



DÉFINITION DU PROTOCOLE DE SUIVI QUANTITATIF DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT

Rapport de phase 1

Version finale

V4 – Février 2023

 	BRL Ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5
HYDROFIS®	Hydrofis

Date du document	Novembre 2022
Contact	Sébastien CHAZOT – Sebastien.Chazot@brl.fr

Titre du document	Définition du protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort. Rapport de phase 1 – Version finale
Référence du document :	A00921_Phase_1_VF
Indice :	V4

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et validé par
Janvier 2022	V1		Thomas LEGAY (BRLi), Pascal FENART (HYDROFIS)	Sébastien CHAZOT (BRLi)
Décembre 2022	V2		Thomas LEGAY (BRLi), Pascal FENART (HYDROFIS)	Sébastien CHAZOT (BRLi)
Février 2023	V3		Thomas LEGAY (BRLi), Pascal FENART (HYDROFIS)	Sébastien CHAZOT (BRLi)
Février 2023	V4		Thomas LEGAY (BRLi), Pascal FENART (HYDROFIS)	Sébastien CHAZOT (BRLi)

DÉFINITION DU PROTOCOLE DE SUIVI QUANTITATIF DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT

Rapport de phase 1

1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	1
1.1	Contexte de la mission	1
1.2	Objectif de l'étude.....	2
1.3	Déroulement général de l'étude.....	3
2	PRÉSENTATION DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT	5
2.1	Localisation géographique.....	5
2.2	Géologie de la plaine Bièvre-Liers-Valloire et positionnement des sources	6
2.3	Organisation et fonctionnement hydraulique des sources.....	7
2.3.1	Sources de Manthes	8
2.3.2	Sources de Beaufort	9
3	HISTORIQUE DES SYSTÈMES DE SUIVI DE LA RESSOURCE	11
3.1	Sources de Manthes.....	11
3.1.1	Eaux de surface	11
3.1.2	Eau souterraine.....	13
3.2	Sources de Beaufort.....	15
3.2.1	Eau de surface.....	15
3.2.2	Eau souterraine.....	16
4	FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DES SOURCES	18
4.1	Synthèse des Informations issues de la littérature scientifique et technique	18
4.1.1	Préambule	18
4.1.2	Études générales sur la nappe de Bièvre Valloire	18
4.1.3	Études relatives au site des Fontaines.....	23
4.1.4	Études relatives aux sources de Manthes	27
4.2	Informations issues de l'analyse des chroniques piézométriques	31
4.2.1	Sources des Fontaines	31
4.2.2	Sources de Manthes	34
4.3	Premiers éléments d'orientation	37
4.3.1	Proposition d'un modèle conceptuel de fonctionnement des zones de résurgence.....	37
4.3.2	Autres informations	39
5	INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES RÉALISÉES EN 2022	40
5.1	Protocole	40
5.1.1	Sources de Manthes	40
5.1.2	Source de Beaufort	45
5.1.3	Nivellement des puits, piézomètres et forages	49

5.2	Résultats	49
5.2.1	Sources de Manthes	52
5.2.2	Sources de Beaufort	58
5.2.3	Estimation des incertitudes associées aux jaugeages.....	67
5.2.3.1	Mesures ADCP	67
5.2.3.2	Mesures au courantomètre	68
6	SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT	70
6.1	Modèle de fonctionnement	70
6.2	Définition de côte piézométrique d'assecs des zones de résurgence	75
7	RECOMMANDATIONS.....	76
7.1	Réalisation d'une étude géologique détaillée.....	76
7.2	Approche globale des échanges nappes-rivières	76
	BIBLIOGRAPHIE	79
	Annexes	81
Annexe 1.	Présentation des piscicultures	83
	Pisciculture Faure.....	83
	Pisciculture Font Rome.....	85
	Pisciculture Charles MURGAT.....	86
Annexe 2.	Cartographie des mesures de débit.....	89
Annexe 3.	Comptes rendus des campagnes de terrain	93

TABLE DES ILLUSTRATIONS

◆ Liste des figures

Figure 2-1 : Localisation des sources de Manthes et de Beaufort	5
Figure 2-1 : Localisation des principales unités géologiques de l'aquifère fluvio-glaciaire de Bièvre Valloire.....	6
Figure 2-3 : Alimentation et circulation de l'eau au niveau des sources de Manthes	8
Figure 2-4 : Alimentation et circulation de l'eau au niveau des sources des Fontaines de Beaufort	10
Figure 3-1 : Systèmes de suivi des sources de Manthes.....	14
Figure 3-2 : Système de suivi des sources de Beaufort.....	17
Figure 4-1 : Identification des zones humides dans la plaine de Valloire	20
Figure 4-2 : Suivi piézométrique existant	21
Figure 4-3 : Coupe hydrogéologique interprétative	23
Figure 4-4 : Localisation des points de suivi	24
Figure 4-5 : Impact des pompages de la pisciculture sur la piézométrie - Q prélevé de 700 l/s en situation de basses eaux	25
Figure 4-6 : Bilan des suivis piézométriques réalisés	26
Figure 4-7 : Ouvrages utiles à un suivi piézométrique à proximité de la pisciculture de Font Rome	27
Figure 4-8 : Évolution des rabattements lors du pompage longue durée à 500 l/s	28
Figure 4-9 : Coupe schématique des rabattements induits par les pompages.....	28
Figure 4-10 : Localisation des points d'eau recensés	30
Figure 4-11 : Suivi sur le piézomètre de Val Suzon, représentatif de la nappe des terrasses du Riss.....	31
Figure 4-12 : Comparaison entre le suivi sur le piézomètre de Val Suzon et les variations locales de piézométrie dans la nappe des dépôts récents du Würm.....	32
Figure 4-13 : Comparaison entre le suivi sur le piézomètre de Val Suzon (terrasse du Riss) et celui du piézomètre de Pénol (dépôts récents du Würm).	33
Figure 4-14 : Suivi sur le piézomètre du lavoir de Manthes en champ proche de la zone de résurgence.....	34
Figure 4-15 : Schéma explicatif de l'influence probable des prélèvements en pisciculture sur la dynamique de restitution des sources avec deux hypothèses de sur-rabattement.....	35
Figure 4-16 : Comparaison entre le suivi sur le piézomètre du lavoir de Manthes et les suivis plus à l'aval en champ proche et lointain.	36
Figure 4-17 : Hypothèse de fonctionnement des zones de résurgence.	37
Figure 4-18 : Identification des apports en eau souterraine à l'Oron (Idées Eaux, 2014).	39
Figure 5-1 : Localisation des sites pour la réalisation de mesures de débit complémentaires – Sources de Manthes.....	42
Figure 5-2 : Localisation des piézomètres, puits et forages retenus pour la réalisation de mesures piézométriques complémentaires – Sources de Manthes.....	44
Figure 5-3 : Localisation des sites pour la réalisation de mesures de débit complémentaires - Sources de Beaufort.....	46
Figure 5-4 : Localisation des piézomètres, puits et forages retenus pour la réalisation de mesures piézométriques supplémentaires - Sources de Beaufort.....	48
Figure 5-5 : Suivi piézométrique sur le piézomètre du lavoir à Manthes en 2021/2022.	50
Figure 5-6 : Suivi du niveau d'eau dans la Grande Veuze.....	50
Figure 5-7 : Suivi piézométrique sur le piézomètre du Val Suzon en 2021/2022.	51
Figure 5-8 : Chronique de prélèvement de la pisciculture Murgat en 2022.	52
Figure 5-9 : Mesures de débits au droit des sources de Manthes - Campagnes de mars et septembre 2022.....	54
Figure 5-10 : Mesures de la hauteur du toit de la nappe (mNGF) -Campagnes de mars et septembre 2022.....	57

Figure 5-11 : Prélèvements des piscicultures Faure et Font Rome durant les campagnes de terrain.....	58
Figure 5-12: Mesures de débits au droit des sources de Beaufort - Campagnes de mars et septembre 2022.....	60
Figure 5-13 : Mesures de débits au droit des sources de Beaufort - Campagnes de mars et septembre 2022 – zoom autour de la pisciculture Charles MURGAT	61
Figure 5-14 : Mesures de la hauteur du toit de la nappe - Campagnes de mars et septembre 2022.....	63
Figure 5-15 : Mesures de la conductivité, de la température et du pH de la Raille - Campagnes de mars et septembre 2022	66
Figure 5-16 : Prélèvements de la pisciculture Charles Murgat durant les campagnes de terrain (d'après les données du site http://o-mniscient.org/)	67
Figure 6-1 : Modèle conceptuel amélioré du fonctionnement des zones de résurgence.	71
Figure 6-2 : Schéma explicatif de la localisation des zones de résurgence.	72
Figure 6-3 : Modèle conceptuel des relations entre nappe du Würm et Raille.	73
Figure 6-4 : Périodes supposées de débordement de la nappe wurmienne dans le secteur du Pont du Rosier.	74
Figure 7-1 : Profil en long simplifié de la plaine et de la piézométrie d'été 77	77
Figure A- 1 : Sources d'alimentation et écoulement de l'eau dans la pisciculture Faure.....	84
Figure A- 2 : Origine et écoulement de l'eau dans la pisciculture Font Rome	85
Figure A- 3 : Pisciculture Charles MURGAT, sites de prélèvement et sens d'écoulement de l'eau	87

◆ Liste des tableaux

Tableau 3-1 : Coordonnées des sondes de suivi des sources de Manthes. Système de coordonnées : Lambert-93 (EPSG 2154).....	12
Tableau 3-2 : Piézomètres suivis et bancarisés sous ADES – Sources de Manthes	13
Tableau 3-3 : Coordonnées des échelles limnimétriques Lambert-93 (EPSG 2154)	15
Tableau 3-4 : Piézomètres suivis et bancarisés sous ADES – Sources de Beaufort	16
Tableau 5-1 : Liste des sites de mesures du débit pour les sources de Manthes	41
Tableau 5-2 : Piézomètres, puits et forages retenus pour la mesure de la hauteur de la nappe au niveau des sources de Manthes.....	43
Tableau 5-3 : Liste des sites de mesure du débit au niveau des sources de beaufort.....	45
Tableau 5-4 : Piézomètres, puits et forages suivis pour les sources de Beaufort	47
Tableau 5 : Ouvrages nivelés dans le cadre de l'étude	49
Tableau 5-6 : Mesures de débit, pH, conductivité et température - Sources de Manthes.....	53
Tableau 5-7 : Mesures de la hauteur du toit de la nappe (mNGF) - Campagnes de mars et septembre 2022.....	55
Tableau 5-8 : Mesures de débits au droit des sources de Beaufort - Campagnes de mars et septembre 2022.....	59
Tableau 5-9 : Mesure de la hauteur du toit de la nappe (mNGF) - Campagnes de mars et septembre 2022.....	62
Tableau 5-10 : Mesures de la conductivité, de la température et du pH le long de la Raille - 29 mars 2022.....	64
Tableau 5-11 : Mesures de la conductivité, de la température et du pH le long de la Raille – 21 septembre 2022.....	65

1 Contexte et objectifs

1.1 Contexte de la mission

Le bassin Bièvre Liers Valloire est délimité au nord par le massif de Bonnevaux, au sud par celui de Chambaran et à l'ouest par le Rhône, exutoire du bassin.

D'une superficie de 900 km², le bassin est constitué par 3 grandes plaines fluvio-glaciaires : La Bièvre, le Liers et la Valloire. Il est caractérisé par une puissante nappe souterraine, en relation étroite avec les milieux aquatiques et humides de surface.

Aujourd'hui, cette nappe est largement exploitée pour les différents usages en eau du bassin.

Le territoire Bièvre Liers Valloire avait été classé comme zone de déficit quantitatif en eau par le SDAGE Rhône Méditerranée Corse 2010 – 2015. Dans les SDAGE RMC 2016-2021 et 2022-2027, le bassin-versant de la Bièvre Liers Valloire, la nappe des alluvions et celle de la mollasse, sont identifiés comme nécessitant des actions de préservation des équilibres quantitatifs.

Face à ces enjeux, la Commission Locale de l'Eau (CLE) a été constituée, par arrêté inter préfectoral du 24 mars 2005, avec pour mission d'élaborer le SAGE et de suivre sa mise en œuvre. Ce SAGE a été adopté par la CLE le 3 décembre 2019 et approuvé par arrêté préfectoral le 13 janvier 2020. Le Syndicat d'Irrigation des Rivières Rhône Aval (SIRRA) est la structure porteuse de la CLE.

Le SAGE vise, entre autres, à assurer l'équilibre quantitatif de la ressource en eau organisé autour de 3 grands objectifs généraux :

- Assurer un équilibre quantitatif au service du développement territorial et des écosystèmes aquatiques ;
- Préparer l'avenir en retrouvant un fonctionnement naturel optimum pour augmenter la ressource en eau du territoire ;
- **Préserver les sources de Manthes et de Beaufort et leurs écosystèmes associés.**

C'est dans le but de répondre à ce troisième objectif que s'inscrit la présente étude.

1.2 Objectif de l'étude

Les sources de Manthes et de Beaufort constituent les zones d'émergence de la nappe les plus remarquables du territoire Bièvre Liers Valloire. Ces dernières années, les acteurs du territoire ont constaté une baisse du débit de ces émergences avec une augmentation de l'occurrence d'assèchement des sources.

Préserver les sources de Manthes et de Beaufort implique de comprendre les relations entre eau de surface et eau souterraine et les impacts des prélèvements sur l'alimentation des sources. Les différentes études entreprises à ce jour soulignent une connaissance insuffisante du fonctionnement des sources :

- En 2011, la CLE a engagé l'Etude d'Evaluation des Volumes Prélevables (EEVP) du bassin-versant Bièvre Liers Valloire. L'impact des prélèvements sur le débit des sources y est étudié. L'étude montre que le débit des sources est influencé par les prélèvements situés dans leur voisinage. Cependant, la baisse du débit des sources est en premier lieu due à une baisse générale de la piézométrie, elle-même due à une faible recharge de la nappe. L'EEVP souligne également une connaissance insuffisante du fonctionnement des zones humides associées aux sources et des débits des sources permettant de satisfaire leur bon fonctionnement.
- En 2013, le BRGM réalise, à la demande de la DDT de l'Isère, un état des lieux des connaissances et données disponibles afin de préciser les éléments de connaissance manquants pour étudier l'impact potentiel des prélèvements d'eau dans le secteur des zones humides de Manthes et de Beaufort. Le BRGM conclut qu'un modèle hydrogéologique devrait être constitué mais que les données disponibles rendent impossible un tel exercice.

2

Le SAGE recommande alors de mettre en place un suivi des sources de Manthes et de Beaufort afin de mieux comprendre leur fonctionnement.

La présente étude a pour objectif de définir le protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort qui permettra d'acquérir les données complémentaires pour une meilleure compréhension de leur fonctionnement.

Ce suivi doit permettre :

- L'acquisition de données de débits et de nouvelles chroniques piézométriques.
- La définition des besoins hydrauliques des zones humides liées aux sources.

La mise en œuvre de ce protocole de suivi quantitatif, sur une période de 5 années, devra permettre de répondre aux objectifs suivants :

- Préciser le fonctionnement des sources de Manthes et de Beaufort.
- Préciser l'impact de l'ensemble des prélèvements souterrains sur le débit des sources en mettant notamment en corrélation les niveaux piézométriques relevés dans les sources, les débits des sources, la pluviométrie, l'impact des prélèvements réalisés au voisinage des sources et l'impact des prélèvements réalisés en amont par un affinage du modèle hydrogéologique élaboré par Artelia en 2012 sur ces zones humides.
- Fixer des objectifs de niveau de nappe et des objectifs de débits à respecter au niveau des sources de Manthes et de Beaufort, à l'instar des débits d'objectif d'étiage définis sur les cours d'eau.
- Compléter, si nécessaire, la gestion quantitative de la ressource mise en place dans le cadre du SAGE en identifiant les mesures spécifiques à mettre en place pour assurer la préservation des sources de Manthes et de Beaufort et leurs écosystèmes associés.

- Déterminer la nécessité de poursuivre le suivi quantitatif mis en place afin d'évaluer notamment l'efficacité des mesures qui pourraient être prises et, le cas échéant, d'en préciser les modalités.

1.3 Déroulement général de l'étude

La définition du protocole de suivi des sources de Manthes et de Beaufort comprend 3 phases principales :

- **Phase 1 : Etat des lieux du fonctionnement hydrologique des zones de sources et des dispositifs de suivi de la ressource.**

Cette première phase vise à comprendre la relation entre les eaux souterraines et les eaux surfaciques au niveau des sources. Elle vise également à identifier et faire une synthèse des dispositifs de suivi existants.

- **Phase 2 : Proposition de scénarios visant à renforcer la connaissance du fonctionnement des sources de Manthes et de Beaufort.**

A partir des connaissances acquises durant la phase 1, cette seconde phase a pour objectif de proposer différents scénarios permettant le suivi des sources de Manthes et de Beaufort.

- **Phase 3 : Développement du scénario retenu – Plan organisationnel de suivi quantitatif de la ressource au stade avant-projet.**

A partir des scénarios proposés dans la phase 2 et en tenant compte des moyens financiers et humains du SIRRA, cette 3^e phase a pour objectif de sélectionner et détailler un scénario au stade avant-projet.

Le présent rapport présente la phase 1 de l'étude.

Ce rapport poursuit les objectifs suivants :

- Présenter le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des sources établi à partir d'une synthèse bibliographique et d'une analyse des données existantes.
- Identifier les zones d'ombres concernant le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des sources et proposer un protocole de mesures du débit permettant d'apporter des réponses sur ledit fonctionnement des sources.
- Faire une synthèse des différents systèmes de suivi existants et proposer un premier dispositif de suivi adapté au mode fonctionnement des zones d'émergence des eaux souterraines.

De plus, afin de préciser le fonctionnement hydrologique des deux zones de sources et de valider le premier dispositif de suivi proposé, nous avons réalisé :

- Deux campagnes de suivi piézométrique et conductimétrique (une en hautes/moyennes eaux et une en basses eaux) pour préciser l'origine des eaux. Durant ces campagnes, des mesures de débit ont aussi été réalisées.
- Un profil conductimétrique et des mesures de température sur la section de la Raille.

Ces mesures sont présentées dans ce rapport et discutées au regard du modèle conceptuel proposé.

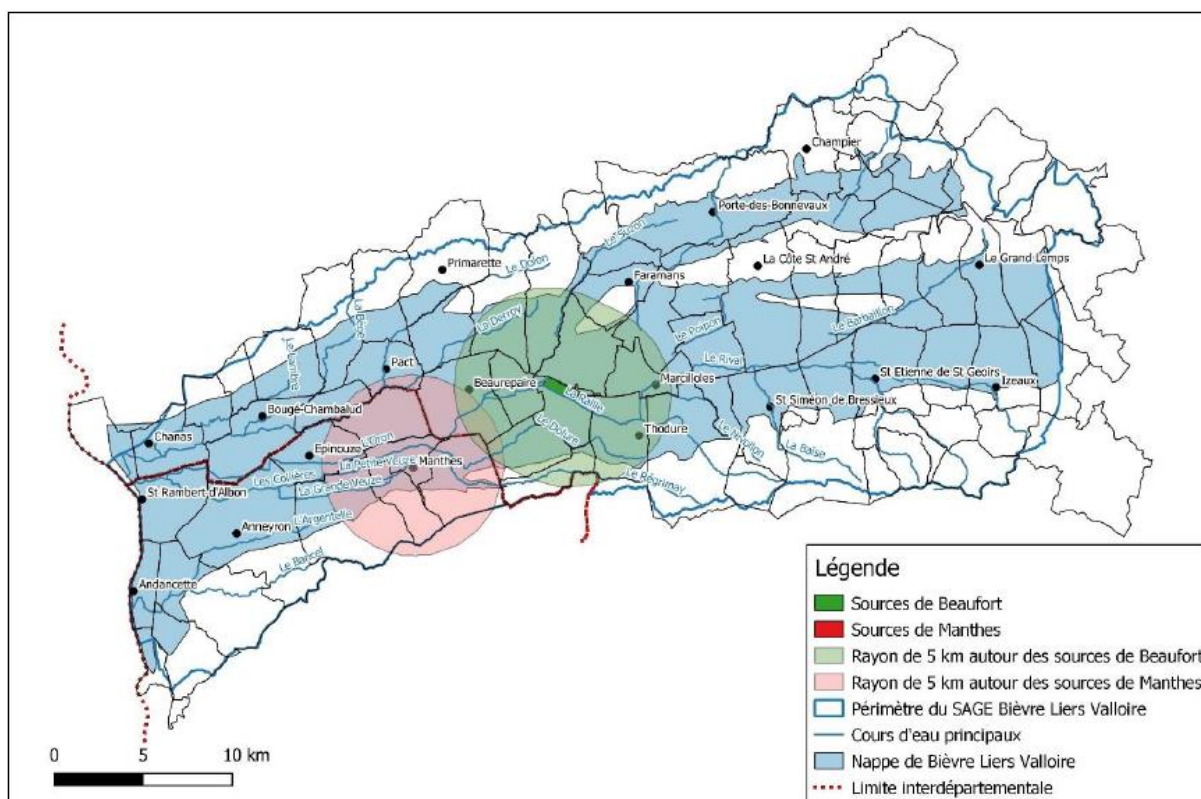
2 Présentation des sources de Manthes et de Beaufort

2.1 Localisation géographique

Les sources de Manthes et de Beaufort font parties du bassin-versant Bièvre-Liers-Valloire. Ce dernier est à cheval sur les départements de la Drôme (26) et de l'Isère (38). D'un point de vue administratif, les sources de Manthes et de Beaufort se situent respectivement sur les communes de Manthes et de Beaufort.

La figure suivante, issue du CCTP (Syndicat Isérois des rivières Rhône aval. Commission Locale de l'Eau Bièvre Liers Valloire., 2020) présente la localisation des sources.

Figure 2-1 : Localisation des sources de Manthes et de Beaufort



Source : CCTP

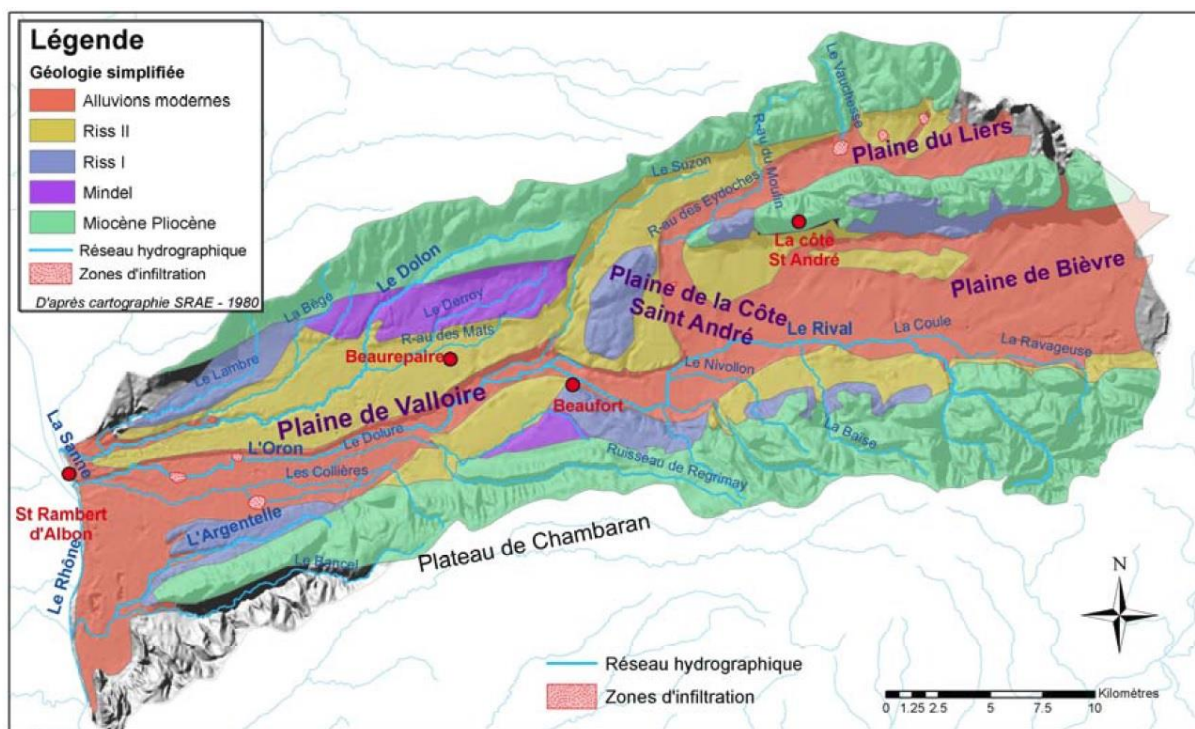
2.2 Géologie de la plaine Bièvre-Liers-Valloire et positionnement des sources

Les zones de résurgence des Fontaines de Beaufort et des sources de Manthes se situent dans la plaine de Bièvre-Liers-Valloire qui constitue une vaste dépression d'allongement Est-Ouest, dans le substratum Miocène et Pliocène (substratum molassique du bas Dauphiné).

