des eaux", posées à la diligence et aux frais de la commune.

Article 7 : les eaux devront répondre aux conditions exigées par le Code de la Santé Publique ; le contrôle de leur qualité, ainsi que du fonctionnement des dispositifs de traitement éventuels, sera assuré par la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.

Article 8 : Monsieur le Maire devra procéder sans délai aux travaux de réhabilitation des captages conformément à l'avis du géologue ainsi qu'à tous les travaux d'entretien du périmètre immédiat.

Pour les activités, dépôts et installations existant à la date de publication du présent arrêté sur les terrains compris dans les périmètres de protection prévus à l'article 4, il devra être satisfait aux obligations résultant de l'institution desdits périmètres dans un délai de deux ans et dans les conditions définies à l'article 5.

Les activités agricoles existantes, de caractère intensif et ponctuel (porcherie, poulaillers... etc) seront soumises à un contrôle très strict, jusqu'à mise en oeuvre de moyens efficaces de dérivation de leurs eaux polluées. Leur mise en conformité avec la réglementation générale en vigueur se fera à la charge du propriétaire de l'établissement. Les éventuels travaux supplémentaires spécifiques à la protection du point d'eau seront réalisés aux frais de la collectivité si la réglementation générale est déjà respectée.

Les activités agricoles de caractère diffus et extensif (épandage) seront modulées en fonction du résultat des bilans annuels établis par la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales et qui seront communiqués aux responsables locaux du service de distribution des eaux auprès desquels chaque exploitant agricole pourra s'informer.

Postérieurement à l'application du présent arrêté, tout propriétaire d'une activité, installation ou dépôt réglementé qui voudrait y apporter une quelconque modification, devra faire connaître son intention à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt.

Une enquête hydrogéologique particulière sera éventuellement prescrite par l'Administration. Elle sera réalisée aux frais du pétitionnaire par l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique.

Il en sera de même en cas de projet d'aménagement important susceptible d'avoir une incidence sur la quantité ou la qualité des eaux captées.

Article 9 : quiconque aura contrevenu aux dispositions de l'article 5 du présent arrêté sera passible des peines prévues par le décret n° 67-1094 du 15 décembre 1967 pris pour l'application de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964.

Article 10 : le présent arrêté sera, par les soins et à la charge de Monsieur le Maire d'Anthy-sur-Léman :

- notifié à chacun des propriétaires intéressés, notamment par l'établissement des périmètres de protection,
- publié à la Conservation des Hypothèques du Département de la Haute-Savoie et au Recueil des Actes Administratifs de la Préfecture,
- affiché en Mairies.

Article 11 : il sera pourvu à la dépense au moyen de subventions, d'emprunts complémentaires et de fonds propres à la commune.

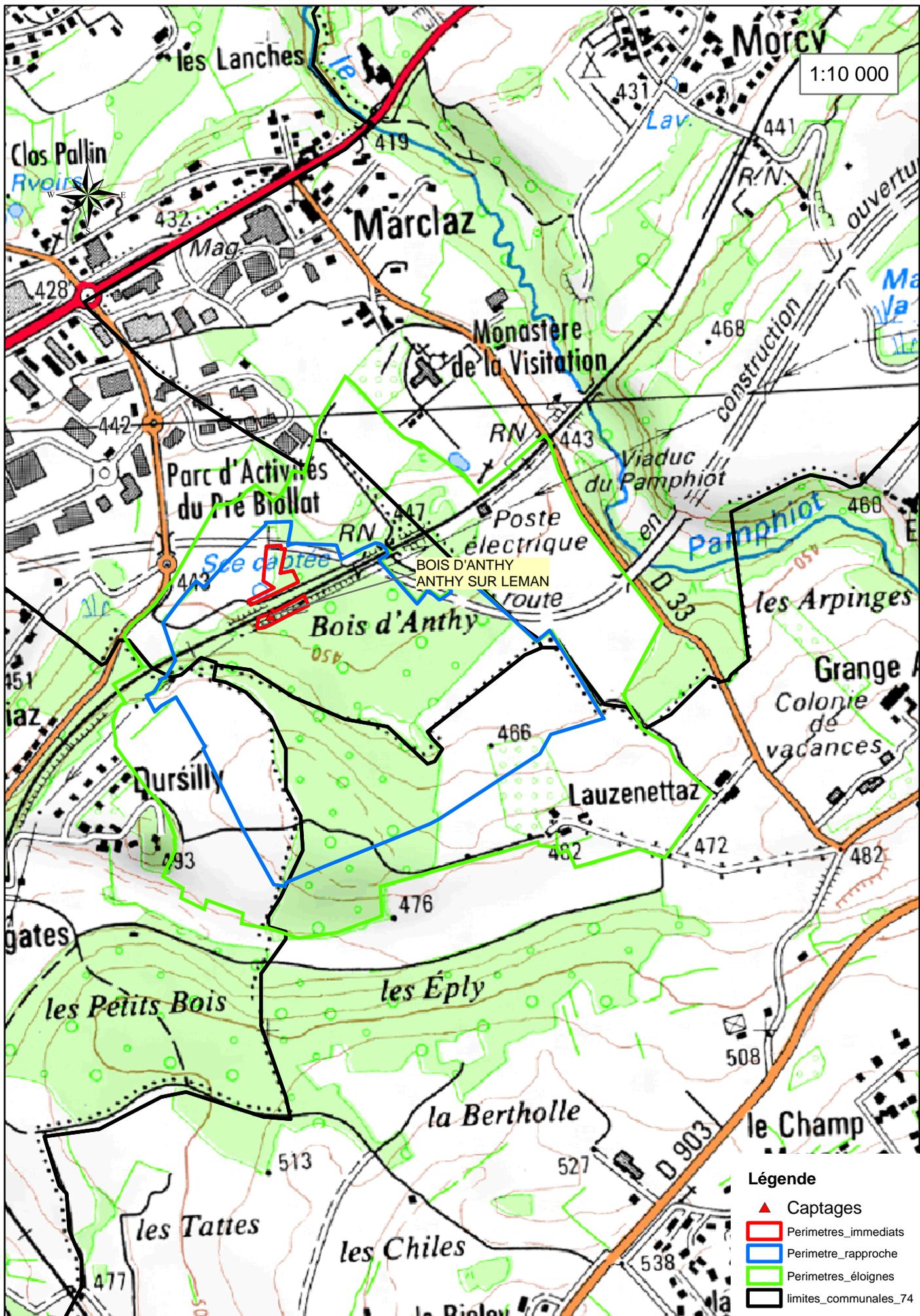
Article 12 : - Monsieur le Sous-Préfet, Commissaire-adjoint de la République de l'Arrondissement de Thonon-les-Bains,
- Monsieur le Secrétaire Général de la Haute-Savoie,
- Monsieur le Maire d'Allinges,
- Monsieur le Maire d'Anthy-sur-Léman,
- Monsieur le Maire de Margencel,
- Monsieur le Maire de Thonon-les-Bains,
- M. l'Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Directeur Départemental de l'Agriculture et de la Forêt,
- M. le Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales,

sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté dont ampliation sera adressée à Monsieur le Président de la Chambre d'Agriculture et Monsieur le Directeur Départemental de l'Équipement, pour information.

Fait à ANNECY, le 28 novembre 1986

Le Préfet, Commissaire de la République,





- Légende**
- ▲ Captages
 - ▭ Perimetres_immediats
 - ▭ Perimetre_rapproche
 - ▭ Perimetres_eloignes
 - ▭ limites_communales_74

Annexe volontaire n°3 : Etude hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy

« Etude hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy »

BURGEAP

Mars 2014

Cette annexe contient 67 pages.



MAIRIE D'ANTHY-SUR-LEMAN

Captage du Bois d'Anthy (74)

Etude hydrogéologique de l'Aquifère du Bois d'Anthy

Rapport REAUCE00929-02

17/03/2014



MAIRIE D'ANTHY-SUR-LEMAN

Captage du Bois d'Anthy (74)

Pour cette étude, le chef du projet est : M. GRANGE

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Supervision et validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport provisoire	30/12/2013	01	S.GRANGE					
Rapport final	17/03/2014	02	S.GRANGE		A.TRIGANON		C.MICHELOT	

Numéro de rapport :	REAUCE00929-0
Numéro d'affaire :	A29157
N° de contrat :	CEMNCE111025
Domaine technique :	ES01
Mots clé du thésaurus	ALIMENTATION NATURELLE, ETUDE HYDROGEOLOGIQUE LOCALE, MILIEU POREUX, NAPPE CAPTIVE, PIEZOMETRIE, CHAMP CAPTANT, PERIMETRE DE PROTECTION, TRACAGE, VULNERABILITE DE NAPPE

BURGEAP AGENCE Centre-Est site de Grenoble

2, rue du Tour de l'Eau

38 400 Saint-Martin-d'Hères

Téléphone : 33(0)4 76 00 75 50 Télécopie : 33(0)76 00 75 69

e-mail : agence.de.grenoble@burgeap.fr

REAUCE00929-0 / CEMNCE111025	
SGE - ATR - CM	
17/03/2014	Page : 2/67

SOMMAIRE

1. Contexte général de l'étude	8
1.1 Contexte géographique	8
1.2 Objectifs de l'étude	12
1.3 Phasage de l'étude	13
1.4 Rappel des conclusions de la synthèse bibliographique de 2011	13
2. Résultats des investigations de terrain	14
2.1 Réalisation de forages et piézomètres	14
2.1.1 Implantations	14
2.1.2 Précautions environnementales	16
2.1.3 Forages et équipements	16
2.1.4 Coupes lithologiques	17
2.2 Suivi de la qualité des eaux	20
2.2.1 Réseau de suivi	20
2.2.2 Analyse des faciès chimiques	26
2.2.3 Variations de température de l'eau	29
2.2.4 Résultats pour les mesures isotopiques	30
2.3 Pompage d'essai	34
2.3.1 Pompage par paliers	34
2.3.2 Pompage longue durée	36
2.3.3 Interprétation des essais et calcul des paramètres hydrodynamiques	40
2.4 Piézométrie au repos et influencée	43
3. Synthèse sur le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy	46
3.1 Géométrie de l'aquifère	46
3.1.1 Extension des graviers aquifères	46
3.1.2 Coupes hydrogéologiques interprétatives	48
3.1.3 Protection de surface	52
3.2 Hydrodynamisme, qualité des eaux, bassin d'alimentation	53
3.2.1 Conditions de la recharge, origine de l'eau	53
3.2.2 Circulations des eaux souterraines dans l'aquifère	55
3.2.3 Discussion sur l'origine des sulfates	55

4.1	Conclusions sur le potentiel et la protection de l'aquifère	58
4.2	Contraintes d'exploitation par pompage en nappe	58
4.2.1	Les avantages	58
4.2.2	Les adaptations nécessaires	59
4.3	Gestion et protection de l'aquifère	60
4.3.1	Le projet de RN206	60
4.3.2	Autres activités dans le bassin versant	60
	ANNEXES	61

TABLEAUX

Tableau 1 : Récapitulatif des travaux de forage des piézomètres	16
Tableau 2 : Récapitulatif des campagnes d'analyse	22
Tableau 3 : Résultats des analyses en laboratoire pour les campagnes d'octobre 2012 et mars 2013	24
Tableau 4 : Résultats des analyses en laboratoire pour les campagnes d'août et septembre 2013	25
Tableau 5 : Résultats des analyses en laboratoire au cours du pompage sur les eaux d'exhaure du puits et sur le captage (arrivée Ø 400 mm) (concentrations en mg/l)	28
Tableau 5 : Températures des eaux mesurée in-situ aux points de prélèvement	29
Tableau 6 : Résultats des analyses sur les isotopes stables de la molécule d'eau (¹⁸ O et ² H)	33
Tableau 8 : Résultats du pompage d'essai par paliers	35
Tableau 9 : Détermination des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère à l'aide de la formule de Cooper-Jacob en descente	40
Tableau 10 : Données climatiques de la station de Thonon-les-Bains (d'après la thèse d'Anne TRIGANON, 2002)	53
Tableau 11 : Estimation du bilan hydrique à Thonon-les-Bains (extrait de la thèse d'Anne TRIGANON, 2002)	54

FIGURES

Figure 1 : Plan de situation	9
Figure 2 : Détails de la zone de captage, de l'ouvrage de captage et de la chambre de réunion (photos Evelyne Baptendier)	11
Figure 3 : Détail vue en plan de la zone de captage et des arrivées à la chambre de réunion	12
Figure 4 : Localisation des forages	15
Figure 5 : Photos du forage du puits d'essai (6 juin 2013)	18
Figure 6 : Coupes lithologiques simplifiées des forages F1 et F5 et du puits d'essai	19
Figure 7: Coupes lithologiques simplifiées des forages F2, F3 et F4	19
Figure 8 : Détail des points de suivi de la nappe complémentaires aux nouveaux piézomètres	21
Figure 9 : Localisation des points de prélèvements pour analyse en laboratoire	23
Figure 10 : Diagramme de Piper des points de suivi de la campagne du 09/09/13	26
Figure 11 : Conductivité électrique à 25 °C en fonction des concentrations en nitrates (moyenne des campagnes)	27
Figure 12 : Conductivité électrique à 25 °C en fonction des concentrations en sulfates (moyenne des campagnes)	27
Figure 13 : Rapport isotopique du deutérium en fonction du rapport isotopique de l'oxygène 18 (Campagne de septembre 2013 en fin de pompage d'essai)	31
Figure 14 : Rapport isotopique du deutérium en fonction du rapport isotopique de l'oxygène 18 (Comparaison entre les 4 campagnes)	32
Figure 15 : Courbes d'évolution des rabattements lors des essais par paliers de débits croissants	34
Figure 16 : Courbe caractéristique du puits d'essai	35
Figure 17: Variations des conditions climatiques (pressions atmosphérique et cumul des précipitations) durant l'essai	36
Figure 18 : Courbe de descente et de remontée au puits durant le pompage d'essai longue durée	37
Figure 19 : Courbes de rabattement au cours de l'essai sur F1, F2, F3 et F4	38
Figure 20 : Courbes de descente sur les piézomètres Lauz E et Lauz W	39

FIGURES

Figure 21 : Interprétation graphique des pompages d'essai en descente et remontée	41
Figure 22 : Carte piézométrie au repos du 05/09/2013	44
Figure 23 : Carte piézométrique influencée du 09/09/13	45
Figure 24 : Extension de l'aquifère du Bois d'Anthy	49
Figure 25 : Coupe hydrogéologique interprétative entre la terrasse de Dursilly, le captage du Bois d'Anthy et le Champ d'Aubry	50
Figure 26 : Coupe hydrogéologique interprétative en amont du Bois d'Anthy selon le tracé du projet de RN 206	51
Figure 27 : Détails de quelques observations de surface de la couverture de l'aquifère du Bois d'Anthy	52
Figure 28 : Cumul des précipitations et précipitations efficaces à la station météo amateur de Sciez entre 2005 et 2013	54
Figure 29 : Schéma de circulation des eaux dans l'aquifère	57

ANNEXES

Annexe 1 DUP du captage du bois d'Anthy
Annexe 2 Synthèse bibliographique (rapport GINGER EN38.B.0005)
Annexe 3 Dossiers des ouvrages exécutés par Hydroforage
Annexe 4 Description détaillée des cuttings des forages
Annexe 5 Bordereaux des analyses en laboratoire
Annexe 6 Résultats du nivellement par le Cabinet Borrel

1. Contexte général de l'étude

1.1 Contexte géographique

La Mairie d'Anthy-sur-Léman (74) exploite comme unique ressource en eau potable, le captage d'une source située au sud de la commune au lieu-dit « le Bois d'Anthy ». La source est localisée juste en amont de la voie SNCF reliant Evian à Annemasse (**Figure 1**).

La source du Bois d'Anthy (**Figure 2, Figure 3**) est exploitée par un ouvrage de faible profondeur (+/- 2 m), captant la nappe par le fond, mais aussi par l'intermédiaire de deux drains qui s'enfoncent de quelques mètres dans le versant qui domine le captage. L'aquifère du Bois d'Anthy, objet de la présente étude, s'étend au sud du captage, la source constituant aujourd'hui le seul point de sortie connu de l'aquifère.

Les coordonnées géographiques en Lambert II étendu centrées sur le captage sont :

$$X = 916\ 013\ \text{m}$$

$$Y = 2\ 157\ 846\ \text{m}$$

$$Z = 445,3\ \text{m NGF}$$

La pente générale du terrain se fait du Sud vers le Nord. Le captage s'appuie contre le talus sud de la voie ferrée (ligne Annemasse-Evian) qui est en remblais. Le léger replat où est implanté le captage est rapidement gommé par le coteau qui surplombe le captage et qui se développe vers le Sud et le Sud-Ouest jusqu'à la moraine de Lauzenettaz au Sud (sommet de crête vers 485 m), et la terrasse de Dursilly au Sud-Ouest (470 m).

La chambre de réunion au nord du captage se situe immédiatement en aval de la voie ferrée. Un passage souterrain sous le remblai de la voie ferrée permet l'adduction de l'eau du captage vers la chambre de réunion (canalisation diamètre Ø 400 mm). Une seconde canalisation Ø 200 mm de débit plus faible arrive à la chambre de réunion. Cette arrivée pose questions, puisqu'elle n'a pas pu être tracée en sortie du captage (présence d'un coude), les comptes-rendus de chantier et les rapports de l'hydrogéologue agréé laissent penser que cette arrivée provient d'un drain en pied de ballaste en amont. Cette eau serait acheminée vers la chambre de réunion via un ancien aqueduc présent sous le passage souterrain traversant le remblai de la voie ferrée (hypothèse qui n'a jamais été vérifiée). L'eau de cette seconde arrivée (Ø 200 mm), d'origine très incertaine, présente la particularité d'avoir des taux de sulfates nettement supérieurs à l'eau du captage (arrivée Ø 400 mm).

Le captage bénéficie d'une DUP qui date du 28/11/1986 (Annexe1) qui englobe deux anciens captages situés à une cinquantaine de mètres au nord-est de la chambre de réunion, qui sont aujourd'hui abandonnés et comblés.

On renvoie directement à la synthèse bibliographique (Rapport GINGER EN38.B.0005) présenté en Annexe 2 de ce rapport pour l'ensemble des détails sur la chimie des eaux, la géométrie de l'aquifère et les différents rapports des hydrogéologues agréés sur la zone du Bois d'Anthy.

Etude hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy

Plan de situation

Fond : carte IGN au 1/25 000

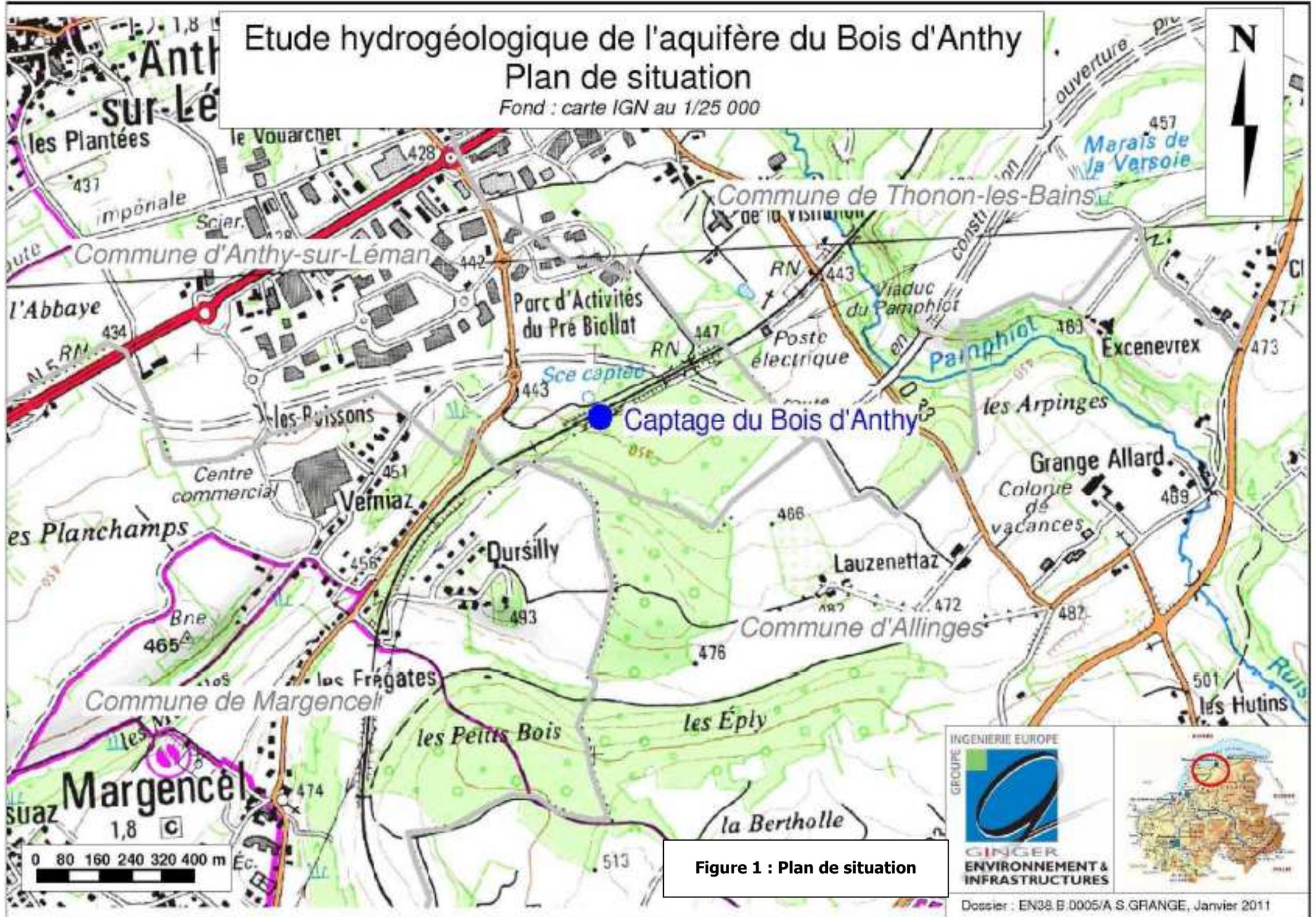


Figure 1 : Plan de situation



L'ouvrage

1



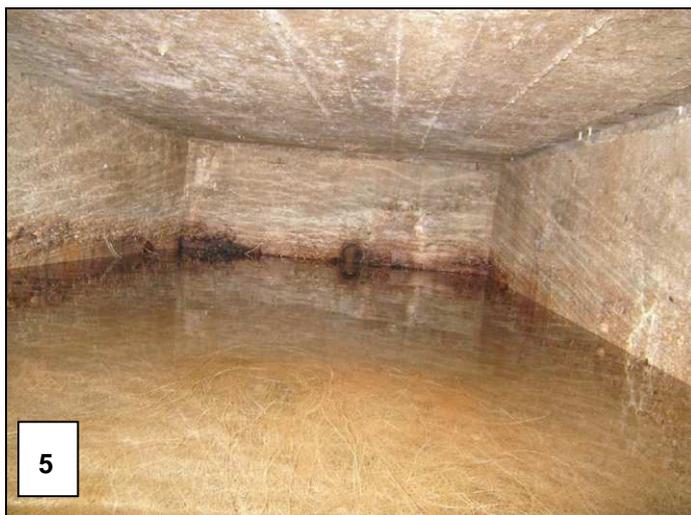
2



3



4



5

1 : Vue du captage au pied du remblai de la voie ferrée

2 : Capot foug sur la chambre de captage. Au second plan, départ du canal sous le remblai de la voie ferrée

3 : Vue vers l'Ouest du périmètre de protection immédiate clôturé en amont du captage

4 : Arrivées des drains en V en amont du captage (canalisations fonte Ø 200 mm)

5 : Arrivée des drains anciens latéraux (en pied de ballast) et départ du captage par canalisation Ø 400 mm en fonte



6



7



8

6 : Vue de la chambre de réunion au pied du remblai côté sud

7 : Détail de l'arrivée Ø 400 mm en fonte

8 : Détail de l'arrivée Ø 200 mm en fonte

Figure 2 : Détails de la zone de captage, de l'ouvrage de captage et de la chambre de réunion (photos Evelyne Baptendier)

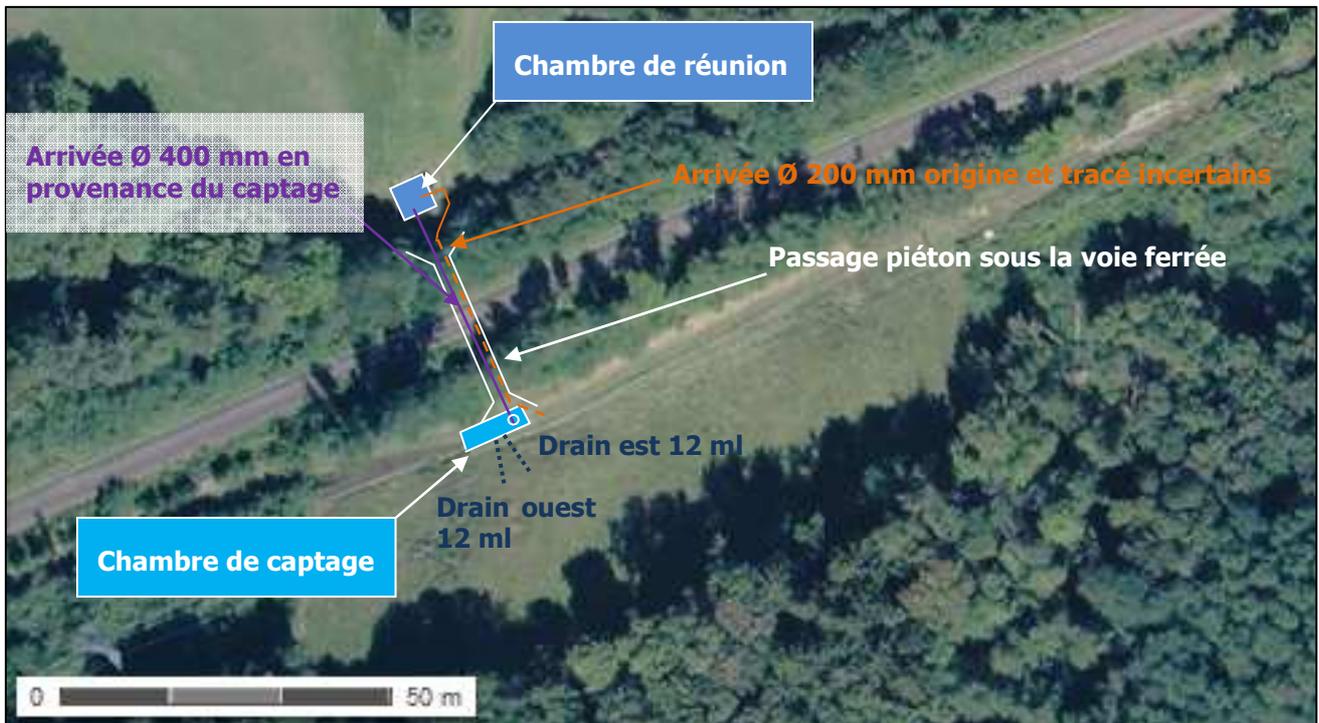


Figure 3 : Détail vue en plan de la zone de captage et des arrivées à la chambre de réunion

1.2 Objectifs de l'étude

La Mairie d'Anthy-sur Léman a lancé en 2010 une étude de connaissance de l'aquifère du Bois d'Anthy qui répondait à un double objectif :

- Connaître la vulnérabilité du captage vis-à-vis de projets à l'intérieur des périmètres de protection rapprochée et éloignée du captage, dont un projet de carrière au lieu-dit-champ d'Aubry (aujourd'hui abandonné) à l'est du captage et le projet de nouvelle route RN206 au sud, reprenant le tracé de l'ancien projet d'autoroute A400 entre Annemasse et Thonon-les-Bains ;
- Optimiser les modalités d'exploitation de la source qui présente une baisse de débit significative en période d'étiage estival, obligeant la commune à compléter son approvisionnement en eau potable par l'eau de la commune voisine de Thonon-les-Bains.

Notons que ce sont les travaux récents du contournement routier de Thonon-les Bains qui ont mis en évidence la très forte vulnérabilité du captage du Bois d'Anthy. En effet, les forages de reconnaissance pour les fondations du pont-cadre sous la voie SNCF en 2003 (situé à 200 m à l'Est du captage), deux forages à 20 m de profondeur (Pz1 et Pz4) ont mis à jour des graviers aquifères et une nappe en charge sous une couche de moraine argileuse. Le forage Pz4, a montré un artésianisme de 80 m³/h qui a eu pour conséquence un tarissement temporaire du captage (le temps de contenir l'artésianisme).

1.3 Phasage de l'étude

Cette étude a été initiée par le bureau d'étude GINGER Environnement et Infrastructures (synthèse bibliographique et proposition d'implantation des forages, rapport EN38.B.0005 de mai 2011). Elle a été poursuivie par BURGEAP avec le suivi des travaux de forage des piézomètres, les suivis analytiques, le pompage d'essai, et l'interprétation des données. Le présent rapport constitue le rapport final de l'étude.

1.4 Rappel des conclusions de la synthèse bibliographique de 2011

Le rapport de synthèse bibliographique de GINGER de mai 2011 (Rapport EN38.B.0005) permet de synthétiser l'état des connaissances à partir des données de forages, de géophysique, mais aussi de chimie des eaux.

La synthèse met en évidence :

- L'eau du captage du Bois d'Anthy est captée par le fond per ascensum, car l'aquifère est en charge sous une faible tranche de terrain morainique (2 m) ;
- La couche de moraine franche s'épaissit vers l'est en direction du contournement autoroutier. L'aquifère, est continu entre le captage et la voie SNCF, sous forme d'un biseau, sous la moraine ;
- Les graviers du secteur du champ d'Aubry semblent déconnectés de la structure graveleuse aquifère profonde du Bois d'Anthy qui disparaîtrait vers l'Est. Les graviers superficiels et aquifères du Champ d'Aubry reposeraient directement sur la moraine.
- La géophysique montre que l'aquifère du Bois d'Anthy s'étend essentiellement au sud (Bois d'Anthy, Lauzenattaz) et à l'ouest (terrasse de Dursilly). L'aquifère serait partout recouvert de moraines en surface. La géophysique met également en avant une remontée du substratum en direction de la terrasse de Dursilly, mais surtout un aquifère localement épais de 70 m, avec des hétérogénéités et des zones très aquifères qui pourraient être localement cloisonnées par des niveaux moins perméables.
- L'hydrochimie nous rappelle que l'eau du captage est peu à moyennement sulfatée (+/- 25 mg/l). L'eau dans la partie captive de l'aquifère est très sulfatée au niveau du piézomètre Pz4 du contournement (+/- 120 mg/l). L'eau de l'arrivée Ø 200 mm à la chambre de réunion est plus sulfatée (+/- 40 mg/l) que le captage principal.

La synthèse bibliographique de GINGER est présentée en **ANNEXE 2** de ce rapport.

2. Résultats des investigations de terrain

2.1 Réalisation de forages et piézomètres

2.1.1 Implantations

Cinq forages ont été réalisés fin août et début septembre 2012 par l'entreprise Hydroforage. Le choix de l'implantation des forages s'est fait en fonction de l'objectif de reconnaissance de l'aquifère en amont du captage. Trois forages de 50 m étaient initialement prévus, nous avons décidé de réaliser au final 5 forages avec :

- 3 forages sur la première terrasse dominant le captage, avec 2 directions, coté Dursilly (F2 et F3) et en direction du replat de Lauzenettaz (F4) ;
- Le forage F5 en direction du Champ d'Aubry, mais toujours au sud du contournement routier. Ce forage a été placé le plus en amont possible du piézomètre Pz4 du contournement, pour limiter le risque d'artésianisme ;
- Le forage F1 dans le périmètre immédiat clôturé du captage du Bois d'Anthy, décalé de la zone des drains, en limite est du périmètre clôturé.

L'implantation finale des ouvrages a tenu compte des contraintes d'accès et les autorisations des propriétaires privés sur le Bois d'Anthy. La carte en page suivante montre l'implantation des ouvrages.

Suite aux bons résultats du forage F1, où il a pu être observé des graviers aquifères très grossiers ainsi qu'une nappe très productive aux essais de soufflage (voir chapitre 2.1.4), la Mairie d'Anthy a fait réaliser un nouvel ouvrage en mai 2013, à proximité du forage F1.

Etude hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy

Localisation des forages

Fond : photo aérienne GEOPORTAIL

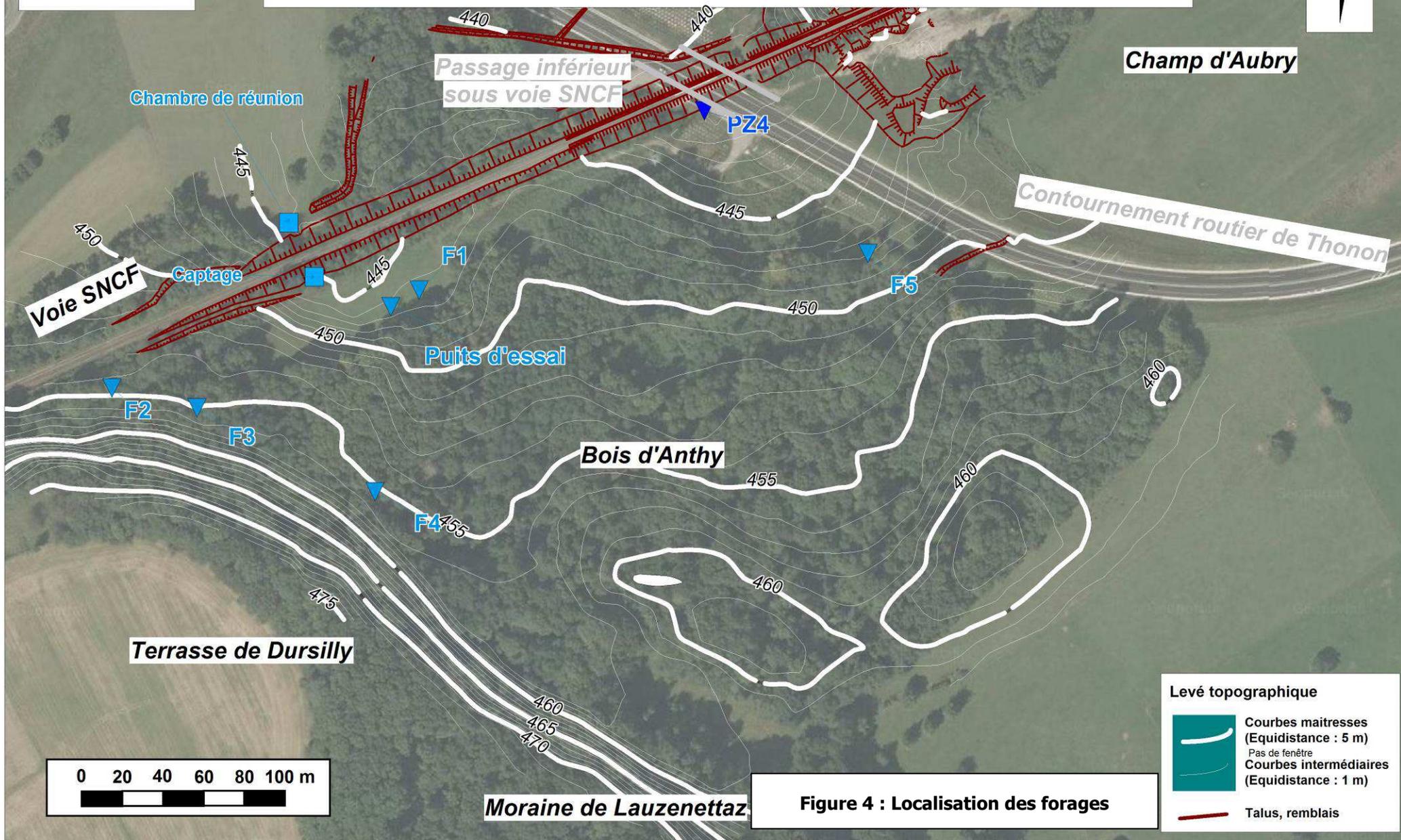


Figure 4 : Localisation des forages

2.1.2 Précautions environnementales

Les travaux de forage ont fait l'objet d'une déclaration au titre de la Loi sur l'Eau (rubrique 1.1.1.0) à la DDT74 avec un avis complémentaire de l'ARS, les forages F2 à F5 étant situés dans le périmètre de protection rapprochée du captage et le forage F1 dans le périmètre de protection immédiate. Des précautions complémentaires à celles prises classiquement pour les travaux de forage ont été mises en œuvre pour assurer la bonne protection de l'aquifère et de la source, à savoir :

- Foration des piézomètres les plus éloignés de la source, pour complément de reconnaissance géologique (dans l'ordre F4, F3 et F2) avant la réalisation des ouvrages les plus sensibles pour le captage (F1 et F5) ;
- Avant-trou et cimentation en tête des ouvrages sur les 10 premiers mètres de forage (terrains morainiques) avant poursuite dans les terrains aquifères ;
- Tête en acier avec bride et contre-ride boulonnée pour fermer le forage en cas d'artésianisme ;
- Arrêt obligatoire au premier terrain imperméable sous les alluvions, pour éviter de tomber sur un second niveau aquifère en charge ;
- Suivi de la turbidité des eaux durant tous les travaux de foration et arrêt de la distribution du captage pendant la foration du F1 dans le périmètre immédiat ;

Pour le forage F1, compte tenu du risque d'artésianisme lors de percement de la couverture morainique à proximité du captage, un avant-trou bétonné a été réalisé à la pelle mécanique sur de 2 m de profondeur et sur une surface d'environ 1 m². Un tube en acier a été noyé dans du béton remplissant la fouille. L'objectif était d'assurer la mise en place d'une tête résistante en cas d'artésianisme afin de pouvoir fermer le forage le cas échéant.

2.1.3 Forages et équipements

Les 5 ouvrages ont été forés au marteau fond de trou avec tubage à l'avancement puis alésage à un diamètre de 160 mm pour F2, F3, F4 et F5, et à 194 mm pour F1. Les ouvrages F2 à F5 ont été équipés en piézomètres PVC 80/90 mm, le forage F1 a volontairement été foré en plus gros diamètre et équipé en PVC 112/125 mm afin de pouvoir réaliser un test de productivité par pompage à l'aide d'une pompe 4 pouces (15 à 20 m³/h). Ce pompage n'a pas été réalisé, puisque la Mairie d'Anthy a fait réaliser un puits d'essai de plus gros diamètre en juin 2013. L'ouvrage a été foré au marteau fond de trou avec tubage à l'avancement de type ODEX en diamètre 254 mm sur 29 m. Il a été équipé en acier INOX 304L, diamètre 168 mm, crépines à fil enroulé.

Le tableau ci-dessous résume les profondeurs d'investigation et les équipements mis en place :

Nom	X en m (RGF93-CC46)	Y en m (RGF93-CC46)	Z TN en m (NGF)	Profondeur	Crépines
F1	1 965 068,79	5 244 232,31	446,2 m	28 m	PVC 124 mm entre 6 et 24 m
F2	1 964 902,74	5 244 171,72	454,7 m	42 m	PVC 80 mm entre 14 et 41 m
F3	1 964 949,90	5 244 162,97	455,1 m	30 m	PVC 80 mm entre 11 et 29 m
F4	1 965 049,60	5 244 121,69	455,2 m	30 m	PVC 80 mm entre 11 et 29 m
F5	1 965 313,79	5 244 263,27	448,2 m	12 m	PVC 80 mm entre 8 et 12 m
Puits	1 965 053,56	5 244 222,61	446,6 m	29 m	10 à 25 m, crépines INOX fil enroulé 18 mm, slot 1 mm, 22,4% d'ouverture

Tableau 1 : Récapitulatif des travaux de forage des piézomètres

Les dossiers des ouvrages exécutés par l'entreprise Hydroforage figurent en **Annexe 3**.

2.1.4 Coupes lithologiques

L'ensemble de cuttings des forages ont fait l'objet d'une description détaillée tous les mètres, présentée en **Annexe 3**. Les coupes lithologiques simplifiées sont présentées dans **la Figure 6 et la Figure 7**.

Sur les 6 forages (piézomètres F1 à F5 et un puits d'essai), seuls ceux réalisés dans le périmètre immédiat de la source (F1 et puits) et le forage F5 plus éloigné ont atteint un mur imperméable sous les graviers aquifères. Le fond de l'aquifère a été atteint à 25 et 26 m de profondeur respectivement sur F1 et sur le puits d'essai où des argiles compactes gris-sombre ont été reconnues avec quelques graviers (dépôt glacio-lacustres ou morainiques). Ce mur imperméable n'a pas été atteint dans les autres forages, y compris sur F2 descendu à 42 m de profondeur (prolongé au maximum des tubes à disposition de l'entreprise Hydroforage).

Des graviers aquifères saturés en eau ont systématiquement été mis à jour sur tous les forages, avec en tête un recouvrement argilo-graveleux qui correspond aux formations morainiques qui recouvrent l'aquifère. Ces formations morainiques ont une épaisseur variable, entre 10 et 15 m sur les piézomètres de la terrasse (F2, F3 et F4) et respectivement 9 et 10 m sur F1 et sur le puits. De nombreux blocs erratiques sont visibles à la surface des terrains et ont également été rencontrés en foration (un bloc métrique de granite sur F4 entre 6 et 7 m de profondeur).

Les sables et graviers qui forment l'aquifère sont assez propres, plus grossiers sur F1 et le puits d'essai, où l'on retrouve une quinzaine de mètres de ces matériaux très homogènes. Les galets et graviers sont propres, bien arrondis, voire aplatis. La qualité des matériaux rencontrés en F1 ainsi que les premiers essais de soufflage très concluants ont par la suite déclenché la réalisation d'un puits d'essai de plus gros diamètre (voir **Figure 3**).

Dans les forages F2, F3 et F4, l'aquifère est plus sableux, avec des passées de sable fin dont une passée plus marquée en fond de forage F3 et F4 entre 27 et 30 m de profondeur. Le forage F2 a dépassé cette lentille, on retrouve en effet des sables et graviers aquifères en-dessous sur au moins 12 m.

Le niveau des nappes n'a jamais été artésien. Il se situe vers 1,5 m/TN sur le puits et PZ1 et vers 8 m/TN sur les piézomètres F2, F3 et F4, avec pour ces derniers ouvrages une légère mise en charge du niveau d'eau sous les formations morainiques. D'après le ressenti des foreurs, l'eau n'a réellement été rencontrée en foration, que vers 12 m de profondeur.

Dans le forage F5, un niveau de sable et graviers aquifères a été reconnu entre 6 et 9 m de profondeur. Le mur de l'aquifère est formé d'argile gris-sombre compacte, et l'aquifère est mis en charge par 6 m d'argiles graveleuses morainiques. Lors des travaux de foration, la nappe était artésienne, et la cimentation du forage a dû être reprise. Le niveau statique de la nappe se situe quelques dizaines de centimètres au-dessus du terrain naturel (ouvrage fermé à l'aide d'une bride et d'une contre-bride prévues à cet effet).



Détail du sable grossier, graviers millimétrique et galets centimétriques formant l'aquifère



Détail des cuttings les plus grossiers avec des galets centimétriques, arrondis (cassés en foration)



Vue générale de l'installation de forage



Détail de l'eau de l'aquifère sortant rapidement claire lors des essais de soufflage

Figure 5 : Photos du forage du puits d'essai (6 juin 2013)

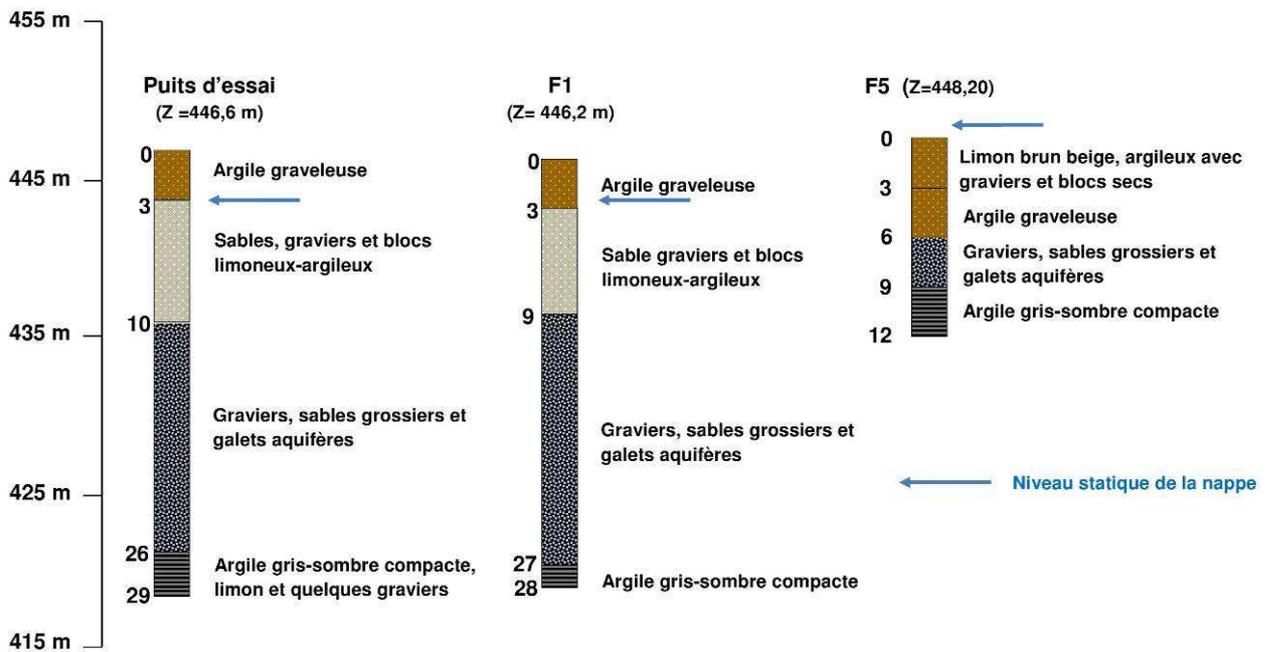


Figure 6 : Coupes lithologiques simplifiées des forages F1 et F5 et du puits d'essai

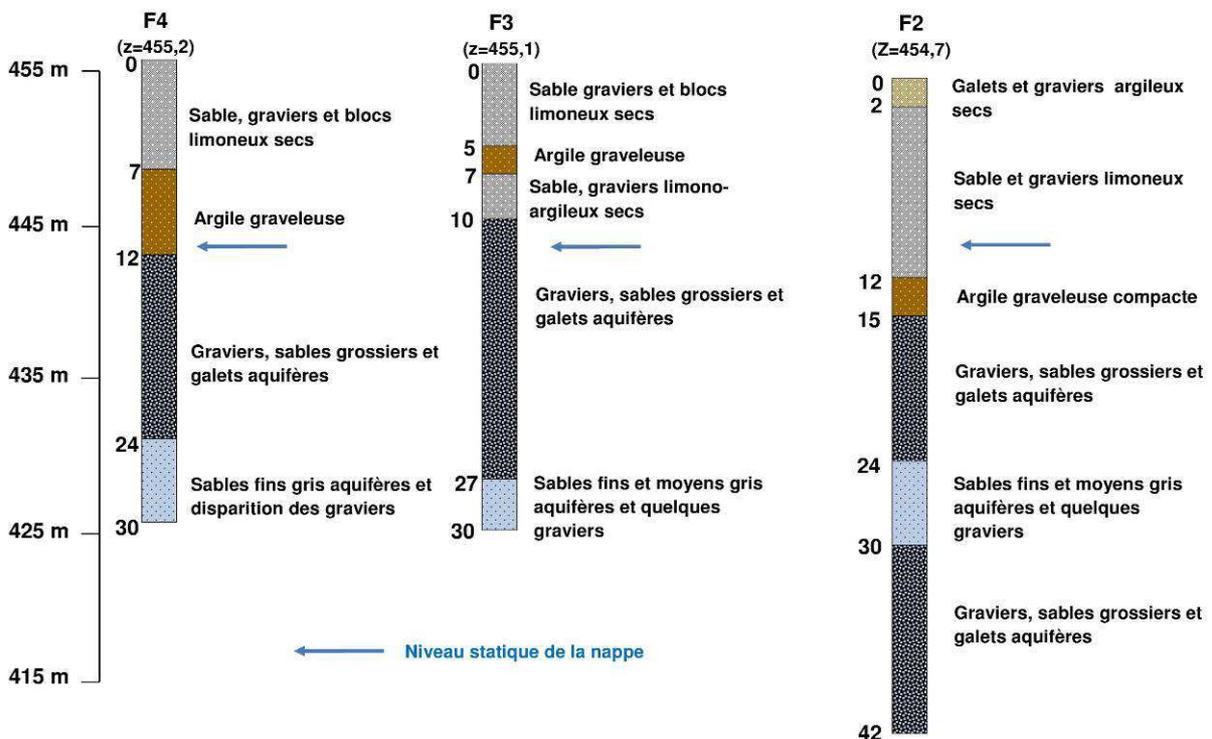


Figure 7: Coupes lithologiques simplifiées des forages F2, F3 et F4

2.2 Suivi de la qualité des eaux

2.2.1 Réseau de suivi

Un suivi de la qualité des eaux a été réalisé sur un cycle hydrogéologique à partir des points d'accès à la nappe, à savoir :

- Le puits et les nouveaux piézomètres (F1 à F5) ;
- Le piézomètre artésien du contournement Pz4, qui est équipé d'une bride et d'un robinet de prélèvement ;
- Le captage du Bois d'Anthy, en différenciant :
 - le captage sensu-stricto (mélange d'eau arrivant au Ø 400 mm du réservoir et lorsque cela est possible, mesures directes sur chacun des drains, drain E et drain W du captage),
 - l'arrivée Ø 200 mm de réservoir ;
- La zone humide des « Buissons », qui se situe à l'ouest du captage et en aval topographique dans la dépression au lieu-dit « Verniaz ». Les premières mesures montraient une conductivité électrique proche de celle du captage, et contraste thermique en hiver avec une eau qui ne gèle pas, d'où son origine souterraine. Cette zone d'émergence donne naissance au ruisseau des Fossaux busé sous le contournement routier et qui s'écoule ensuite vers le lac Léman ;
- Deux autres puits de particuliers situés sur le plateau de Dursilly : le puits dit « Dursilly » perché sur le plateau éponyme et le puits dit « SNCF », situé le long de la voie ferrée, un peu plus bas dans la topographie, au niveau de l'ancienne habitation du garde-barrière ;
- Deux piézomètres sur le secteur de Lauzenettaz, le long du tracé de l'A400, qui ont été trouvés lors de la dernière campagne d'octobre 2013. Il s'agit de piézomètres datant de 1996, le long du tracé de l'A400, et de part et d'autre du vallum morainique de Lauzenettaz (nommés Lauz E et Lauz W).