Cette dépression, correspond à une ancienne vallée glaciaire, qui s'est comblée de matériaux détritiques grossiers, provenant du remaniement des moraines déposées par les glaciers. Ces matériaux appelés alluvions fluvio-glaciaires occupent la majeure partie de la plaine de Bièvre-Liers-Valloire.

Le substratum de la Plaine de Bièvre-Liers-Valloire est constitué de trois formations principales : en majorité les formations Miocène (molasse sablo-gréseuse), localement les formations Pliocène (argiles et sables) et très localement des dépôts morainiques. Lors des phases de retrait des glaciers würmiens, d'importantes nappes alluviales fluvio-glaciaires se sont développées, en remplissant les vallées ou dépressions existantes. Le bassin de Bièvre-Liers-Valloire, s'est alors comblé de matériaux de remaniement des moraines glaciaires. Ces alluvions sont hétérogènes, et constituées d'alternances de niveaux sablo-graveleux et de niveaux plus argileux. Les variations latérales de faciès sont très nombreuses.

Figure 2-2 : Localisation des principales unités géologiques de l'aquifère fluvio-glaciaire de Bièvre Valloire



Source : BRGM, 2008

A chacun des trois stades de glaciation est associée une nappe d'alluvions fluvio-glaciaires. On peut distinguer trois stades correspondant à trois dynamiques de dépôt :

- Les terrasses du Mindel, les plus anciennes. Ces terrasses sont dites externes car elles ne sont plus observables que sous forme de reliquats en bordure de la plaine ; elles sont très éloignées du secteur d'étude.
- Les terrasses du Riss en position intermédiaire qui forment de vastes aplats autour de la vallée centrale, à des altitudes variantes entre 250 et 320 m NGF dans le secteur d'étude (plaine d'Arcieu au Nord, plaine de Champlard au Sud).
- Les dépôts du Würm, les plus récents, qui sont en position centrale dans la plaine à des altitudes inférieures à celle des terrasses rissiennes (entre 200 et 240 m NGF pour les sources de Manthes, entre 270 et 290 m NGF pour les Fontaines de Beaufort). Ils correspondent au comblement partiel (environ 20 m d'alluvions récentes) d'un chenal qui est venu entailler les terrasses rissiennes sur environ 40 mètres.

Les épaisseurs d'alluvions fluvio-glaciaires sont variables selon la zone considérée. Pour simplifier, les épaisseurs sont importantes sur les terrasses du Mindel (de 40 à 100 mètres) mais plus modestes dans les dépôts les plus récents du Würm (de 5 à 30 mètres).

Les alluvions sont très perméables et forment un aquifère remarquable qui renferme une nappe d'importance régionale. Son comportement hydrogéologique a fait l'objet de multiples investigations et synthèses ; une analyse sommaire de cette littérature scientifique et technique est proposée plus avant dans le rapport.

Pour les deux zones de résurgence, on observe une localisation des sources au contact entre la terrasse du Riss et les dépôts récents du Würm. L'explication de la localisation et du fonctionnement hydrogéologique de ces résurgences est détaillée plus avant dans le rapport.

2.3 Organisation et fonctionnement hydraulique des sources

Les paragraphes suivants présentent l'organisation générale et le sens d'écoulement de l'eau des sources de Manthes et de Beaufort. Les informations présentées sont issues :

- Des observations de terrain réalisées les 7, 8 et 9 novembre 2021 ;
- De l'étude hydraulique du site des Fontaines de Beaufort réalisée par Burgéap (Burgéap, 2008) ;
- De l'étude écologique et hydrologique du système aquatique des zones humides de Manthes réalisée par Tereo et Idées eaux (Tereo gestion des espaces naturels et Idées eaux, 2013).

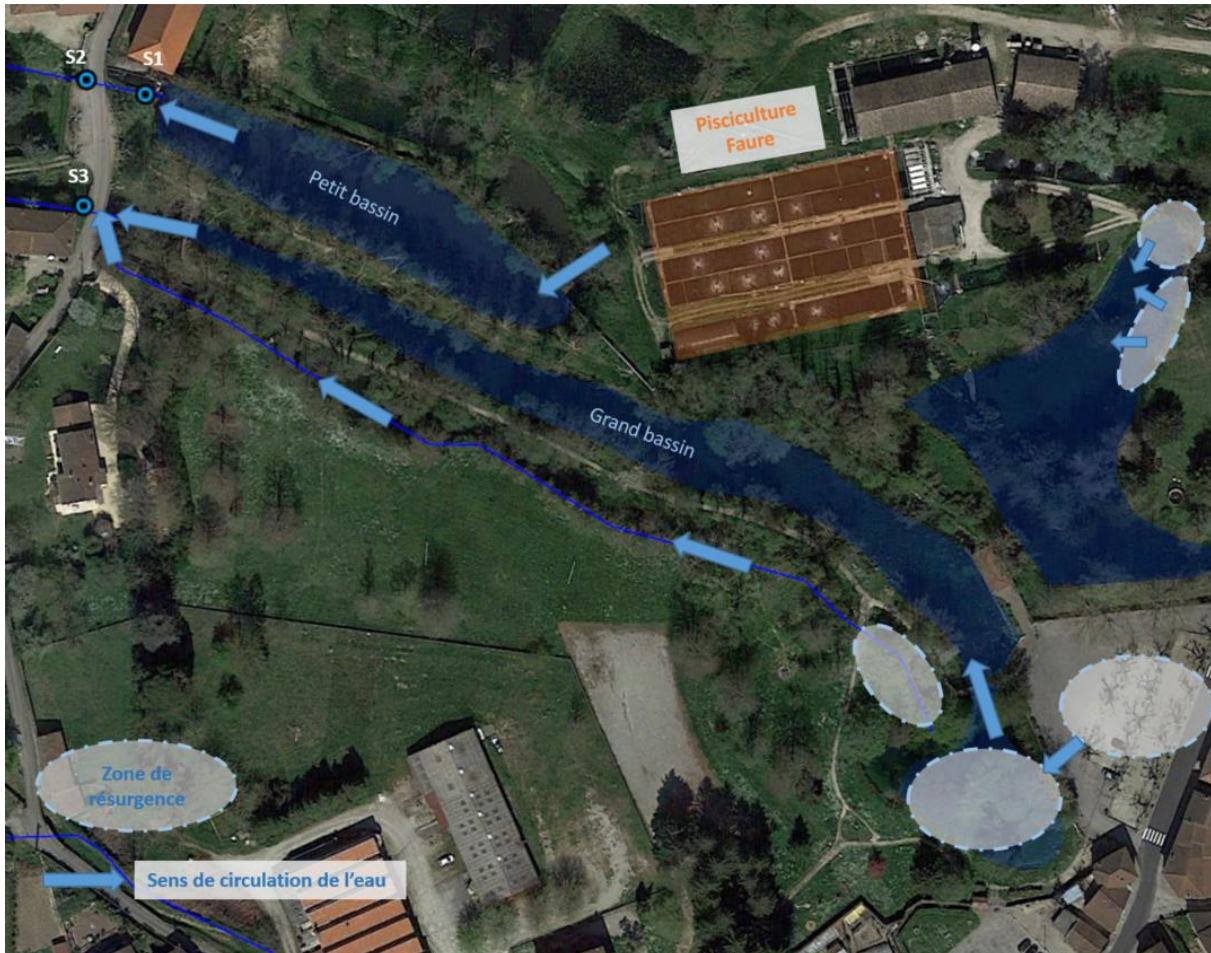
Notons que trois piscicultures se situent à proximité des sources de Manthes et de Beaufort. Ces piscicultures interagissent avec les sources et/ou la nappe. Ce sont les piscicultures des sources et Font-Rome sur la commune de Manthes et la pisciculture des Fontaines sur la commune de Beaufort.

Le fonctionnement des piscicultures est présenté en annexe 1 du présent document.

2.3.1 Sources de Manthes

La figure suivante illustre les informations collectées en lien avec l'alimentation et l'écoulement de l'eau dans les sources de Manthes.

Figure 2-3 : Alimentation et circulation de l'eau au niveau des sources de Manthes



Les sources de Manthes se composent du petit bassin, du grand bassin et d'un canal parallèle au grand bassin.

Le petit bassin est alimenté par les eaux de la pisciculture Faure (voir Annexe 1 pour plus de détails). En aval, le petit bassin alimente la petite Veuze.

Le grand bassin est alimenté par des résurgences de la nappe. Ces résurgences ont lieu en tête du grand bassin et sous le parking situé à l'est des sources. Ces dernières sont drainées vers l'amont du grand bassin. Le grand bassin constitue la principale source d'alimentation de la Grande Veuze.

En parallèle du grand bassin, un canal alimente un terrain privé avant de rejoindre la Grande Veuze. Ce canal est alimenté par une résurgence de nappe.

2.3.2 Sources de Beaufort

La Figure 2-4 présente le réseau hydrographique des sources des Fontaines de Beaufort. Sur cette figure, les résurgences sont matérialisées par des flèches jaunes. Le sens d'écoulement de l'eau est matérialisé par des flèches bleues.

Le jour de la visite de terrain, le site des Fontaines de Beaufort était alimenté par des résurgences à l'est, en amont du Pont Rozier et au nord, le long du bief principal.

Depuis le Pont Rozier, l'eau s'écoule dans le bief principal. Ce bief constitue la limite nord de l'Espace Naturel Sensible (ENS) des Fontaines de Beaufort. Le jour de la visite de terrain, le bief des Barberons et celui de la Tanche étaient à sec. Un bief (en rouge sur la Figure 2-4) reliant le bief principal à celui de la Tanche était hors d'usage pour cause de colmatage.

En aval, le bief principal alimente le bief Charlet. Ce dernier alimente les biefs de la Goutolles et de la Ronce qui rejoignent le bief de la Cour.

En aval du croisement avec le bief Charlet, plusieurs résurgences alimentent le bief principal (matérialisées par des flèches jaunes sur la figure suivante). Bien que les résurgences soient symbolisées par des flèches, elles se font de manière diffuse le long du bief principal.

Sur la partie aval du bief principal, l'eau s'écoule soit vers le bief de la Cour, soit vers la pisciculture Charles MURGAT (voir Annexe 1 pour plus d'informations).

Les résurgences les plus à l'ouest, exceptées les sources du lavoir, résurgent dans le périmètre de la pisciculture (voir Annexe 1 pour plus de clarté).

Enfin, les sources du lavoir alimentent le bief Conrey. Une partie de cette eau peut toutefois pénétrer dans le périmètre de la pisciculture.

Les différents exutoires des sources des Fontaines de Beaufort sont donc :

- Le bief Lacour. Ce bief part vers le sud, passe en siphon sous la Raille avant de rejoindre l'Oron ;
Notons qu'en cas de débits importants dans le bief Lacour, une surverse située au croisement avec la Raille permet d'évacuer de l'eau vers cette dernière ;
- La pisciculture Charles MURGAT dont les exutoires sont l'Oron, le parcours de pêche qui rejoint l'Oron et le bief Lacour ;
- Le bief Conrey (uniquement pour l'eau des sources du Lavoir).

Figure 2-4 : Alimentation et circulation de l'eau au niveau des sources des Fontaines de Beaufort



3 Historique des Systèmes de suivi de la ressource

Cette section présente les systèmes, actuels et passés, permettant le suivi des eaux superficielles et souterraines des sources de Manthes et de Beaufort.

De plus, des campagnes de mesure du débit ont été réalisées dans le cadre de différentes études. Pour chacune des sources, cette section liste les campagnes de mesure du débit réalisées. La localisation des sites de mesure est présentée sous forme de cartes en annexe 2 du présent rapport.

3.1 Sources de Manthes

3.1.1 Eaux de surface

◆ Système de suivi

Les sources de Manthes sont suivies à l'aide de 3 sondes matérialisées par les points S1, S2 et S3 sur la Figure 3-1. Ces sondes sont gérées par la Communauté de Communes Porte de DrômArdèche.

La sonde S1 est installée dans le petit bassin, avant que celui-ci devienne la petite Veuze. Cette station mesure la hauteur d'eau du petit bassin à proximité d'un prélèvement.



La sonde S2 est installée au départ de la Petite Veuze.



La sonde S3 est installée au départ de la Grande Veuze.



Le jour de la visite de terrain, les coordonnées des sondes ont été collectées avec un GPS. Le tableau suivant présente les coordonnées des sondes. Le système de coordonnées est Lambert-93 (EPSG 2154).

Tableau 3-1 : Coordonnées des sondes de suivi des sources de Manthes. Système de coordonnées : Lambert-93 (EPSG 2154).

Sonde	Nom	Coordonnée X	Coordonnée Y
S1	Sonde CCPDA prélèvement petite Veuze	857069	6469277
S2	Sonde CCPDA petite Veuze	857053	6469280
S3	Sonde CCPDA grande Veuze	857055	6469247

◆ Campagnes de mesure du débit

Des campagnes de mesure du débit ont été réalisées sur le réseau hydrographique des sources de Manthes dans le cadre :

- De l'étude écologique et hydrologique du système aquatique des zones humides de Manthes (Tereo gestion des espaces naturels et Idées eaux, 2013).
Dans le cadre de cette étude, deux campagnes de mesure du débit ont été réalisées en 44 points et à 2 période hydrologiques différentes (mois de mai et de septembre 2012) ;
- Du groupe de travail mis en place par la CLE en partenariat avec la commune de Beaufort et la communauté de communes Rhône-Valloire.
Dans le cadre de ce groupe de travail, une campagne de jaugeage a été réalisée par la DREAL en septembre 2013. Durant cette campagne, des jaugeages ont été réalisées en 12 sites dont 5 étaient à sec.

La localisation des sites de mesure et les débits mesurés sont présentés en annexe 2 du présent document.

3.1.2 Eau souterraine

Le tableau suivant présente les piézomètres effectuant un suivi continu bancarisé sous ADES :

Tableau 3-2 : Piézomètres suivis et bancarisés sous ADES – Sources de Manthes

Nom	Nom complet	Numéro BSS	Début mesure	Nappe mesurée
Anneyron	Puits – Les Desmeures (Anneyrons – 26)	BSS001WMDC (07703X0064/P1)	09/06/2009	Würm
Font ROME	Piézo­mètre - Pisciculture (Manthes - 26)	BSS001WMMX (07704X0088/PZ)	09/06/2009	Würm
Piézo­mètre du lavoir à Manthes	Forage - Lapaillanche (Manthes - BRGM 26)	BSS001WMMN (07704X0079/S)	15/10/1974	Würm
Piézo­mètre du champ captant AEP des Iles	Forage – l'Ile (Manthes - BRGM 26)	BSS001WMJN (07704X0007/F)	10/02/2000	Nappe de la Molasse

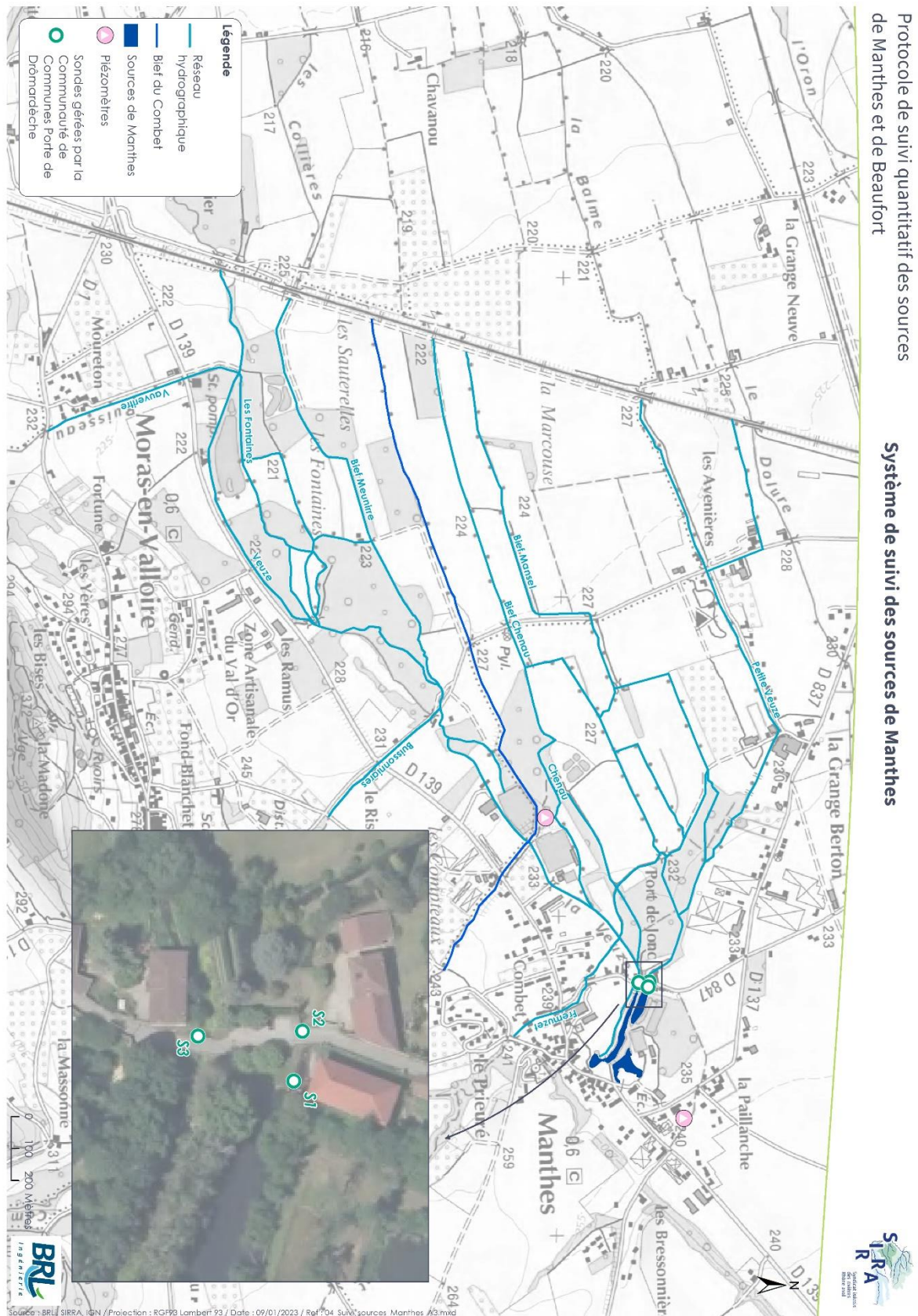
◆ Campagnes de mesure piézométriques

Des campagnes de mesure piézométriques ont été réalisées au droit et autour des sources de Manthes dans le cadre :

- Du groupe de travail mis en place par la CLE en partenariat avec la commune de Beaufort et la communauté de communes Rhône-Valloire.
Dans le cadre de ce groupe de travail, une campagne piézométrique a été réalisée au niveau de 7 puits et piézomètres le 02/10/2013.
- De l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation des captages de l'île et Montanay (Idées eaux, 2014).
Dans le cadre de cette étude, des relevés piézométriques ont été réalisés en juin 2013 pour de nombreux piézomètres répartis en amont et en aval de Manthes et de Beaufort.

La localisation des sites de mesure et les hauteurs d'eau mesurées sont présentées en annexe 2 du présent document.

Figure 3-1 : Systèmes de suivi des sources de Manthes



3.2 Sources de Beaufort

3.2.1 Eau de surface

◆ Système de suivi

Depuis le mois d'avril 2007, l'ENS des Fontaines de Beaufort fait l'objet d'un suivi mensuel de la hauteur d'eau au droit de 8 sites équipés d'une échelle limnimétrique. Le niveau d'eau des échelles est relevé une fois par mois par M. VAUDAIN, membre de la commission des Fontaines.

La Figure 3-2 présente la localisation des sites de suivi. Le tableau suivant indique leurs coordonnées.

Tableau 3-3 : Coordonnées des échelles limnimétriques Lambert-93 (EPSG 2154)

Nom	X_L93	Y_L93
Échelle 1 - amont barrage détruit	865631	6473725
Échelle 2 - bief la Ronce	865176	6473688
Échelle 3 - seuil source S5	865054	6474067
Échelle 4 - bief cressonnière aval	864898	6474092
Échelle 5 - amont barrage Murgat	864785	6473856
Échelle 6 - propriété Murgat	864914	6474119
Échelle 7 - bief en amont de la prise d'eau Pre3 pour la pisciculture	864787	6473956
Échelle 8 - bief la Cour en amont du siphon	864602	6473656

En complément, 3 stations sont installées dans ou à proximité de l'ENS des Fontaines de Beaufort. Ce sont :

- La station V3425611 [Les Orons à Pajay]. Cette station est suivie par l'OFB dans le cadre du réseau ONDE (<https://onde.eaufrance.fr/>). Cette station fait l'objet d'une observation mensuelle, de mai à septembre, de la présence d'un écoulement. Cette station est suivie depuis 2012 ;
- La station V3424310 [Le Rival à Beaufort]. Cette station fait l'objet d'un suivi, par la DREAL, du débit et de la hauteur d'eau depuis 1978. Elle est toujours en fonctionnement ;
- La station V3425610 [Le Suzon à Saint-Barthélémy]. Cette station a fait l'objet d'un suivi de la hauteur d'eau uniquement sur la période 1987 – 1992. Elle est hors d'usage.

Le tableau suivant présente les coordonnées des stations en Lambert 93. Leur localisation est présentée sur la Figure 3-2.

◆ Campagnes de mesure du débit

Des campagnes de mesure du débit ont été réalisées sur le réseau hydrographique des sources de Beaufort dans le cadre :

- De l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation des captages de l'île et du Montanay (Idées eaux, 2014). Dans le cadre de cette étude, 21 jaugeages ont été réalisés sur les ruisseaux l'Oron et le Suzon. Ces mesures ont été réalisées le 15 octobre 2013.
- Du groupe de travail mis en place par la CLE en partenariat avec la commune de Beaufort et la communauté de communes Rhône-Valloire.
Dans le cadre de ce groupe de travail, une campagne de jaugeage a été réalisée par la DREAL en septembre 2013. Durant cette campagne, des jaugeages ont été réalisés en 9 sites dont 2 étaient à sec et 2 étaient injaugeables (trop d'eau diffuse).

La localisation des sites de mesure et les débits mesurés sont présentés en annexe 2 du présent document.

3.2.2 Eau souterraine

Le tableau suivant liste les piézomètres effectuant un suivi continu bancarisé sous ADES :

Tableau 3-4 : Piézomètres suivis et bancarisés sous ADES – Sources de Beaufort

Nom	Nom complet	Numéro BSS	Début mesure	Nappe mesurée
Val Suzon	Piézomètre - Val du Suzon (Pommier-de-Beaurepaire - BRGM 38)	BSS001VTSN (07475X0008/F3)	16/03/1999	Riss
Penol	Piézomètre - Bois des Burettes (Penol - BRGM 38)	BSS001VTUD (07476X0029/S)	23/10/1989	Würm

Données de suivi continu sans bancarisation sous ADES (suivi ENS Beaufort) :

- Piézomètre parcelle Vaudaine (PZ1).
- Piézomètre cressonnière (PZ2).
- Piézomètre chemin d'exploitation (PZ3).
- Puits pont Rozier.
- Puits Levet.
- Puits Vaudaine.

Ces six points de suivi sont tous implantés dans les dépôts les plus récents du Würm.

Notons que le puits pont Rozier a été scellé.