Le tableau ci-après présente les différents points mesurés lors des campagnes sur un cycle hydrogéologique : campagnes d'octobre 2012, mars 2013, août 2013 et septembre 2013 (à la fin du pompage d'essai). Pour chacune des campagnes, les paramètres analysés au laboratoire sont les suivants :

- Les ions majeurs : Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NO_3^- , NO_2^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- ;
- Les isotopes stables de la molécule d'eau : oxygène 18 et deutérium ;
- pH et conductivité électrique de l'eau en laboratoire (compensée à 25°C) en complément des mesures in-situ à l'aide d'une sonde multi paramètres de terrain au cours des prélèvements.

Les points de prélèvement sont localisés sur la figure 9. Les résultats des analyses sont présentés dans le **Tableau 2**. Les bordereaux d'analyse sont présentés en **Annexe 5**.

Chacun des points de mesure du réseau a fait l'objet d'un nivellement des repères topographiques (généralement tête du forage) par le cabinet BOREL à l'aide d'un GPS différentiel et/ou d'un tachéomètre (précision centimétrique en X, Y et Z). Le compte-rendu d'intervention est présenté en **Annexe 6**. Les résultats des mesures du nivellement sont précisés dans le tableau 2.

Note importante : des piézomètres ont été réalisés à l'Est du bois d'Anthy sur le secteur du Champ d'Aubry pour un projet de carrière. Ces ouvrages n'ont pas fait l'objet de suivi qualitatif, en l'absence d'autorisation d'accès à ces ouvrages (piézomètres fermés par des cadenas).



*Puits voie ferrée
(profondeur : 5 m)*



Puits Dursilly (profondeur : 8 m)



*Piézomètre Lauz W (SD 27.83,
profondeur 35 m)*



*Piézomètre Lauz E
(Forage SD 28.10, profondeur
40 m)*



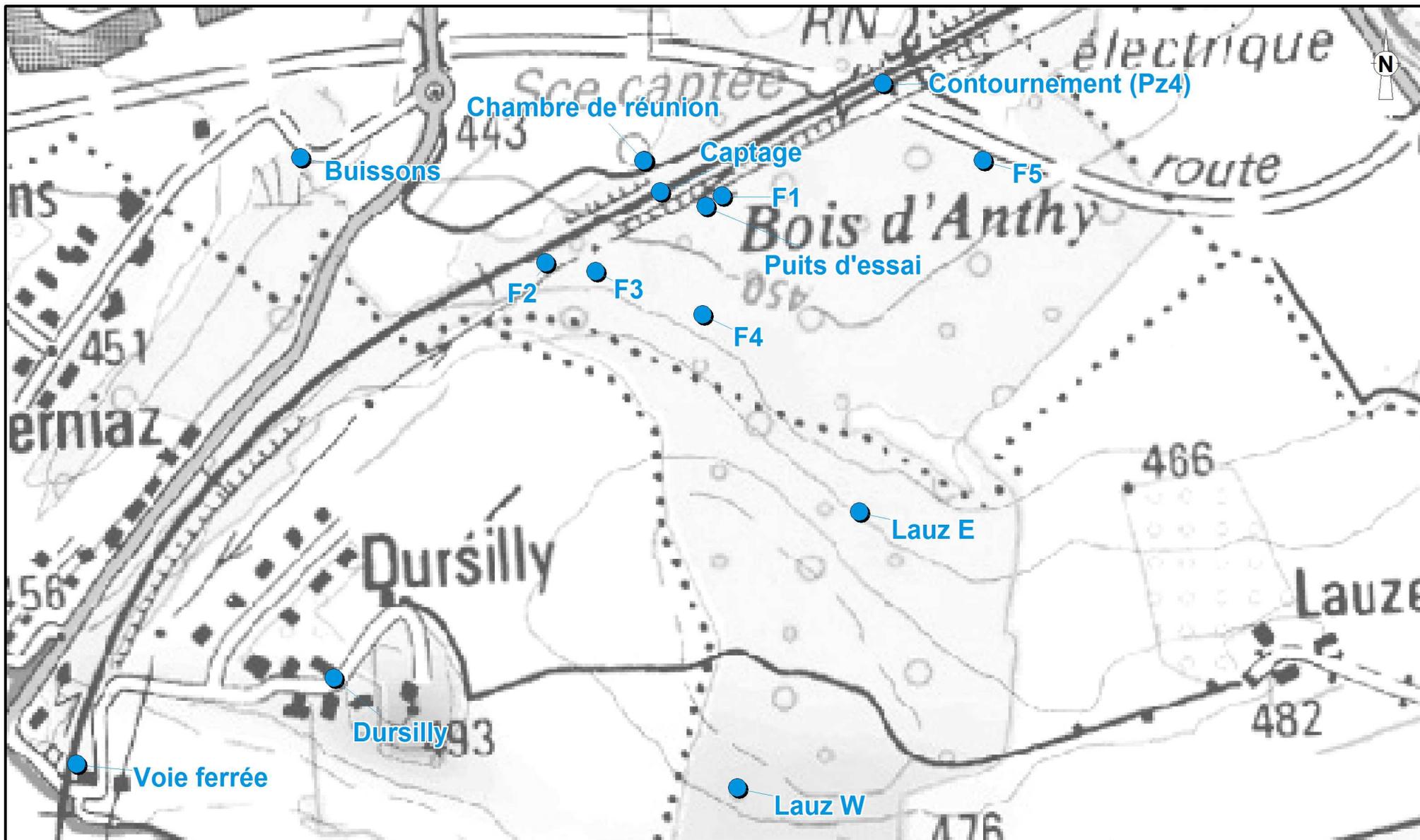
*Piézomètre artésien Pz4 (fermé par une bride et contre bride avec robinet
de prélèvement)*

Figure 8 : Détail des points de suivi de la nappe complémentaires aux nouveaux piézomètres

Nom	X (RGF93-CC46) en m	Y (RGF93-C46) en m	Z en m (repère mesures)	16/10/12	14/03/13	13/08/13	9/09/13
Arrivée Ø 200 mm	1 964 996,5	5 244 266,25	443,15	x	x	x	x
Arrivée Ø 400 mm	1 964 995,6	5 244 265,71	443,32	x	x	x	x
Captage drain W	1 965 011,0	5 244 236,94	445,57	x			x
Captage drain W	1 965 011,0	5 244 236,94	445,57	x			x
F1	1 965 068,8	5 244 232,31	446,42	x	x	x	x
F2	1 964 902,7	5 244 171,72	454,86	x	x	x	x
F3	1 964 949,9	5 244 162,97	455,36	x	x	x	x
F4	1 965 049,6	5 244 121,69	455,37	x	x	x	x
F5	1 965 314,0	5 244 263,04	448,2		x	x	x
Puits d'essai	1 965 053,6	5 244 222,61	447,4		x		x
Contournement (Pz4)	1 965 220,8	5 244 335,81	442,34	x	x	x	x
Buisson	1 964 674	5 244 271,69	439,07	x	x	x	x
Voie ferrée	1 964 458,6	5 243 709,04	463,63		x	x	x
Dursilly	1 964700,5	5 243 786,88	478,89		x	x	x
Lauz W	1964 458,6	5 243 709,04	478,97				x
Lauz E	1 964 674	5 244 271,69	474,92				x

Tableau 2 : Récapitulatif des campagnes d'analyse

Les campagnes d'analyses ont été réalisées à des périodes différentes représentatives d'un cycle hydrogéologique (automne 2012, début du printemps 2013, été 2013). Les années 2012 et 2013 ont été excédentaires en cumul moyen des précipitations (**voir chapitre 3.2.1**). Les mesures sont donc représentatives d'une année humide avec seulement un étiage relatif fin août 2013 (42 mm de précipitations en août) et tout début septembre (reprise des précipitations le 7 septembre, 55 mm sur 3 jours, **voir Chapitre 2.3.2**)




BURGEAP
 2, rue du Tour de l'Eau
 38400 Saint Martin d'Hères
 Tel : 04-76-00-75-50
 Fax : 04-76-00-75-69

Etude du fonctionnement de l'aquifère du bois d'Anthy
 REAUCE0929
 CEMNCE111025

**Localisation des points de suivi de la qualité
 des eaux souterraines**

REAUCE0929
 CEMNCE111025

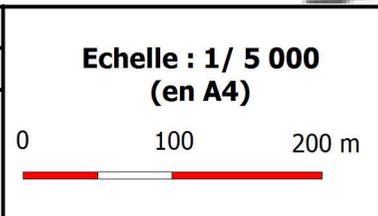


Figure n°9

	Paramètre	Unité	Lauzenettaz ouest	Lauzenettaz est	Puits Dursilly	Puits voie ferrée	Buissons	F4	F3	F2	Drain ouest	Drain est	Captage ø 400	Captage ø 200	Pompage	F1	F5	Contournement
16/10/2012	T° prélèvement	°C						10,8	10,6	10,6						11,2		11,1
	pH	Unités de pH					7,45	7,35	7,35	7,3	7,35	7,35	7,4	7,35		7,35		7,5
	CE (à 25 °c)	µS/Cm					686	704	667	670	670	726	719	722		753		766
	Chlorures	mg/l					13,6	17,3	13,8	12,2	14,1	19,4	18,2	17,8		21		16
	Sulfates	mg/l					18,6	26,8	13,8	16	19	48	46,7	57		81		146
	Carbonates	mg/l					0	0	0	0	0	0	0	0		0		0
	Hydrogénocarbonates	mg/l					400	400	394	398	397	389	391	387		377		343
	Nitrates	mg/l					27	16,6	19,7	21,6	17	12,7	13,5	12,9		9,3		5,3
	Calcium	mg/l					119	81,8	74,8	93,6	108	96,7	100	112		98,5		85,7
	Magnésium	mg/l					21,4	17,4	16,5	21,7	22,3	20,1	20,4	24,6		25		27,9
	Potassium	mg/l					2	1,2	1,7	1,7	1,5	1,3	1,3	1,6		1,7		1,8
	Sodium	mg/l					6,8	9	5,6	5,4	6,7	14,4	13,5	16,2		21,9		31,7
14/03/2013	T° prélèvement	°C			10	7,5	8,4	9,7	9,7	9,6			10,2	10,6		9,4	9,2	11,4
	pH	Unités de pH			8,3	8,4	7,8	8	7,9	7,9			8	8		8,1	7,9	8,2
	CE (à 25 °c)	µS/Cm			605	512	745	652	637	610			681	710		729	569	755
	Chlorures	mg/l			20,7	14,9	23,8	13,2	13,1	5,35			16,8	19,4		23,5	2,55	15,3
	Sulfates	mg/l			15,1	9,82	19,1	18	17,3	13,3			35,6	49		70,2	11,7	133
	Carbonates	mg/l			0	0	0	0	0	0			0	0		0	0	0
	Hydrogénocarbonates	mg/l			353,8	292,8	400,16	391,62	387,96	402,6			385,52	380,64		374,54	406,26	336,72
	Nitrates	mg/l			4,78	10,7	35,1	19,4	22	21,4			16,5	15,7		11,2	<1.00	4,78
	Calcium	mg/l			99,8	84,2	110	93	101	94,6			96,7	98,3		97,4	104	83,2
	Magnésium	mg/l			13,8	8,53	24,9	26,5	27,7	23,9			26,7	29		31,1	23,8	36,9
	Potassium	mg/l			1,13	5,49	1,75	1,25	1,98	2,69			1,35	1,58		1,67	1,35	1,8
	Sodium	mg/l			9,82	9,62	10,6	6,7	6,77	3,4			11,8	19,3		25,9	2,67	39,6

Tableau 3 : Résultats des analyses en laboratoire pour les campagnes d'octobre 2012 et mars 2013

	Paramètre	Unité	Lauzenettaz ouest	Lauzenettaz est	Puits Dursilly	Puits voie ferrée	Buissons	F4	F3	F2	Drain ouest	Drain est	Captage ø 400	Captage ø 200	Pompage	F1	F5	Contournement
13/08/2013	T° prélèvement	°C			12,4	13,1	13,7	10,9	11,1	11,1			11	11,2		11,6	11,2	12,5
	pH	Unités de pH			7,7	7,6	7,3	7,3	7,4	7,4			7,4	7,4		7,4	7,4	7,5
	CE (à 25 °c)	µS/Cm			591	589	690	647	652	634			682	711		750	618	777
	Chlorures	mg/l			15,7	26,7	20,2	10,3	12,7	5,19			14,8	18,6		18,1	2,76	16,8
	Sulfates	mg/l			26,4	9,45	21,8	17,9	18,3	17,3			29,5	62,1		49,1	13,7	132
	Carbonates	mg/l			0	0	0	0	0	0			0	0		0	0	0
	Hydrogénocarbonates	mg/l			337,9	330,6	397,7	386,7	386,7	388,0			388,0	384,3		380,6	398,9	342,8
	Nitrates	mg/l			3,88	2,42	17,9	18	20	18,1			14	13,1		10,8	1,02	5,13
	Calcium	mg/l			105	99,2	116	105	105	105			106	106		109	109	91,3
	Magnésium	mg/l			11,5	7,83	21,7	24,3	25,4	23,9			24,5	26,5		23,7	20,4	34,2
	Potassium	mg/l			1,22	6,53	2,14	1,3	1,93	1,55			1,43	1,65		1,43	1,23	1,93
	Sodium	mg/l			11	14,5	9,07	5,83	6,17	3,51			10,8	15,4		16,8	2,37	34,9
09/09/2013	T° prélèvement	°C	11,1	11,1	13	13,9	12,4	10,6	10,6	10,6	Non mesuré		10,9	11,2	11,3	12,3	10,4	11,4
	pH	Unités de pH	7	7,2	7,7	7,7	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	7,5	7,3	7,4	7,5	7,2	7	7,5
	CE (à 25 °c)	µS/Cm	568	688	607	597	714	660	678	618	672	667	675	697	722	663	629	779
	Chlorures	mg/l	6,34	5,11	17	26,1	16,6	8,52	4,87	1,92	11,6	12,5	11,9	15,3	20,1	5,64	2,47	17
	Sulfates	mg/l	17,3	11,5	33,6	11,7	21,6	18,7	16,4	9,71	21,5	23,1	24,3	35,2	42,6	15,2	13,7	128
	Carbonates	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hydrogénocarbonates	mg/l	336,72	441,64	339,16	341,6	412,36	403,82	413,58	394,06	400,16	386,74	402,6	392,84	398,94	424,56	403,82	348,92
	Nitrates	mg/l	8,02	10,3	4,15	3,29	25,7	17	25,5	12,7	15,7	17,4	16,4	16,1	13,8	11,4	<1,00	5,24
	Calcium	mg/l	79,5	129	111	105	123	113	110	114	112	106	110	111	113	125	108	94,8
	Magnésium	mg/l	27,8	20,2	10,8	7,74	23,3	25	31,1	20,2	26,5	25,3	25,6	28,1	27,7	15,6	21	36,2
	Potassium	mg/l	1,67	1,67	1,34	6,85	1,95	1,23	1,74	0,94	1,5	1,43	1,43	1,67	1,53	0,89	1,46	2
	Sodium	mg/l	4,7	5,97	12,1	13,7	8,44	5,06	3,86	2,18	7,95	7,53	7,65	12,4	16,8	4,82	2,48	37,7

Tableau 4 : Résultats des analyses en laboratoire pour les campagnes d'août et septembre 2013

2.2.2 Analyse des faciès chimiques

Toutes les analyses montrent des eaux moyennement minéralisées, avec une conductivité électrique comprise entre 558 et 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$, soit une minéralisation globale comprise entre 567 et 837 mg/l . L'ensemble des points replacés sur un diagramme de Piper pour la campagne de septembre 2013 (après pompage d'essai, campagne disposant du plus grand nombre de points suivis), majoritairement bicarbonatée-calcique, conforme à ce que l'on trouve dans les terrains fluvioglaciers du bas-Chablais. Les teneurs en sulfates sont cependant élevées pour des eaux traversant ce type de terrain ($> 30 \text{ mg}/\text{l}$), notamment sur l'arrivée $\varnothing 200 \text{ mm}$, F1, pompage et contournement (Pz4). De même, des teneurs en nitrates observées supérieures à 10 mg/l , indiquent l'influence des activités anthropiques.

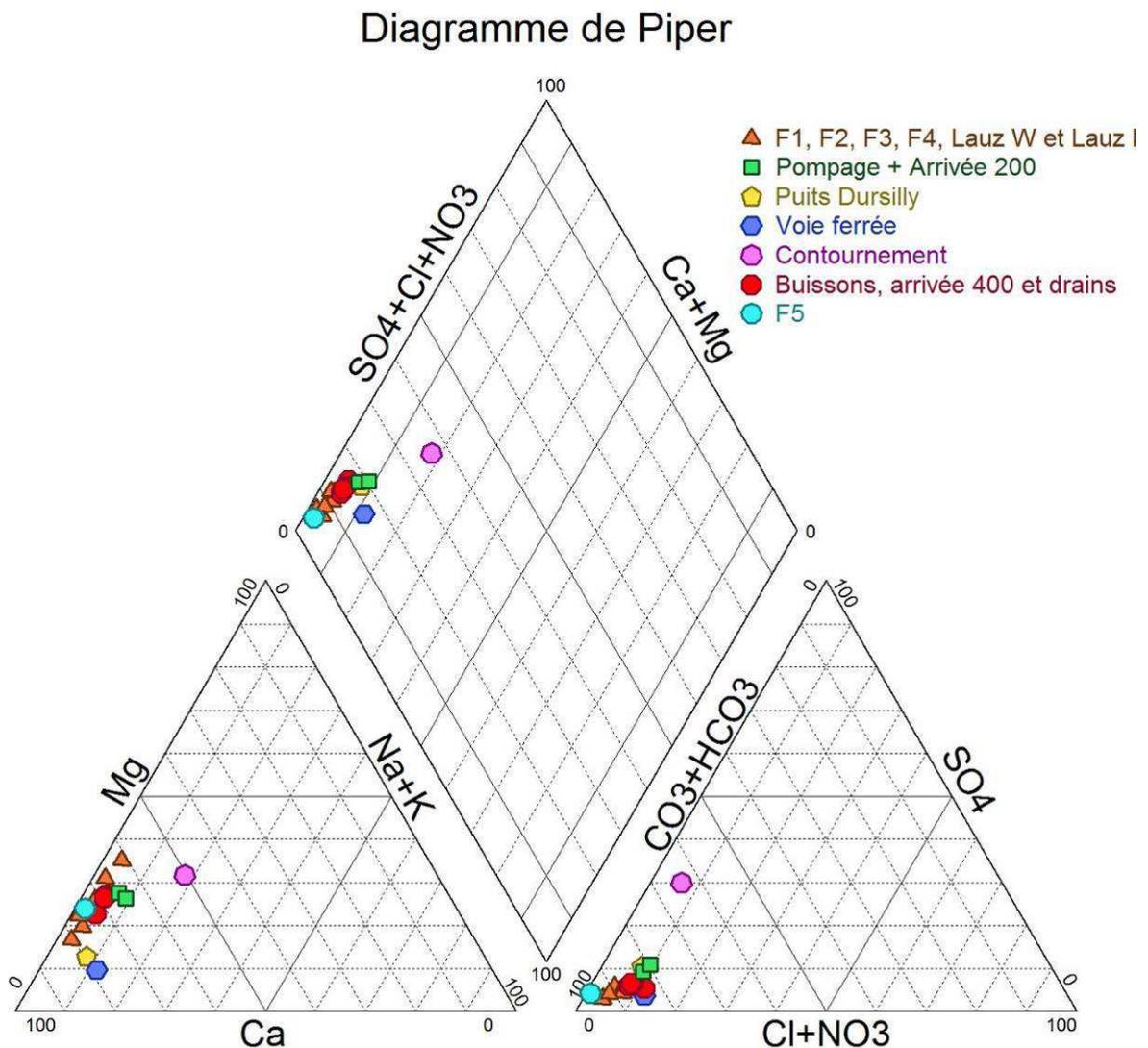


Figure 10 : Diagramme de Piper des points de suivi de la campagne du 09/09/13

Dans les graphiques qui suivent, certains paramètres indicateurs des modalités de circulations des eaux souterraines ont été plus particulièrement étudiés : les nitrates, les sulfates, la température de l'eau. Les analyses sont faites sur des valeurs moyennes pour les 4 campagnes, ou à défaut, pour 1, 2 ou 3 campagnes. La comparaison de valeurs moyennes sur un nombre différent de campagnes apporte un biais dans l'interprétation, mais sur chacun des points des graphiques, l'interprétation tient compte d'une part du nombre d'analyses (noté entre parenthèses dans la légende) et d'autre part de la variabilité des paramètres sur les différentes campagnes. L'objectif ici est de comprendre l'origine de la minéralisation observée et donc les implications sur les filiations possibles des eaux souterraines.

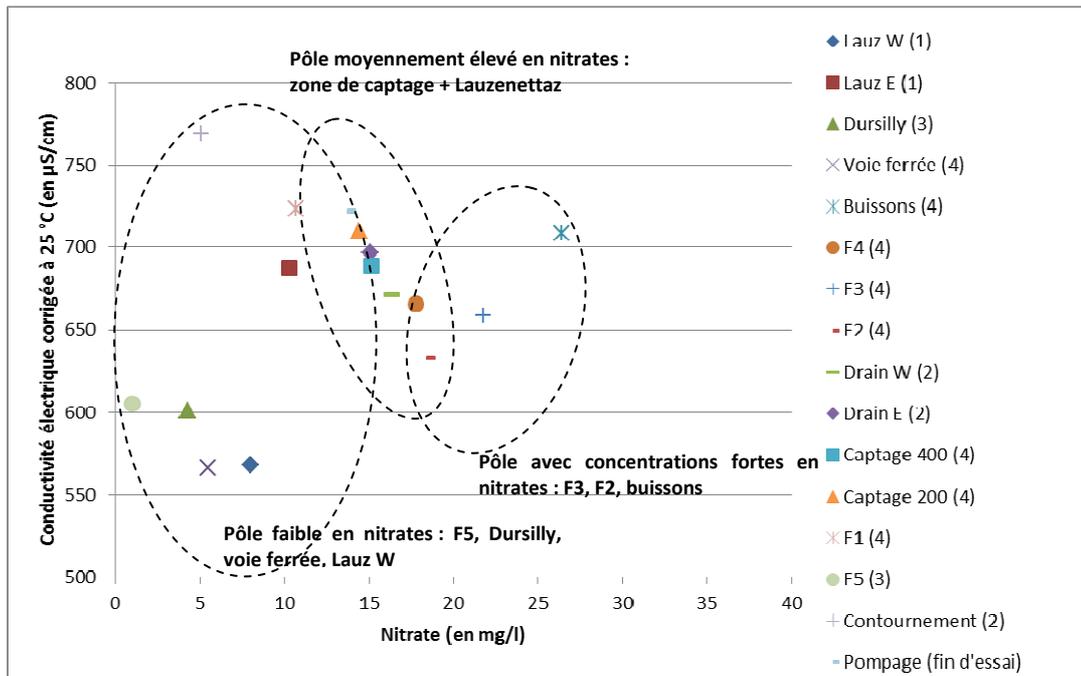


Figure 11 : Conductivité électrique à 25 °C en fonction des concentrations en nitrates (moyenne des campagnes)

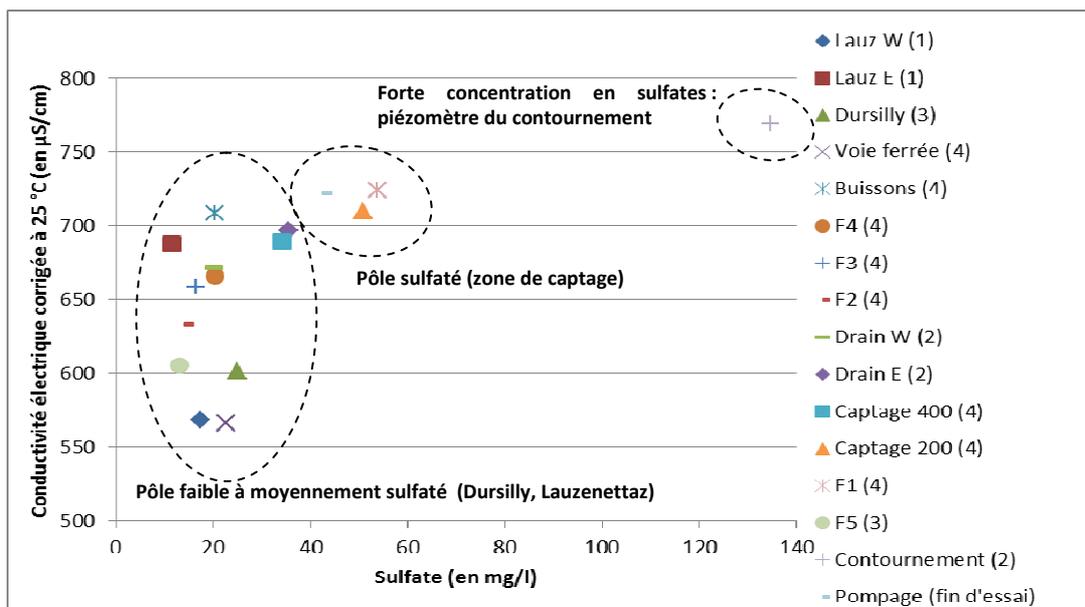


Figure 12 : Conductivité électrique à 25 °C en fonction des concentrations en sulfates (moyenne des campagnes)

Les nitrates sont surtout présents dans les piézomètres des terrasses à l'ouest et au sud de la zone de captage. On voit très nettement un étalement entre des eaux présentant des teneurs élevées en nitrates d'origine anthropique (Buissons, F2, F3 et F4 entre 20 et 30 mg/l, origine agricole probable) et des eaux à faibles teneurs en nitrates (F5, contournement, Dursilly, moins de 10 mg/l, origine naturelle ou dénitrification). Les autres points se regroupent sur un pôle centré sur des valeurs comprises entre 10 et 20 mg/l, interprétées comme un mélange des deux pôles. Les eaux du captage sont proches de 15 mg/l en moyenne (deux drains et deux arrivées au réservoir).

Les données d'analyse montrent que les eaux ont généralement des concentrations moyennes en sulfates (< 25 mg/l, conformes aux eaux circulant dans le fluvioglaciaire de la région). Le piézomètre Pz4 artésien (contournement) présente une eau très sulfatée sur toutes les campagnes (130 à 150 mg/l). Les eaux de l'arrivée du Ø 200 mm (environ 60 mg/l) sont plus sulfatées que celles de l'arrivée du Ø 400 mm et du drain Est (35 à 40 mg/l). Paradoxalement, le forage F5 pourtant le plus proche et en amont du piézomètre artésien du contournement présente de faibles teneurs en sulfates.

L'origine des sulfates pose question depuis les premières études et ce en l'absence de source connue. Contrairement à ce qui a pu être écrit, les fortes teneurs en sulfate ne sont pas d'origine agricole, car on ne le retrouve pas en forte concentration sur le plateau de Dursilly, ni d'origine atmosphérique qui ne pourrait expliquer des concentrations élevées en sulfates (supérieures à 20 g/l). Les sulfates ne peuvent s'expliquer que par une source provenant de l'encaissant (aquifère au substratum). **Ce point fait l'objet d'un paragraphe spécifique dans les discussions sur l'origine de l'eau (voir chapitre 3.2.3).**

Des analyses ont été réalisées sur les eaux d'exhaure du pompage au cours de l'essai et à l'arrivée principale du captage (Ø 400 mm). L'eau du pompage présente globalement une valeur élevée en sulfate (40 à 44 mg/l) par rapport au captage (25 à 30 mg/l) et légèrement moins importante en nitrate (environ 13 mg/l, contre 15 mg/l au captage, dans la marge d'incertitude analytique). En toute fin d'essai, on note au captage une légère baisse des sulfates et une légère augmentation des nitrates. Le débit n'étant plus que de quelques m³/h en fin d'essai (contre 30 m³/h au démarrage), on peut supposer une légère variation dans l'alimentation du captage, probablement plus influencée par les eaux du côté Dursilly (apport des drains ouest).

	Captage 400 mm				Puits de pompage			
	04/09/2013	05/09/2013	06/09/2013	09/09/2013	04/09/2013	05/09/2013	06/09/2013	09/09/2013
Température	10,9	10,9	10,9	10,9	11,4	11,4	11,4	11,3
pH	7,7	7,7	7,6	7,3	7,7	7,7	7,7	7,5
CE (corrigée à 25 °c)	669	638	660	675	713	703	700	722
Chlorures	14	15,1	14,4	11,9	21,1	21,1	20,4	20,1
Sulfates	29,4	27	27,9	24,3	40,8	42,5	43,4	42,6
Carbonates	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrogénocarbonates	403,8	402,6	402,6	402,6	405,0	403,8	401,4	398,9
Nitrates	15	15,1	15,4	16,4	12,7	13,2	12,5	13,8
Calcium	108	107	108	110	110	110	110	113
Magnésium	25,8	25,7	25,8	25,6	27	27,1	27	27,7
Potassium	1,43	1,44	1,43	1,43	1,5	1,51	1,51	1,53
Sodium	10,1	10,3	9,4	7,65	13,8	12,9	14	16,8

Tableau 5 : Résultats des analyses en laboratoire au cours du pompage sur les eaux d'exhaure du puits et sur le captage (arrivée Ø 400 mm) (concentrations en mg/l)

Au final ces analyses montrent 2 sources d'alimentation du captage ayant des compositions chimiques différentes : un apport par l'est plus riche en sulfates (contournement) et un apport par l'ouest (Dursilly) plus riche en nitrates. La zone de captage constitue la zone de mélange (Ø 400 mm) entre les drains E et drain W influencée par l'ouest et le Ø 200 influencé par l'Est. Lorsque l'on sollicite le puits d'essai situé à l'est du captage, ce dernier est légèrement plus influencé par les apports de l'Ouest, d'où la légère augmentation de teneurs en nitrates et la légère diminution des teneurs en sulfates au Ø 400. Ce chiffre est également confirmé par la nette différence entre les teneurs en sulfates sur le drain Est entre la campagne d'octobre 2012 (48 mg/l non influencé) contre 25,3 mg/l en fin de pompage d'essai. Les concentrations en nitrates suivent la tendance inverse avec une augmentation sur le drain Est (17,4 mg/l en octobre 2012 contre 23,1 mg/l en fin de pompage d'essai en septembre 2013).

2.2.3 Variations de température de l'eau

Les variations saisonnières de la température de l'eau de la nappe est un indicateur de la profondeur des circulations d'eau qui vont être plus ou moins influencées par les variations de température à la surface. Dans le tableau qui suit, sont indiquées les températures de l'eau mesurées in-situ lors des prélèvements :

	Lauz W	Lauz E	Puits Dursilly	Voie ferrée	Buisson	F4	F3	F2	ø 400	ø 200	Pomp.	F1	F5	Cont.
oct-12						10,8	10,6	10,6				11,2		11,1
mars-12			10	7,5	8,4	9,7	9,7	9,6	10,2	10,6		9,4	9,2	11,4
août-13			12,4	13,1	13,7	10,9	11,1	11,1	11	11,2		11,6	11,2	12,5
sept-13	11,1	11,1	13	13,9	12,4	10,6	10,6	10,6	10,9	11,2	11,3	12,3	10,4	11,4

Tableau 6 : Températures des eaux mesurée in-situ aux points de prélèvement

La température des eaux aux Buissons est influencée par les variations extérieures de la température au niveau de la zone d'émergence à l'air libre, même si l'origine souterraine de l'eau ne fait pas de doute. C'est le cas également des puits Dursilly et Voie ferrée qui montrent une forte amplitude dans les variations saisonnières de la température de l'eau (respectivement 3 °C et 5°C sur 3 mesures). Cela s'explique par des puits peu profonds, mais surtout, des conditions de renouvellement qui ne sont pas optimales pour des puits de gros diamètre, même si la conductivité électrique et la température de l'eau étaient stabilisées au moment des prélèvements. Les piézomètres F2, F3 et F4 ont une température beaucoup plus constante dans l'année, l'amplitude des variations étant de 1,5 °C au maximum. Les eaux du captage ont le même comportement. Le puits F1 à une amplitude thermique plus marquée (3°C sur 4 mesures) probablement influencée par la surface car la nappe est peu profonde. Le piézomètre du contournement (Pz4) a une température moyenne toujours plus chaude (11,6°C) que les piézomètres F2 à F4 (moyenne 10,4°C) et que les eaux du captage. Elle semble également plus stable dans l'année, exceptée en août 2013. On peut expliquer cette hausse également par des conditions de mesures non optimisées, puisque les eaux sont prélevées au robinet de prélèvements du puits artésien, sans renouvellement. Cependant, cette température plus chaude correspondrait également bien à un circuit hydrogéologique plus profond à l'origine des apports en sulfates, ce qui semble cohérent avec les mesures isotopiques (**voir chapitre 2.2.4**).

L'eau du pompage en fin d'essai (11,3°C) semble toujours être un mélange entre le plateau de Dursilly (10,6°C) mais se rapprochant des eaux du contournement (11,4°C). Au cours du pompage, la température de l'eau d'exhaure n'évolue pas, excepté les premières heures du pompage où la température de l'eau est plus chaude (12,3 °C le 04/09/13 après une demi-heure de pompage, même température que le piézomètre F1).

La température des eaux des piézomètres Lauz E et Lauz W mesurées uniquement sur la dernière campagne et sans renouvellement est donnée à titre indicatif (11,1 °C).

2.2.4 Résultats pour les mesures isotopiques

Les analyses isotopiques consistent à mesurer un rapport « δ » entre un ratio isotopique de référence unique nommé SMOW¹ (ratio entre l'atome standard (¹⁶O ou ¹H) et son isotope (¹⁸O et ²H)), et le ratio standard/isotope de l'échantillon mesuré. Les rapports $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^2\text{H}$ sont exprimés en ‰ (rapports négatifs).

Le fractionnement isotopique répond à des lois spécifiques, en particulier ce fractionnement se fait au moment de la condensation de l'eau dans les nuages. Le ratio isotopique va changer en fonction de la température des précipitations et il ne varie plus au cours du cycle hydrogéologique et de la circulation de l'eau dans les aquifères, excepté dans des cas très particuliers de forte évaporation. Il constitue donc un bon marqueur de l'altitude des précipitations dans la zone de recharge des aquifères. De plus, de nombreuses mesures isotopiques ont été réalisées ces 40 dernières années à l'initiative du centre de recherche géodynamique de Thonon-les-Bains, permettant d'avoir des points de comparaison locaux.

Les mesures isotopiques ont été réalisées sur les mêmes échantillons que l'analyse des ions majeurs. Le graphique ci-après présente les résultats sur la dernière campagne de septembre 2013, en toute fin d'essai de pompage (**Figure 13**). Ces valeurs sont comparées aux campagnes précédentes (**Figure 14**).

Les valeurs (**Tableau 7**) sont données avec la précision suivante : $\pm 0,06$ ‰ pour l'oxygène 18 et $\pm 0,5$ ‰ pour le deutérium. La diminution du ratio isotopique d'oxygène 18 (déplacement des points vers la gauche sur le graphique) est liée à l'augmentation de l'altitude du bassin-versant rechargeant les aquifères. En moyenne, on compte une diminution du ratio isotopique compris entre 0,2 ‰ et 0,3 ‰ tous les 100 m d'élévation (0,28 ‰ mesuré à partir des précipitations sur le plateau d'Evian).

Sur le graphique des valeurs moyennes, les gammes de valeurs observées s'étalent entre - 10,3 ‰ et - 9,1 ‰, soit en théorie une variation possible dans l'altitude de la zone d'alimentation de 350 m.

Sur ce même graphique, on voit très nettement une concentration des points sur la partie droite du graphique (pôle 1), les ratios les plus forts en oxygène 18 (entre -9,5 ‰ et 9,1 ‰) correspondant aux points d'eaux du plateau de Dursilly en amont du captage, mais aussi à la zone de captage du Bois d'Anthy. On retrouve également les Buissons, (influence probable des eaux de surface). Le puits de Dursilly apparait comme la valeur la plus faible (-9,5 ‰) du pôle 1 (même observation en août 2013), il s'agit du point le plus haut sur le plateau. A ces gammes de valeurs, est donc associée une zone de recharge proche correspondant au plateau de Dursilly (altitude proche de 500 m). Le piézomètre Lauz W (une seule mesure en septembre 2013) semble être rattaché à ce pôle.

Les valeurs les plus faibles s'étalent au contraire sur la partie gauche du graphique (pôle 2) avec F1 (-10 ‰), Lauz E (-9,80 ‰, mesuré qu'une seule fois en septembre 2013), contournement (-9,80 ‰) et voie ferrée (-10,34 ‰, valeur très écartée du pôle 1). Ce dernier point de mesure est pourtant situé en aval topographique du puits de Dursilly, il faut donc s'imaginer un bassin d'alimentation plus haut en altitude, qui pourrait correspondre à la vallée sèche qui s'étend au sud du vallum de Lauzenettaz au lieu-dit « les Eply » (les campagnes de mars 2013 et août 2013 confirment cette observation) Le prélèvement sur le point contournement, qui correspond au forage artésien Pz4 avec une eau sulfatée pourrait correspondre à une circulation profonde au-delà du bois d'Anthy. On observe en effet des valeurs encore plus négatives lors des 3 autres campagnes. Les points Lauz E et F1, qui sont alignés selon un axe sud-nord en amont de la zone de captage correspondent également à une circulation d'eau plus en amont que le plateau de Dursilly, soit un bassin versant hydrogéologique probablement développé vers le sud au-delà de la ferme de Lauzenettaz, jusqu'au pied de la montagne des Allinges culminant à 700 m d'altitude.

Enfin, les valeurs observées au pompage, intermédiaire entre les deux pôles, peuvent être interprétées comme un mélange d'eau de deux origines différentes (plateau de Dursilly et circulation plus profonde et sulfatée côté contournement) comme le confirme l'analyse des ions majeurs.

¹ Standard Mean Ocean Water

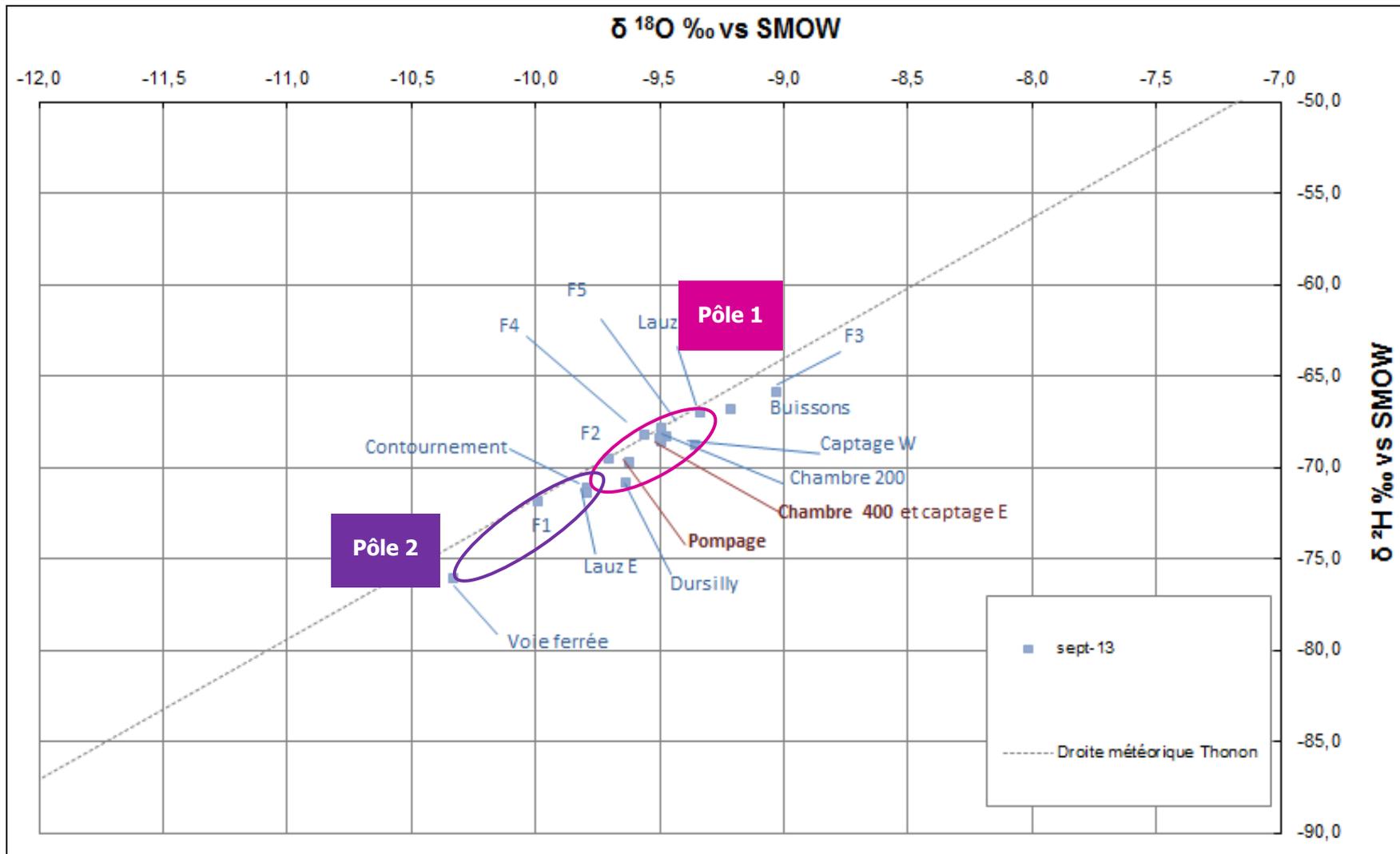


Figure 13 : Rapport isotopique du deutérium en fonction du rapport isotopique de l'oxygène 18 (Campagne de septembre 2013 en fin de pompage d'essai)

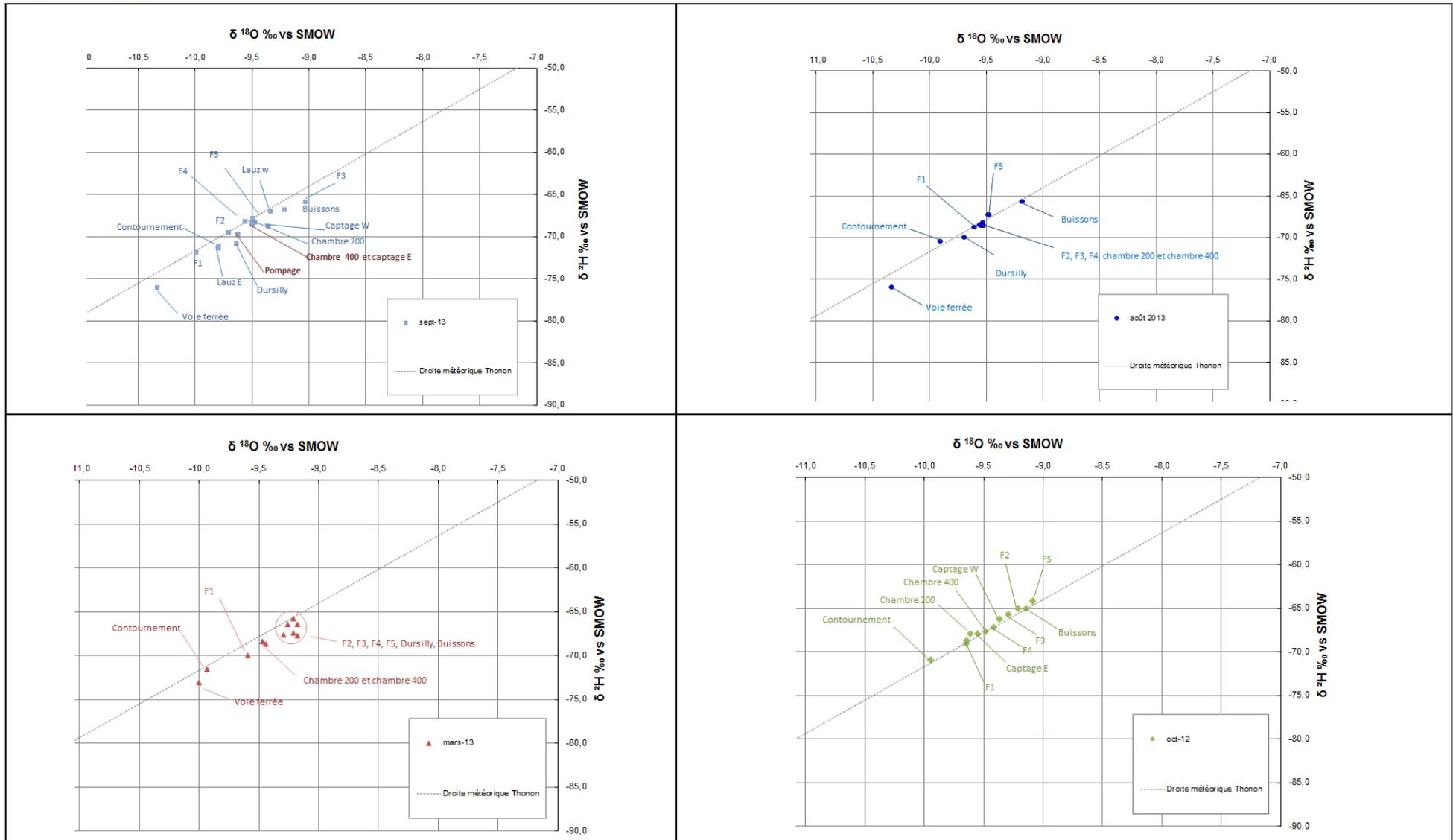


Figure 14 : Rapport isotopique du deutérium en fonction du rapport isotopique de l'oxygène 18 (Comparaison entre les 4 campagnes)

Date	Point de suivi	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ vs SMOW	$\delta^2\text{H}$ ‰ vs SMOW
16/10/2012	F1	-9,65	-69,0
	F2	-9,21	-65,1
	F3	-9,29	-65,7
	F4	-9,42	-67,2
	F5	-9,09	-64,2
	Chambre 200	-9,61	-67,9
	Chambre 400	-9,49	-67,6
	Drain E	-9,55	-67,9
	Drain W	-9,37	-66,3
	Buissons	-9,15	-65,1
	Contournement	-9,95	-70,9
01/03/2013	F1	-9,59	-70,0
	F2	-9,21	-67,4
	F3	-9,26	-66,4
	F4	-9,29	-67,7
	F5	-9,21	-65,8
	Chambre 200	-9,47	-68,4
	Chambre 400	-9,44	-68,6
	Contournement	-9,94	-71,6
	Buissons	-9,18	-66,5
	Puits Dursilly	-9,18	-67,8
	Puits Voie Ferree	-10,00	-73,0
13/08/2013	F1	-9,61	-68,8
	F2	-9,53	-68,6
	F3	-9,48	-67,3
	F4	-9,55	-68,6
	F5	-9,48	-67,3
	Chambre 200	-9,53	-68,3
	Chambre 400	-9,56	-68,5
	Contournement	-9,90	-70,5
	Buissons	-9,19	-65,7
	Dursilly	-9,69	-70,0
	Puits Voie Ferree	-10,34	-76,0
09/09/2013	F1	-10,00	-71,8
	F2	-9,71	-69,5
	F3	-9,04	-65,9
	F4	-9,57	-68,2
	F5	-9,50	-67,7
	Chambre 200	-9,47	-68,3
	Chambre 400	-9,50	-68,5
	Contournement	-9,80	-71,0
	Buissons	-9,22	-66,8
	Puits Dursilly	-9,64	-70,8
	Puits Voie Ferree	-10,34	-76,0
	Drain W	-9,36	-68,7
	Drain E	-9,50	-68,4
	Lauz W	-9,34	-66,9
	Lauz E	-9,80	-71,3
	Pompage	-9,63	-69,6