◆ Campagnes de suivi de la nappe

Un suivi mensuel de la nappe a été réalisée au niveau des piézomètres ne faisant pas l'objet d'une bancarisation sous ADES. Ce suivi a été réalisé :

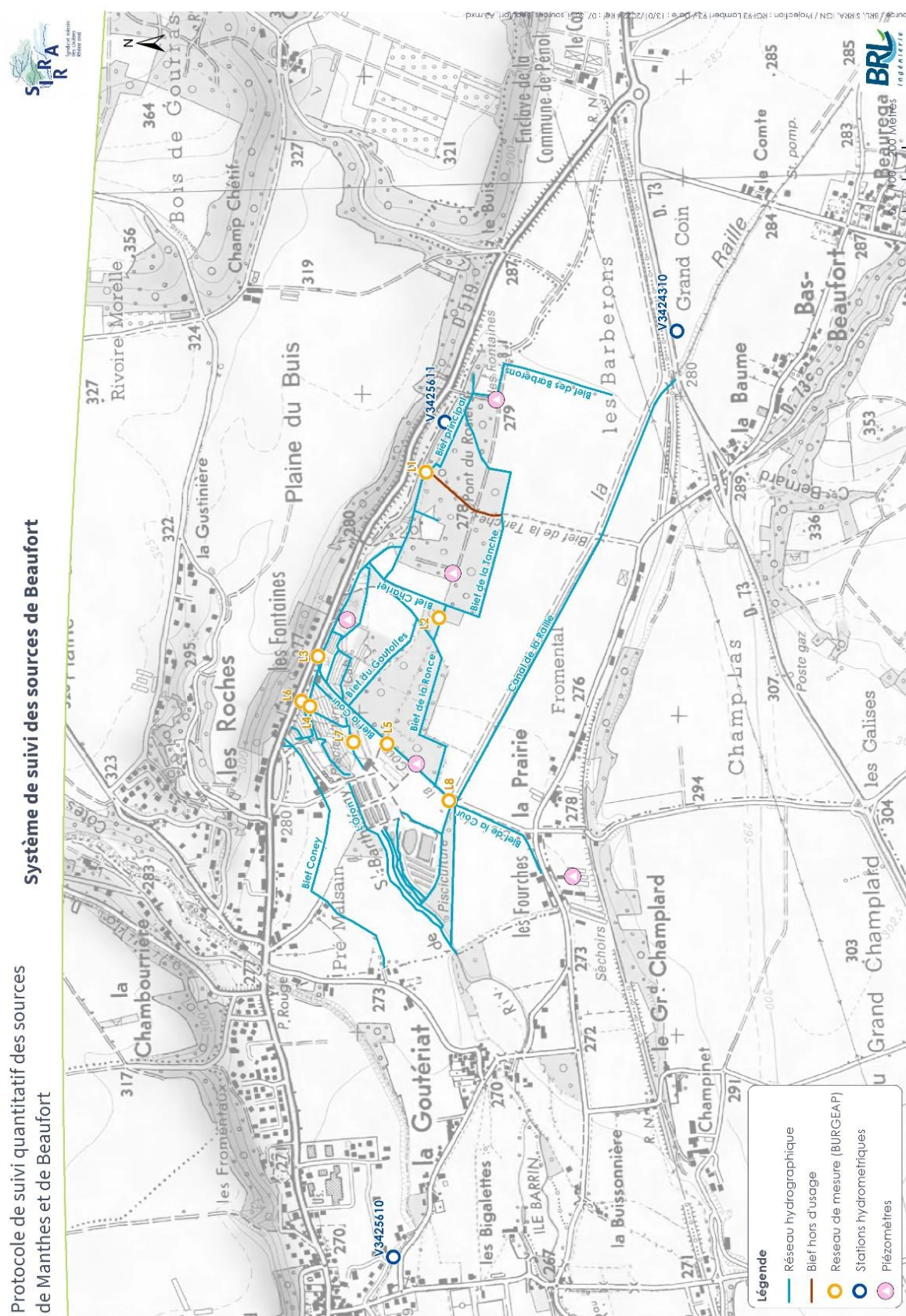
- D'avril 2007 à mai 2008 dans le cadre de l'Etude hydraulique du site des Fontaines de Beaufort (38) (Burgéap, 2008) ;
- De février 2009 à octobre 2021 par la Commission des Fontaines ;

Des campagnes de mesure piézométriques ont également été réalisées au droit et autour des sources de Beaufort dans le cadre :

- Du groupe de travail mis en place par la CLE en partenariat avec la commune de Beaufort et la communauté de communes Rhône-Valloire.
Dans le cadre de ce groupe de travail, deux campagnes piézométriques ont été réalisées :
 - Une première campagne a été réalisée au niveau de 6 puits et piézomètres de l'ENS Beaufort le 27/08/2013 ;
 - Une seconde campagne a été réalisée au niveau de 8 puits et piézomètres le 02/10/2013.
- De l'étude hydrogéologique du bassin d'alimentation des captages de l'île et Montanay (Idées eaux, 2014).
Dans le cadre de cette étude, des relevés piézométriques ont été réalisés en juin 2013 pour de nombreux piézomètres répartis en amont et en aval de Manthes et de Beaufort.

La localisation des sites de mesure et les hauteurs d'eau mesurées sont présentés en annexe 2 du présent document.

Figure 3-2 : Système de suivi des sources de Beaufort



4 Fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des sources

4.1 Synthèse des Informations issues de la littérature scientifique et technique

4.1.1 Préambule

En ce qui concerne l'hydrogéologie de la zone d'étude, il nous a semblé nécessaire de faire un focus sur la littérature scientifique et technique avec un point particulier sur les études de modélisation produites dans le cadre de l'EVP (SOGREAH groupe Artelia, Asconit consultants, 2011) et le rapport critique de Mme Brenot (BRGM, 2013). L'idée directrice est d'analyser le degré d'intégration des données relatives à toutes les formations susceptibles d'être représentées de façon explicite ou implicite dans la future modélisation hydrodynamique : alluvions fluvioglaciales, la molasse miocène mais aussi les formations quaternaires plus récentes (cônes de déjection latéraux, alluvions fluviales, colluvions, loess, ...).

Nous ne prétendons pas délivrer ici une analyse critique exhaustive des documents consultés mais proposons un « relevé » de toutes les informations qui nous semblent utiles à la description du comportement des hydro systèmes et donc in fine au bon dimensionnement d'une métrologie adaptée à leur modélisation.

Dans les brèves descriptions proposées ci-après, nous rappelons les informations utiles sur les éléments de connaissance suivants :

- Description des aquifères (géométrie des corps alluviaux, substratum géologique, distribution des perméabilités, ...).
- Relations entre eaux souterraines et eaux de surface.

4.1.2 Études générales sur la nappe de Bièvre Valloire

◆ SRAE – L'eau dans le bassin de Bièvre Valloire (1981)

Les informations concernent surtout la description des écoulements en plaine. Il est fait mention de colmatage progressif des zones humides et des cours d'eau, qui tendent à favoriser le ruissellement au détriment de l'infiltration.

Plus spécifiquement, pour les Collières à l'aval des sources de Manthes, il est indiqué que les eaux se ré-infiltrent dans la nappe (de 1 000 l/s à Manthes à 25 l/s à Saint Rambert d'Albon en janvier 1975 ; de 4 100 l/s à Manthes à 700 l/s à St Rambert d'Albon le 9 avril 1975). Cette hypothèse de fonctionnement est renforcée par la qualification des sols sur la basse terrasse qui sont réputés peu développés (généralement inférieurs à 50 cm car résultant de l'altération sur place des matériaux, contrairement aux sols des hautes terrasses formés de colluvions et/ou de dépôts loessiques).

Concernant la Veuze, il est fait mention de débit de 200 l/s en étiage sévère, sans précision de date (de 1 200 à 1 400 l/s en hautes eaux).

Des informations détaillées sont proposées sur la géométrie du substratum, a priori en cohérence avec les travaux de Mandier (1979).

Concernant les perméabilités des alluvions fluvio-glaciaires, il est noté qu'elles sont très variables. Les auteurs expliquent cette variabilité d'abord par une distance aux axes d'écoulement majeur que sont les paléo vallées (de 10^{-2} m/s pour les parties axiales à 10^{-5} m/s pour les parties latérales car généralement colmatées par des argiles). Les perméabilités dans les zones axiales seraient du même ordre de grandeur pour les terrasses récentes comme anciennes.

La permanence des écoulements superficiels au toit de l'aquifère correspondant à la terrasse inférieure serait ainsi expliquée par le colmatage progressif des cours d'eau.

Les auteurs mentionnent explicitement ce phénomène ; citons : « *augmentation sensible du ruissellement due très certainement et en grande partie à l'évolution de l'agriculture dans le bassin ou d'importantes surfaces de prairies naturelles ont été remplacées par des cultures. A noter également comme effet secondaire de ce nouveau mode cultural, des eaux relativement chargées en matière en suspension qui ont un pouvoir colmatant plus important avec localement comme conséquence une diminution des infiltrations.* » Ce constat est renouvelé plusieurs fois dans ce document.

◆ BRGM– Synthèse hydrogéologique du bassin de Bièvre Valloire (1994)

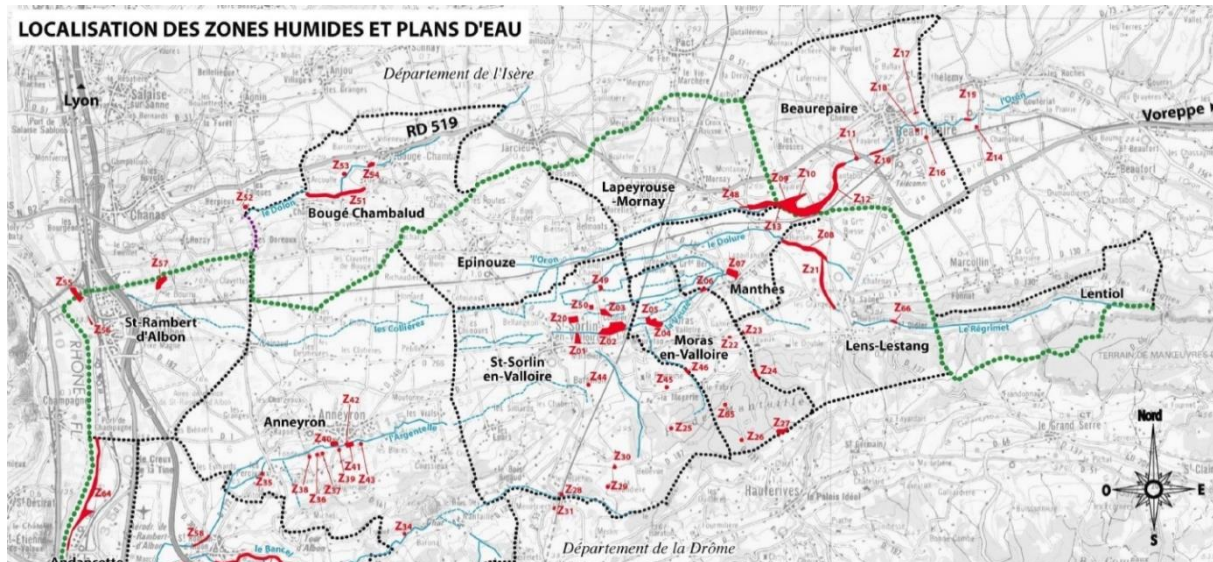
C'est le document de référence pour la description de l'aquifère fluvio-glaciaire de Bièvre Valloire ; on y trouve les informations suivantes :

- Bonne description du substratum du bassin (formations molassiques du Miocène, Pliocène inférieur marin, Pliocène continental molassique et sableux).
- Description des trois principales terrasses fluvio-glaciaires étagées et non emboîtées : hautes terrasses mendéliennes (épaisseur comprise entre 30 et 50 mètres), moyennes terrasses rissiennes (30 à 40 mètres) et terrasses wurmiennes (20 m d'épaisseur avec absence de couverture limoneuse et loessique). Il est précisé que chaque terrasse repose sur le substratum. Les auteurs ne proposent pas de différence de perméabilité entre les matériaux constitutifs des trois terrasses ; pourtant, dans leur modélisation hydrodynamique, ils supposent une perméabilité des basses terrasses « trois fois plus fortes que pour les terrasses moyennes ».
- Les alluvions fluviales sont décrites comme constituées de cailloutis polygéniques alpins à galets bien arrondis et calibrés, emballés dans une matrice sableuse.
- Les limons des terrasses sont épais de plusieurs mètres ; ils recouvrent les moraines et les alluvions fluvioglaciaires sur de vastes surfaces. Ce sont des dépôts fins et argileux ; ils sont probablement wurmiens et d'origine loessique.
- La géométrie du toit du substratum a été définie par Mandier (1979) et elle est considérée comme fiable. Cette cartographie ne fait pas apparaître de « remontées » du substratum sur les zones de source.
- Il est indiqué qu'historiquement les apports d'eau par les ruisseaux latéraux étaient tous marqués par des pertes totales. Il est cependant précisé que pour les Collières, le cours d'eau est devenu permanent et que les pertes sont moins importantes que par le passé (colmatage par calcification). Les Veuzes sont décrites comme des rivières artificielles réalisées pour évacuer les sources de Manthes. Les relations avec la nappe sont nulles à l'aval de la zone de résurgence ; il est précisé qu'à l'origine, les eaux des Veuzes s'infiltraient en nappe à l'aval de Saint Sorlin-en-Valloire mais que le lit des rivières s'est progressivement colmaté.

◆ SOBERCO ENVIRONNEMENT (2004) – Étude d’inventaire des zones humides et des plans d’eau en Rhône Valloire.

On trouve dans cette étude sommaire une identification des zones humides en Valloire ; elle met en évidence une zone humide entre Beaurepaire et Mornay, en rive droite de l’Oron qui pourrait correspondre à une zone de résurgence diffuse de la nappe. En effet, le caractère humide de la zone ne peut s’expliquer que par des niveaux de nappe sub-affleurants ; cette hypothèse est discutée plus avant dans le rapport.

Figure 4-1 : Identification des zones humides dans la plaine de Valloire



(Soberco environnement, 2004)

◆ BRGM (2008) – Élaboration des règles de gestion volumique en eau de la nappe de Bièvre Valloire.

Il s’agit de la première approche pour une définition de règles de gestion de la nappe. Il y est notamment proposé une analyse détaillée des évolutions hydro climatiques qui montre une nette tendance à la diminution des pluies efficaces entre 1979 et 2008, et donc une baisse de la recharge de la nappe.

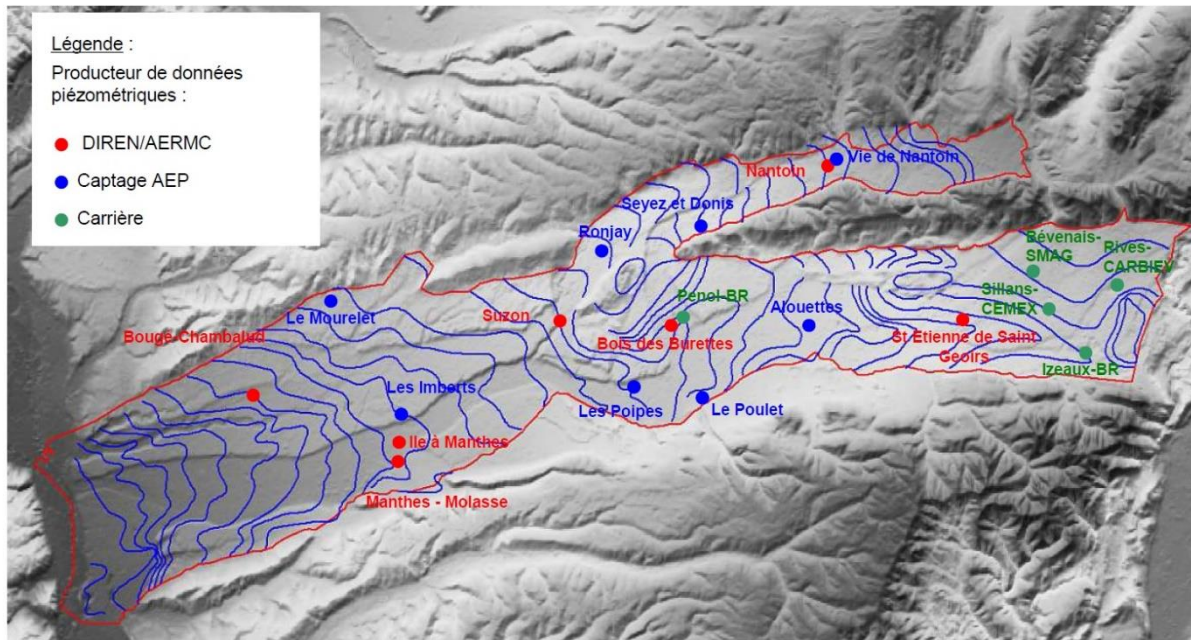
Le reste des rapports apportent peu d’informations utiles car les analyses sont concentrées sur les seules chroniques piézométriques disponibles (approche de modélisation indirecte de type boîte noire) et la démarche n’est pas adaptée à la compréhension du fonctionnement hydrogéologique des zones de résurgence.

◆ SOGREAH (2008) – État des lieux du SAGE

On trouve peu de donnée nouvelle (reprise des données antérieures).

À noter un inventaire des points de suivi piézométrique existants.

Figure 4-2 : Suivi piézométrique existant



(SOGREAH Consultants, 2008)

◆ SOGEAH & ASCONIT (2011) – EVP

Dans le cadre de cette étude, des mesures de débit de certains cours d'eau avaient été réalisées (août et septembre 2010) mais elles sont trop éloignées des sources pour être utiles à notre problématique.

Il est fait mention des années de tarissement des sources de Manthes : 1990, 1998, 2007 et 2011. L'année 2007 ne fait pas consensus : elle n'est pas indiquée comme ayant vu un assèchement complet des sources dans le rapport de TERREO (2011).

La modélisation hydrodynamique a été réalisée sous VISUAL MODFLOW en monocouche ; la géométrie du substratum a été récupérée dans le modèle ANTEA 1996 (données non présentées). Les cours d'eau permanents font l'objet de conditions aux limites de type rivière mais les auteurs insistent sur le caractère incertain des résultats en termes de débit, expliqué par la rareté des mesures hydrologiques susceptibles de contraindre le calage. En ce qui concerne la piézométrie, les différences entre données simulées et observées sont au mieux d'ordre métrique.

Les résultats de l'étude n'ont pas fait l'objet d'un consensus. En particulier, il était reproché à l'étude de mal représenter les phénomènes de débordement au droit des deux principales zones de résurgence et donc de mal estimer les impacts des pompages des piscicultures.

Il faut en effet rappeler en accord avec les auteurs que les valeurs de débit comme de piézométrie au droit de ces zones sont sous-contraintes en termes de calage (absence de données locales). Les valeurs proposées sont donc incertaines.

Les auteurs arrivaient aux propositions suivantes basées uniquement sur des données modélisées :

- QMNA5 à l'aval des sources de Fontaines de l'ordre de 700 l/s sans prélèvements des piscicultures et de 550 l/s dans les mêmes conditions à l'aval des sources de Manthes.
- Dans les conditions actuelles, tarissement des sources des Fontaines pour une cote approximative de 296 m NGF au piézomètre du Bois des Burettes ; sans prélèvements des piscicultures, ce tarissement devrait être observé vers 292 m NGF.
- Dans les conditions actuelles, tarissement des sources de Manthes pour une cote approximative de 232 m NGF au piézomètre de Manthes ; sans prélèvements des piscicultures, ce tarissement devrait être observé vers 231 m NGF.

Au vu des données collectées depuis, il est confirmé que ces valeurs seuils sont erronées, ce qui justifie la présente étude. Notons toutefois que les autres conclusions, notamment celles qui sont déduites de l'analyse des grandes variations interannuelles de recharge paraissent tout à fait pertinentes ; ce modèle nous semble en effet tout à fait adapté à la description des phénomènes en « grand ».

◆ BRGM – Expertise Brenot (2013)

Cette étude a pour objectif de proposer une stratégie d'amélioration des connaissances en vue d'une modélisation qui soit susceptible de représenter le plus correctement possible le comportement hydrogéologique des zones de résurgence.

L'auteur propose une synthèse des informations existantes sur la base de la documentation scientifique et technique disponible.

On y trouve les informations utiles suivantes :

- Possibilité de récupérer des données de suivi piézométrique sur deux points : forage AEP les Poipes à Thodure-Marcilloles et forage AEP les Imberts à Saint-Barthelemy de Beurepaire.

4.1.3 Études relatives au site des Fontaines

◆ ECOSPHERE (2005) – Site naturel des Fontaines / notice d'aménagement.

On trouve dans cette étude quelques informations utiles pour la compréhension des relations nappe-rivière :

- La carte de Cassini de 1767 montre une localisation des sources de Beaufort plus à l'amont que leur position actuelle, au sud du bois de Gouras. La carte d'état-major de 1870 montre déjà une migration des émergences vers l'Ouest. Pour finir, l'auteur détaille le remembrement de la plaine en 1971 avec plusieurs faits marquants : le passage d'une irrigation par inondation à une irrigation par pompage, creusement de la Raille.
- L'auteur mesure une diminution du débit de l'amont vers l'aval, dans le Bief de la Ronce, en accord avec nos observations de terrain. Ils montrent que ce cours d'eau est en position haute par rapport à la nappe et alimente cette dernière. C'est l'inverse qui est observé sur la Raille avec une augmentation du débit de l'amont vers l'aval qui indique à cette période de l'année un drainage de la nappe par le cours d'eau (l'incision de la Raille dans la plaine serait d'environ 1,5 m).

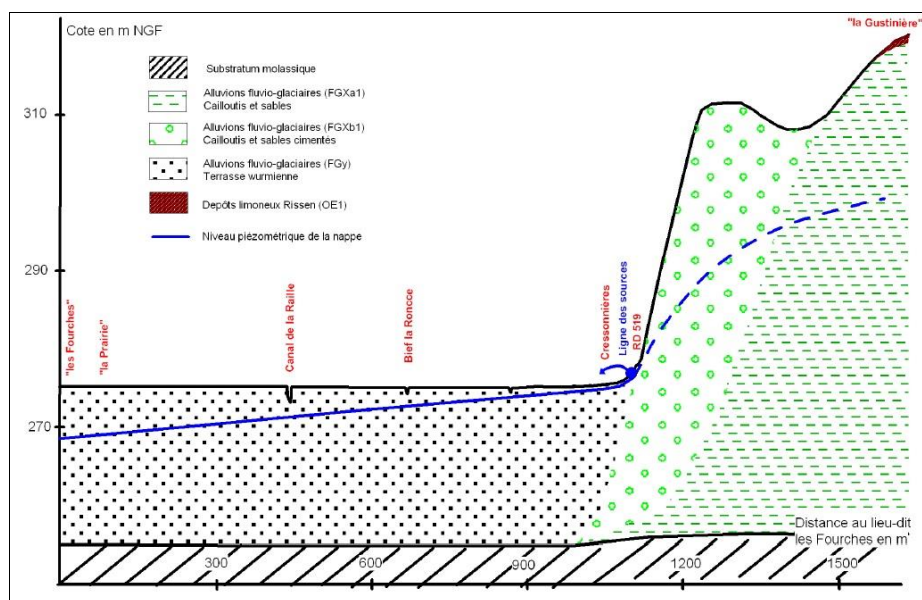
◆ BURGEAP (2008) – Étude hydraulique du site des Fontaines de Beaufort.

C'est l'étude la plus complète pour une bonne compréhension du fonctionnement hydrogéologique de ces sources.

Il est dit que d'après M. MURGAT (gestionnaire de la pisciculture des Fontaines) qui a fait réaliser plusieurs forages sur son site, les alluvions fluvio-glaciaires sont recouvertes par environ 2 mètres de matériaux argilo limoneux. L'épaisseur de l'aquifère est d'environ 20 mètres.

Les auteurs proposent une description détaillée et argumentée de la disposition des aquifères. La coupe ci-dessous en propose une bonne illustration.

Figure 4-3 : Coupe hydrogéologique interprétative

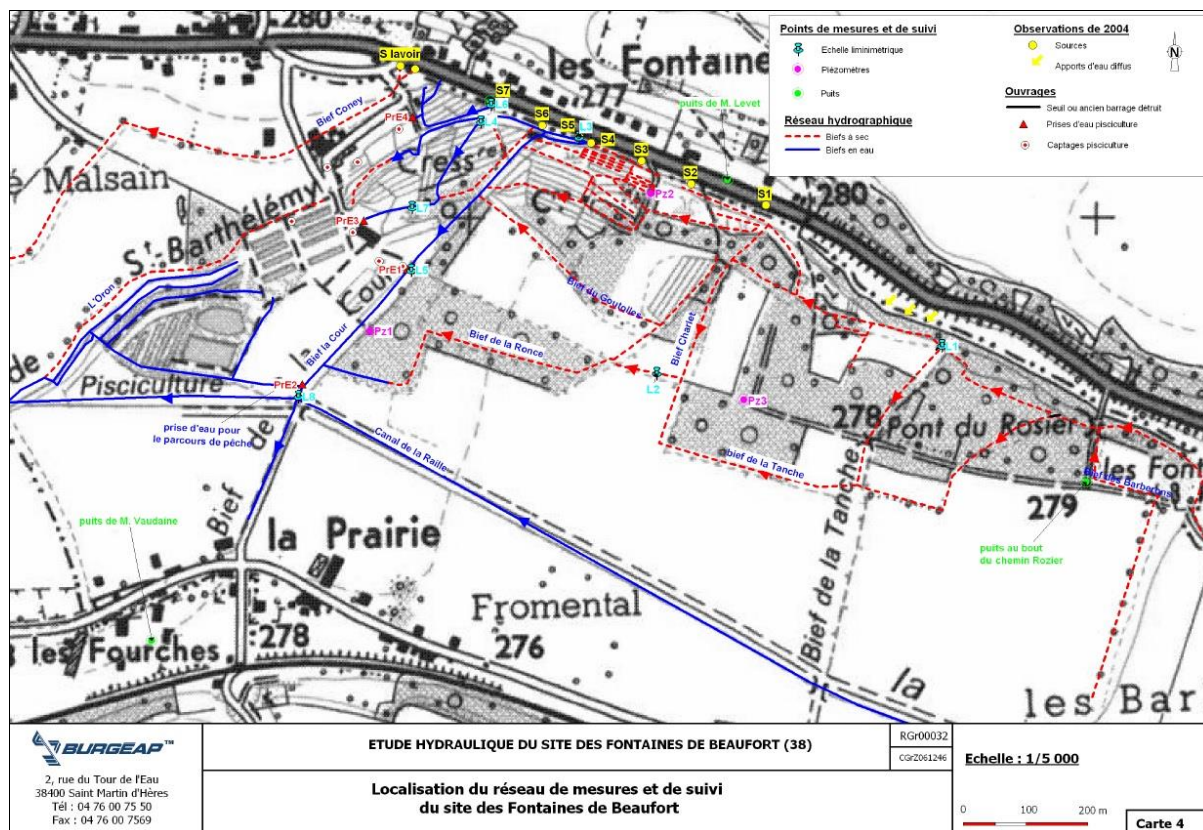


(Burgéap, 2008)

Les épisodes historiques d'assec des sources seraient de trois années dans les années 1990, l'année 2002 (de mars à octobre), et la séquence 2005-2007 (sans plus de précision).