Tableau 7 : Résultats des analyses sur les isotopes stables de la molécule d'eau (^{18}O et ^2H)

Palier	Débit (en m ³ /h)	Durée (en minutes)	Niveau piézométrique (en m)	Rabattement stabilisé (en m)	Débit spécifique Q/s (en m ³ /h/m)
0	0	0	3,71	0	0,0
1	35	34	3,81	0,09	388,9
2	46	16	3,85	0,12	383,3
3	54,5	15	3,85	0,15	363,3
4	65,7	60	3,91	0,18	365,0
5	76,2	56	4,02	0,22	346,4
6	101,5	148	4,08	0,31	327,4

Tableau 8 : Résultats du pompage d'essai par paliers

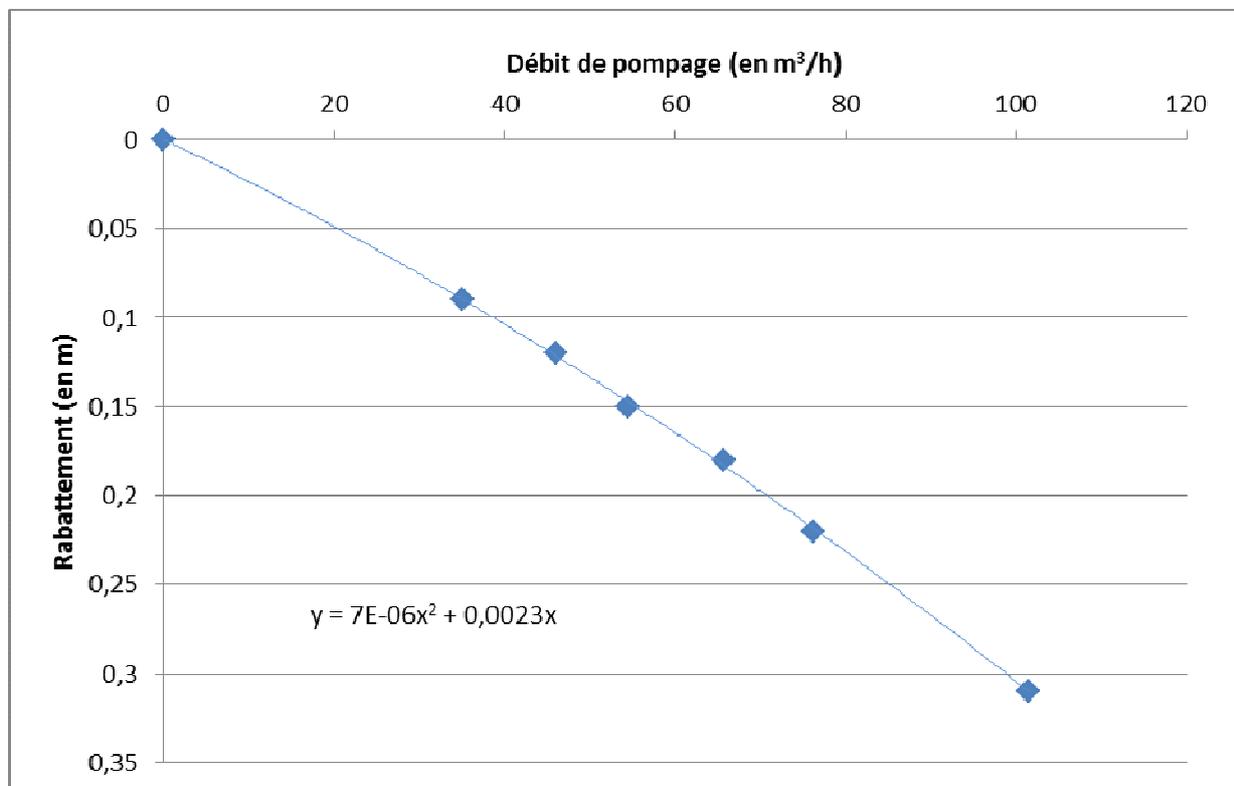


Figure 16 : Courbe caractéristique du puits d'essai

2.3.2 Pompage longue durée

Le pompage en continu a démarré le 4 septembre au débit maximum de la pompe, soit 101,4 m³/h. Le pompage a été maintenu durant 5 jours, excepté durant la première nuit, en raison d'un arrêt involontaire du fait du défaut d'alimentation du groupe électrogène à 0h23. Le pompage a été relancé le lendemain 5/09/13 au matin à 9h15 jusqu'au 9/09/13 à 13h08 (arrêt de la pompe).

Les rabattements de la nappe ont été suivis au niveau du puits d'essai et du piézomètre F1 à l'aide de sondes piézométriques enregistreuses mises en place par HYDROFORAGE. Les rabattements dans les piézomètres F2, F3, F4 et F5 ont été suivis manuellement, ainsi que dans le puits et le piézomètre F1, pour contrôler la fiabilité des mesures automatiques.

Les sondes de mesures utilisées ne sont pas Baro-compensées. Les courbes de descente du puits et du piézomètre F1 fournies par HYDROFORAGE montrent un décalage entre les mesures par la sonde autonome et les mesures manuelles. Ce décalage s'explique par les variations de pression atmosphérique durant la durée de l'essai, qui sont significatives (une variation de 1 hPa correspond à une variation de 1 cm sur le niveau de la nappe enregistré par la sonde). Les mesures des sondes sur le puits et F1 ont donc été corrigées à partir des données des pressions atmosphériques enregistrées à la station météorologique amateure de Sciez (<http://www.meteo-sciez.com>) située à environ 5 km plus à l'ouest, à 390 m d'altitude (**Figure 17**) au lieu-dit Les Combes. Sont également reportées le cumul des précipitations durant l'essai. Entre le 3^{ème} et 4^{ème} jour d'essai, les précipitations ont été abondantes avec un cumul de 55 mm entre le 07/09/13 et le 08/09/2013.

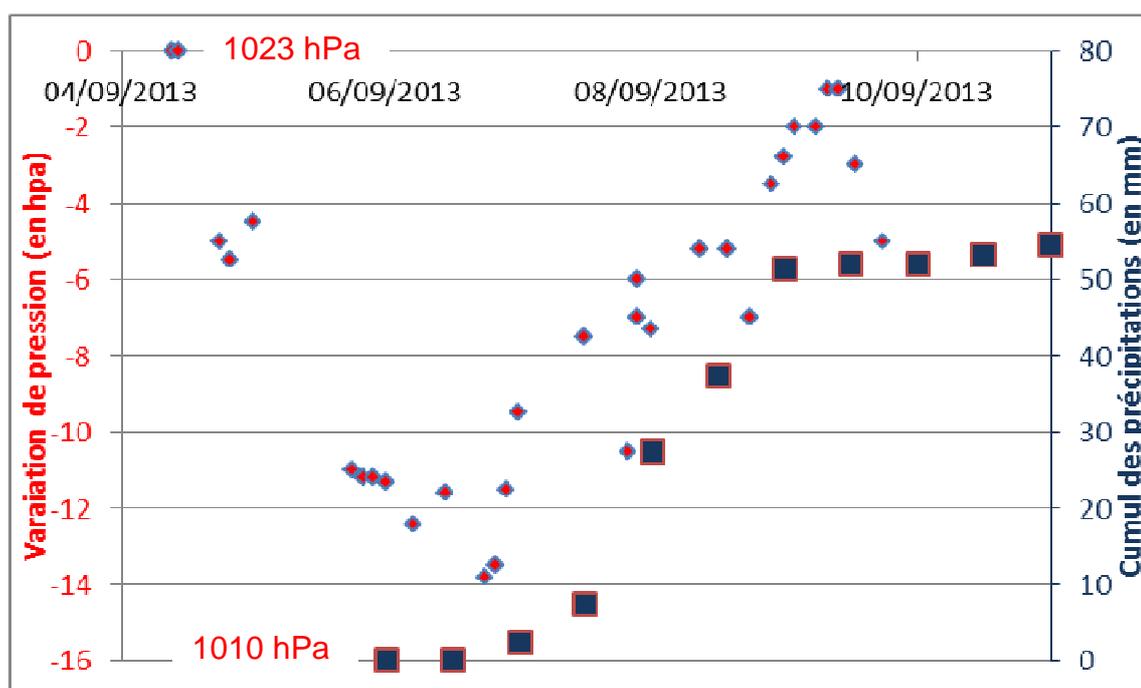


Figure 17: Variations des conditions climatiques (pressions atmosphérique et cumul des précipitations) durant l'essai

Sur les graphiques en page suivante (**Figure 18** et **Figure 19**) sont représentés les rabattements de la nappe mesurés manuellement dans les piézomètres (courbe orange) et les valeurs mesurées par sonde automatique corrigées de variations de pressions atmosphériques (courbe rouge).

La courbe de descente n'a pas été représentée pour le piézomètre F5, le niveau d'ayant pas varié au cours de l'essai.

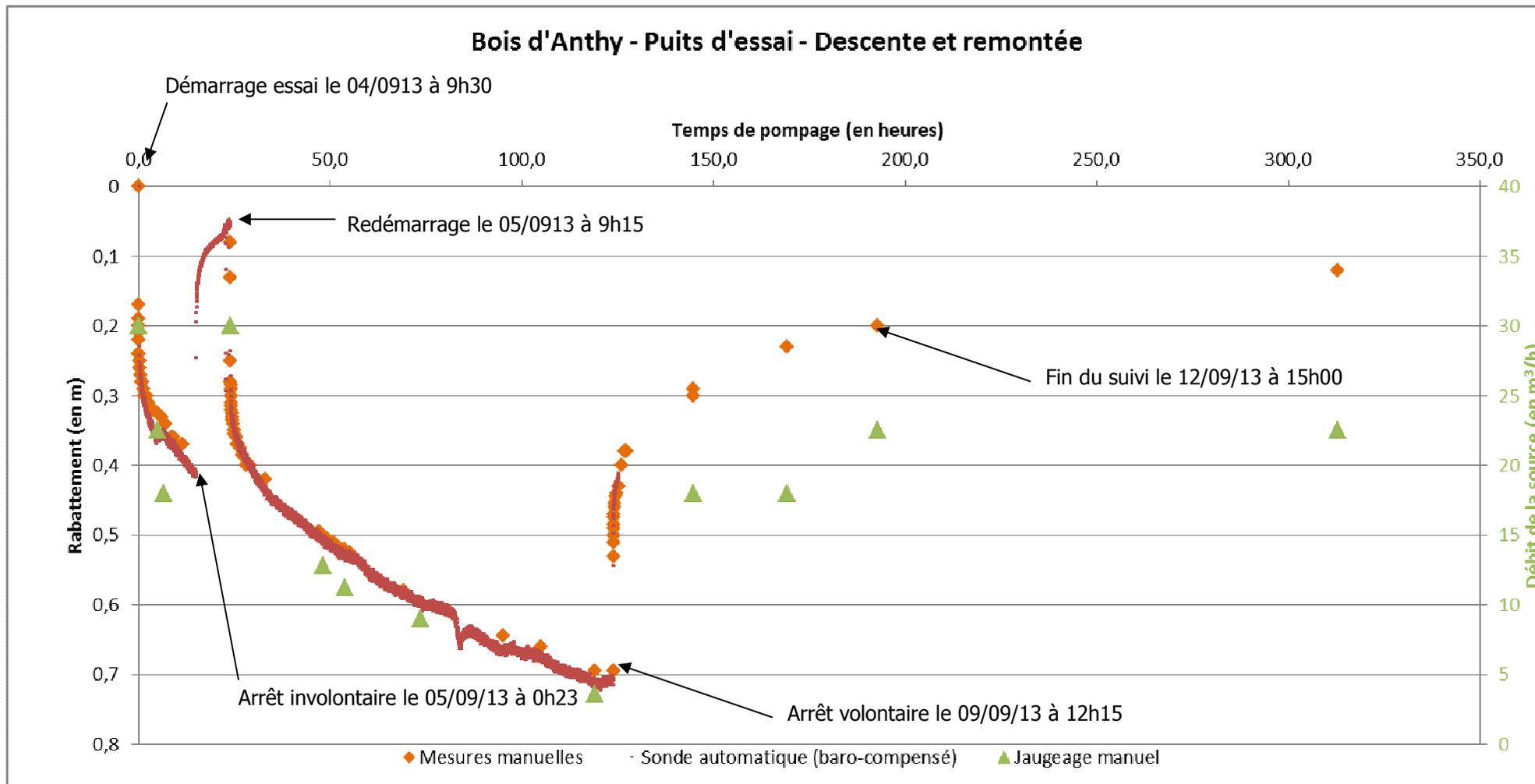


Figure 18 : Courbe de descente et de remontée au puits durant le pompage d'essai longue durée

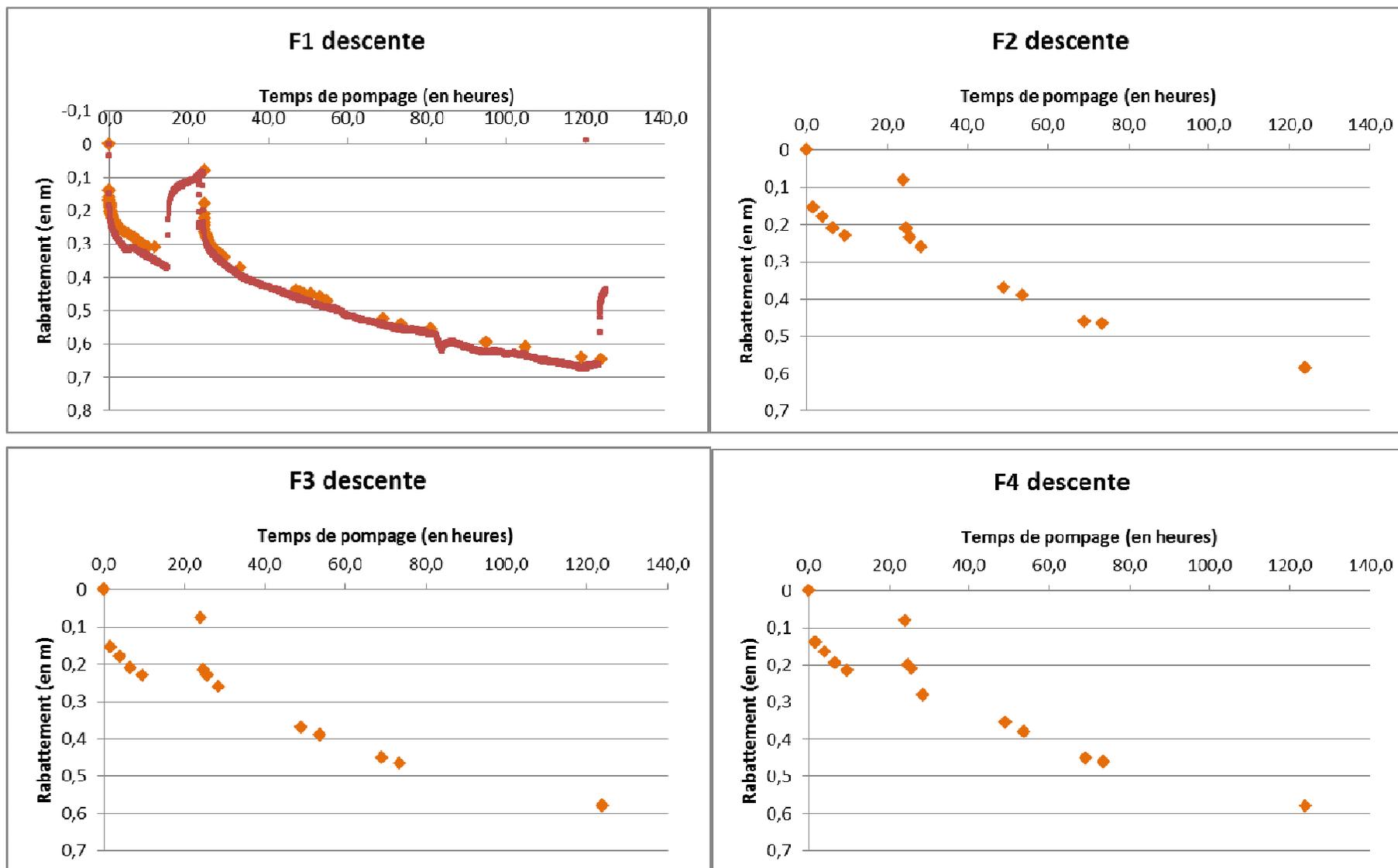


Figure 19 : Courbes de rabattement au cours de l'essai sur F1, F2, F3 et F4

L'ordre de grandeur des rabattements en fin d'essai dans les 4 piézomètres est sensiblement le même, de l'ordre de 60 cm, contre 70 cm dans le puits.

Les courbes d'essai montrent une amorce de stabilisation dans les rabattements au bout de 5 jours de pompage.

Sur cette même période, les niveaux d'eau suivis dans la zone humide des Buissons n'ont pas évolué. Durant l'essai, le débit du captage a également été suivi et les variations de débit sont reportées sur la courbe de descente et de remontée du puits (**Figure 18**). Le débit de la source a évolué de manière synchrone à la baisse piézométrique au cours du pompage. Le débit du captage a rapidement baissé au démarrage du pompage, passant de 30 à 17 m³/h au bout de la première journée, puis a remonté à son niveau initial le lendemain matin suite à l'arrêt involontaire des pompes. Le débit du captage a de nouveau baissé avec le redémarrage des pompes jusqu'à 5 m³/h en fin d'essai. A l'arrêt du pompage le 09/09/13, le débit du captage remonte de manière significative, puis plus lentement les jours suivants. Les niveaux piézométriques dans le puits et les piézomètres suivent le même comportement.

Les mesures sont peu nombreuses, mais montrent sur les piézomètres de l'A400 Lauz W et Lauz E un rabattement de la nappe interprétée comme l'influence probable du pompage avec :

- Une descente assez faible sur le piézomètre Lauz E (7 cm de rabattement en fin d'essai) ;
- Une descente plus marquée sur Lauz W, avec un rabattement de 20 cm en fin d'essai.

Cette observation montre que la transmissivité est probablement plus forte au niveau du piézomètre Lauz E du même ordre de grandeur que ce qui est mesuré autour du puits d'essai. La transmissivité est plus faible au niveau de Lauz W, comme cela est observé sur les piézomètres F2 à F4 (**voir Chapitre 2.3.3**).

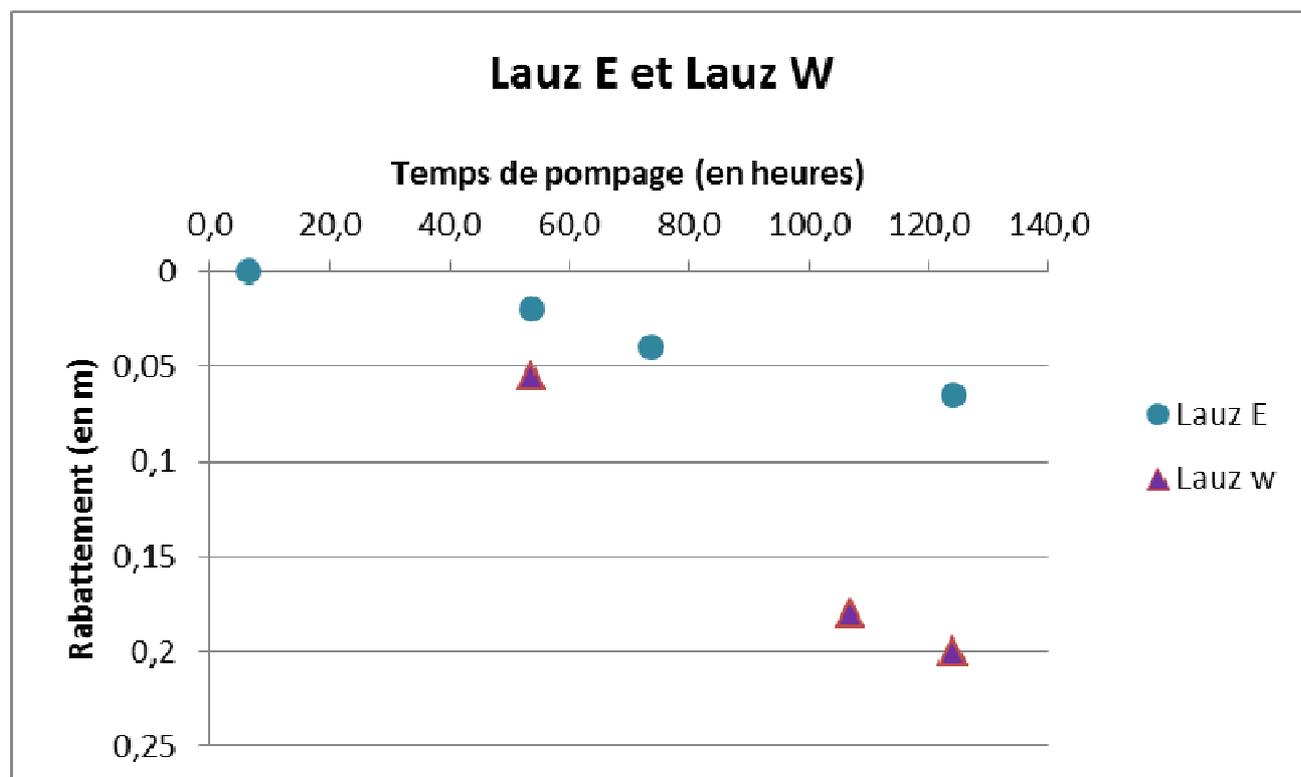


Figure 20 : Courbes de descente sur les piézomètres Lauz E et Lauz W

2.3.3 Interprétation des essais et calcul des paramètres hydrodynamiques

Les rabattements au cours du pompage ont été reportés en fonction du logarithme du temps au niveau du puits, et des piézomètres F1, F2, F3 et F4.

L'interprétation a été réalisée à l'aide de la formule de Cooper-Jacob pour la descente en distinguant la descente de courte durée (premier jour, avant arrêt involontaire des pompes) sur le puits et F1, de la descente de longue durée entre J+2 et J+5 pour le calcul des transmissivités. La remontée de la nappe la première nuit suite à l'arrêt de la pompe a également pu être interprétée sur le puits et F1 (sondes enregistreuses). Le coefficient d'emmagasinement a été interprété pour les piézomètres à partir des données du premier jour de pompage, puisque le redémarrage du pompage le second jour est influencé par la remontée concomitante de la nappe.

L'interprétation donne les résultats suivants :

	Distance au puits (en m)	Descente courte durée		Remontée courte durée	Descente longue durée	
		Transmissivité T (en m ² /s)	Coefficient d'emmagasinement S	Transmissivité T (en m ² /s)	T (en m ² /s)	Coefficient d'emmagasinement S
Puits	0	(T1 = 6,95.10 ⁻²) T2 = 2,95.10 ⁻²	-	8,4.10 ⁻²	1,48.10 ⁻²	-
F1	18,3	(T1 = 8,33.10 ⁻²) T2 = 3,09.10 ⁻²	6,23%	9,1.10 ⁻²	1,52.10 ⁻²	-
F2	158,9	3,48.10 ⁻²	0,350%		9,82.10 ⁻³	-
F3	119,1	3,29.10 ⁻²	0,626%		1,01.10 ⁻²	-
F4	100,8	3,48.10 ⁻²	0,924%		1,01.10 ⁻²	-

Tableau 9 : Détermination des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère à l'aide de la formule de Cooper-Jacob en descente

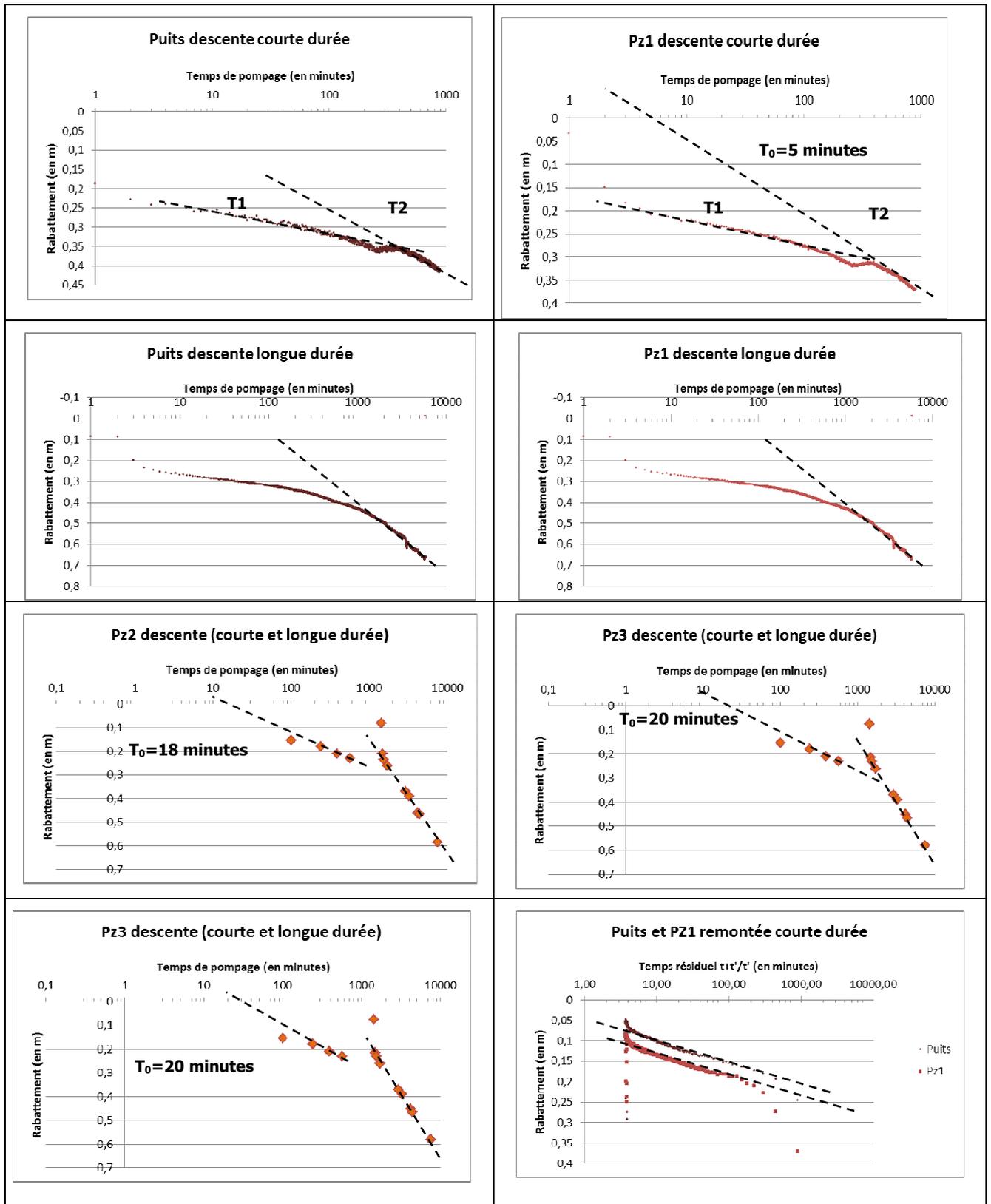


Figure 21 : Interprétation graphique des pompages d'essai en descente et remontée

Les transmissivités calculées sont cohérentes, mais assez variables, les valeurs sur l'essai de longue durée sont comprises entre $9,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (Pz2) et $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (puits et F1), soit un facteur 1,5 entre les valeurs extrêmes en fin d'essai. On remarque, qu'elles sont globalement plus fortes sur la première phase d'essai, comprises entre $3,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ pour les piézomètres F2, F3 et F4. Pour le puits et le piézomètre F1, nous avons calculé une transmissivité T1 correspondant aux deux premières heures du premier jour de pompage. Les transmissivités calculées y sont importantes, proches entre 7 et $8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Cela traduit l'influence d'une meilleure transmissivité autour du puits d'essai : forte transmissivité en courte durée, et globalement meilleure transmissivité au puits et sur F1 que pour les piézomètres F2, F3 et F4). Cette observation est très cohérente avec la lithologie observée lors de la foration du puits et du piézomètre F1 (gravier grossier et homogène) par rapport aux piézomètres (gravier et sable avec passés de sable fin). L'étude de la remontée lors de la première nuit, montre une transmissivité toujours entre 8 et $9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ correspondant aux terrains autour du puits.

A titre de comparaison, les valeurs de transmissivité obtenues au captage de la Versoie (eaux minérales de Thonon en rive droite du Pamphiot) sont du même ordre de grandeur (1 à $6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ suivant les années et les piézomètres, d'après la thèse de Martial Dray de 1970).

Les perméabilités autour de la zone de captage (en considérant 16 m d'alluvions grossières) sont de l'ordre de $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, elles sont (ordre de grandeur, l'épaisseur totale de l'aquifère n'est pas connue) de $5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ sur la terrasse de Dursilly en considérant 20 m d'alluvions testée en moyenne, soit un ordre de grandeur inférieur à la zone autour du puits.

Les coefficients d'emmagasinement ont été calculés uniquement pour la descente du premier jour, puisqu'ensuite l'influence de la remontée est encore trop forte. Les valeurs obtenues sont également cohérentes autour du puits de pompage avec un coefficient de 6 %, du même ordre de grandeur qu'à la Versoie (entre 4 et 6 %). Les valeurs sont sensiblement plus faibles pour les autres piézomètres avec des coefficients compris entre 0,35 et 0,92 %, mais qui restent cohérentes avec une porosité probablement moins bonne au droit des piézomètres ou un état très légèrement captif.

La vérification avec la formule de Theis à l'aide des rabattements en fin d'essai (calage couple T et S) confirme les ordres de grandeur :

- Une transmissivité de $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ pour un coefficient d'emmagasinement de 6% ;
- Un coefficient d'emmagasinement compris entre 2 et 5 % pour F2, F3 et F4, pour des transmissivités de $1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les difficultés de calage du coefficient d'emmagasinement sont probablement dues à une mauvaise interpolation graphique du fait :

- des phénomènes d'égouttage dans la partie supérieure de l'aquifère (argile, sable et graviers) au-dessus de la partie productive (légère mise en charge observée en foration) ;
- de l'arrêt involontaire des pompes le premier jour qui ne permet pas d'avoir une descente suffisamment longue.

Quoiqu'il en soit, les transmissivités, paramètres qui indiquent la productivité de l'aquifère, sont très bonnes autour du puits, dont l'emplacement semble optimisé dans la zone la plus perméable autour de l'actuel captage.

2.4 Piézométrie au repos et influencée

L'ensemble des points de suivi de la nappe (puits d'essai, puits de particuliers, piézomètres, sources) et qui ont fait l'objet d'un nivellement, a été mesuré en début d'essai, avant le démarrage des pompes et en fin d'essai avant l'arrêt des pompes (nappe influencée). Les cartes en pages suivantes (**Figures 22 et 23**) présentent la piézométrie au repos et influencée.

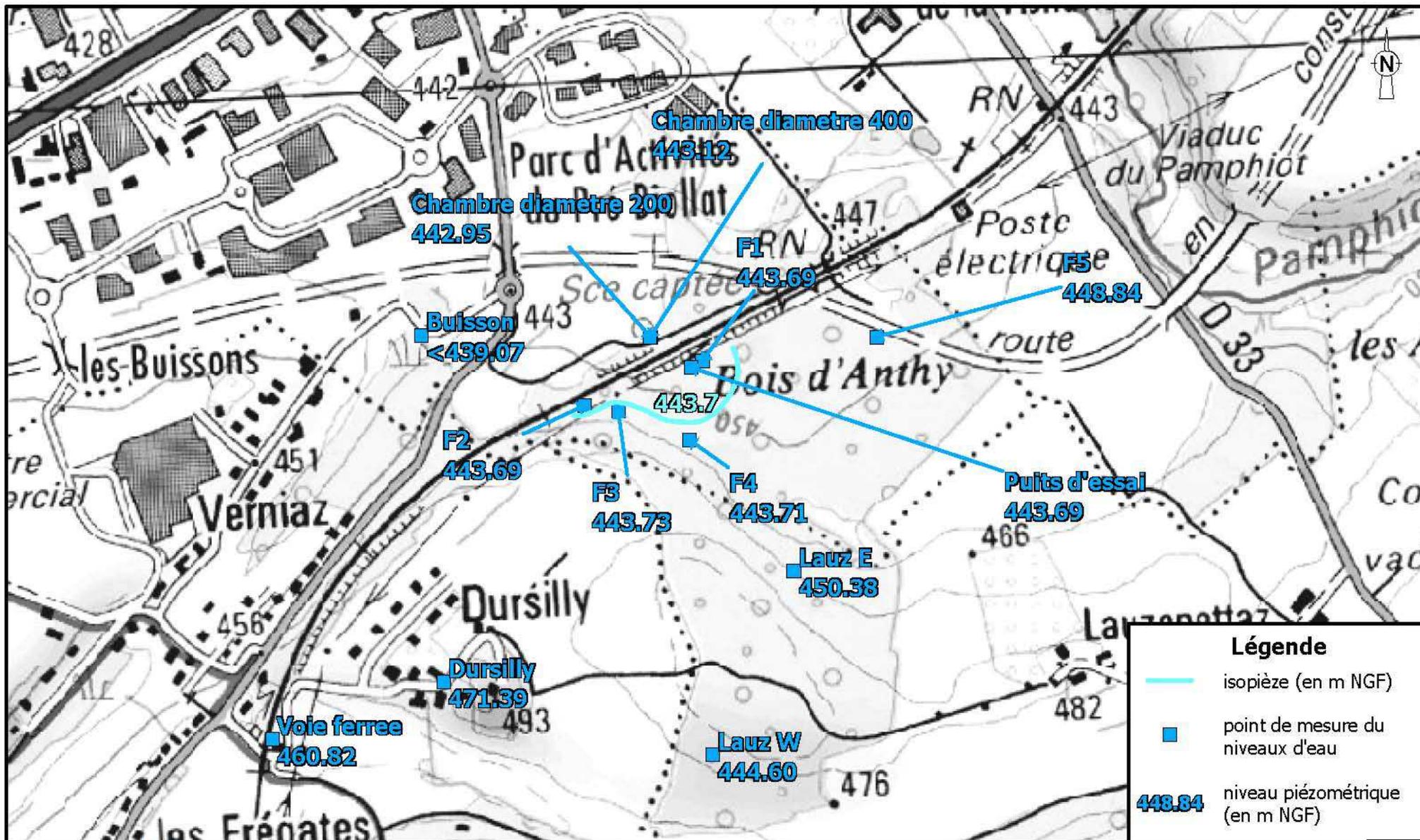
Sur les deux cartes, on voit très nettement un gradient très faible autour de la zone de captage, et un gradient plus important sur points plus éloignés du plateau de Dursilly et Lauzenettaz.

On remarque également, que le niveau d'eau du F5, qui ne bouge pas au cours de l'essai, est très nettement supérieur (448,84m) au niveau de base des drains du captage (arrivée Ø 400 mm à 443,12 m). Ce niveau d'eau est déconnecté de l'aquifère du Bois d'Anthy.

De même, le niveau d'eau à la zone humide des Buissons (< 439 m), est très en-dessous du captage, prouvant l'absence de relation possible, excepté pour des rabattements de plus de 4 m dans la zone de captage.

Le point sur les piézomètres Lauz E est sensiblement différent du point Lauz W. Ces deux points ont réagi lors du pompage d'essai et semblent donc alimenter la zone de captage. La différence de niveau s'explique probablement par le fait que le piézomètre Lauz W a été équipé à 40 m de profondeur contre seulement 35 sur Lauz E. Pour ce dernier point, il est possible qu'il atteigne seulement un niveau cloisonné plus dans l'aquifère mais qui peut contribuer à alimenter la zone du Bois d'Anthy. Le niveau d'eau mesuré à Lauz W donnerait un gradient de nappe au repos de 0,17 % et de 0,28 % en dynamique, valeurs cohérentes avec une circulation d'eau au sein de l'aquifère.

D'autre part, les points Dursilly et voie ferrée, sont plus hauts en altitude et peuvent potentiellement réalimenter la zone de captage, mais s'agissant de points très éloignés, il n'existe pas d'autres arguments piézométriques pour vérifier les sens d'écoulement dans ce secteur, d'autant plus, que les deux puits sont peu profonds, ils peuvent donc capter un niveau cloisonné peu profond. Le puits de Dursilly semble être alimenté par un drain horizontal à une quinzaine de mètres de profondeur, visible en fond de puits et qui serait donc alimenté directement par les niveaux superficiels de la terrasse.



2, rue du Tour de l'Eau
38400 Saint Martin d'Hères
Tel : 04-76-00-75-50
Fax : 04-76-00-75-69

Etude du fonctionnement de l'aquifère du bois d'Anthy

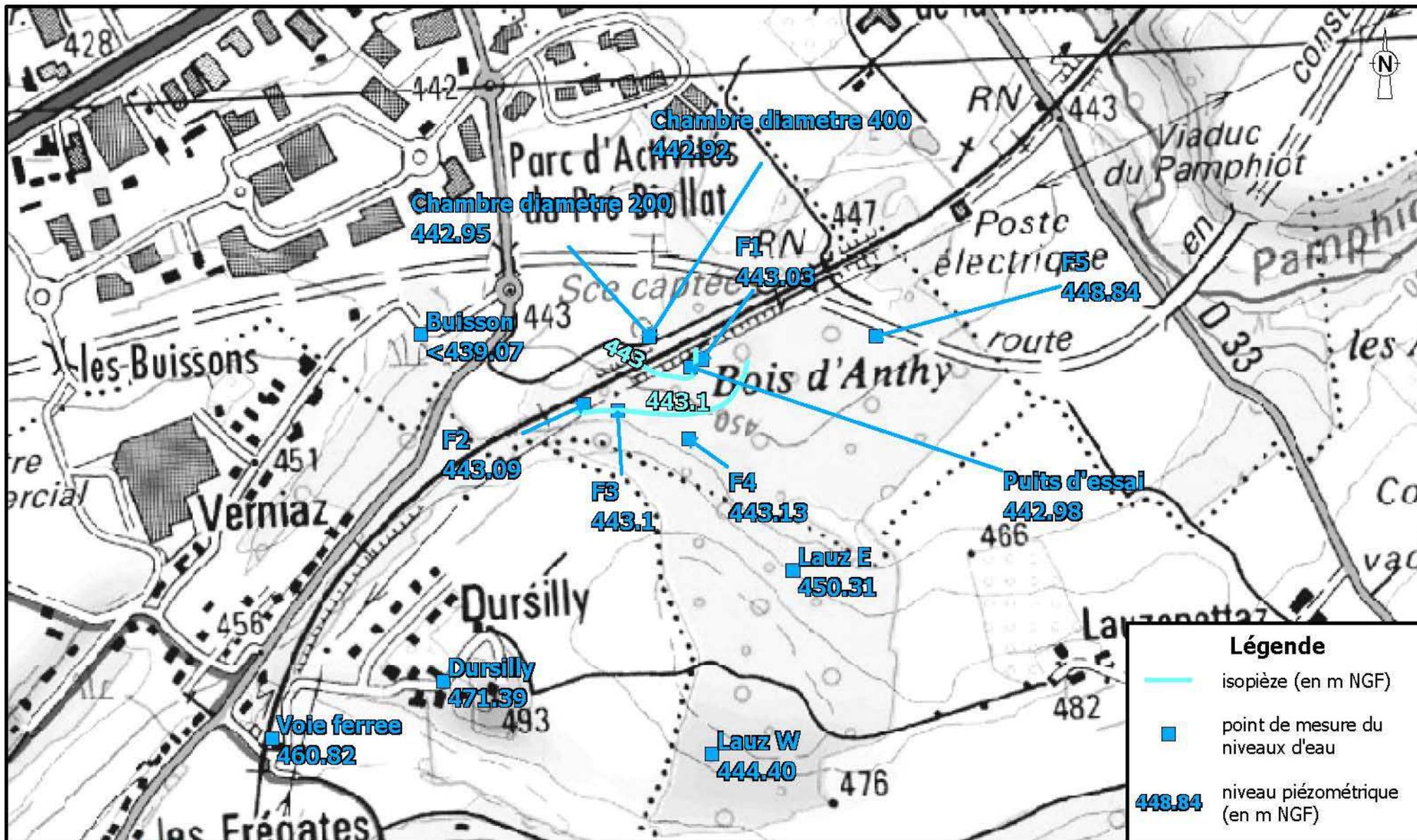
REAUCE0XXX
CEMNCE111025

Interprétation de la piézométrie au repos

Echelle : 1/ 7 500
(en A4)



Figure 22



BURGEAP
 2, rue du Tour de l'Eau
 38400 Saint Martin d'Hères
 Tel : 04-76-00-75-50
 Fax : 04-76-00-75-69

Etude du fonctionnement de l'aquifère du bois d'Anthy

Interprétation de la piézométrie influencée

REAUCE00XX
 CEMNCE111025

Echelle : 1 / 7 500
(en A4)

0 150 300 m

Figure 23

3. Synthèse sur le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère du Bois d'Anthy

3.1 Géométrie de l'aquifère

3.1.1 Extension des graviers aquifères

L'actualisation des données (géophysique, forages) suite à la première synthèse bibliographique en 2011, permet de densifier les points d'observation et de préciser l'extension de l'aquifère, en l'état actuel des connaissances. En particulier, les données suivantes ont été intégrées :

- Les coupes lithologiques des piézomètres F1 à F5 (septembre 2012) et du puits d'essai (juin 2013) ;
- Les forages de reconnaissance de l'autoroute (coupes des piézomètres anciens et nouveaux sondages de reconnaissance pour le projet de RN206) ;
- Les forages de reconnaissance du contournement routier de Thonon (2003) ;
- Les quelques forages récents de géothermie en limite sud de l'aquifère (banque de données du Sous-Sol) ;
- Les données de géophysique (sondages électriques et panneaux électriques) avec les campagnes de CPGF (sondages électriques 1973 et 1996) et d'EDG (panneaux électriques de 2000) ;
- Les données du pompage d'essai de 2013 et de chimie des eaux, en particulier la chimie isotopique qui précisent l'altitude de la zone d'alimentation.

En plus de ces données, les travaux de thèse de H. BUCHLI, R. PAQUIN et A. DONZE datant de 1976 qui n'avaient pas été exploités en 2011, concernent, une reconnaissance géophysique à l'échelle de tout le Bas-Chablais. Dans ce travail, deux éléments intéressent notre étude :

- Les mesures par trainées électriques (AB=100, soit une profondeur d'investigation de 25 à 30 m maximum), mettent en évidence une structure graveleuse importante au sud du Bois d'Anthy développée vers le sud ; les plus fortes résistivités correspondant à la vallée sèche des Eply (où la moraine a pu être décapée), au sud de Lauzenettaz ;
- Les mesures gravimétriques ne mettent pas en évidence de remontée du substratum en amont du captage d'Anthy (pas d'anomalie gravifique positive), confirmée par des mesures gravimétriques inédites qui ne montrent pas de remontée du substratum (communication orale Erik Siwertz) dans le secteur du Bois d'Anthy ;

L'ensemble des données a été synthétisé sur une carte permettant de définir l'extension maximale de l'aquifère. Le tracé projeté correspond à la structure graveleuse principale formant l'aquifère du Bois d'Anthy. Latéralement, il existe soit des transitions franches, soit de variations latérales de faciès entre l'aquifère sablo-graveleux et de terrains de moins en moins perméables. Lorsque cela est possible, ces limites sont précisées par des sondages mécaniques.

L'aquifère du Bois d'Anthy s'étend très en amont du seul Bois d'Anthy. La géophysique électrique (panneaux EDG et sondages électriques CPGF) est plutôt très convaincante pour les gammes de valeurs entre 400 et 600 ohm.m, qui ont été bien calées grâce aux nouveaux forages.

- Au nord du captage, la géophysique montre encore une structure graveleuse qui s'amenuise très rapidement, avec une transition assez franche. Le forage de reconnaissance de l'autoroute VP52 au nord-ouest (zone des Buissons, dans la dépression de Margencel) montre encore des graviers aquifères saturés en eau, sous une faible couverture morainique, mais le forage VP53 plus au nord ne montre plus une telle structure ;

- Vers l'Est (contournement), l'aquifère graveleux exploité au captage s'approfondit sous le contournement, sous une quinzaine de mètres de moraine (Pz4 et Pz1 artésiens lors de travaux de reconnaissance du passage sous la voie SNCF). Le panneau électrique n°3, bien calé par les forages, montre que la structure se termine en biseau, comme cela a été souligné dans la synthèse de 2011. Le piézomètre F5, réalisé en amont du Pz4 ne correspond pas à l'aquifère du Bois d'Anthy. Le niveau de nappe perché par rapport à l'aquifère, et la chimie des eaux très différente montrent qu'il s'agit d'une lentille ou d'un petit aquifère très localisé (continuité des graviers du Champ d'Aubry ?) alimenté par l'amont, et qui n'a pas réagi lors du pompage de septembre 2013.
- Au-delà du contournement, les graviers reconnus au Champ d'Aubry, sont des graviers superficiels reposant sur la moraine qui coiffe l'aquifère du Bois d'Anthy. Toujours d'après le panneau électrique n°2, on ne retrouve pas de niveau résistant, donc aquifère sous cette moraine. Tous les sondages mécaniques superficiels se sont arrêtés ici au toit de la moraine, **nous ne disposons donc pas de sondage mécanique permettant de vérifier l'absence d'aquifère sous la moraine.**
- Vers le sud-est, le plateau agricole au sud du vallum morainique du Bois d'Anthy fait partie de la structure aquifère principale mais présente une transition très franche vers l'est d'après la géophysique. Tous les forages de reconnaissance de l'autoroute dans ce secteur sont peu profonds, et dans les terrains morainiques superficiels ou dans les terrains graveleux en amont du champ d'Aubry. Les forages réalisés dans le lit du Pamphiot, montrent, sous les alluvions récentes de la rivière, des dépôts fin sablo-limoneux sans cailloux, probablement des dépôts lacustres anciens et profonds, mis à nu par l'érosion.
- Vers le Sud, les deux piézomètres sur le tracé de l'A400 (nommé Lauz W et Lauz E) de part et d'autre du vallum morainique de Lauzenettaz atteignent l'aquifère. De nombreux sondages de reconnaissance de l'autoroute A400 confirment ce schéma, au moins sur la partie superficielle du vallum de Lauzenettaz (couverture morainique, puis début de l'aquifère, mur jamais atteint en forage). La géophysique montre l'extension des graviers aquifères bien plus au sud. Le panneau électrique n°2 montre un aquifère continu sur l'ensemble du profil ; soit en traversant le plateau de Dursilly, vallum de Lauzenettaz, les Eply et en remontant à proximité de la RD903 au sud-est. Les forages de l'autoroute VP46 confirment ce schéma également cohérent avec la carte d'isorésistivité de BUCHLI, PAQUIN et DONZE qui montre une structure graveleuse (résistivités > 400 ohm.m) dans la vallée sèche des Eply.
- Vers l'ouest, la transition est moins franche et les données géophysiques moins denses. D'après ces données, l'aquifère ne s'étend pas au-delà des Frégates et du Petit Bois. Un forage de géothermie de 72 m de profondeur (06298X0066/F) au lieu-dit « les Crêts » au nord de Mésinges, ne recoupe pas d'aquifère productif, mais des formations à dominante argileuse et sableuse. Encore plus au sud, les forages de reconnaissance pour l'aménagement du passage à niveau de Mésinges montrent des formations sablo-argileuse sans éléments grossiers sur 40 m de profondeur.