Durant cette étude, trois piézomètres ont été mis en place et équipés de capteurs à enregistrement continu. Les relevés d'avril 2007 montrent un quasi assec provoqué par une nappe à environ 1 m de profondeur par rapport au terrain naturel dans la zone de résurgence latérale (PZ2) ; le débit en sortie de la zone de résurgences est alors estimé à environ 50 l/s pour une cote nappe au PZ2 d'environ 274,90 m NGF. Il est aussi proposé comme estimation au PZ2 pour 275,20 m NGF un débit restitué de 200 l/s.

Figure 4-4 : Localisation des points de suivi



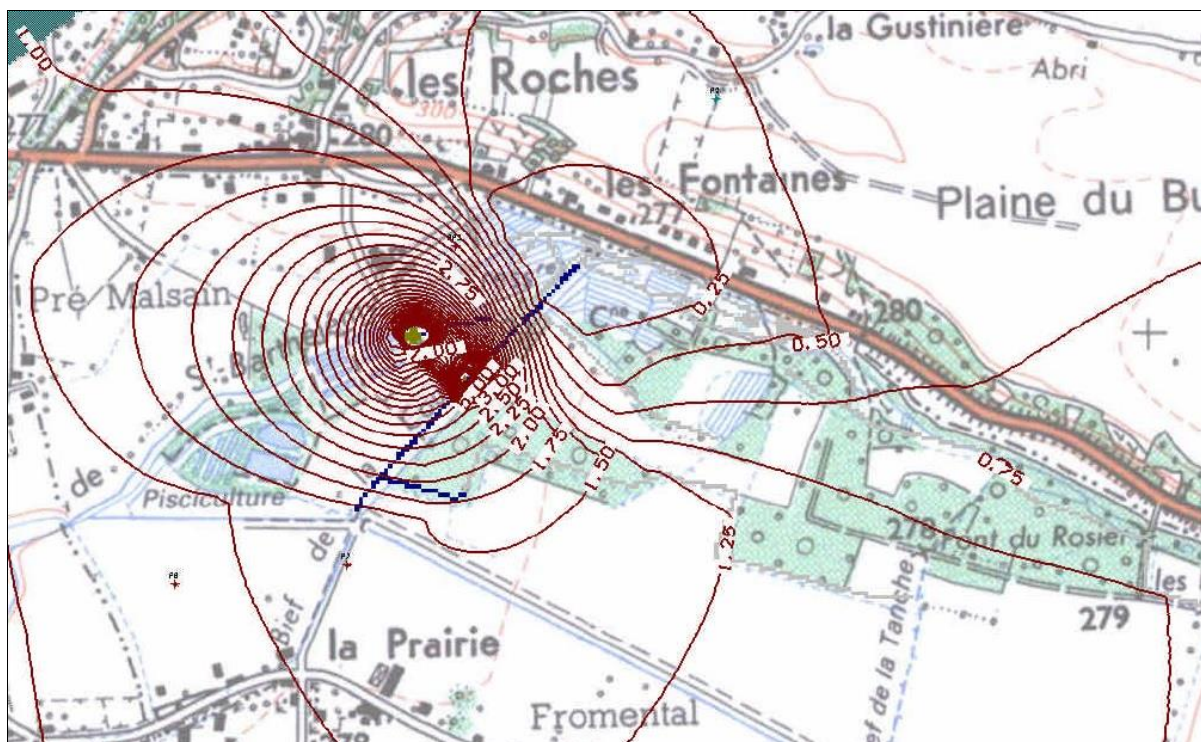
(Burgéap, 2008)

Il est aussi indiqué une estimation d'environ 1 450 l/s en juin 2004, sans mesure de piézométrie sur PZ2.

Les auteurs proposent une modélisation hydrodynamique de la zone sous VISUAL MODFLOW. Les zones de résurgence sous introduites dans la modélisation sous forme de drains. Les données de construction du modèle ne sont pas détaillées, ce qui en empêche toute critique.

L'exploitation de ce modèle permet d'estimer l'influence des pompages de la pisciculture sur la zone de résurgence. Selon les données modélisées, elle serait comprise entre 25 et 50 cm au contact entre le remplissage Wurmien et les terrasses rissiennes ; c'est une valeur à considérer avec prudence car elle est très dépendante des hypothèses de construction du modèle et elle est probablement sous-déterminée.

Figure 4-5 : Impact des pompages de la pisciculture sur la piézométrie - Q prélevé de 700 l/s en situation de basses eaux



(Burgéap, 2008)

En synthèse, les auteurs proposent une description précise du fonctionnement hydrologique du site :

« Les eaux du site des Fontaines de Beaufort ont deux origines. Le marais est alimenté naturellement par des résurgences d'eaux souterraines intermittentes à la faveur d'une interface géologique entre alluvions fluvioglaciaires au pied du coteau de Pajay et la plaine centrale, mais également par affleurements topographiques de la nappe du grand aquifère présent dans les alluvions fluviales de la plaine de Bièvre.

Ces deux grandes sources d'apports contribuent conjointement à l'alimentation hydrique souterraine du site des Fontaines. Elles sont fortement dépendantes et évoluent globalement avec les mêmes sens de variations.

Une troisième origine des apports correspond aux précipitations directes sur l'impluvium du site, mais cet apport reste négligeable pour la nappe devant les débits souterrains.

En première approche, la configuration du site peut laisser penser que les sources de versant alimentent davantage les cressonnières que ne le fait la grande nappe de Bièvre par affleurements topographiques. Pourtant, d'après le suivi et l'analyse hydrogéologique réalisée dans cette étude, c'est cette dernière qui constitue le moteur hydraulique principal du système et qui met majoritairement en eaux les différents biefs du site, à la faveur de surcreusements du terrain naturel au sein des biefs du réseau parcourant le site. En effet, les sources de versants identifiés (S1 à S7) ne représentent, selon les conditions piézométriques, que 10 à 30 % du débit total drainé par les eaux de surface du marais (cf. Tableau 9 et figure page suivante).

En outre, les sources peuvent tarir (situation atteinte au début du mois de Mai 2007), tandis que la nappe principale affleure encore sur la partie aval du marais avec un débit résiduel drainé proche de 50 l/s.

C'est donc bien le niveau piézométrique général de la nappe de Bièvre qui commande l'état hydrique du réseau principal des Fontaines. »

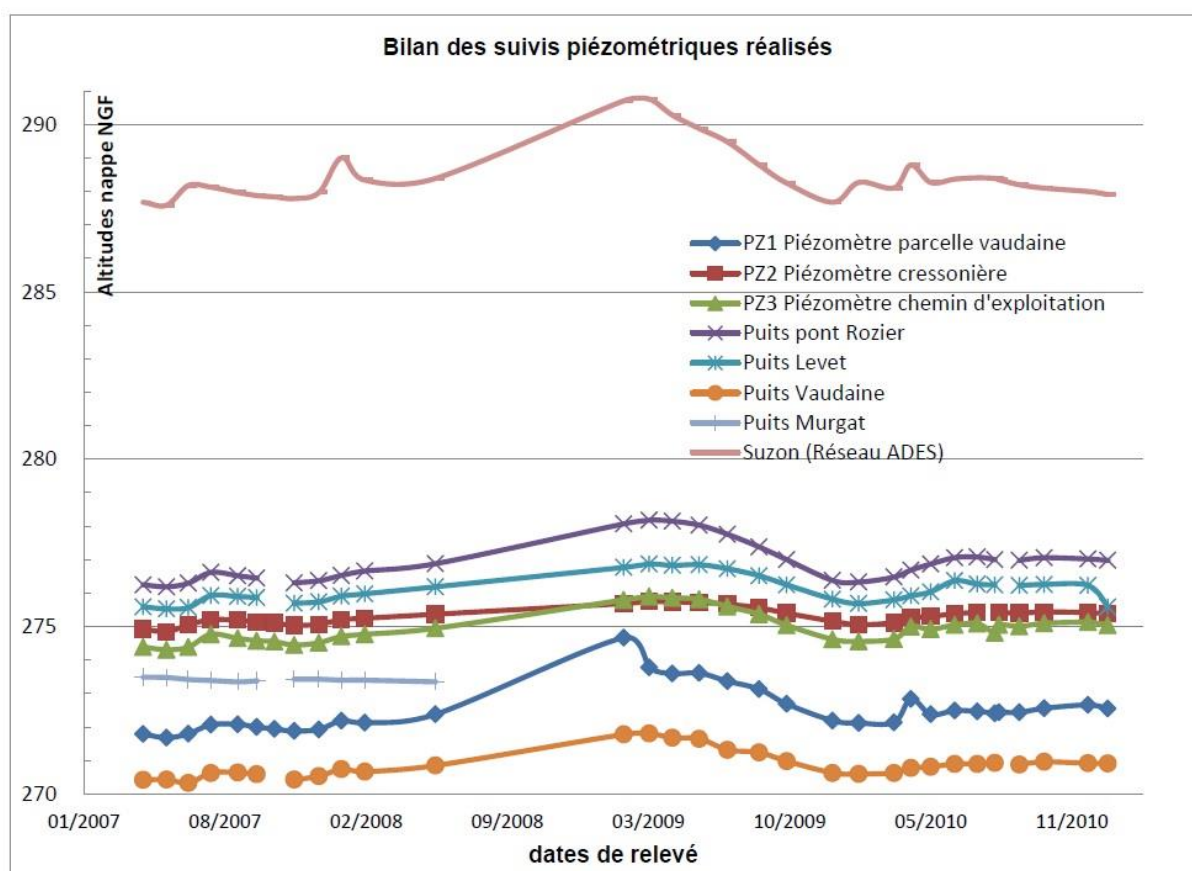
C'est une interprétation qui interroge :

- Cette interprétation semble contradictoire avec les cartes piézométriques proposées qui montrent clairement une alimentation majoritaire en provenance de l'aquifère rissien.
- En amont de la zone humide, dans le remplissage wurmien, les niveaux de nappe sont de 2 à 2,5 m plus bas que le terrain naturel en 2007. Il faut donc la présence de drains de cette profondeur pour imaginer drainer la nappe de la terrasse inférieure.

◆ EVINERUDE & CEGEE (2017) – ENS des Fontaines de Beaufort, notice de préservation.

Le suivi piézométrique de 2007 à 2010 fait apparaître une très bonne corrélation entre les chroniques piézométriques du piézomètre dit du Suzon et les chroniques locales.

Figure 4-6 : Bilan des suivis piézométriques réalisés



◆ DDT de l'Isère (2013) – Notice sur les mesures sur le site des Fontaines de Beaufort.

Les auteurs argumentent que les eaux de la nappe du Liers seraient moins minéralisées que celles de la nappe de la Bièvre (490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ contre 570 à 590).

4.1.4 Études relatives aux sources de Manthes

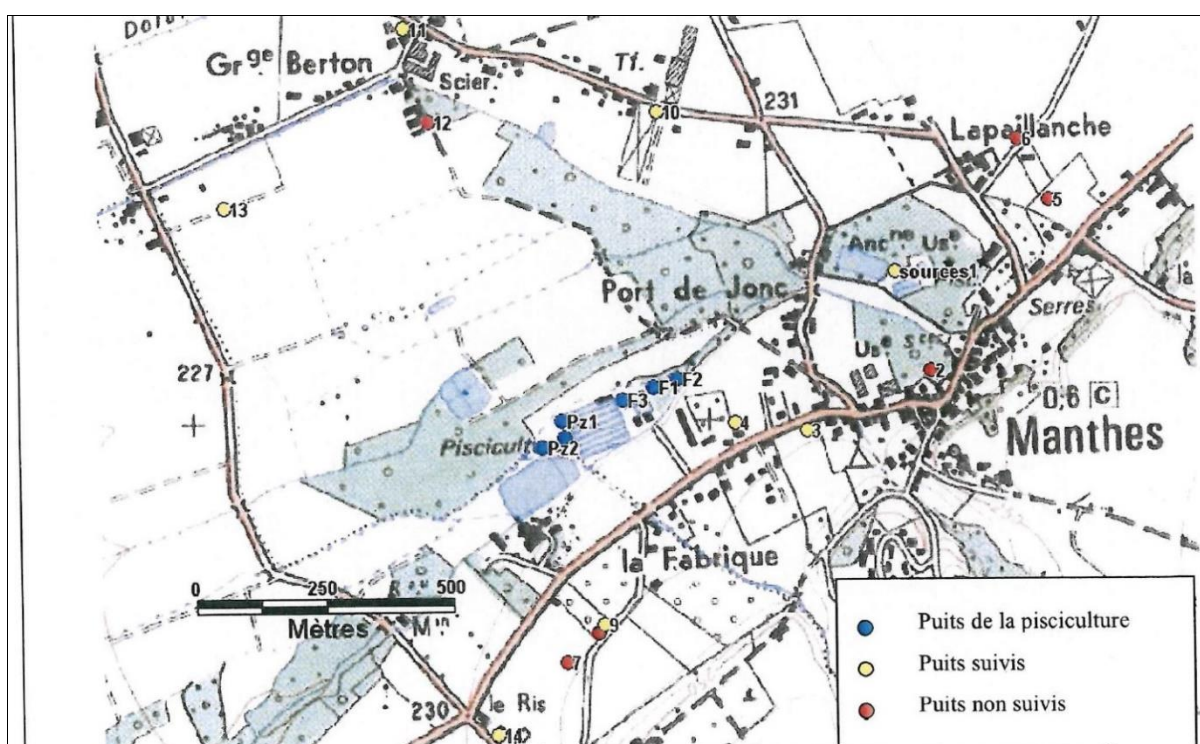
◆ IDEES EAUX (2007) - Étude d'incidence des prélèvements de la pisciculture Font Rome à Manthes.

L'objectif est de fournir 600 l/s par pompage sur trois ouvrages répartis au sein de la pisciculture.

Il est indiqué que l'appareil aquifère fait au moins 10 m d'épaisseur (substratum non atteint) et qu'il est protégé par une couche argileuse puissante de 3 à 7 mètres, reconnue sur tous les ouvrages. Les prospections géophysiques permettent de proposer une épaisseur pour les alluvions d'environ 20 mètres.

Les auteurs avaient fait un recensement important des ouvrages utiles pour un suivi de nappe dans la proximité des sources.

Figure 4-7 : Ouvrages utiles à un suivi piézométrique à proximité de la pisciculture de Font Rome



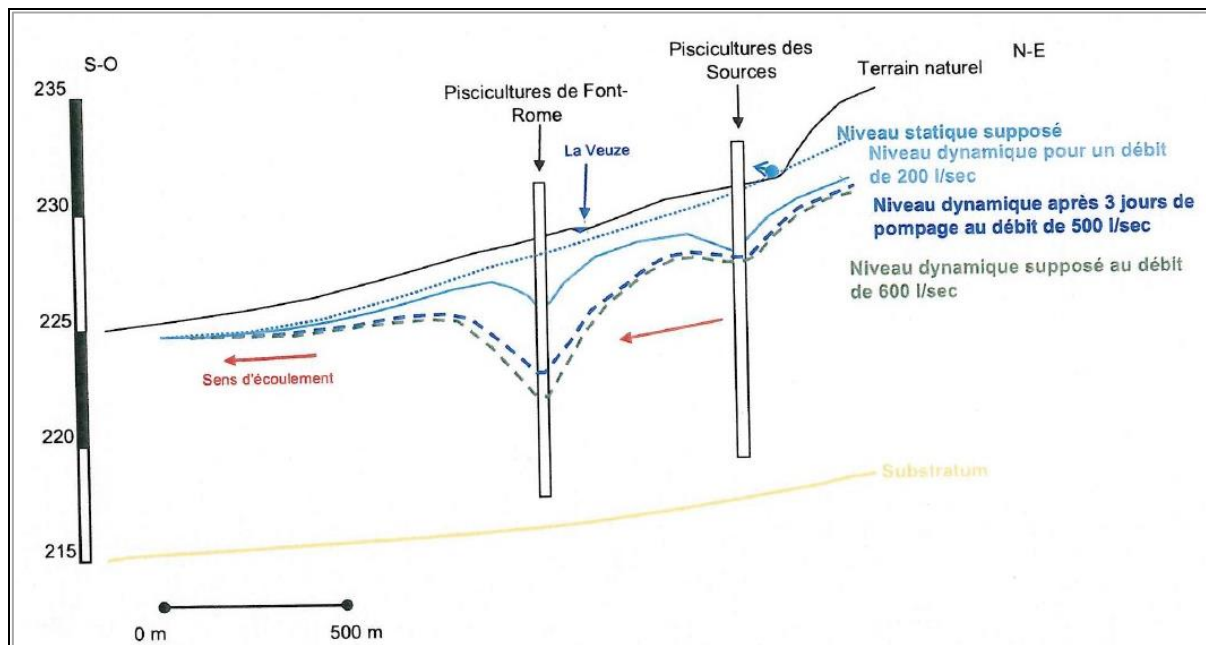
(Idées eaux, 2007).

Les essais de pompage montrent des rabattements sur les ouvrages de production de 1 à 2 m. La productivité moyenne est estimée à environ 350 m³/h par mètre de rabattement

Ils permettent aussi d'estimer l'impact des pompages sur la nappe (cf. figure ci-dessous) ; au droit des sources, le rabattement causé par les pompages de cette seule pisciculture serait de l'ordre de 7 cm. A noter un impact sur la Veuze avec une baisse constatée de 2 cm du niveau d'eau dans la rivière en fin de pompage d'essai ; les auteurs qualifient cette baisse de négligeable mais, au vu de la morphologie du cours d'eau, elle pourrait correspondre à plusieurs dizaines de l/s.

[illegible]

Figure 4-9 : Coupe schématique des rabattements induits par les pompes



(Idées eaux, 2007)

◆ TERREO & IDEESEAUX (2013) – Zones humides de Manthes. Diagnostic écologique et hydrologique du système aquatique.

Cette étude donne des indications importantes pour comprendre les relations nappe-rivières :

« Le réseau hydrographique est alimenté par les émergences de la nappe et par les rejets des piscicultures Font Rome et Faure. ...les ruisseaux se trouvant en position perchée au-dessus de la nappe avec des lits fortement colmatés, il est apparu peu d'échanges hydrauliques entre les ruisseaux et la nappe sur le secteur. Cette absence d'échange est également amplifiée par la présence d'une couche argileuse de surface épaisse de plusieurs mètres. Ainsi, les zones humides potentielles identifiées trouvent leur origine dans une alimentation par submersion et non dans la zone de battement de la nappe».

◆ IDEESEAUX (2014) – Étude hydrogéologique du bassin d'alimentation du captage de l'Ile et de Montanay

Pour le captage de l'Ile, on observe la présence de 1,5 m de limons argileux au-dessus de 22 m d'alluvions graveleuses.

Les auteurs proposent une carte avec tous les points d'eau potentiellement utiles pour un suivi piézométrique (cf. figure ci-dessous).

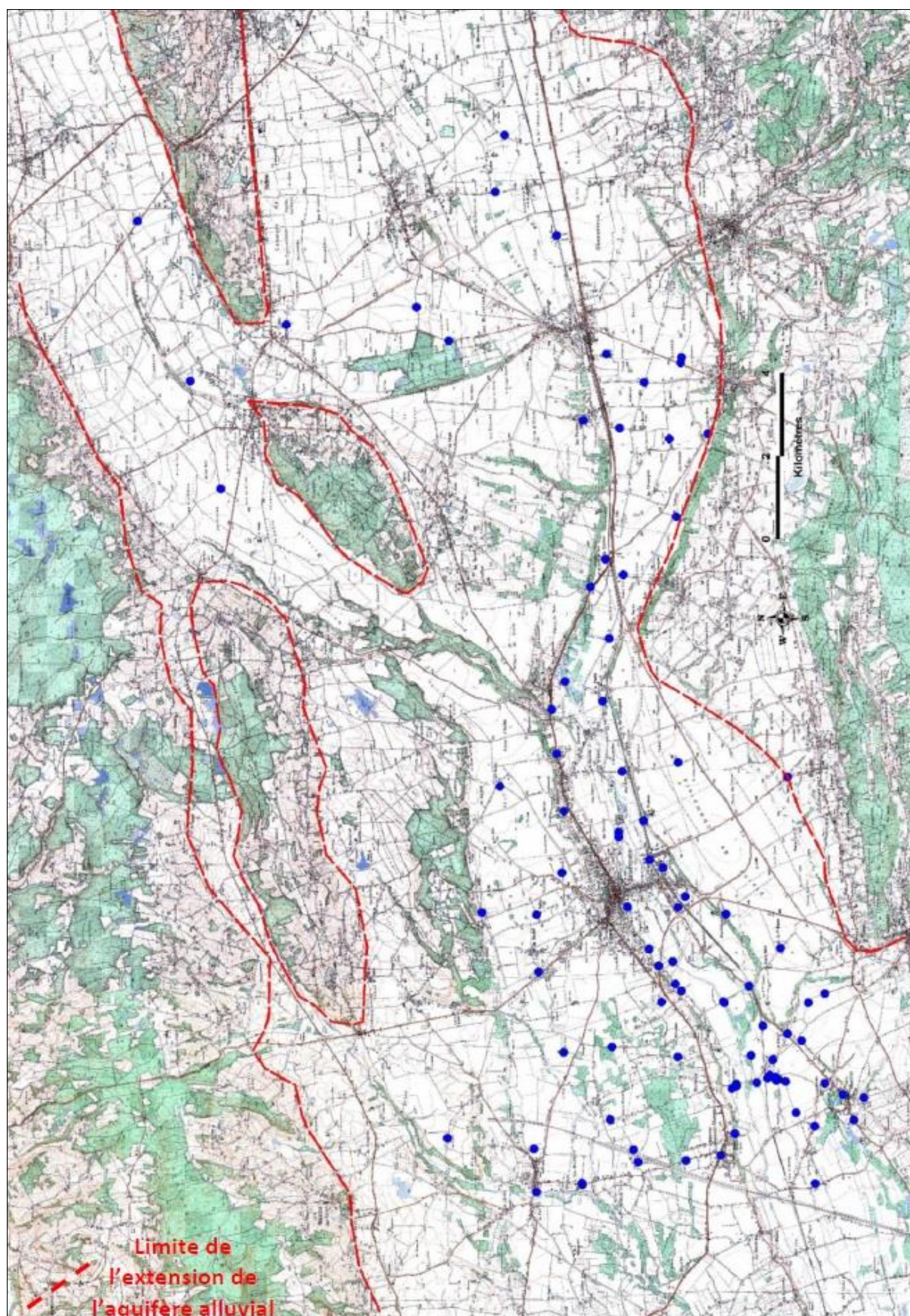
De plus, dans cette étude, 6 piézomètres ont été réalisés, en champ proche des champs captants. Ils confirment l'existence de matériaux de couverture limono-argileux sur des épaisseurs variant de 0 à 6 mètres. Un seul piézomètre se caractérise par l'absence de couverture limoneuse.

Les auteurs proposent aussi des mesures de débit réalisées dans le Suzon et l'Oron entre Marcilloles et Lapeyrouse-Mornay :

- Le Suzon se met en eau dans la plaine à l'aval du site des Fontaines et gagne en débit jusqu'à atteindre 1,3 m³/s avant sa confluence avec l'Oron.
- La Raille semble perdre en débit entre Marcilloles et le site des Fontaines. Elle gagne ensuite en débit jusqu'à atteindre 5,2 m³/s sur la station la plus aval. Il est important de distinguer deux zones bien distinctes en termes d'apports : la zone des Fontaines en amont de Beaurepaire et celle localisée entre Beaurepaire et Mornay.

Sur les ouvrages, la productivité est de l'ordre de 300 m³/h par mètre de rabattement. Pour un débit de 30 l/s, l'influence des pompes est de l'ordre du centimètre à 200 m des ouvrages de production.

Figure 4-10 : Localisation des points d'eau recensés



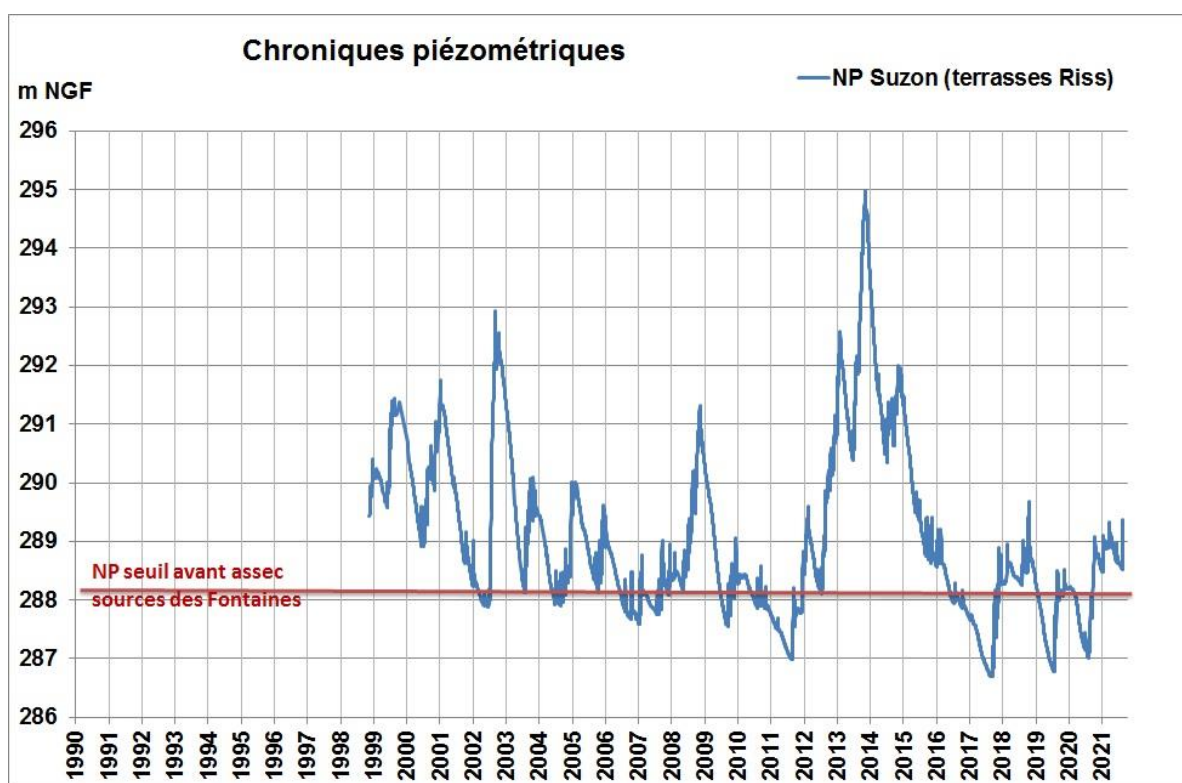
(Idées eaux, 2014)

4.2 Informations issues de l'analyse des chroniques piézométriques

4.2.1 Sources des Fontaines

Si on accepte l'hypothèse d'un assec de mars à octobre 2002 (informations données par BURGEAP, 2008), on peut alors chercher un niveau piézométrique « seuil » dans les chroniques piézométriques existantes, qui correspondraient à des assecs au niveau des sources quand ce niveau serait sous-passé. Pour le piézomètre de Suzon, ce niveau seuil serait autour de 288,20 m NGF. On observe en effet que les périodes de sous-passement de ce niveau correspondent bien à des périodes d'assecs.

Figure 4-11 : Suivi sur le piézomètre de Val Suzon, représentatif de la nappe des terrasses du Riss.



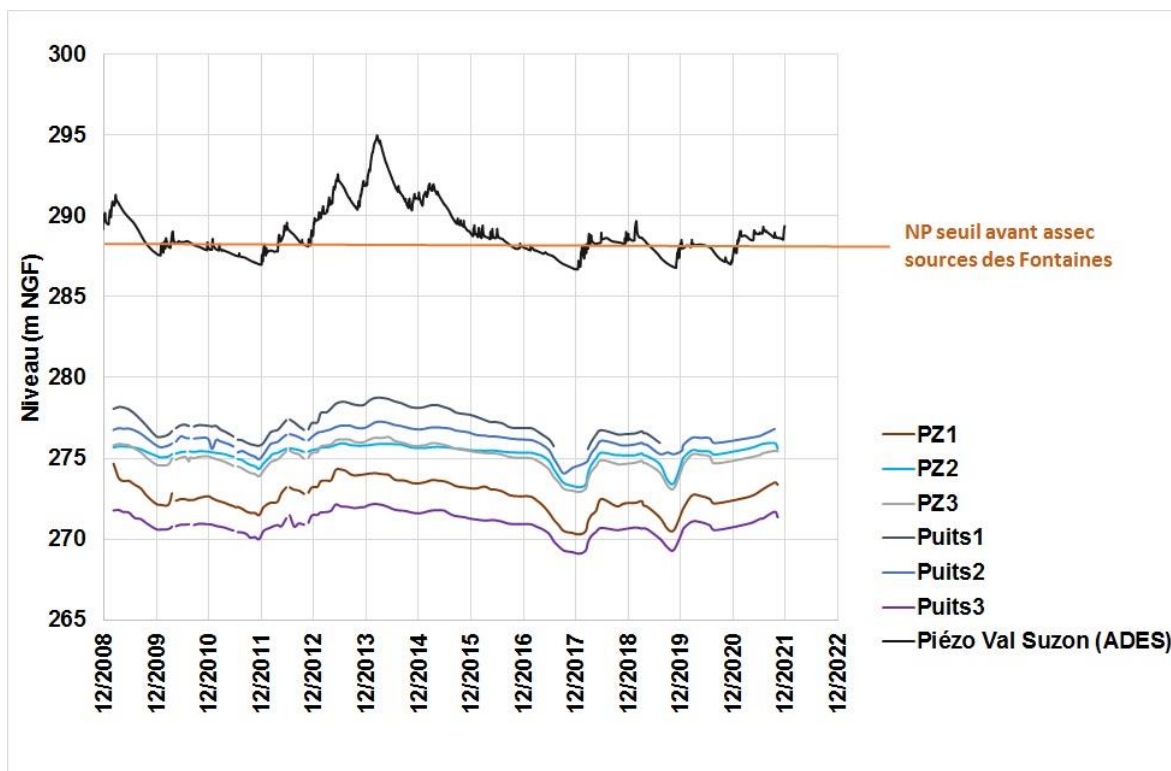
On peut alors constater que les assecs durent plusieurs mois (de 6 à 20 mois) et qu'ils sont provoqués par des baisses de nappe d'ordre métrique.

Sur les assecs de 2011 et 2017, la baisse moyenne observée est d'environ 100 cm en 1 an, soit environ 8 cm par mois.

Avec de telles dynamiques, si on accepte une influence en champ proche des prélèvements des piscicultures compris entre 25 et 50 cm de sur-rabatement, l'arrêt de ces pompages ferait gagner entre 3 et 6 mois avant la mise en assec et le même nombre de jour à la remise en eau de la zone d'émergence.

Les données de piézométrie acquises depuis 2007 sur la zone de résurgence tendent à conforter cette interprétation. On peut en effet constater que les sur-rabattements locaux en période d'assec observés sur les piézomètres sur site sont d'environ 50 cm, quand on compare les dynamiques d'assec observées sur le piézomètre Suzon qui lui n'est pas influencé par les prélèvements de la pisciculture (environ 1,50 m de « creux » piézométrique en 2017 sur le piézomètre du Val Suzon contre environ 2 m sur les piézomètres sur site).

Figure 4-12 : Comparaison entre le suivi sur le piézomètre de Val Suzon et les variations locales de piézométrie dans la nappe des dépôts récents du Würm.



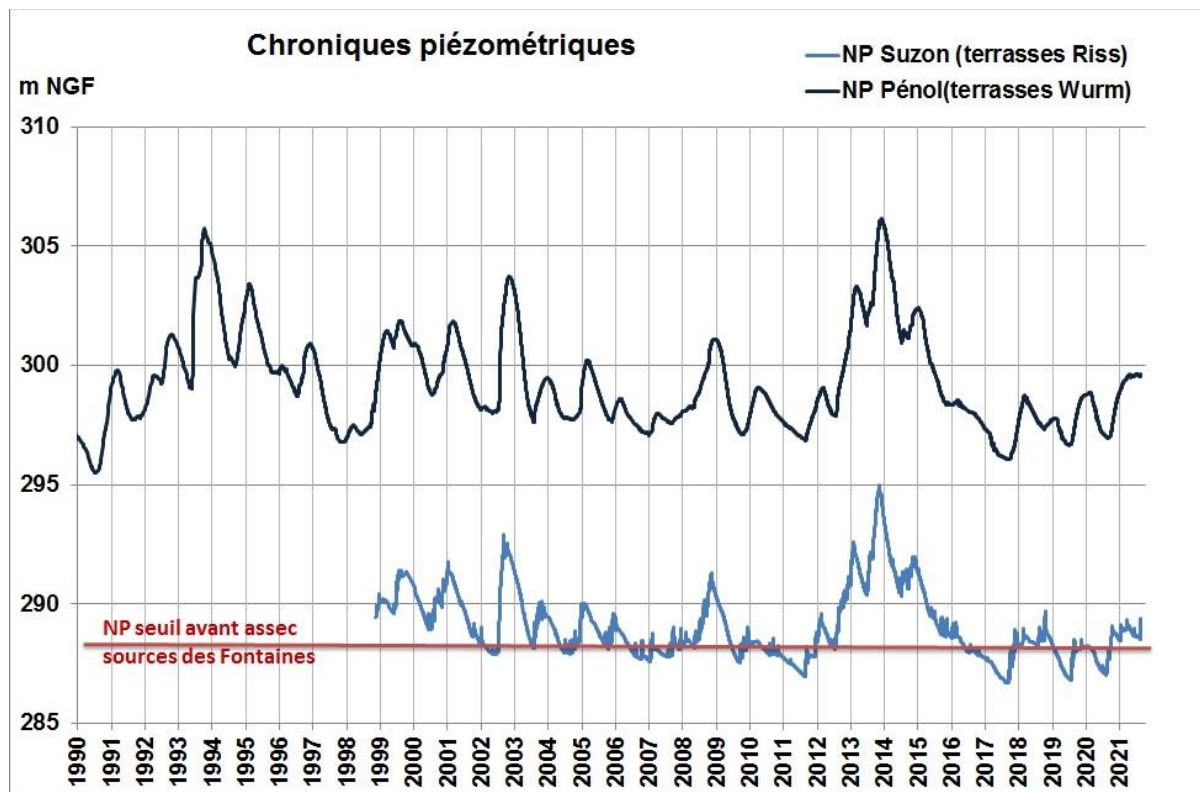
C'est une considération à prendre avec prudence pour les raisons suivantes :

- Elle est basée sur l'hypothèse que seule la nappe des alluvions du Riss contribue à l'alimentation de la zone de résurgence, ce qui reste à être étudié et à valider.
- De plus, les derniers assecs observés sur 2019 et 2020 sont plus rapides avec des baisses de nappe de l'ordre de 100 cm en 6 mois (soit environ 16 cm par mois). Avec de telles vitesses, les durées d'assec expliqués par les prélèvements de la pisciculture doivent être réduites de moitié.
- Pour finir, rappelons que la courbe observée est celle du piézomètre installé dans le val de Suzon à plusieurs centaines de mètres de la zone d'exutoire. Il est possible et probable que les dynamiques de baisse soient sensiblement différentes sur cette zone, ce qui rend les durées proposées très incertaines.

Quoi qu'il en soit, ce raisonnement tend à montrer que les prélèvements en nappe pour la pisciculture ont un impact sur la dynamique d'assec en augmentant sa durée mais que les baisses piézométriques sont telles que leur arrêt ne suffirait pas à faire disparaître ces assecs. Comme énoncé dans l'étude de définition des volumes prélevables, ces variations sont représentatives de phénomènes qui affectent la totalité de l'aquifère fluvio-glaciaire.

On dispose d'une chronique à Pénol qui est représentative de la nappe du Würm, bien qu'un peu lointaine par rapport à la zone de résurgence. En première approximation, on peut cependant observer qu'elle présente les mêmes variations que celle représentative de la nappe de la terrasse risienne.

Figure 4-13 : Comparaison entre le suivi sur le piézomètre de Val Suzon (terrasse du Riss) et celui du piézomètre de Pénol (dépôts récents du Würm).

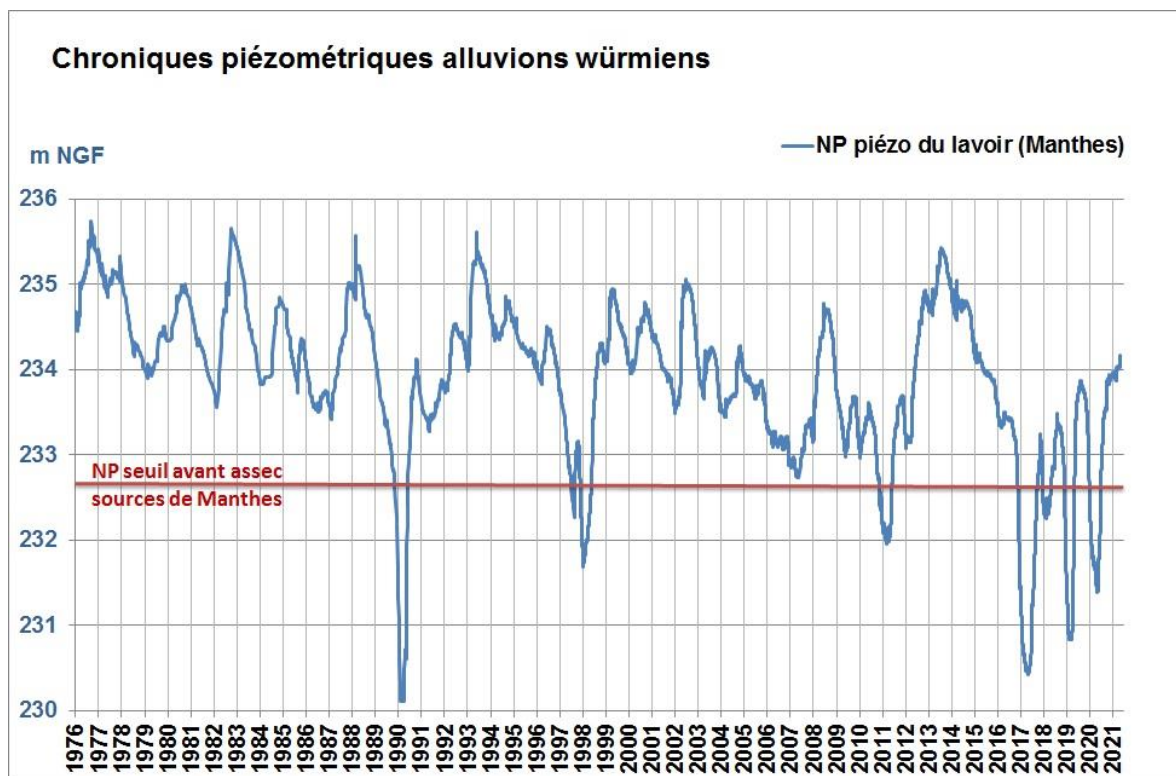


4.2.2 Sources de Manthes

Si on accepte l'hypothèse d'assec complet les années 1990, 1998 et 2011 (SOGREAH & ASCONIT) et avec un début d'assec en 2007, on peut alors proposer un niveau « seuil » pour le piézomètre de Manthes en amont de la pisciculture autour de 232,70 m NGF.

On peut de nouveau constater que les assecs durent plusieurs mois et qu'ils sont provoqués par des baisses de nappe pluri-métriques.

Figure 4-14 : Suivi sur le piézomètre du lavoir de Manthes en champ proche de la zone de résurgence

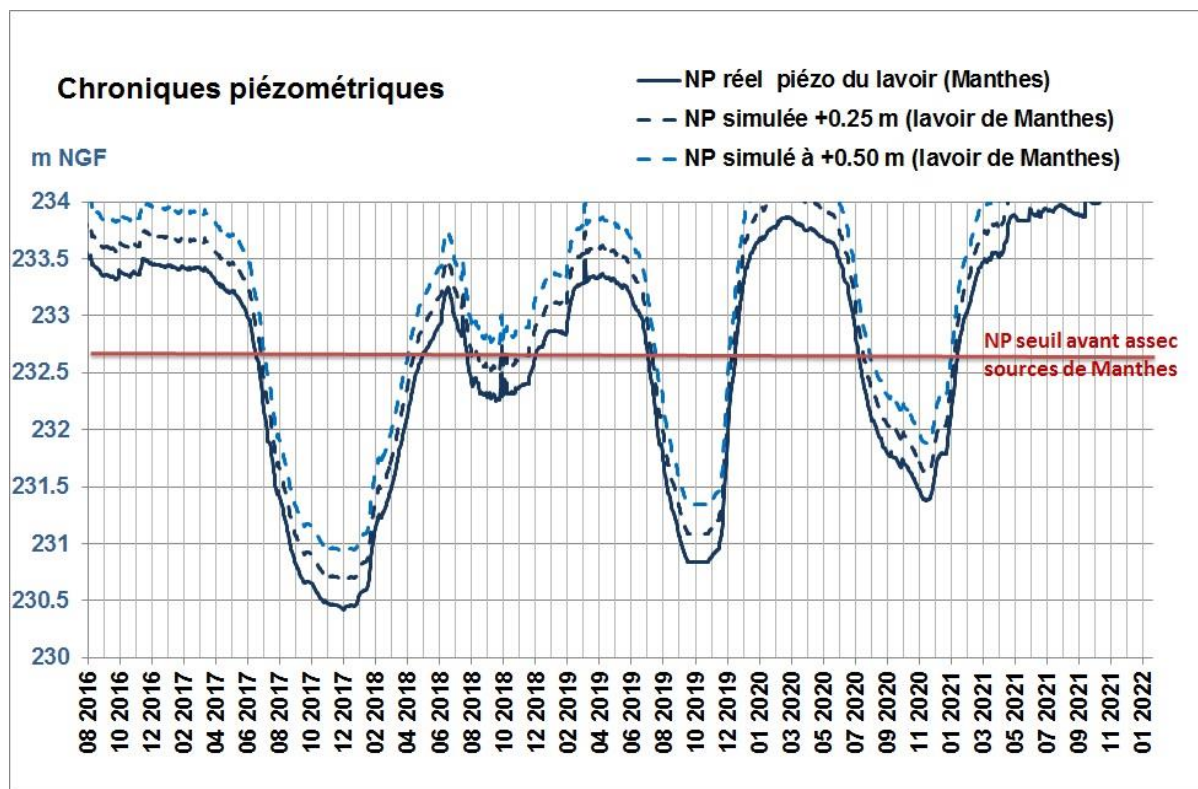


A titre d'exemple, l'assec de 1990 va durer près de 7 mois avec une diminution du niveau de nappe de près de 3 mètres ; l'assec le plus long concerne l'année 2017 (10 mois). La baisse moyenne observée est d'environ 50 cm par mois.

Cette observation appelle deux remarques :

- De telles dynamiques de baisse (plusieurs mètres en plusieurs mois, avec une accélération de la diminution des niveaux avec le temps) sont rares en nappe alluviale et difficiles à expliquer. À notre connaissance, ce phénomène reste inexpliqué. Il nous semble que la compréhension de ces dynamiques de baisse piézométrique est indispensable à toute tentative de modélisation de ces phénomènes.
- Si on accepte une influence en champ proche des prélèvements des piscicultures compris entre 25 et 50 cm de sur-rabatement, l'arrêt de ces pompages ferait gagner entre 15 et 30 jours avant la mise en assec et le même nombre de jour à la remise en eau de la zone d'émergence. La figure ci-dessous permet de visualiser cette influence en fonction des deux hypothèses d'impact (sur-rabatement de 25 ou de 50 cm).

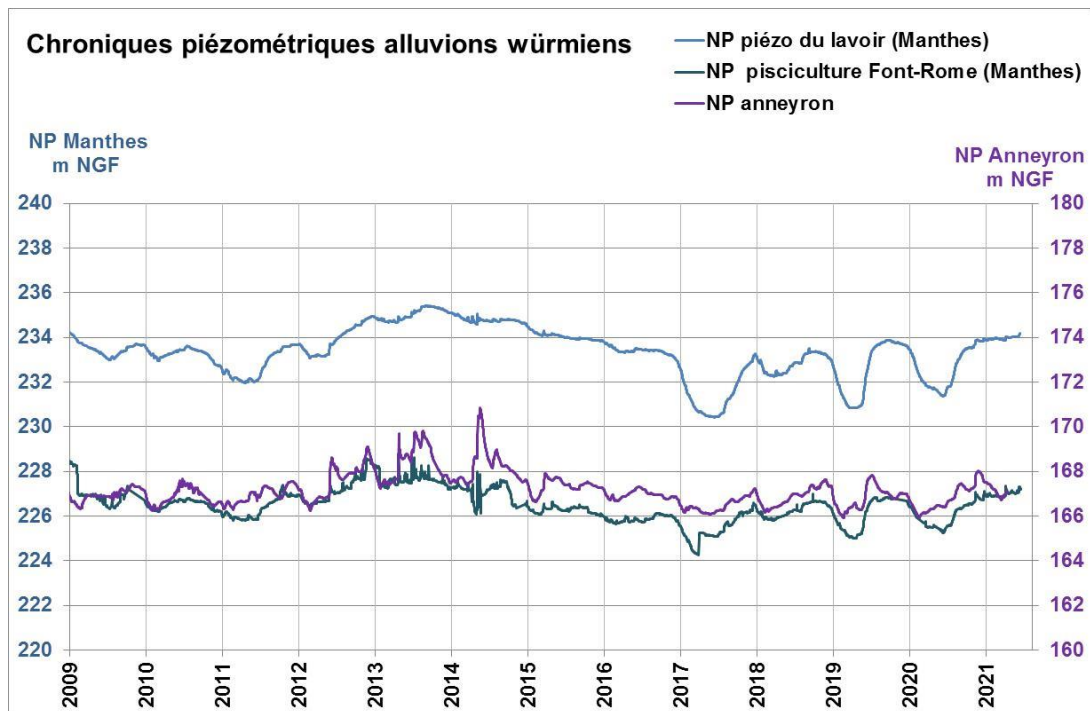
Figure 4-15 : Schéma explicatif de l'influence probable des prélèvements en pisciculture sur la dynamique de restitution des sources avec deux hypothèses de sur-rabattement.



De nouveau, soulignons que ce raisonnement tend à montrer que les prélèvements en nappe pour les piscicultures ont un impact sur la dynamique d'assec en augmentant sa durée mais que les baisses piézométriques sont telles que leur arrêt ne suffirait pas à faire disparaître ces assecs. Comme énoncé dans l'étude de définition des volumes prélevables, ces variations sont représentatives de phénomènes qui affectent la totalité de l'aquifère fluvio-glaciaire.

Notons que les chroniques piézométriques disponibles plus à l'aval montrent que ce type de phénomène affecte toute la nappe du Würm depuis Manthes jusqu'à Saint Rambert d'Albon.

Figure 4-16 : Comparaison entre le suivi sur le piézomètre du lavoir de Manthes et les suivis plus à l'aval en champ proche et lointain.