On notera que la structure aquifère principale est probablement très hétérogène. Les forages F2, F3 et F4 ont montré une passée bien marquée de sable fin limoneux, corrélée sur les 3 forages. Les forages de reconnaissance de l'autoroute qui ont atteint l'aquifère montrent dans le détail une forte hétérogénéité avec :

- Une zone très riche en blocs à la base de la moraine. Cette zone est probablement à rattacher à cette dernière formation, mais l'incertitude est assez forte car la transition entre la moraine et l'aquifère n'est pas franche, et les graviers secs et argileux peuvent être confondus avec l'aquifère graveleux principal, d'autant plus que les forages sont destructifs (mélanges de terrains en foration), et les relevés ne sont pas systématiquement réalisés par un géologue (difficulté d'avoir une description fiable) ;
- Les graviers de la zone non saturée sont souvent décrits comme « un peu argileux » dans la partie supérieure, ce qui rend l'interprétation plus difficile entre une matrice réellement argileuse, ou simplement des passées limono-argileuses mélangées lors de la foration. Certaines de ces passées, lorsqu'elles sont épaisses, sont bien décrites et semblent se corréliser aux passées sablo-limoneuses des forages F2, F3 et F4 ;

- Enfin, des niveaux de conglomérats existent dans la masse graveleuse aquifère, car certains niveaux sont décrits comme des grès grossiers ou des sables et graviers « très durs à passer » en foration. Du reste, deux forages de reconnaissance de l'A400, sur la traversée du vallum de Lauzenettaz, décrivent des grès à moins de 10 m de profondeur. Le terme grès n'est pas à interpréter ici comme le substratum molassique, mais bien comme des passées de conglomérat (cimentation entre les graviers de l'aquifère) au sein des graviers aquifères, puisque ces forages (VP45 et VP46) ont été doublés et remplacés par des forages plus profonds (avec changement d'outil de foration) qui n'ont pas atteints la molasse (VP45A et VP456A).

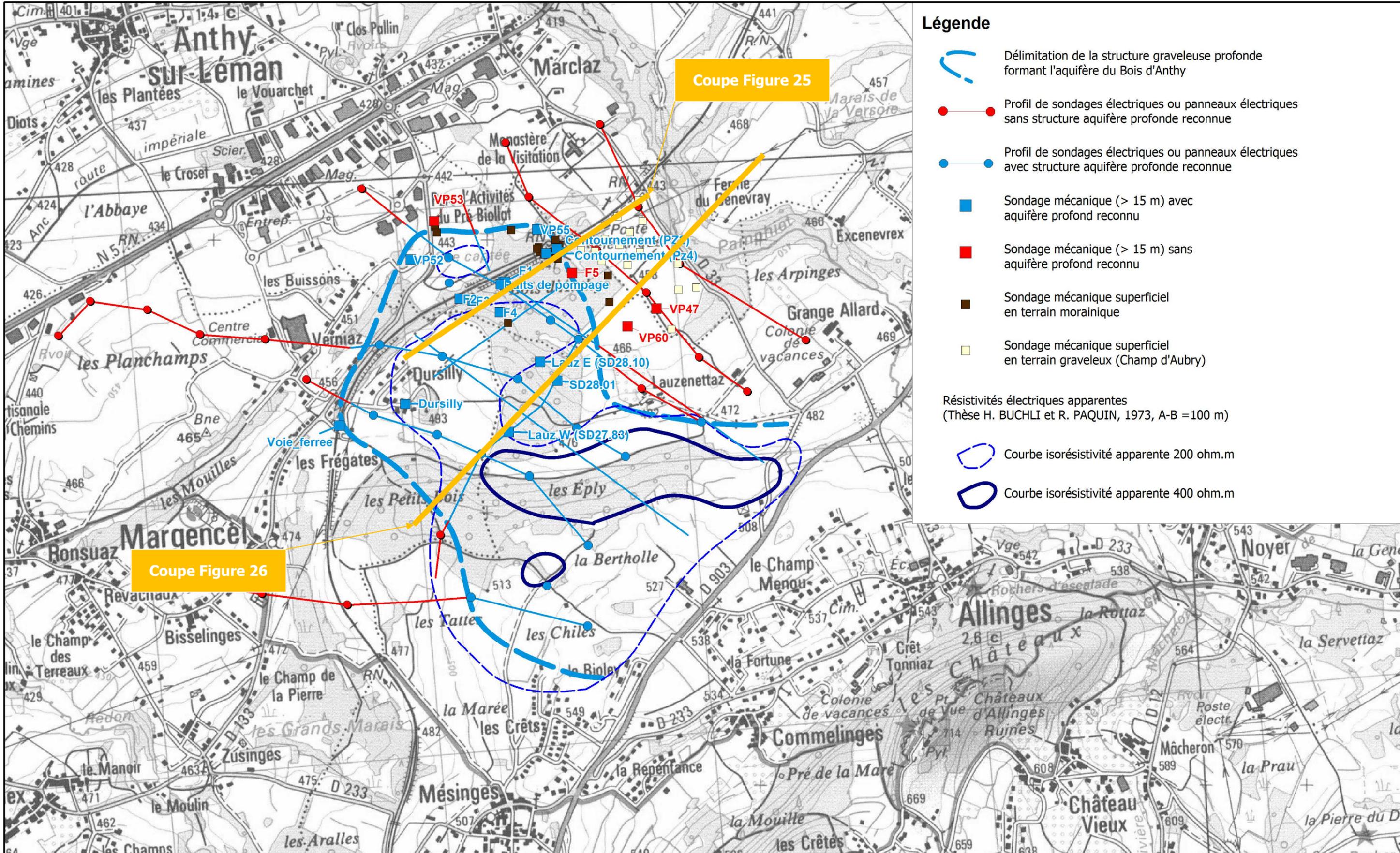
Tous ces éléments laissent penser qu'il peut exister une stratification verticale assez forte dans l'aquifère avec localement un cloisonnement de différents niveaux aquifères par des conglomérats indurés ou des passées moins perméables (sable, limon ou argile). Latéralement, il peut y avoir des connexions. Les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires sont un multicouches avec des niveaux plus ou moins connectés entre eux ce qui rend effectivement très difficile le tracé d'une carte piézométrique et la compréhension des circulations.

3.1.2 Coupes hydrogéologiques interprétatives

Les deux coupes hydrogéologiques en pages suivantes présentent une interprétation de la géométrie de l'aquifère à partir des données de forages, de géophysique électrique et les données hydrogéologiques. Les coupes sont présentées dans le sens Sud-Ouest / Nord-Est et recoupent respectivement :

- L'aquifère à hauteur du captage actuel entre la terrasse de Dursilly, le contournement de Thonon et le Champ d'Aubry (Figure 24) ;
- L'aquifère selon le tracé projeté de la RN 206 (ex A400) entre Le Petit Bois, Les Eply, Lauzenettaz et le Pamphiot (Figure 25).

Sur ces deux coupes, les homogénéités verticales dans la structure aquifère ne sont pas représentées. Il s'agit de coupes simplifiées qui donnent une bonne image de l'extension de l'aquifère.



Légende

-  Délimitation de la structure graveleuse profonde formant l'aquifère du Bois d'Anthy
 -  Profil de sondages électriques ou panneaux électriques sans structure aquifère profonde reconnue
 -  Profil de sondages électriques ou panneaux électriques avec structure aquifère profonde reconnue
 -  Sondage mécanique (> 15 m) avec aquifère profond reconnu
 -  Sondage mécanique (> 15 m) sans aquifère profond reconnu
 -  Sondage mécanique superficiel en terrain morainique
 -  Sondage mécanique superficiel en terrain graveleux (Champ d'Aubry)
- Résistivités électriques apparentes
(Thèse H. BUCHLI et R. PAQUIN, 1973, A-B = 100 m)
-  Courbe isorésistivité apparente 200 ohm.m
 -  Courbe isorésistivité apparente 400 ohm.m

Coupe Figure 26

Coupe Figure 25

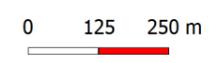


2, rue du Tour de l'Eau 38400 SAINT MARTIN D'HERES
Tél : 04 76 00 75 50 Fax : 04 76 00 75 69

ETUDE DU FONCTIONNEMENT DE L'AQUIFERE DU BOIS D'ANTHY

EXTENSION DE L'AQUIFERE

Echelle : 1/12 500

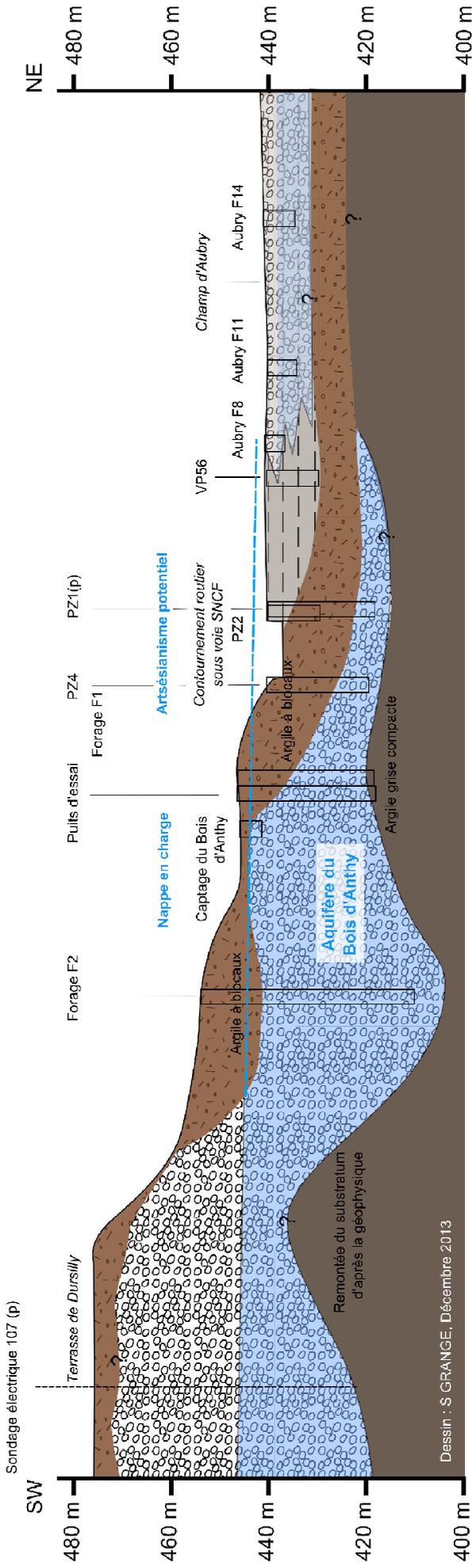


RXXX-CE-000000

CEMNCE111025

Figure 24

Figure 25 : Coupe hydrogéologique interprétative entre la terrasse de Dursilly, le captage du Bois d'Anthy et le Champ d'Aubry



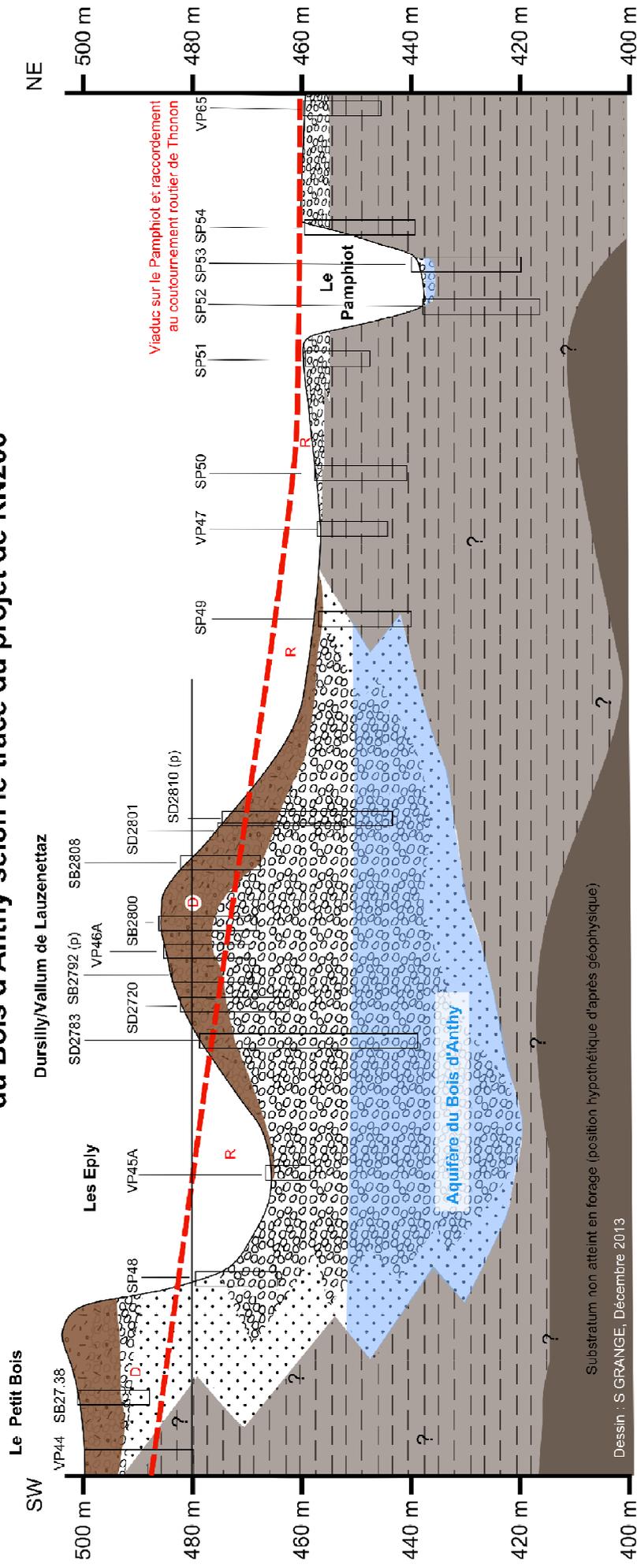
Dessin : S. GRANGE, Décembre 2013



Légende

- Aquifère graveleux superficiel du Champ d'Aubry : saturé en eau / zone non saturée
- Argile et limons superficiels peu compacts, dépourvus de blocs (faciès lacustre fin, peu perméable)
- Moraine : faciès de moraine de fond compacte (argile à blocs imperméable) ou faciès de moraine plus riche en blocs (peu perméable, localement moyennement perméable)
- Aquifère graveleux profond du Bois d'Anthy : saturé en eau / zone non saturée
- Substratum imperméable : moraine de fond ou argile glacio-lacustre / substratum indifférence non reconnu par forage
- Sondage mécanique (p=projeté)

Figure 26 : Coupe hydrogéologique interprétative en amont du Bois d'Anthy selon le tracé du projet de RN206



Légende

- Moraine : faciès de moraine de fond compacte (argile à blocs imperméable) ou faciès de moraine latérale plus riche en blocs (peu perméable, localement moyennement perméable)
- Argile et limon peu compact, à rares graviers (faciès glacio-lacustre ou lacustre distal), peu perméable
- Sable et sable fin peu graveleux, moyennement perméable à perméable
- Aquifère graveleux très perméable : saturé en eau / zone non saturée
- Substratum imperméable indifférencié non reconnu par forage : moraines de fond, argile ou molasse
- Tracé approximatif du projet de RN206 (R = remblais, D= déblais)
- Sondage mécanique (p=projeté)

3.1.3 Protection de surface

L'ensemble de l'aquifère du Bois d'Anthy est recouvert par des formations morainiques d'une épaisseur comprise entre 10 et 15 m en moyenne, mais rarement au-delà. Il faut distinguer, la partie basse de l'aquifère autour du captage du Bois d'Anthy qui montre des argiles à blocs (Pz4, captages, F1, Puits et nombreux forages superficiels le long du tracé du contournement de Thonon), des terrasses des plateaux de Dursilly et Lauzenettaz où les données de forage sont plus rares, mais la moraine semble bien présente. Elle a été reconnue sur les 10 premiers mètres des forages F2, F3 et F4, mais aussi, sur les forages A400/RN 2006 en particulier pour le franchissement du vallum de Lauzenettaz (entre autres : forages profonds Lauz W et Lauz E).

Cette couverture morainique semble continue sur l'ensemble de la structure graveleuse aquifère en amont du Bois d'Anthy d'après la géophysique, soulignée par une mince bande de terrains peu résistants en surface, mais continus sur tous les profils de géophysique électrique. Seules les vallées sèches, et tout particulièrement le secteur des Eply, sont dépourvues de couverture morainique qui a été tout ou partie érodée.

Les observations montrent de nombreux blocs erratiques à la surface des bois en amont du captage ou dans les premiers mètres de foration (F4). Quelques niches d'arrachement révèlent la nature argileuse de terrains en surface, mais toujours riches en blocs. Enfin, dans la forêt au sommet du vallum du Bois d'Anthy, un fontis a été observé, qui pourrait indiquer un mécanisme de suffusion dans la moraine (donc une infiltration d'eau et un soutirage des particules fines de la moraine en profondeur).

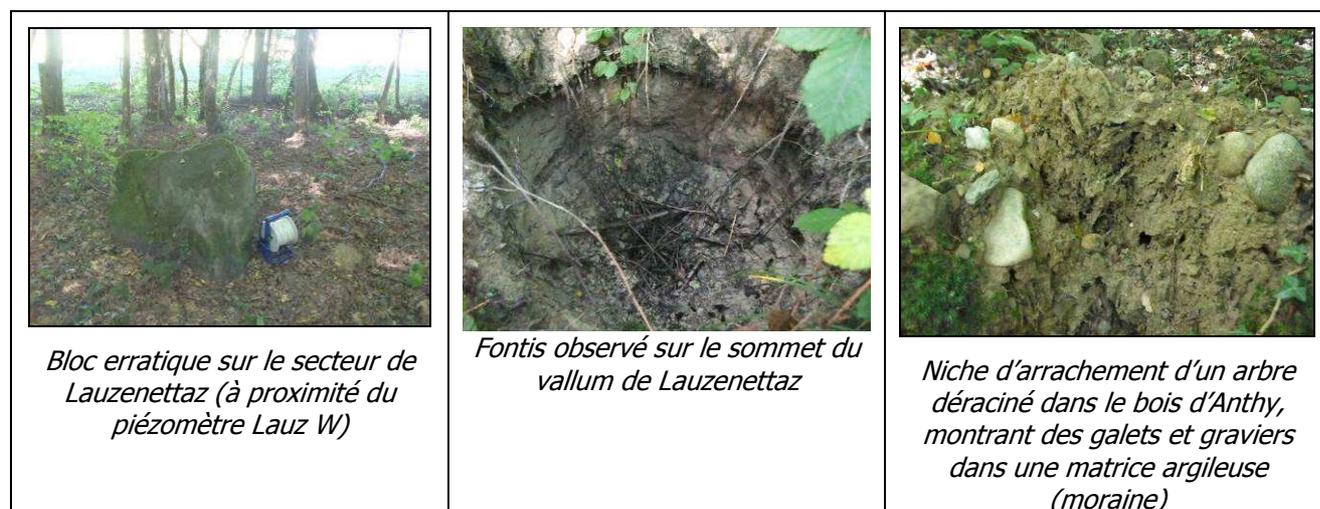


Figure 27 : Détails de quelques observations de surface de la couverture de l'aquifère du Bois d'Anthy

3.2 Hydrodynamisme, qualité des eaux, bassin d'alimentation

3.2.1 Conditions de la recharge, origine de l'eau

L'eau de l'aquifère du Bois d'Anthy provient des précipitations directes sur son bassin versant et ce de deux manières :

- Par percolation dans la moraine, qui ne constitue pas une barrière imperméable aux précipitations, mais du fait de sa nature graveleuse hétérogène et de la présence d'une zone non saturée dans la partie amont de l'aquifère et de replats ;
- Par ruissellement à la surface du bassin versant topographique et infiltration préférentiellement dans les vallées sèches, là où la couverture morainique est décapée ou inexistante, la pluie pouvant s'infiltrer directement vers l'aquifère.

Ce schéma se justifie d'un part par l'absence de cours d'eau permanents sur le bassin versant, et en particulier dans les points bas (les Eply) qui devraient pourtant constituer une zone de concentration des eaux de ruissellement. Le déficit d'écoulement se fait donc en faveur de l'aquifère du Bois d'Anthy. Vers l'amont, la zone d'extension de l'aquifère n'étant pas définie, la recharge ne peut être précisée. Les mesures isotopiques indiquent un bassin versant pouvant atteindre une altitude de 700 m, soit potentiellement jusqu'à la montagne des Allinges. Le Phamphiot pourrait également réalimenter pour partie l'aquifère, mais seulement très en amont (pas de données, hypothèse non vérifiée).

Pour estimer la recharge de l'aquifère, on considère ici les données de la station météorologique de Thonon-les-Bains (Station INRA à 375 m d'altitude). Le choix de cette station est sécuritaire, puisque les précipitations efficaces en amont du Bois d'Anthy sont foncièrement plus importantes, du fait de l'altitude plus élevée (augmentation des précipitations et diminution des températures moyennes).

	Cumul moyen annuel des précipitations (1963-2000)	Température moyenne annuelle (période 1997-2000)	ETP moyen annuel (1986-2000, formule e Penman)
Station de Thonon-INRA (375 m)	981 mm	11,4°C	700 mm

Tableau 10 : Données climatiques de la station de Thonon-les-Bains (d'après la thèse d'Anne TRIGANON, 2002)

Les précipitations efficaces (contribuant à la recharge efficace) à la station de Thonon sont en moyenne de 281 mm. Le bilan sur les bases des moyennes mensuelles montre des précipitations efficaces de 270 mm sur la période 1986-2000 en considérant dans le bilan une RFU (réserve Facilement Utilisable par les plantes, c'est-à-dire la saturation en eau des premiers mètres du sol) de 100 mm. Selon ce bilan, l'excédent d'eau rechargeant l'aquifère se fait entre novembre et avril (**Tableau 11**).

Thonon 1986-2000	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
Temp. °C	2.8	3.6	6.8	9.3	14.6	17.2	20.1	20.3	16.1	11.9	6.4	4.0	11.1
Pluie mm	53.8	58.8	48.7	85.1	96.5	104.0	81.4	74.0	106.4	103.1	83.1	74.3	969
ETP mm	9.0	17.4	41.7	61.7	99.0	114.0	131.0	110.5	63.9	29.6	12.2	8.8	699
RU mm	100	100	100	100	97.5	87.5	37.9	1.4	43.9	100	100	100	
Excédent alimentation mm	44.8	41.4	7.0	23.4	0	0	0	0	0	17.4	70.9	65.5	270
ETR mm	9.0	17.4	41.7	61.7	99	114	131	110.5	63.9	29.6	12.2	8.8	699

Tableau 11 : Estimation du bilan hydrique à Thonon-les-Bains (extrait de la thèse d'Anne TRIGANON, 2002)

Sur la base d'une surface minimale d'infiltration de 1,5 km², et pour des pluies efficaces de 280 mm, la recharge serait de l'ordre de 420 000 m³/an. Attention, il ne s'agit là que d'un ordre de grandeur qui peut varier en fonction des variations interannuelles des précipitations efficaces chaque année et des hypothèses sur la surface contributive à la recharge. Il est à rappeler ici que les dernières années sèches (globalement période 2003-2011) ont obligé la commune à s'alimenter pour partie avec l'eau de la ville de Thonon. Les années 2012 et 2013 globalement excédentaires en précipitation ont permis une bonne recharge, bien que 2012 ait été encore difficile du fait du déficit des précipitations efficaces très marqué en 2009, 2010 et surtout 2011 (38 mm de précipitations efficaces en 2011, contre 388 mm en moyenne entre 2005 et 2013 à la station météo de Sciez). L'année 2013 n'a posé aucune difficulté (forte recharge à l'hiver et au printemps printemps).

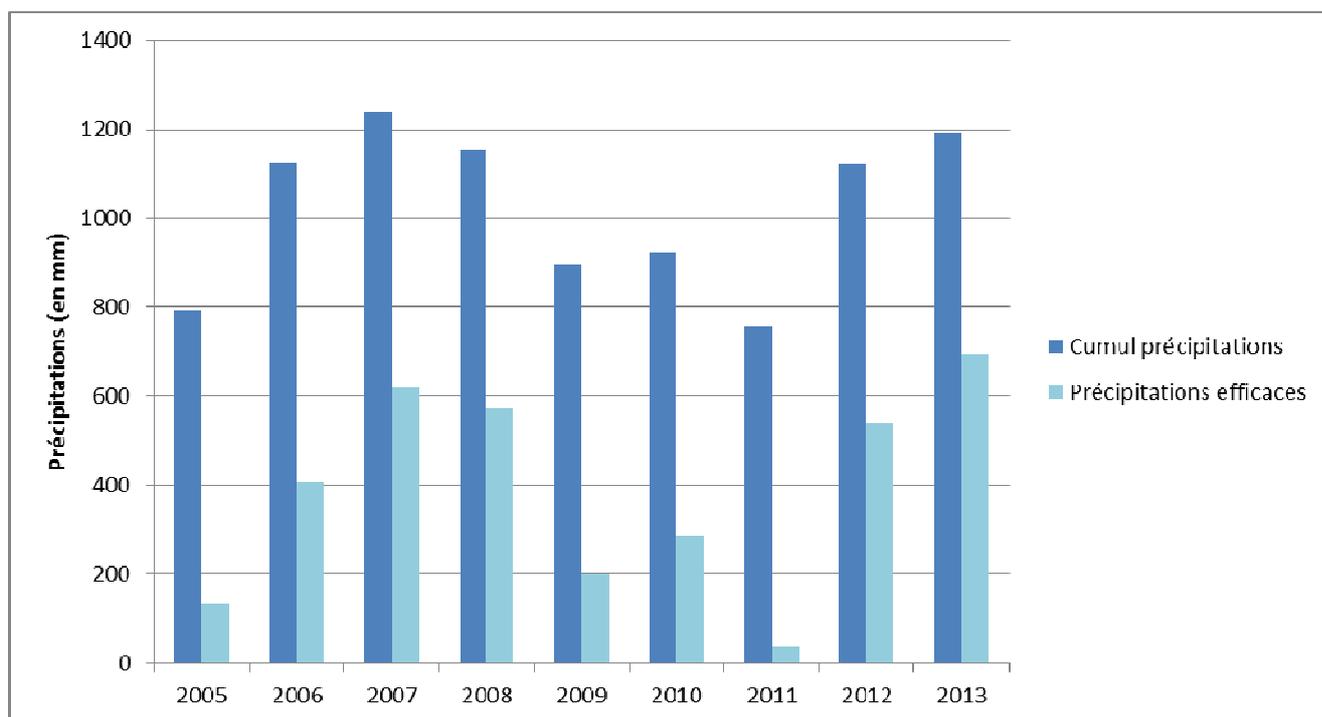


Figure 28 : Cumul des précipitations et précipitations efficaces à la station météo amateur de Sciez entre 2005 et 2013

Cette première estimation de la recharge ne correspond pas au débit transitant dans le seul secteur du captage du Bois d'Anthy, dans la mesure où d'autres points de sortie de l'aquifère peuvent exister. En particulier, il n'existe pas d'information sur le drainage de la terminaison nord (drainage par le ruisseau des Fossaux ?) et ouest (côté Margencel, drainage possible vers le Redon ?) de l'aquifère. Cependant, et toujours en ordre de grandeur, la source du Bois d'Anthy constitue le point de sortie principal de l'aquifère (sur la base d'un débit moyen de 35 m³/h, soit 306 600 m³/an). **Ce chiffre reste à affiner en l'absence d'un suivi en continu du débit de la source.**

A titre de comparaison, le débit prélevé par la commune d'Anthy au captage est de 218 500 m³ en 2011 (source : fichier redevance de l'Agence de l'Eau).

3.2.2 Circulations des eaux souterraines dans l'aquifère

Les mesures chimiques et isotopiques et l'extension de l'aquifère au sud montrent que la circulation des eaux souterraines se fait depuis les parties sud et sud-ouest du Bois d'Anthy (Figure 29 : Schéma de circulation des eaux dans l'aquifère **Figure 29**), avec :

- Une alimentation du captage actuel surtout par le secteur du plateau de Dursilly (alimentation proche locale, impact visible de l'activité agricole du plateau) ;
 - Une alimentation de l'aquifère également par des circulations plus amont dans le bassin-versant hydrogéologique (en amont de Lauzenettaz) qui influence pour partie les eaux du captage. Ces eaux d'origine plus lointaine circulent également par le vallon de l'Eply avec une signature isotopique négative très marquée sur le puits de la voie ferrée (pourtant peu profond) ;
 - Une alimentation différente de la partie de l'aquifère en biseau sous le contournement, également à rechercher dans des circulations d'eau en amont du bassin-versant (valeurs d'oxygène 18 très négatives) et riches en sulfates, ce qui suppose un contact avec du gypse dans le circuit hydrogéologique. La température de l'eau très légèrement supérieure à celles du plateau de Dursilly, pour des eaux supposées provenir de la partie amont du bassin-versant (donc légèrement plus froides), peut s'expliquer par une circulation d'eau plus profonde.
- La lentille ou le petit aquifère mis à jour au niveau du forage F5 n'est pas en relation avec l'aquifère du Bois d'Anthy. Cet aquifère présente une alimentation locale, il pourrait s'agir d'une partie des eaux circulant dans les graviers de surface recouvrant le Champ d'Aubry, cette hypothèse n'a pas été vérifiée dans le cadre de l'étude.

3.2.3 Discussion sur l'origine des sulfates

L'origine atmosphérique des sulfates (en moyenne, 12 mg/l dans les précipitations efficaces dans la région de Thonon) est exclue. L'origine agricole apparaît très peu probable (pas d'utilisation connue de sulfates). Les alluvions quaternaires ne peuvent contenir du gypse qui par dissolution donnerait des sulfates. L'origine des teneurs en sulfates est donc à chercher dans un contact entre les alluvions et les terrains encaissant :

- Soit des niveaux à évaporites par dissolution du gypse, deux formations qui en contiennent, à savoir :
 - o le gypse du Trias dans les zones de décollement des Préalpes Médiannes, bien connu au pied de la montagne des Hermones (source du Puisoir au Lyaud, carrière de gypse de Sous-Armoy en rive gauche de la Dranse,...)
 - o les marnes à gypse dans la molasse ;

- Soit la dissolution des pyrites, avec là aussi deux origines possibles :
 - o les pyrites qui peuvent être contenues dans les moraines ;
 - o les pyrites qui sont contenues dans les grès des Allinges.

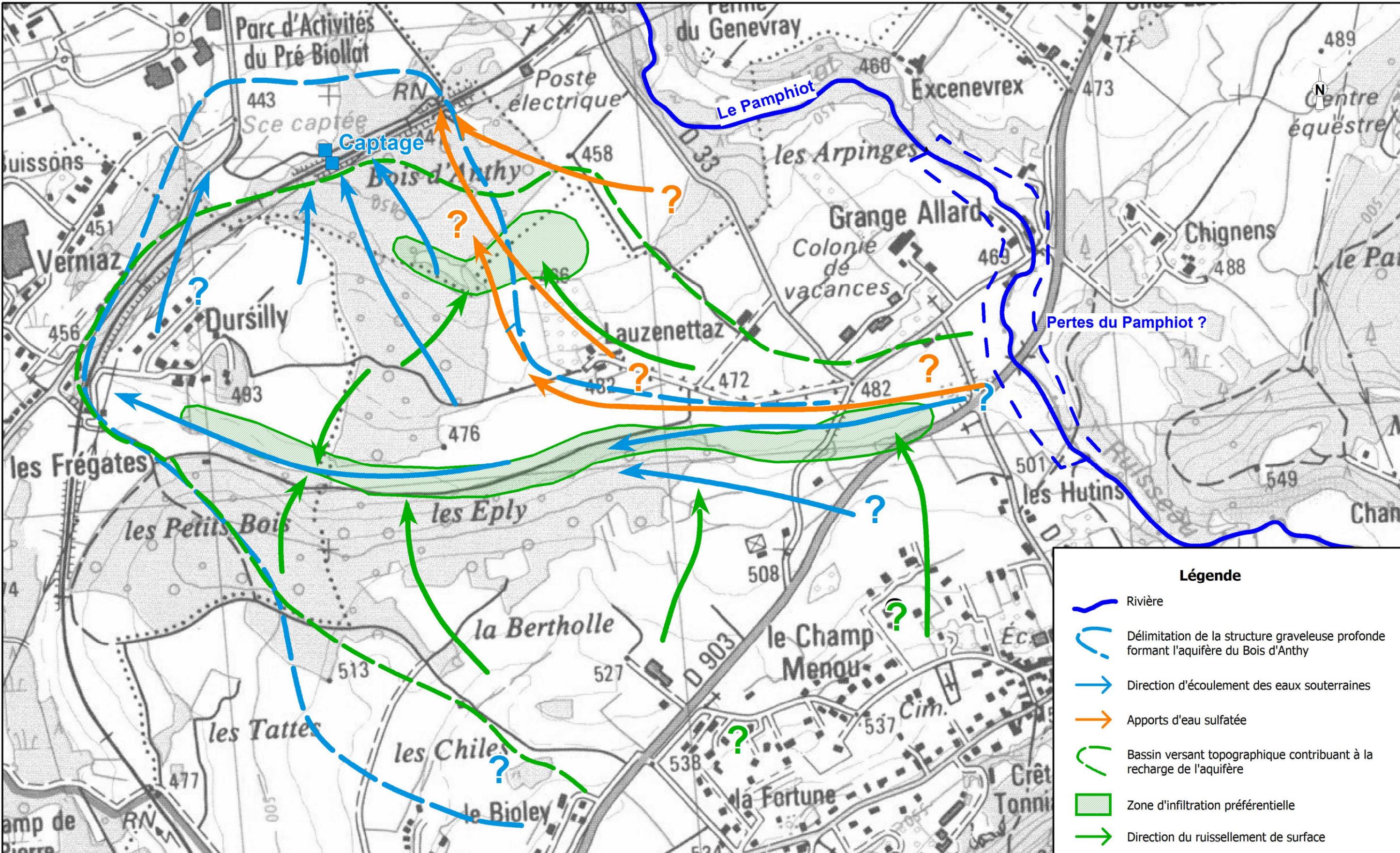
L'origine des sulfates liée à l'oxydation des pyrites apparaît très peu probable, car les concentrations en jeu dans la nappe profonde sont significatives et ne se retrouvent qu'en un seul point sous la moraine. Elles peuvent tout au plus expliquer une partie du fond géochimique des eaux dans les terrains fluvioglaciaires (concentration proches de 20 mg/l). L'oxydation de la pyrite dans le grès des Allinges (nappe de Gurnigel) doit également être un phénomène marginal qui ne peut expliquer les concentrations observées.

Le contact tectonique, à la base des Préalpes Médiannes, est très éloigné, à plus de 5 km au sud-est du Bois d'Anthy. De plus, il faudrait imaginer une circulation d'eau passant par les hautes terrasses de Thonon, bien cloisonnées en amont de la montagne des Allinges. Enfin, le taux de sulfates est très important dans les eaux issues de la dissolution des gypses du Trias (de l'ordre de 1 000 mg/l), contre environ 100 mg/l observés au Pz4. Il n'est pas exclu pour autant qu'un autre contact à gypse puisse exister plus proche du bois d'Anthy, notamment en cas d'écaillage de la molasse, ou au front de chevauchement des grès des Allinges sur la molasse.

Les niveaux de grès et marnes à gypses de l'Oligocène supérieur (Chattien) se situent à la base de la série molassique (seule la partie supérieure représentée par les grès et marnes de l'Aquitainien, sont visibles à l'affleurement). Les grès et marnes à gypse sont formés de marnes bariolées à intercalations de calcaires bruns et d'anhydrites. Cette formation a été reconnue sur 150 m dans le forage pétrolier du Mont de Boisy. La présence de gypse au sein de cette formation peut donc expliquer l'origine de la minéralisation sulfatée au contact des alluvions. Cependant, il n'existe pas de point de comparaison local et le contact molasse/alluvions n'a pas été identifié au Bois d'Anthy.

Enfin une dernière hypothèse non étudiée, serait la réalimentation par la Pamphiot qui présente un taux de sulfates élevé (115 à 123 mg/l dans la partie inférieure du Pamphiot en mai 2012 - période pluvieuse, et entre 128 à 132 mg/l en mars 2012 - période sèche) très proche de celui qui a été observé au piézomètre Pz1 (128 à 146 mg/l sur les 4 campagnes de suivi). Les sulfates du Pamphiot proviennent de la dissolution des gypses du Trias au pied des Préalpes Médiannes, dans le bassin des Blaves. Cette hypothèse peut fonctionner du point de vue piézométrique, puisque le Pamphiot est perché et peut potentiellement réalimenter l'aquifère à l'Est de Lauzenettaz (Grande Allard, les Hutins). Cependant, nous ne disposons d'aucun élément sur les éventuelles pertes du débit du Pamphiot dans ce secteur, ni sur l'extension de l'aquifère. Si le Pamphiot contribue réellement à réalimenter l'aquifère dans ce secteur, le bilan de la recharge (chapitre 3.2.1) serait à revoir à la hausse.

Note importante : une analyse sommaire montre que la dissolution du gypse ne permet pas d'expliquer la chimie des eaux et les rapports de concentrations observées, en particulier entre le calcium et les sulfates (calcium en excès par rapport aux sulfates). Il semble également qu'il n'y ait pas d'enrichissement du magnésium et du calcium au profit du sodium et du potassium, comme c'est le cas lorsqu'il y a des échanges de bases avec les argiles (cas bien connu dans la région de Thonon). Les données sont ici insuffisantes et **seule une étude hydrogéochimique très poussée permettrait d'étudier les phénomènes complexes à l'origine de la minéralisation de l'eau dans l'aquifère (ions majeurs, ions mineurs, éléments traces, isotopes des espèces dissoutes, âge des eaux, etc...) et à l'origine des fortes concentrations en sulfates au niveau du piézomètre du contournement.**



Légende

-  Rivière
-  Délimitation de la structure graveleuse profonde formant l'aquifère du Bois d'Anthy
-  Direction d'écoulement des eaux souterraines
-  Apports d'eau sulfatée
-  Bassin versant topographique contribuant à la recharge de l'aquifère
-  Zone d'infiltration préférentielle
-  Direction du ruissellement de surface



BURGEAP
 2, rue du Tour de l'Eau 38400 SAINT MARTIN D'HERES
 Tél : 04 76 00 75 50 Fax : 04 76 00 75 69

Etude du fonctionnement de l'aquifère du Bois d'Anthy

Schéma interprétatif des circulations d'eaux possibles dans l'aquifère et à sa surface

Echelle : 1/7 500 (en A3)

0 75 125 m

REAUCE00929

CEMNCE111025

Figure: 29

4. Conditions d'exploitation et recommandations

4.1 Conclusions sur le potentiel et la protection de l'aquifère

L'étude montre que l'aquifère du Bois d'Anthy est un aquifère qui ne se limite pas à la terrasse dominant le captage actuel. L'aquifère s'étend vers le Sud probablement jusqu'aux contreforts de la montagne des Allinges (absence de données dans ce secteur). Cette extension permet d'avoir un impluvium important qui permet une recharge par les précipitations directes, en l'absence de réalimentation par les cours d'eaux (hypothèse de la recharge par la Pamphiot non vérifiée).

La couverture morainique apporte une protection relative de l'aquifère, mais de par sa nature hétérogène (riche en blocs, faciès de moraine latérale), elle ne constitue pas une barrière imperméable et permet la recharge de l'aquifère et le décapage de la couverture dans d'anciennes vallées, aujourd'hui sèches (Les Eply). La recharge est facilitée également par la concentration des eaux de ruissellement dans les zones de replat (replat sous Lauzenettaz en amont du Bois d'Anthy, terrasse de Dursilly) et dans la vallée sèche des Eply où la moraine a été décapée.

Quoi qu'il en soit, à l'exception de l'agriculture sur le plateau de Dursilly et de probables assainissements non collectifs sur les habitations isolées (Dursilly, Lauzenettaz), le bassin versant du captage est relativement bien protégé, même si l'impact anthropique est assez marqué sur la qualité des eaux souterraines (présence de nitrates). En revanche, l'incertitude est forte sur l'extension réelle de l'aquifère en amont (village d'Allinges, pertes du Pamphiot). Les conditions de ruissellement amont et en particulier l'assainissement pluvial d'Allinges et de la RD903 n'ont pas été étudiées dans cette étude et pourraient porter atteinte à la qualité de l'eau de l'aquifère.

4.2 Contraintes d'exploitation par pompage en nappe

4.2.1 Les avantages

La zone testée avec le puits d'essai, montre que l'exploitation par pompage peut être envisagée. Cette zone à proximité du captage actuel, présente un grand nombre d'avantages :

- Elle se situe dans l'actuel périmètre de protection immédiate (clôturé) de la source, sous maîtrise foncière de la commune, et surtout dans la zone la plus transmissive proche du captage ;
- L'aquifère est transmissif, l'exploitation en nappe présente donc une bonne productivité, la recharge semble bonne avec un retour très rapide à la normale après l'arrêt des pompes (le débit de la source suit le niveau dynamique de la nappe). Un forage peut donc fonctionner en appoint de l'exploitation de la source.
- En cas d'étiage sévère qui fait baisser de manière significative le débit du captage (fonctionnement en trop-plein érecteur de la nappe), l'exploitation par pompage permettrait de se substituer à la source ;
- Le puits d'essai est bien dimensionné (débit instantané > 104 m³/h), de bonne conception (crépines INOX fils enroulés), **et pourra donc être réutilisé en puits d'exploitation** ;
- Les rabattements pour un débit maximum testé de 101,4 m³/h sont très faibles, de l'ordre de 30 cm après 2h de pompage et de 70 cm après 5 jours de pompage, sans aucun risque de dénoyer les crépines, y compris en condition de nappe basse ;

- En exploitation, la qualité physico-chimique de l'eau du pompage est proche de celle du captage actuel, toutefois un peu plus influencée par le pôle sulfaté, soit 40 à 45 mg/l en pompage, contre 20 à 25 mg/l en mélange au captage. Ces valeurs sont très en-dessous des limites et références de qualité pour l'eau potable (fixées à 250 mg/l de sulfates) ;
- En exploitation, il n'y a pas d'influence du pompage sur le niveau d'eau de la zone humide des Buissons que se situait 3 m sous le niveau dynamique de la nappe. Même si les conditions du pompage d'essai ne correspondaient pas à des réelles basses eaux, la marge de manœuvre semble très importante et suffisante pour des conditions d'étiage plus sévères (baisse du niveau piézométrique).
- La recharge globale semble très bonne, le débit exploitable serait à minima de l'ordre de 400 000 m³/an sur l'ensemble de l'aquifère. Si on considère seulement le débit drainé par la source (ordre de grandeur 300 000 m³/an), il existe une marge d'exploitation, puisqu'en dehors des périodes d'étiage, tout le débit n'est pas prélevé et passe en trop-plein (seuls 218 500 m³ prélevés en 2011).

4.2.2 Les adaptations nécessaires

L'exploitation de l'aquifère par pompage va demander les adaptations suivantes :

- La mise en place d'une station de pompage au Bois d'Anthy, l'adduction entre le captage et la chambre de réunion, puis vers le réservoir se faisant de manière gravitaire. Il n'existe pas d'alimentation électrique au sud du contournement routier. Cependant, des attentes électriques auraient été mises en place sous le passage inférieur de la voie SNCF (information non vérifiée) ;
- La révision des périmètres de protection, puisque actuellement la DUP est trop ancienne (28/11/1986) et doit être révisée. Cette DUP prend en compte des captages anciens au nord de la voie ferrée aujourd'hui abandonnés, et il existe toujours une incertitude sur l'origine et la bonne protection de l'arrivée Ø200 mm à la chambre de réunion (canalisation à découvrir). Une nouvelle procédure complète de DUP sera nécessaire pour définir le débit prélevable autorisé et la révision des périmètres de protection sur la base d'un avis d'un Hydrogéologue Agréé mandaté par l'ARS ;
- Tester les conditions réelles d'exploitation avec des suivis bactériologiques sur la source et les eaux d'exhaure du puits lors de cycles alternés de pompage. Il sera également nécessaire de procéder à une analyse d'eau complète sur les eaux du pompage (analyse de première adduction).
- En cas d'étiage sévère avec une diminution significative du débit de la source, l'exploitation de la nappe par le puits va fondamentalement condamner tout ou partie de l'exploitation de la source le temps que la recharge par les précipitations fasse remonter de manière significative le niveau de nappe. Durant cette période, seule l'exploitation par le puits sera envisageable.

L'exploitation de la ressource passe par la bonne adéquation entre la recharge annuelle ou interannuelle et le débit prélevé, comme le montre la baisse du débit de la source ces dernières années, puis sa remontée suite à la bonne recharge entre 2012 et 2013. Le calage entre le débit de la source et le niveau piézométrique de la nappe reste une donnée à acquérir avec :

- La mise en place d'un compteur volumétrique sur la sortie vers le réservoir et sur le trop-plein ou à défaut la mesure régulière du débit de la source (tous les 15 jours ou tous les mois) en différenciant les arrivées Ø 200 mm et Ø 400 mm ;
- La mesure du niveau de nappe sur quelques piézomètres représentatifs de l'aquifère (avec un pas mensuel ou bimestriel) et éventuellement mise en place d'une sonde enregistreuse en continu ;
- La levée des incertitudes sur l'extension de l'aquifère en amont et sur les conditions de recharges (hypothèse de la recharge du Pamphiot, lien avec l'arrivée de sulfates, mesures sur le Champ d'Aubry).

4.3 Gestion et protection de l'aquifère

4.3.1 Le projet de RN206

Ce projet dont on parle depuis plus de 20 ans avec, initialement l'autoroute A400, puis sur le même tracé le projet de RN 206 qui est toujours d'actualité. La géométrie de l'aquifère montre que la zone saturée n'est pas directement impactée par le projet, **mais la structure aquifère est bien décapée et un programme spécifique renforcé de connaissance et de suivi devra être mis en œuvre pour assurer la protection de cet aquifère patrimoniale avec a minima (propositions données ici à titre indicatif) :**

- Complément d'étude sur la géométrie de l'aquifère au droit du projet avec profils géophysiques complets et nouveaux sondages mécaniques profonds (relevés détaillés des cuttings par un géologue)
- Mise en place de piézomètres au droit du projet et entre le projet et le captage AEP, avec différents niveaux suivis : l'aquifère saturé profond jusqu'à la base de l'aquifère, les niveaux supérieurs de l'aquifère et les niveaux cloisonnés dans la zone non saturée ou dans la moraine. Les diamètres des piézomètres devront permettre de réaliser des pompages en profondeur (ce n'est pas le cas aujourd'hui dans les piézomètres anciens retrouvés sur site) ;
- Suivi renforcé de la piézométrie, de la qualité des eaux de l'aquifère à l'état initial et vigilance renforcée au cours des travaux sur le réseau de suivi en place et le captage ;
- Etanchéification de toutes les zones de déblais traversant les zones non saturées de l'aquifère, y compris le secteur du petit Bois rattaché à la structure aquifère principale, mais en dehors du périmètre de protection rapprochée ;
- Assainissement routier de la plateforme parfaitement étanche avec rejet en aval de l'aquifère.

Ces prescriptions de principe sont proposées a minima et devront être adaptées ou renforcées en fonction de la nature, l'objectif in fine étant d'assurer la protection totale de l'aquifère vis à vis des pollutions accidentelles ou diffuses liées à cette infrastructure.

4.3.2 Autres activités dans le bassin versant

A plus large échelle, l'extension de l'aquifère au-delà du Bois d'Anthy et en dehors du territoire communal pose le problème de la protection de l'aquifère. Une vigilance particulière est souhaitable pour :

- Les projets de carrières, y compris les gravières superficielles ;
- Les amendements agricoles (une parcelle en céréales sur Dursilly et une également proche du réservoir), le bassin versant étant essentiellement en prairie ;
- Les éventuels stockages de produits polluants (cuves à fuel, stockage de lisier, etc...) ;
- Les assainissements autonomes des habitations et hameaux isolés (Dursilly) ;
- Les forages dont les forages de géothermie sur sondes sèches, qui mal conçus, constituent des vecteurs potentiels de pollution vers l'aquifère.

A plus large échelle, et toujours dans un objectif de protection de l'aquifère, l'acquisition de données complémentaires sur la géométrie de l'aquifère et son fonctionnement devra être poursuivie, en particulier en cas d'opportunité de nouveaux forages (géothermie par exemple) ou lors de nouvelles campagnes de suivi de la qualité des eaux.

ANNEXES

Annexe 1

DUP du captage du bois d'Anthy

Cette annexe contient 9 pages

REAUCE00929-0 / CEMNCE111025	
SGE - ATR - CM	
17/03/2014	ANNEXES

Annexe 2

Synthèse bibliographique

(rapport GINGER EN38.B.0005)

Cette annexe contient 64 pages

REAUCE00929-0 / CEMNCE111025	
SGE - ATR - CM	
17/03/2014	ANNEXES

Annexe 3

Dossiers des ouvrages exécutés par Hydroforage

Cette annexe contient 22 pages

REAUCE00929-0 / CEMNCE111025	
SGE - ATR - CM	
17/03/2014	ANNEXES

Annexe 4

Description détaillée des cuttings des forages

Cette annexe contient 4 pages

REAUCE00929-0 / CEMNCE111025	
SGE - ATR - CM	
17/03/2014	ANNEXES

Annexe 5

Bordereaux des analyses en laboratoire

Cette annexe contient 46 pages

REAUCE00929-0 / CEMNCE111025	
SGE - ATR - CM	
17/03/2014	ANNEXES

Annexe 6

Résultats du nivellement par le Cabinet Borrel

Cette annexe contient 1 page

REAUCE00929-0 / CEMNCE111025	
SGE - ATR -	
17/03/2014	ANNEXES