4.3 Premiers éléments d'orientation

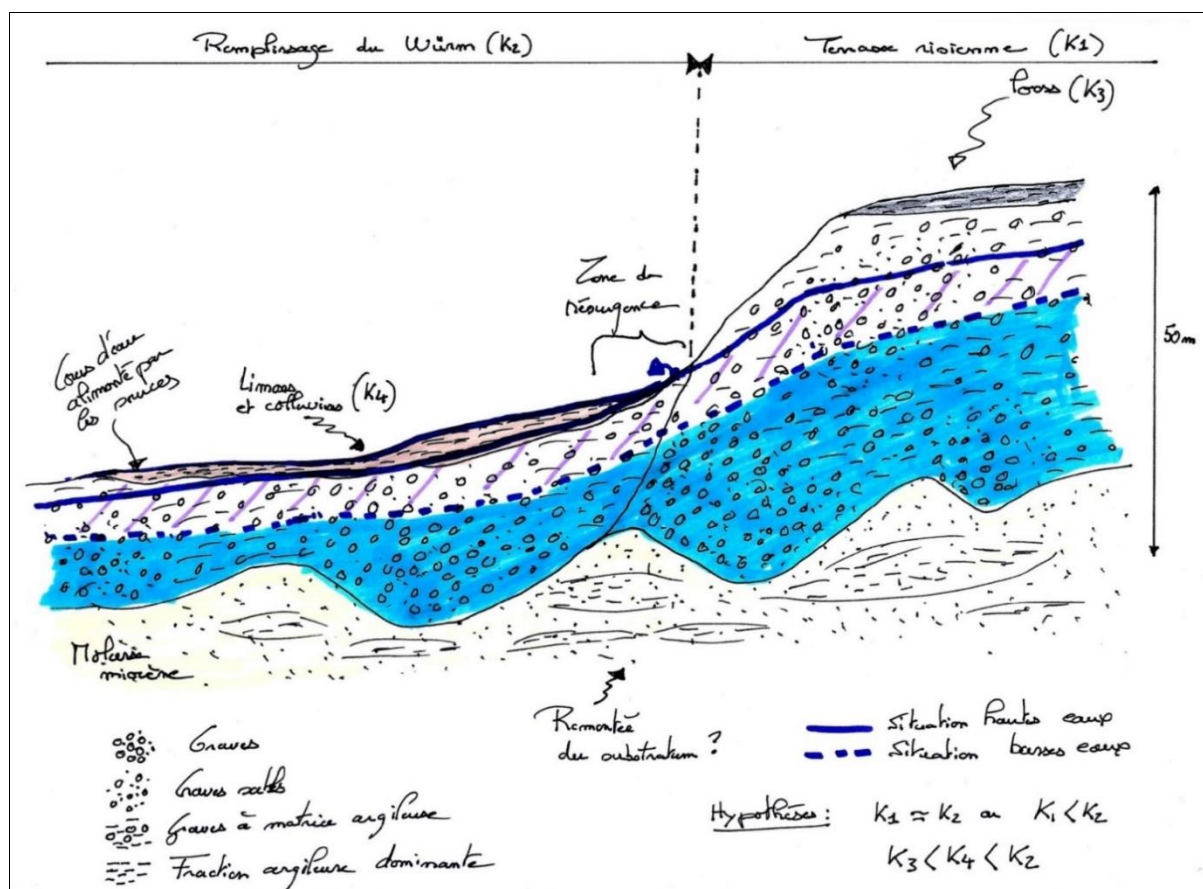
4.3.1 Proposition d'un modèle conceptuel de fonctionnement des zones de résurgence

À ce stade de l'étude, l'analyse de la littérature scientifique et technique permet de proposer les hypothèses suivantes :

- Les sources de Manthes comme celles des Fontaines de Beaufort fonctionneraient comme des sources de débordement. Elles sont en effet localisées à l'interface entre alluvions rissiennes qui forment un coteau surélevé et alluvions würmiennes en plaine, recouvertes par un manteau de sédiments limono-argileux, plus ou moins imperméables. En première approximation, c'est la présence de cette couverture peu perméable qui autorise la permanence des écoulements à l'aval des zones de résurgence.
- En première approche, il semblerait que les zones de résurgences soient principalement alimentées par des flux en provenance des aquifères correspondants aux terrasses rissiennes. Ce schéma est plus complexe avec un apport possible en provenance de la nappe des terrasses wurmiennes (hypothèse à valider) pour les Fontaines de Beaufort. La résurgence des eaux souterraines se fait soit de façon visibles (présence de sources), soit de façon masquée (drainance ascendante au travers de la couche limono-argileuse, là où elle est la plus fine et/ou la plus perméable).

Le schéma ci-dessous propose une illustration de ce mode de fonctionnement.

Figure 4-17 : Hypothèse de fonctionnement des zones de résurgence.



En particulier pour la Raille, il est possible et probable que ce cours d'eau draine la nappe sous-jacente en période de hautes eaux mais qu'elle l'alimente en période de basses eaux.

Ce modèle conceptuel souffre d'une interrogation fondamentale qui concerne l'explication de la position de ces sources.

On peut proposer plusieurs hypothèses mais, à ce stade de l'étude, on manque cruellement de données pour les confirmer ou les infirmer :

- Hypothèse de remontée du substratum qui pourrait conduire à réduire la section d'écoulement, provoquant ainsi de facto la résurgence des eaux souterraines.
- Hypothèse d'une convergence de flux sur une section réduite : la note du SRAE (1981) mentionne l'existence de deux paléochenaux qui « confluent » dans le secteur des sources de Beaufort (vallée fossile sous la haute terrasse de la plaine du Liers et vallée fossile sensiblement sous la basse terrasse entre Anneyron et St Barthelemy de Beaurepaire) ; il est également fait mention de deux vallées fossiles sous les terrasses de Marcollin de Lens Lestrang qui semblent confluer dans la région de Manthes. La carte du toit du substratum ne soutient pourtant pas cette hypothèse : les incertitudes de tracés sont cependant nombreuses.
- Pour les seules sources des Fontaines, réduction de largeur de l'aquifère wurmien de la basse terrasse. On peut constater en effet que le secteur des Fontaines est caractérisé par une réduction de cette largeur (de 2 200 m au niveau de Marcicolles à seulement 900 m au niveau des Fontaines). Notons que pour les sources de Manthes, c'est une disposition inverse que l'on observe avec une ouverture de la plaine alluviale récente.
- Pour les deux zones de résurgence, hypothèse d'un contraste de perméabilité entre alluvions rissiennes et alluvions wurmiennes. En effet, la disposition géomorphologique de ces systèmes fluvioglaciers « emboîtés » pourrait se traduire par la présence de paléochenaux de grande perméabilité dans les alluvions rissiennes qui se trouvent « empêchés », barrés, au contact avec des alluvions wurmiennes en position latérale dans le dépôt alluvial le plus récent et donc comparativement peu perméable.

L'analyse des données piézométriques sur deux ouvrages choisis comme point de référence (piézomètre du Val Suzon pour les sources de Beaurepaire et piézomètre du Lavoir pour les sources de Manthes) permettent de proposer des côtes seuils de début d'étiage dans les zones de résurgence. Sur les deux sites, on peut observer que les baisses de nappe sont importantes (> 50 cm) et longues (plusieurs mois). Ces côtes seuils devront être vérifiées lors du suivi mis en place en 2022

L'analyse des données piézométriques permet de proposer que les prélèvements en nappe pour les piscicultures ont certes un impact sur les dynamiques d'assec en augmentant leur durée mais que les baisses piézométriques sont telles que leur arrêt ne suffirait pas à faire disparaître ces assecs.

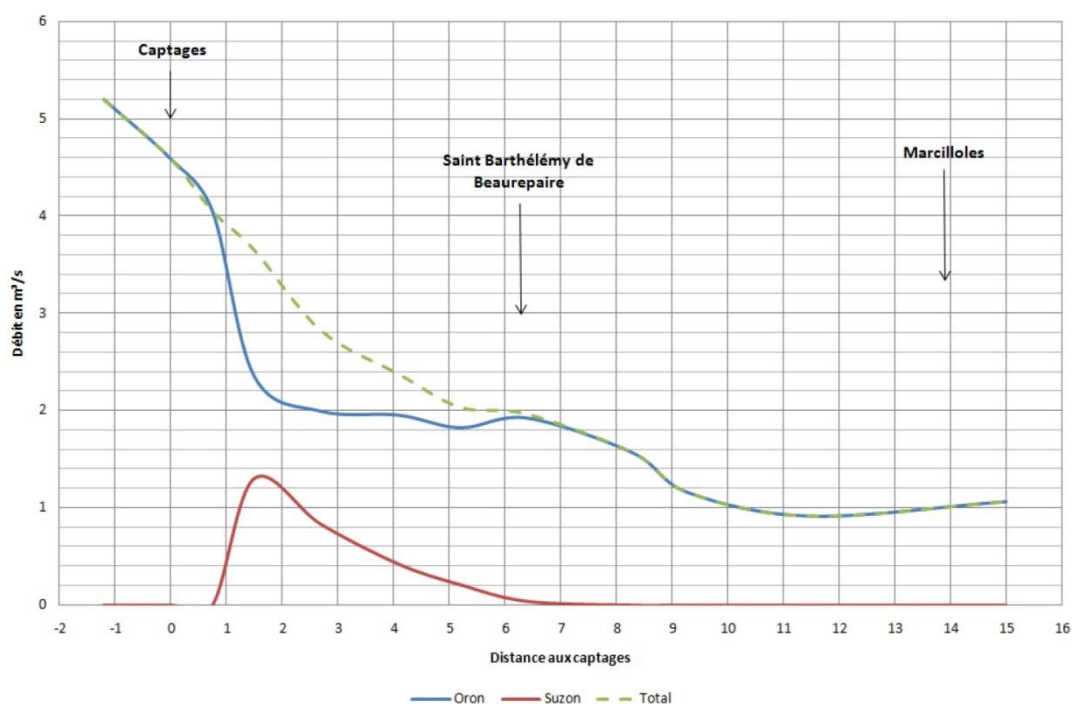
Notons que de telles dynamiques de baisse (plusieurs mètres en plusieurs mois, avec une accélération de la diminution des niveaux avec le temps) sont rares en nappe alluviale et difficiles à expliquer. À notre connaissance, ce phénomène reste inexpliqué. Il nous semble que la compréhension de ces dynamiques de baisse piézométrique est indispensable à toute tentative de modélisation de ces phénomènes.

4.3.2 Autres informations

De plus, cette synthèse bibliographique apporte des éléments complémentaires, utiles au schéma hydrogéologique global :

- Les cours d'eau latéraux « nourris » par les sources du Miocène se perdent quand ils rejoignent la terrasse rissienne. Cela pourrait représenter une alimentation non négligeable pour cette nappe. Cette hypothèse sera étudiée par des mesures de débits appropriées dans les campagnes présentées ci-après.
- Plusieurs documents font apparaître une possible zone avec une alimentation importante de l'Oron à l'aval immédiat de Beaurepaire. L'étude Idées Eaux de 2014 apporte à ce sujet des données très intéressantes ; les mesures de débit sur l'Oron en octobre 2013 montre un gain sur cette zone de plus de 2 m³/s (cf. graphique ci-dessous qui représentent les débits des cours d'eau à cette période de l'aval vers l'amont). C'est une hypothèse à valider (tous les biefs n'avaient pas été mesurés durant cette campagne).

Figure 4-18 : Identification des apports en eau souterraine à l'Oron (Idées Eaux, 2014).



5 Investigations complémentaires réalisées en 2022

Afin d'affiner notre compréhension du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des sources, deux campagnes de terrain ont été réalisées.

Deux moments hydrologiques distincts, une période de hautes eaux et une période de basses eaux dans la nappe, ont été visés pour la réalisation de ces campagnes. Pour cette raison, les campagnes ont été réalisées :

- Du 28 au 31 mars 2022 pour la campagne de hautes eaux.
- Du 19 au 23 septembre pour la campagne de basses eaux.

Chaque campagne a fait l'objet de mesures de débit et de mesures de hauteur d'eau de la nappe. Lorsque cela été possible, des mesures de pH, conductivité et température de l'eau ont également été réalisées.

Nous présentons dans la section 5.1 les sites retenus pour la réalisation des mesures de débit et de hauteur d'eau de la nappe. La section 5.2 présente les résultats des campagnes de mesure.

5.1 Protocole

5.1.1 Sources de Manthes

◆ Mesures de débit

Le protocole comprend la réalisation de 22 jaugeages réparties entre :

- L'exutoire des sources de Manthes (départ de la Grande Veuze et de la Petite Veuze) ;
- L'exutoire du réseau hydrographique alimenté par la Grande Veuze et la Petite Veuze ;
- Les affluents situés au sud.

Le tableau suivant liste les sites de mesures du débit. La figure suivante présente leur localisation.

Ces jaugeages ont pour objectif de vérifier et qualifier les échanges entre le réseau hydrographique en sortie des sources et la nappe.

Les mesures proposées sont les suivantes :

- Mesures du débit sur le Dolure, le Régrimet, le Frémuzet, le torrent de Combet, un affluent et le ruisseau de Vauverrière (jaugeages M1 à M11, M21 et M22). Ces mesures de débit visent à suivre l'évolution du débit le long des ruisseaux provenant de la terrasse du Riss et à valider l'hypothèse de pertes au profit de la nappe rissienne. Aux abords du réseau hydrographique de la grande et de la petite Veuze, les mesures de débit permettront de quantifier le débit entrant.
- Mesures de débit en sortie des sources de Manthes / départ de la petite et de la grande Veuze (M12 et M13). Ces mesures visent à quantifier le débit sortant du grand et du petit bassin des sources de Manthes ;
- Mesures de débit au passage de la voie ferrée (M14 à M20) ; Ces mesures visent à quantifier l'ensemble des débits sortants du réseau hydrographique. Elles ont aussi pour objectif de déterminer le débit des résurgences sur la zone dite des Fontaines.

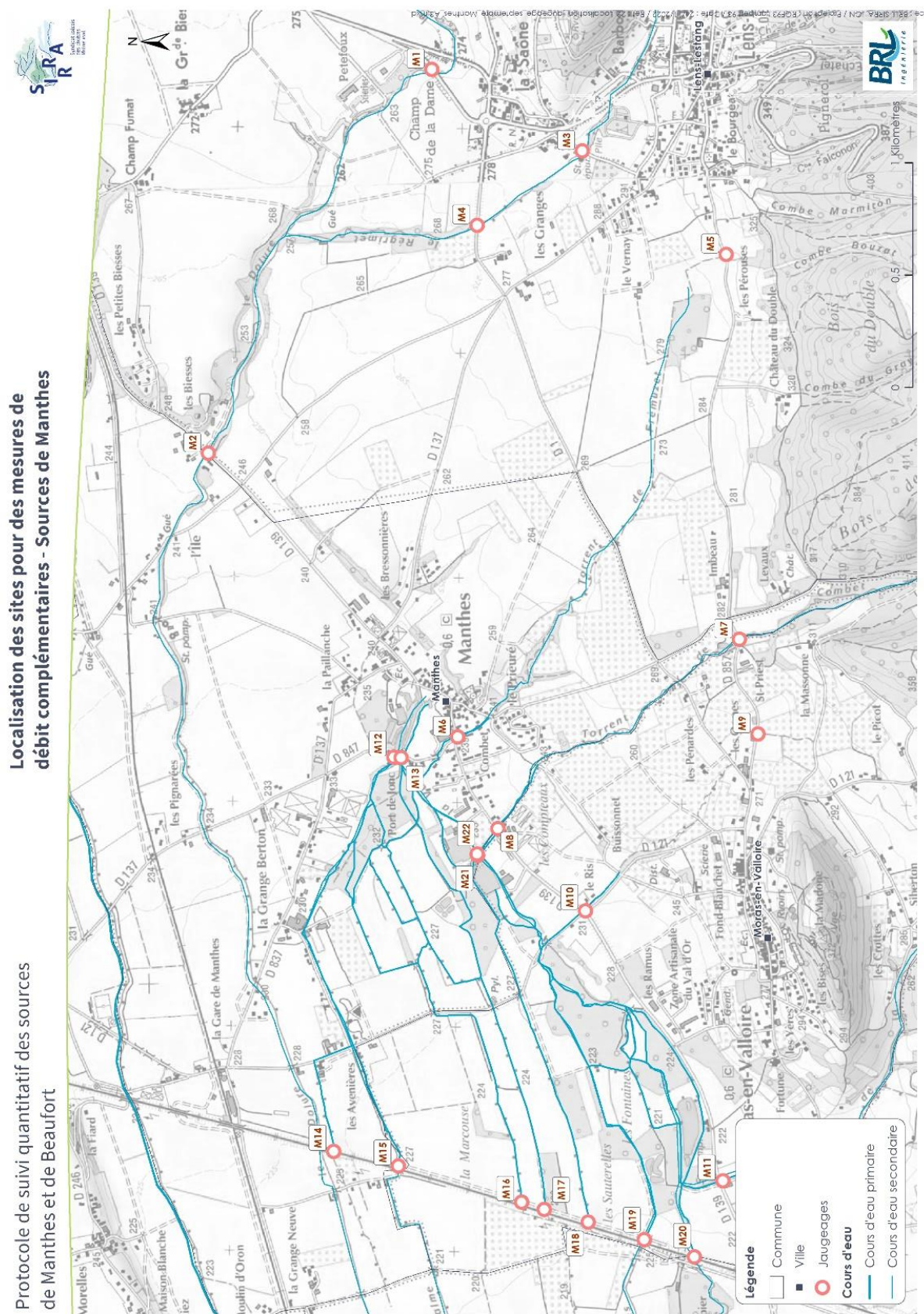
En complément, les débits pompés par les piscicultures Faure et Font Rome ont été collectés auprès des pisciculteurs.

Comme indiqué précédemment, l'eau du petit bassin des sources de Manthes alimente la Petite Veuze ainsi qu'un prélèvement. Ce dernier est suivi par l'échelle S1 (voir section 3.1.1). La présence d'une grille devant le canal de prélèvement ne permet pas d'effectuer une mesure du débit prélevé. De plus, le canal est souterrain puis passe sur une propriété privée ; le débit prélevé n'est donc pas mesurable. Enfin, d'après la Communauté de Communes Porte de Drom'Ardèche, il n'existe pas de courbe de tarage mettant en relation la hauteur d'eau mesurée au niveau de l'échelle S1 et le débit prélevé. Notons que la mise en œuvre d'un système de suivi du débit prélevé sera à considérer dans le cadre de la phase 2 de l'étude.

Tableau 5-1 : Liste des sites de mesures du débit pour les sources de Manthes

Site	X_L93	Y_L93
Dolure amont - M1	860111	6469111
Dolure aval - M2	858404	6470105
Regrimet amont - M3	859749	6468441
Regrimet median - M4	859418	6468909
Fremuzet amont - M5	859288	6467800
Fremuzet aval - M6	857142	6468995
Combet amont - M7	857576	6467741
Combet median - M8	856733	6468817
Ruisseau amont - M9	857155	6467659
Ruisseau aval - M10	856368	6468426
Vauveriere - M11	855166	6467815
Petite Veuze - M12	857052	6469280
Grande Veuze - M13	857049	6469247
Exutoire 1 - M14	855297	6469547
Exutoire 2 - M15	855232	6469259
Exutoire 3 - M16	855072	6468711
Exutoire 4 - M17	855039	6468610
Combet exutoire - M18	854983	6468414
Exutoire 5 - M19	854905	6468165
Exutoire 6 - M20	854828	6467942
Jaugeage exutoire Font Rome - M21	856615	6468906
Grande Veuze - M22	856621	6468909

Figure 5-1 : Localisation des sites pour la réalisation de mesures de débit complémentaires – Sources de Manthes



◆ Suivi piézométrique

L'objectif est d'acquérir des mesures piézométriques pour les deux systèmes aquifères (Riss et Wurm), avec des données de suivi en champ proche (variations de nappe influencées par les prélèvements en pisciculture mais représentative des dynamiques au droit de la zone de résurgence) et en champ lointain (variations de nappe non influencées par les prélèvements en pisciculture).

Le tableau suivant liste les piézomètres qui ont été mesurés. Leur localisation est présentée sur la figure ci-après.

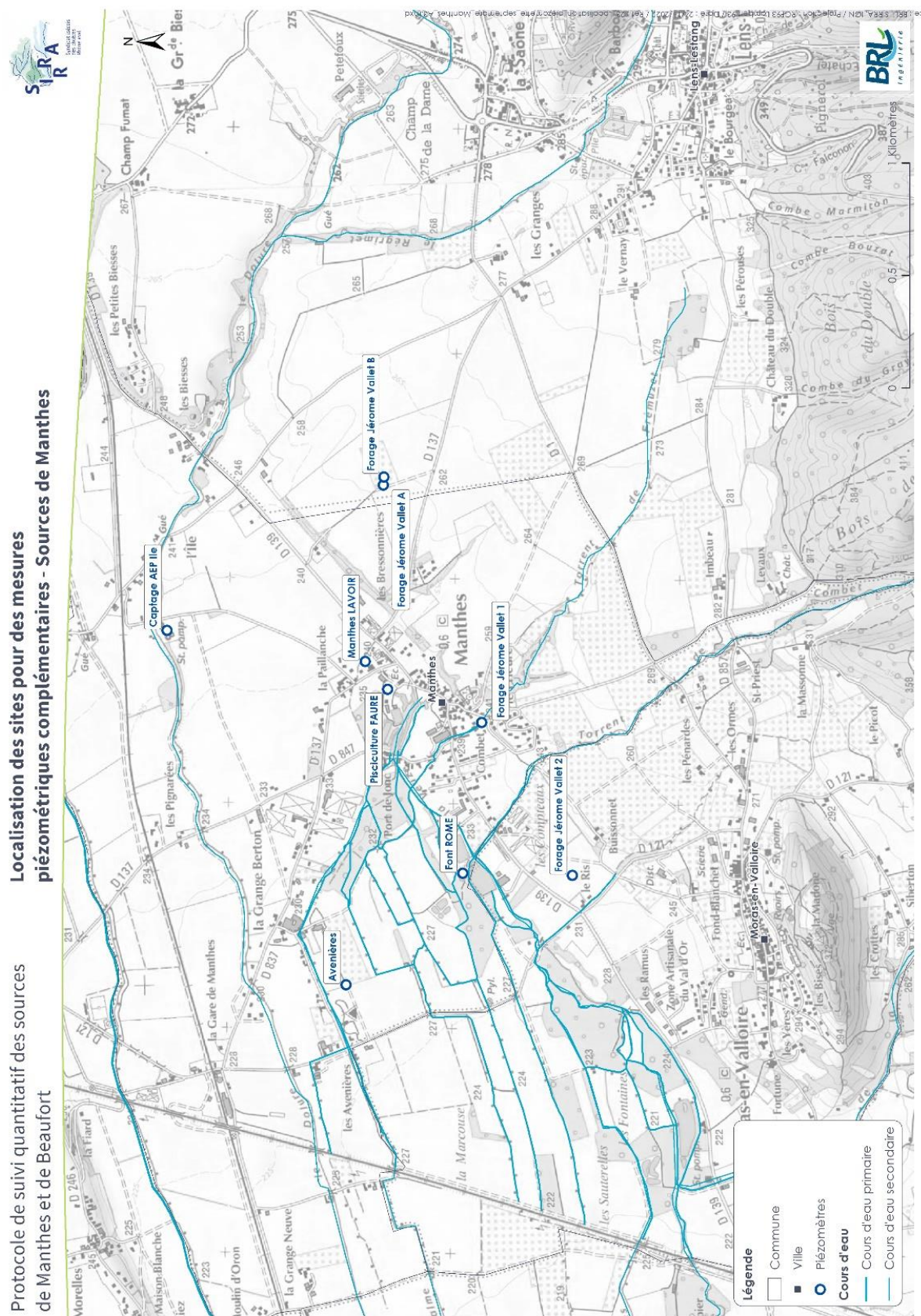
Tableau 5-2 : Piézomètres, puits et forages retenus pour la mesure de la hauteur de la nappe au niveau des sources de Manthes

Site	X_L93	Y_L93
Captage AEP Ile	857586	6470271
Manthes LAVOIR	857481	6469389
Pisciculture FAURE	857358	6469289
Forage Jérôme Vallet 1	857210	6468872
Forage Jérôme Vallet 2	856531	6468469
Forage Jérôme Vallet A*	858264	6469308
Forage Jérôme Vallet B*	858301	6469306
Font ROME	856540	6468956
Avenièrès	856045	6469474

* Les forages Jérôme Vallet A et B ont été créés entre la première et la seconde campagne. La hauteur d'eau de la nappe au droit de ces forages a donc été mesurée uniquement durant la seconde campagne.

En complément, les données des suivis piézométriques sous ADES ont été extraites pour les deux campagnes.

Figure 5-2 : Localisation des piézomètres, puits et forages retenus pour la réalisation de mesures piézométriques complémentaires – Sources de Manthes



5.1.2 Source de Beaufort

◆ Mesure de débit

Le débit a été mesuré au niveau de 16 sites du réseau hydrographique des sources de Beaufort.

Les jaugeages proposés sont répartis comme suit :

- 4 jaugeages (B1 à B4) ont été réalisés sur la Raille. Ces jaugeages permettent de suivre l'évolution du débit de la Raille depuis l'amont de l'ENS Beaufort jusqu'à sa confluence et ainsi d'identifier d'éventuels échanges avec la nappe (pertes et/ou alimentation). Notons qu'entre les sites B3 et B4, la Raille perçoit de l'eau sortant de la pisciculture ;
- 3 jaugeages (B7, B8 et B9) servent à mesurer l'apport des sources ;
- 2 jaugeages (B10 et B11) permettent de déterminer les apports provenant de la nappe du Würm et à qualifier l'évolution de ces apports le long du canal principal ; en effet, ils correspondent à des canaux de drainage en plaine et les mesures de conductivité de la DREAL en 2013 supportaient cette hypothèse de résurgence de la nappe du Würm dans ce secteur.
- Les jaugeages B14, « sources amont lavoir » et B15 permettent de déterminer le débit provenant de la source du Lavoir et alimentant la pisciculture ;
- 1 jaugeage (B5) sur le ruisseau Saint-Barthélémy permet de qualifier les échanges entre le ruisseau et la nappe entre la sortie de la pisciculture (B6) et la confluence avec la Raille ;
- 2 jaugeages (B12 et B13) seront réalisés sur le Suzon ;
Ces deux jaugeages visent à suivre l'évolution du débit dans ce ruisseau et les éventuels échanges avec la nappe des coteaux de Pajay.

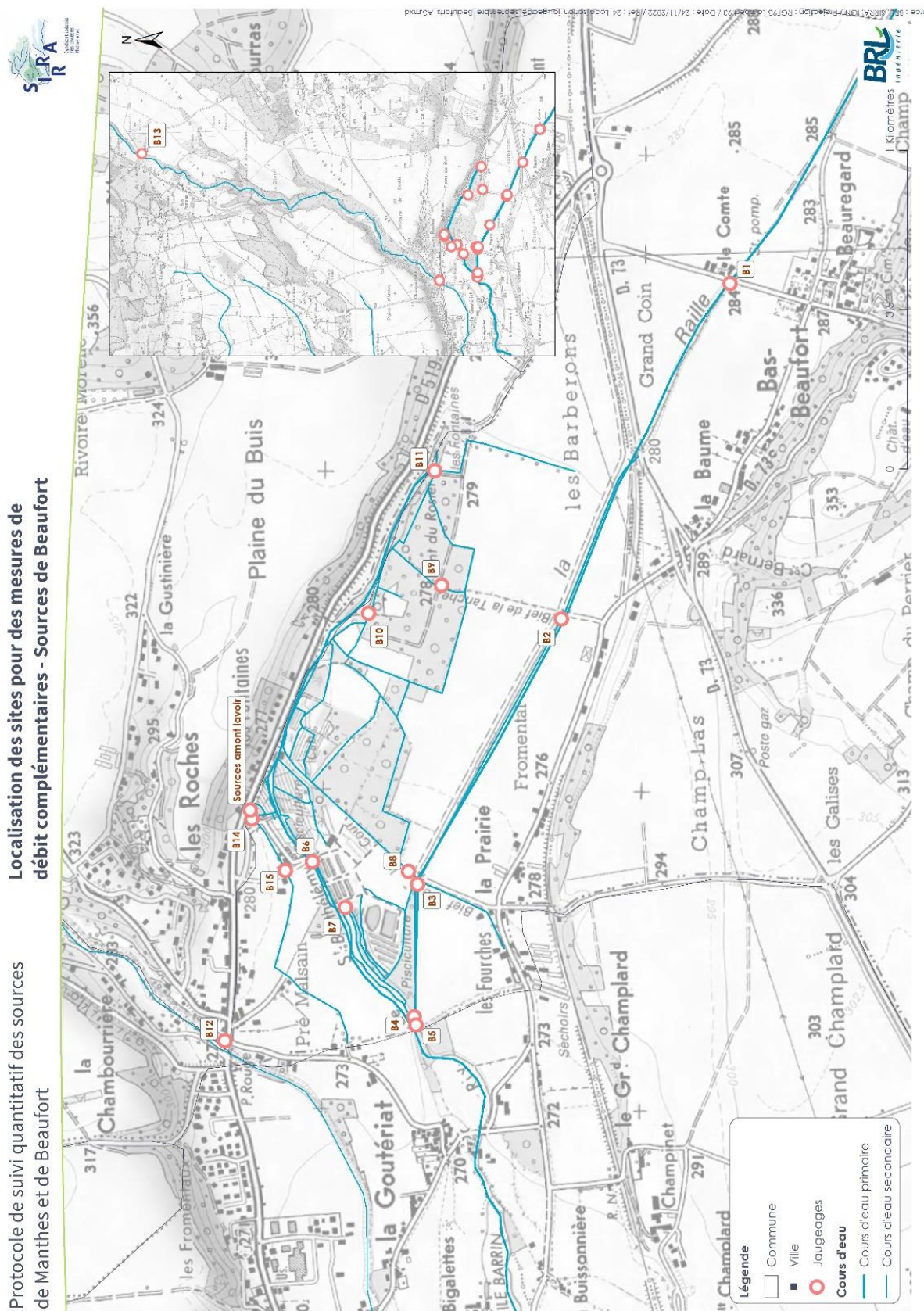
Le tableau suivant liste les sites de mesure. La figure suivante présente leur localisation.

Tableau 5-3 : Liste des sites de mesure du débit au niveau des sources de beaufort

Site	X_L93	Y_L93
Raille amont ENS - B1	866464	6472660
Raille median ENS et forage - B2	865411	6473189
Raille amont exutoire pisciculture - B3	864579	6473640
Raille aval exutoire pisciculture - B4	864163	6473651
Saint Barthelemy amont raille - B5	864138	6473645
Exutoire pisciculture Saint Barthelemy - B6	864650	6473970
Exutoire pisciculture - B7	864506	6473867
Aval canal de la Cour - B8	864620	6473669
Bief de la Tanche - B9	865517	6473565
Bief principal aval zone de résurgence amont - B10	865429	6473794
Bief principal amont résurgence amont - B11	865876	6473586
Suzon aval - B12	864088	6474245
Suzon amont - B13	866080	6478912
Lavoir amont pisciculture - B14	864784	6474160
Sources amont lavoir	864812	6474165
Lavoir aval pisciculture - B15	864622	6474055

Localisation des sites pour des mesures de débit complémentaires - Sources de Beaufort

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort



◆ Suivi piézométrique

L'objectif est d'acquérir des mesures piézométriques pour les deux systèmes aquifères (Riss et Wurm), avec des données de suivi en champ proche (variations de nappe influencées par les prélèvements en pisciculture mais représentative des dynamiques au droit de la zone de résurgence) et en champ lointain (variations de nappe non influencées par les prélèvements en pisciculture).

Le tableau suivant liste les piézomètres, puits et forages qui ont été mesurés. Leur localisation est présentée sur la figure ci-après :

Tableau 5-4 : Piézomètres, puits et forages suivis pour les sources de Beaufort

Site	X_L93	Y_L93
AEP bas Beaufort	866523	6472600
Matthieu POINT	866522	6472599
Puits M et Mme GOY	866522	6472599
STEP Pajay	865314	6475508
Combe MARTIN	865035	6474440
Piézo mètre parcelle Vaudaine (PZ1)	864722	6473765
Piézo mètre cressonnières (PZ2)	865169	6473973
Piézo mètre chemin d'exploitation (PZ3)	865310	6473635
Puit Vaudaine (Puits 3)	864375	6473276
Puits Levet	865299	6473998
Raille médian - Damien MARION	865304	6473273
Val Suzon	865334	6476405
Penol	871438	6476339
Pépinère Damien Vivier - Coteaux	866841	6473382
Pépinère Damien Vivier - Centre	866914	6473239

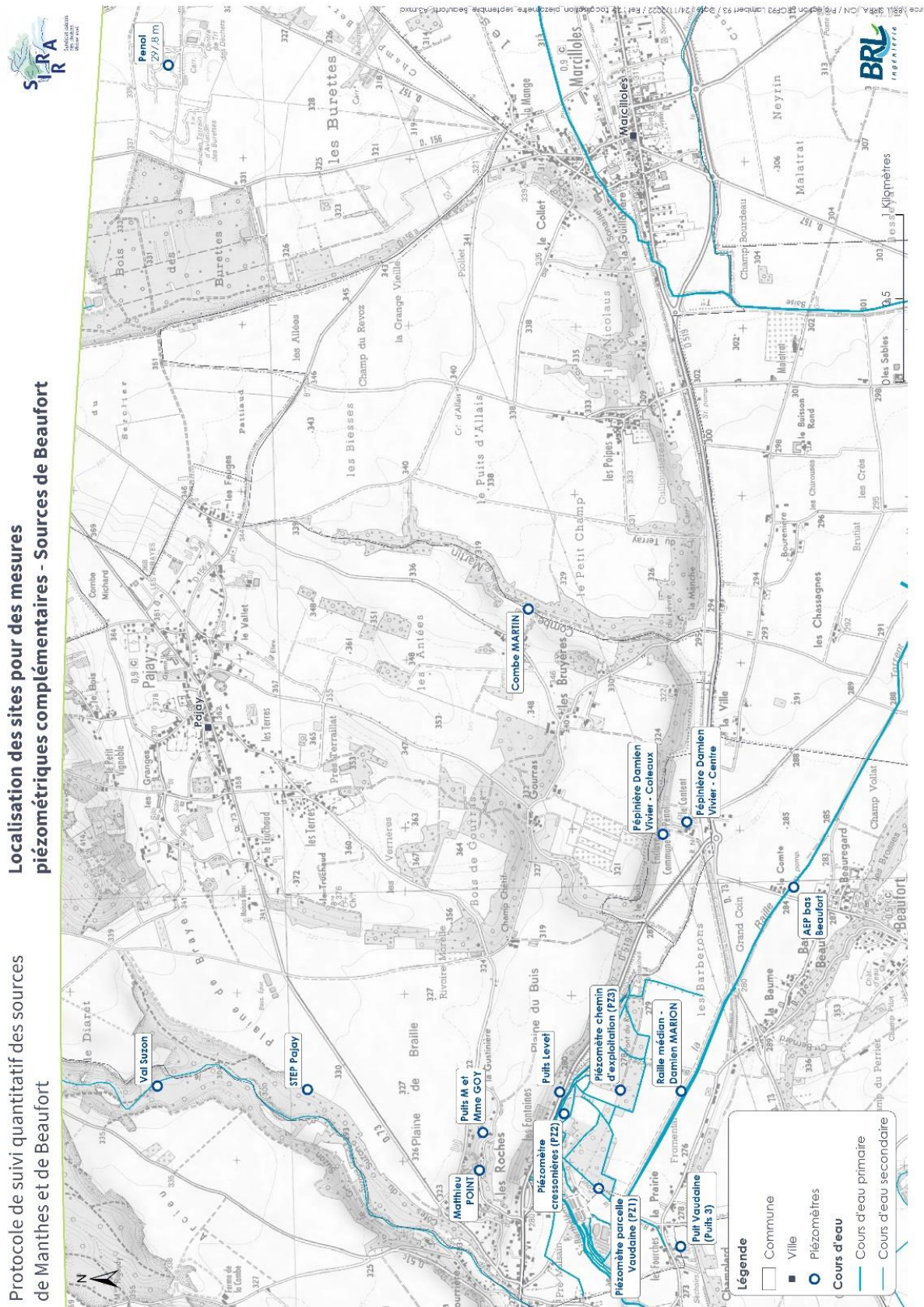
En complément, les données des suivis piézométriques sous ADES ont été extraites pour les deux campagnes

◆ Mesure de conductivité de la Raille

En complément des mesures de débits et de hauteur du toit de la nappe, des mesures de conductivité, température et pH ont été réalisées le long de la Raille.

Localisation des sites pour des mesures piézométriques complémentaires - Sources de Beaufort

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort



5.1.3 Nivellement des puits, piézomètres et forages

Afin de pouvoir analyser le niveau de la nappe entre les différents puits et piézomètres retenus dans le protocole, il a été nécessaire de ramener les profondeurs de nappe mesurées en mNGF, donc de niveler les ouvrages.

Pour cela, le Maître d'Ouvrage a fait intervenir un géomètre expert. Les ouvrages suivants ont été nivelés. Les ouvrages non cités dans le tableau suivant étaient déjà nivelés.

Tableau 5 : Ouvrages nivelés dans le cadre de l'étude

Source	Ouvrages nivelés
Sources de Manthes	Captage AEP Ile
	Forage des Avenières
	Forage Jérôme Vallet 1
	Forage Jérôme Vallet 2
	Forage Jérôme Vallet A*
	Forage Jérôme Vallet B*
	Avenières
Sources de Beaufort	Matthieu POINT
	Pépinière Damien Vivier - Coteaux
	Pépinière Damien Vivier - Centre
	AEP bas Beaufort
	STEP Pajay
	Raille médian - Damien MARION
	Puits M et Mme GOY
	Combe MARTIN

5.2 Résultats

Les sections suivantes présentent les résultats des campagnes de mesure, à savoir : débits mesurés, hauteurs de nappe mesurées, pH, conductivité et température.

Notons que le pH, la conductivité et la température n'ont pu être mesurés pour de nombreux piézomètres et puits. Ceci s'explique par la profondeur importante du toit de la nappe.

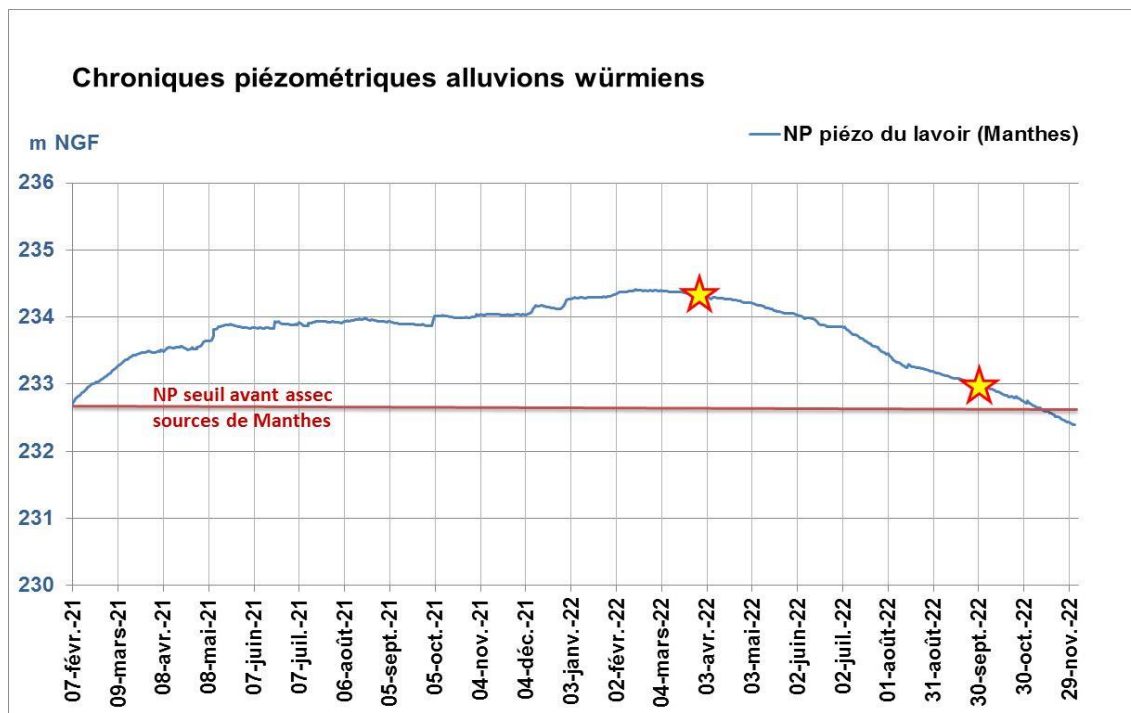
En ce qui concerne les mesures de débit, nous indiquons ci-après l'incertitude associée. Pour les mesures au courantomètre, deux valeurs sont indiquées. Ces valeurs d'incertitudes sont calculées avec les méthodes ISO 748 et Q+. Pour les mesures effectuées avec l'ADCP (Acoustic Doppler Current Profile, Profileur Acoustique à effet Doppler), une seule valeur d'incertitude est calculée par application de la méthode d'évaluation de l'incertitude par l'analyse statistique de séries d'observations. La section □ du présent compte-rendu fournit des détails sur ces méthodes.

Pour plus d'information sur la réalisation et les observations de ces campagnes faites durant celles-ci, les comptes rendus sont présentés en annexe 3 de ce rapport.

Rappelons que les campagnes de mesures ont été réalisées le 30 mars et le 20 septembre 2022.

Les courbes ci-dessous permettent de localiser l'état des nappes durant ces campagnes de mesure.

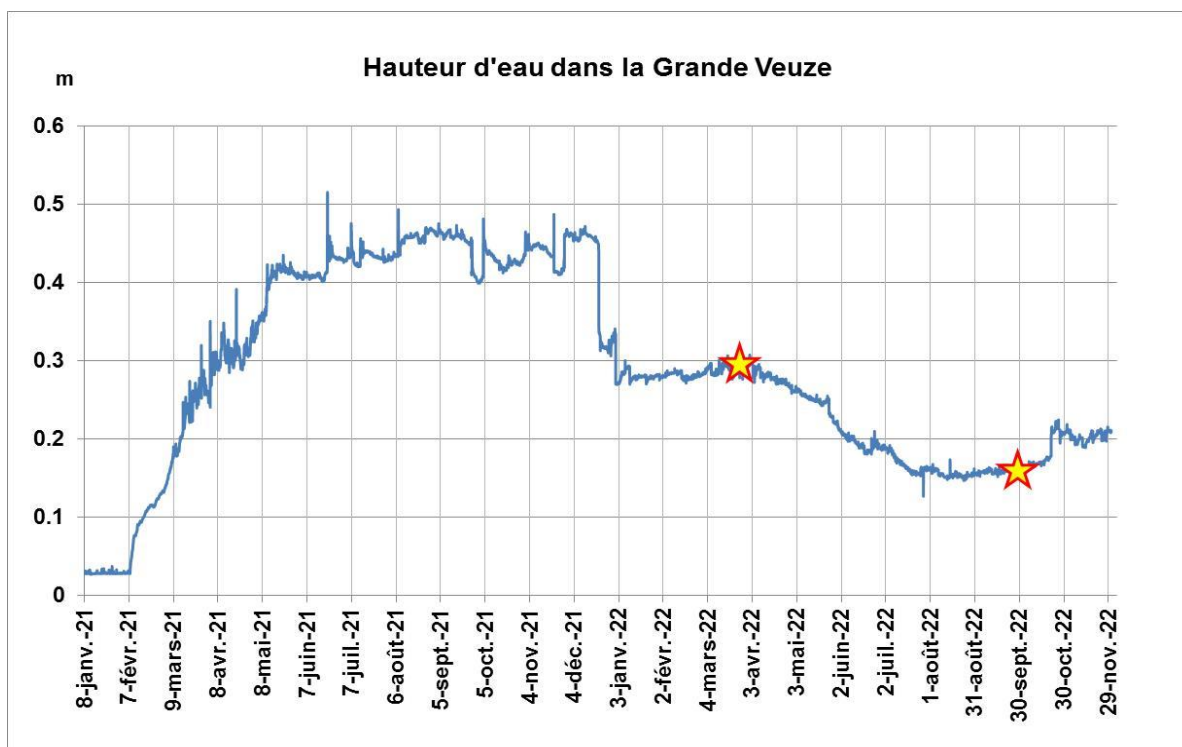
Figure 5-5 : Suivi piézométrique sur le piézomètre du lavoir à Manthes en 2021/2022.



On peut constater que la campagne de fin mars correspond bien à une période de hautes eaux et que la campagne de fin septembre correspond quant à elle à une période de basses eaux qui précède de quelques semaines une période d'assecs sur les sources.

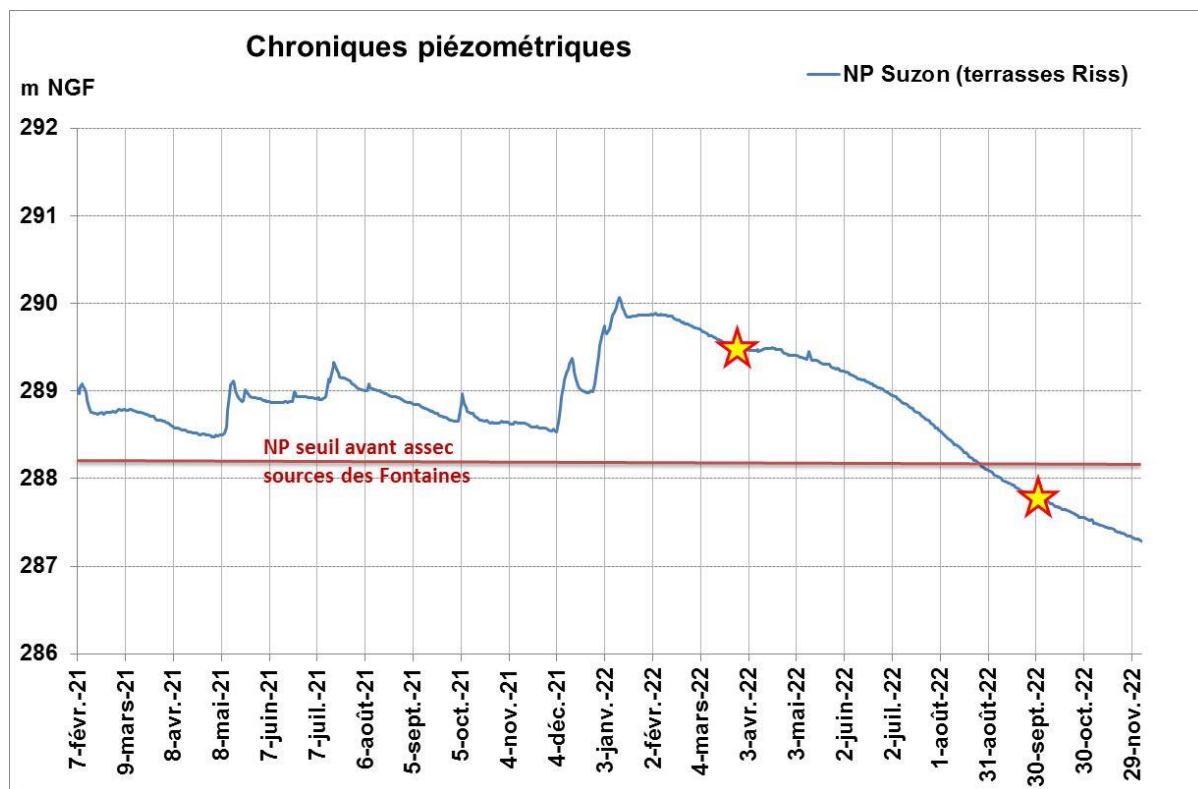
Les données du suivi hydrométrique sur la Grande et la Petite Veuze confirment bien que l'assec n'était pas encore commencé au 30 septembre 2022.

Figure 5-6 : Suivi du niveau d'eau dans la Grande Veuze.



Ce suivi est très intéressant ; il montre un « résidu » d'eau au droit du point de mesure de quelques centimètres en janvier 2021 (période d'assec des sources de Manthes). Le niveau d'eau augmente à partir du 7 février, date à laquelle le niveau piézométrique au droit du piézomètre de référence surpasse la cote 232,75 M NGF. Cela valide la cote de sous-passement représentative des assecs telle qu'elle avait été proposée à partir des analyses piézométriques historiques.

Figure 5-7 : Suivi piézométrique sur le piézomètre du Val Suzon en 2021/2022.



En ce qui concerne les prélèvements, on peut faire les observations suivantes.

Pour la campagne de mars 2022 :

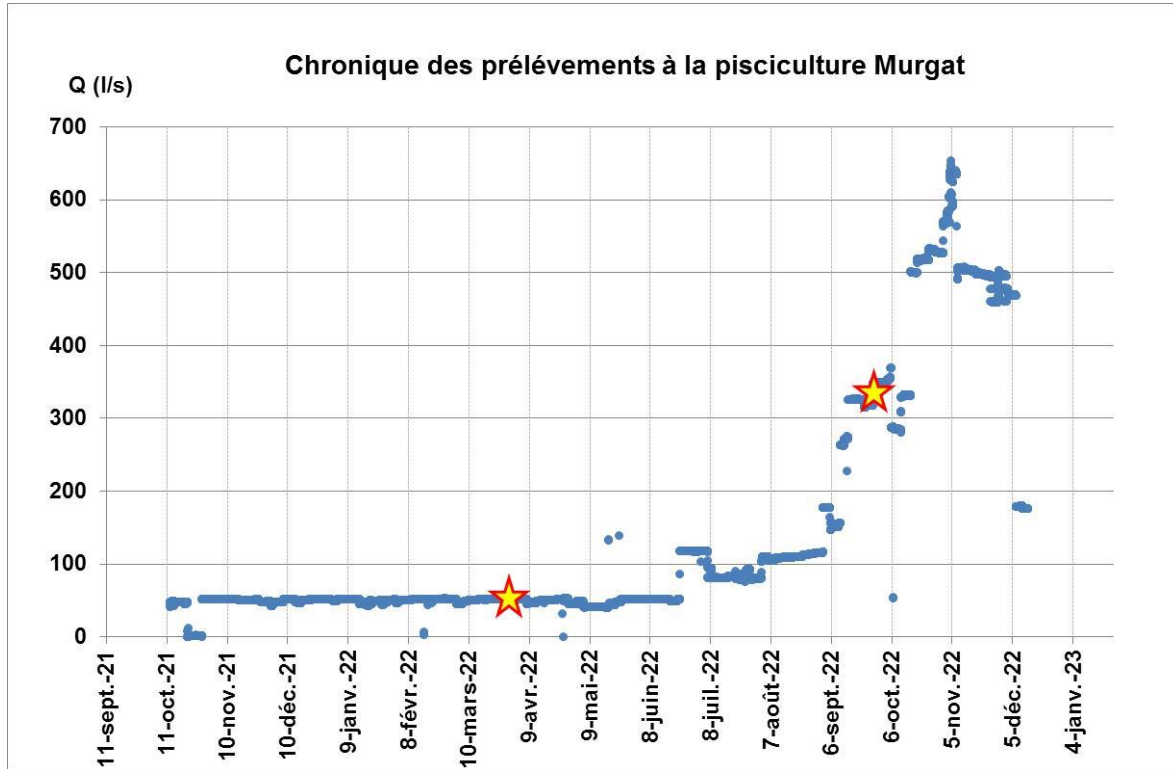
- Dans l'environnement des sources de Manthes, seule la pisciculture Font Rome prélève des débits significatifs dans les eaux souterraines : environ 460 l/s en moyenne pour les mois de mars et avril 2022. La pisciculture Faure fait fonctionner un prélèvement permanent pour l'alevinage (données non communiquées pour le mois de mars 2022).
- Dans l'environnement des sources de Beaufort, la pisciculture Murgat fait fonctionner un prélèvement permanent d'environ 50 l/s pour l'alevinage.

Pour la campagne de septembre 2022 :

- Dans l'environnement des sources de Manthes, la pisciculture Font Rome continue à prélever dans les mêmes ordres de grandeur : environ 420 l/s en moyenne à la fin septembre 2022. La pisciculture Faure prélève à hauteur de 165 l/s.
- En ce qui concerne la pisciculture Murgat, les prélèvements autre que la pompe d'alevinage commence début juillet et deviennent importants début septembre ; ils sont de l'ordre de 300 l/s fin septembre.

Notons que la cote de référence pour les assecs aux sources de Beaufort à 288,20 m NGF semble validée a posteriori par cette chronique de prélèvement ; en effet, cette cote est sous-passée fin août/début septembre 2022 sur le piézomètre de Val Suzon et cette période correspond au début de l'augmentation des pompages de la pisciculture Murgat.

Figure 5-8 ; Chronique de prélèvement de la pisciculture Murgat en 2022.



5.2.1 Sources de Manthes

◆ Mesures de débit

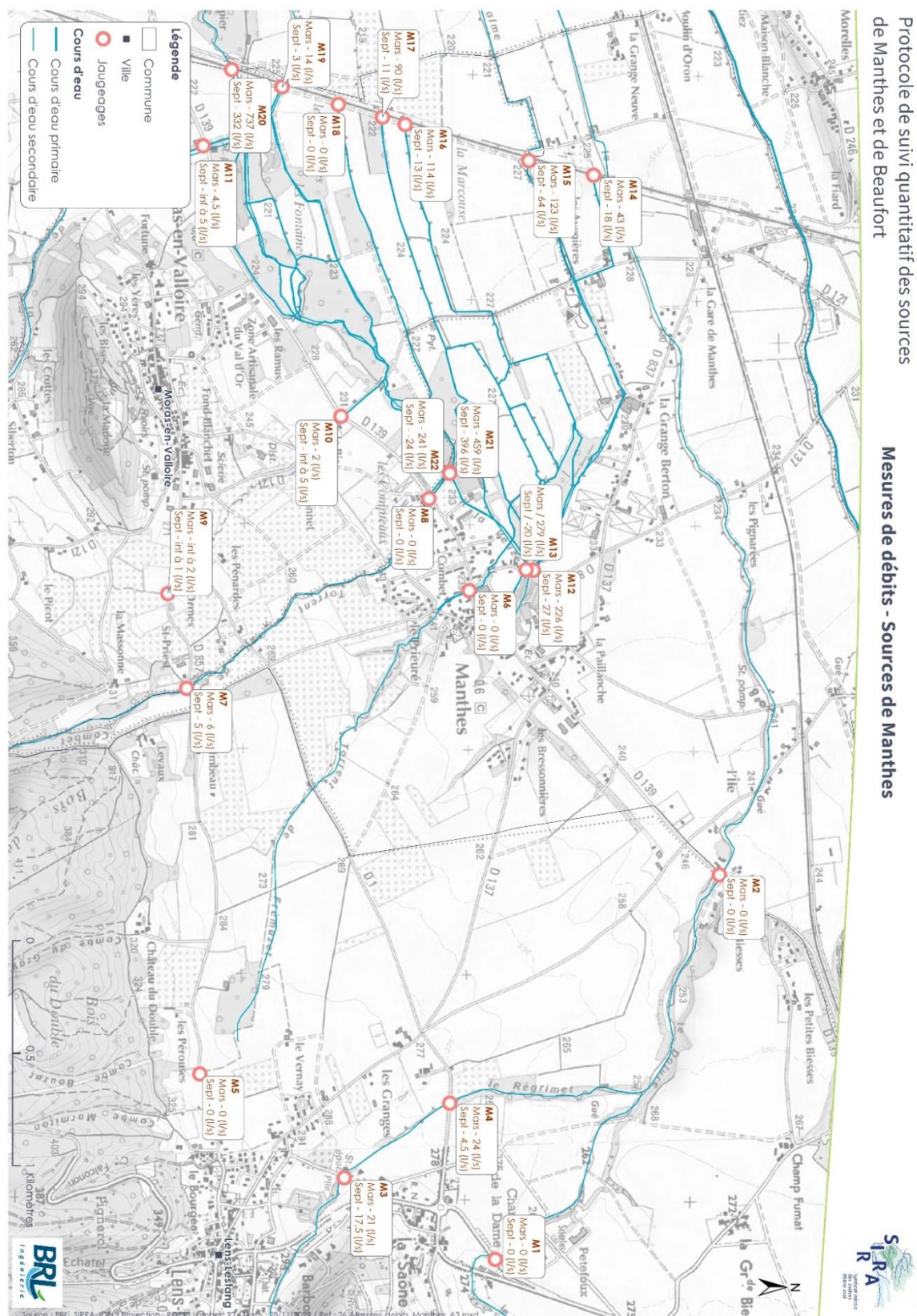
Le tableau et la carte suivants présentent les débits mesurés au niveau des différents sites.

Tableau 5-6 : Mesures de débit, pH, conductivité et température - Sources de Manthes

Site	30 mars 2022						20 septembre 2022					
	Débit (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité (μS/cm)	T (°C)	Débit (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité (μS/cm)	T (°C)
Dolure amont - M1	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dolure aval - M2	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Regrimet amont - M3	21	13%	10%	8,3	438	9,4	17,5	16%	12%	8,3	441	12,7
Regrimet median - M4	24	17%	15%	8,4	478	10,1	4,5	25%	24%	8,2	442	13,1
Fremuzet amont - M5	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fremuzet aval - M6	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Combet amont - M7	6	27%	25%	8,3	480	9,94	5	24%	20%	8,2	453	11,9
Combet median - M8	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ruisseau amont - M9	<2	n.d.	n.d.	8,1	601	12,13	<1	n.d.	n.d.	8,1	476	14,2
Ruisseau aval - M10	2	23%	20%	8,3	692	11,65	< 5	n.d.	n.d.	8,2	670	18,2
Vauveriere - M11	4,5	20%	17%	8,3	475	12,61	< 5	n.d.	n.d.	8,3	440	14
Petite Veuze - M12	226	n.d.	n.d.	7,5	654	12,21	27	44%	45%	7,6	657	14,8
Grande Veuze - M13	279	n.d.	n.d.	7,3	634	12,1	-20	16%	15%	7,4	637	13,2
Exutoire 1 - M14	43	14%	11%	7,9	650	13,94	18	16%	15%	8,1	652	14,5
Exutoire 2 - M15	123	9%	7%	8,1	648	13,67	64	11%	9%	8,1	646	14,3
Exutoire 3 - M16	114	10%	7%	8,1	647	13,19	13	17%	15%	8,2	644	13,4
Exutoire 4 - M17	90	12%	9%	8,1	648	13,22	11	20%	18%	8,2	645	13,5
Combet exutoire - M18	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Exutoire 5 - M19	14	17%	14%	8,2	616	13,44	3	25%	21%	7,8	648	13
Exutoire 6 - M20	737	8%	5%	8	606	13,08	332	9%	6%	7,8	602	14,4
Jaugeage exutoire Font Rome - M21	459	9%	6%	7,6	612	12,47	396	10%	6%	7,5	625	13,9
Grande Veuze - M22	241	11%	8%	7,3	638	12,79	-24	18%	16%	7,5	626	13,8

53

Figure 5-9 : Mesures de débits au droit des sources de Manthes - Campagnes de mars et septembre 2022



Pour la campagne de mars, les débits échappant à la zone d'exutoire (cumul des mesures au droit des passages sous la ligne TGV) cumulent environ 1 120 l/s ; ils sont expliqués de la façon suivante :

- Environ 500 l/s pour les sources de Manthes, y compris les pompages de la pisciculture Faure.
- Environ 460 l/s pour les pompages de la pisciculture Font Rome.
- Environ 160 l/s pour la zone de résurgence des Fontaines.

Ces valeurs sont probablement sous-estimées : au vu de la profondeur de la nappe du Würm (cf. ci-dessous), il est possible et probable que les cours d'eau soient perdants entre les zones de résurgence et la ligne TGV

Pour la campagne de septembre, les débits échappant à la zone d'exutoire cumulent environ 440 l/s ; ils sont expliqués de la façon suivante :

- Entre 0 et 40 l/s pour les sources de Manthes.
- Entre 400 et 440 l/s pour les pompages de la pisciculture Font Rome.
- Entre 0 et 40 l/s pour la zone de résurgence des Fontaines.

On constate que le débit issu des sources de Manthes est relativement faible par rapport au débit sortant de la pisciculture Faure (165 l/s le 20/09/2022). Ceci peut s'expliquer par :

- La présence d'un seuil entre le petit bassin et la Petite Veuze. Ce seuil régule le débit sortant du petit bassin vers la petite Veuze ;
- Le prélèvement suivi par la sonde S1 donc le débit est inconnu.

Les mesures et observations réalisées sur les cours d'eau « latéraux » (Régrimet, Dolure, torrent de Combet et torrent de Frémuzet), en mars comme en septembre, montrent bien que ces cours d'eau alimentés en amont par les molasses miocènes se perdent intégralement au profit de la nappe rissienne.

◆ Mesures piézométriques

Le tableau et la carte suivants présentent les mesures réalisées au niveau des piézomètres.

Tableau 5-7 : Mesures de la hauteur du toit de la nappe (mNGF) - Campagnes de mars et septembre 2022

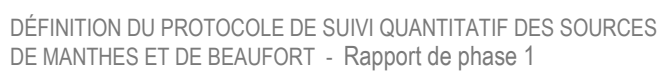
Site	31 mars 2022		23 septembre 2022	
	Profondeur (m)	Hauteur de nappe (mNGF)	Profondeur (m)	Hauteur de nappe (mNGF)
Captage AEP ile	6,96	234,3	8,24	233
Manthes LAVOIR	Non mesurée*	234,3	Non mesurée*	233
Pisciculture FAURE	0,50	233,1	1,4	232,2
Forage Jérôme Vallet 1	6,74	233,6	8,01	232,3
Forage Jérôme Vallet 2	4,4	227,3	5,08	226,6
Forage Jérôme Vallet A	Non mesuré**	n.d.	26,76	234,5
Forage Jérôme Vallet B	Non mesuré**	n.d.	27,31	234,6
Font ROME	Non mesuré*	227	Non mesuré*	226,4
Avenières	4,62	224,4	5,3	223,8

* Les profondeurs au niveau des piézomètres Manthes LAVOIR et Font ROME n'ont pas été mesurées car les valeurs sont issues de la base de données ADES.

** Les profondeurs au niveau des forages Jérôme Vallet A et B n'ont pas été mesurées durant la première campagne.

Les mesures de profondeur de nappe permettent de mieux comprendre le fonctionnement différencié de la nappe du Würm (absence de mesures dans la terrasse du Riss). En mars, cette nappe présente des profondeurs qui varient de 4 à 8 m. La nappe se situe donc sous les limons superficiels, même en période hautes eaux. Si des échanges existent entre les cours d'eau et la nappe, ils se font donc systématiquement au bénéfice de la nappe ; c'est bien l'existence d'épaisseur importante de limons sous les cours d'eau qui assure leur pérennité.

En septembre, la nappe s'enfonce d'environ 1 m.



◆ Prélèvements des piscicultures

Le tableau suivant présente les débits prélevés par les piscicultures Faure et Font Rome le jour des mesures.

Figure 5-11 : Prélèvements des piscicultures Faure et Font Rome durant les campagnes de terrain

Pisciculture	Prélèvement (l/s)	
	30/03/2022	20/09/2022
Faure	170	165
Font Rome	480	430

5.2.2 Sources de Beaufort

◆ Mesures de débit

Le tableau et les cartes suivants présentent les débits mesurés au niveau des différents sites.

Tableau 5-8 : Mesures de débits au droit des sources de Beaufort - Campagnes de mars et septembre 2022

Site	Mars 2022						Septembre 2022					
	Débit (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité (μS/cm)	T (°C)	Débit (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité (μS/cm)	T (°C)
Raille amont ENS - B1	292	9%	7%	8,8	396	11,9	13	23%	23%	8,6	353	15,1
Raille médian ENS et forage - B2	230	9%	6%	8,8	424	11,8	9	23%	21%	8,6	373	14,1
Raille amont exutoire pisciculture - B3	275	8%	6%	8,8	406	11,6	7	26%	23%	8,4	437	12,5
Raille aval exutoire pisciculture - B4	315	n.d.	n.d.	8,7	415	11,7	-54	17%	16%	8	436	12,3
Saint Barthélémy amont raille - B5	1 163	n.d.	n.d.	7,5	599	12,8	280	12%	11%	7,5	609	12,6
Exutoire pisciculture Saint Barthelemy - B6	73	12%	10%	7,5	579	12,2	16	34%	33%	7,8	593	12,5
Exutoire pisciculture - B7	856	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	386	11%	n.d.	7,4	726	12,6
Aval canal de la Cour - B8	341			7,7	637	13,2	< 5	n.d.	n.d.	7,3	611	13,4
Bief de la Tanche - B9	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bief principal aval zone de résurgence amont - B10	Non mesurable	n.d.	n.d.	7,4	640	12,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bief principal amont resurgence amont - B11	2	29%	28%	7,2	630	12,2	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Suzon aval - B12	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Suzon amont - B13	<1	42%	41%	8	468	7,8	<5	19%	18%	8,2	619	11,2
Lavoir amont pisciculture - B14	13	25%	23%	7,3	767	12,3	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sources amont lavoir	8	27%	27%	7,3	569	12,2	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lavoir aval pisciculture - B15	2	40%	40%	7,4	573	12,6	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Figure 5-12: Mesures de débits au droit des sources de Beaufort - Campagnes de mars et septembre 2022

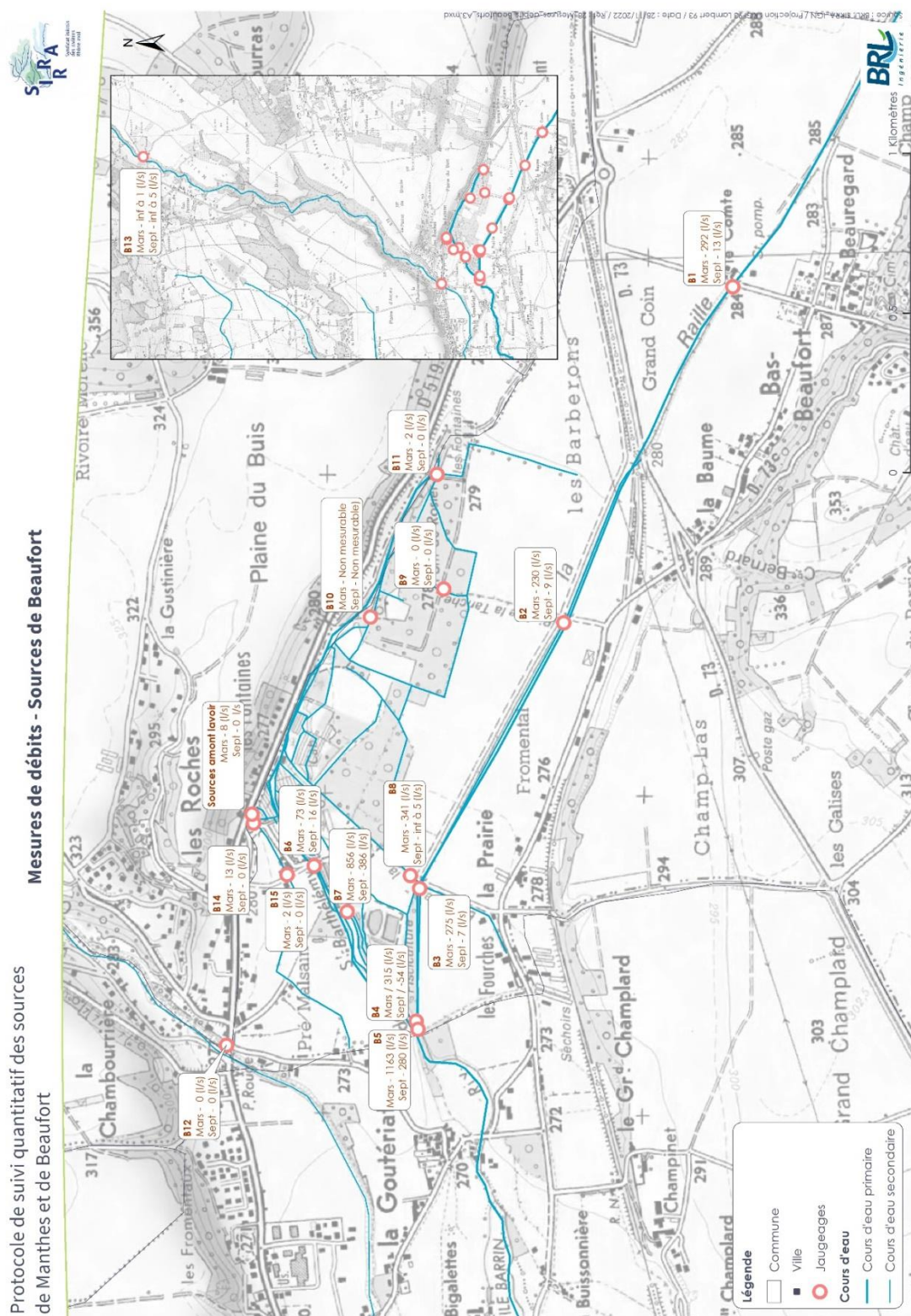
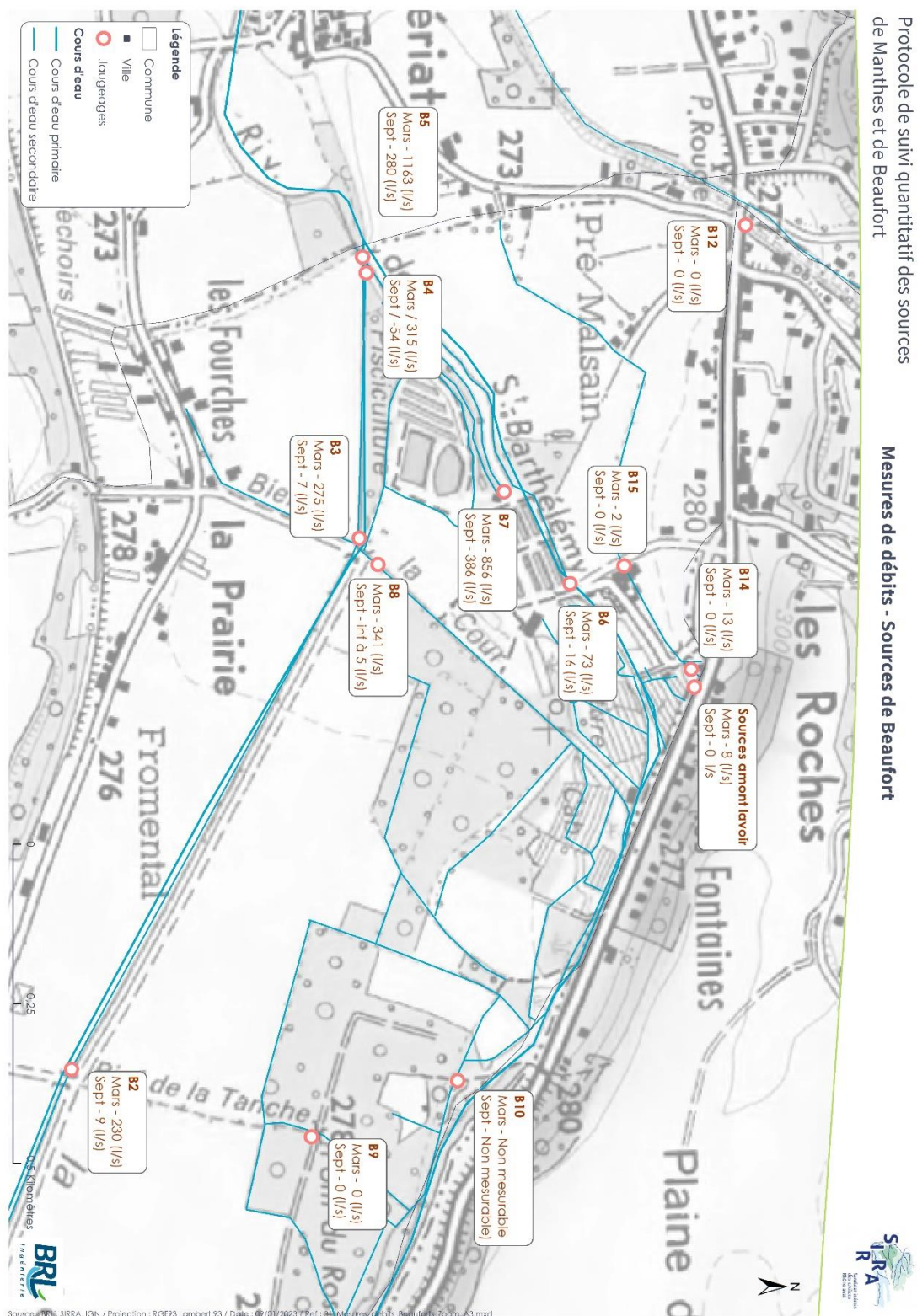


Figure 5-13 : Mesures de débits au droit des sources de Beaufort - Campagnes de mars et septembre 2022 – zoom autour de la pisciculture Charles MURGAT



Pour la campagne de mars, les débits échappant à la zone d'exutoire cumulent environ 1 500 l/s ; qui se répartissent de la manière suivante :

- Environ 1 160 l/s qui alimentent in fine le St Barthelemy.
- Environ 340 pour le Bief de la Cour, dont l'exutoire final sort de la zone d'étude.

En septembre, les sources de Beaufort sont tarées et le rejet de la pisciculture Murgat est estimé à environ 390 l/s. On peut observer des pertes d'environ 100 l/s à l'aval de ce rejet avant la confluence avec la Raille.

Ces deux campagnes permettent aussi de valider les relations entre la Raille et la nappe du Würm.

- En mars, en période hautes eaux, on observe des pertes estimées à environ 60 l/s entre le pont de Beauregard et le bief de la Tanche. A l'aval, la Raille draine la nappe et regagne environ 80 l/s.
- En septembre, en période de basses eaux, le cours d'eau est perdant sur la totalité de son linéaire, jusqu'à la confluence avec le St Barthelemy.

Les mesures et observations réalisées sur le Suzon confirment son caractère alimentant pour la nappe rissienne (pertes de 360 l/s en mars et moins de 5 l/s en septembre).

◆ Mesures piézométriques

Le tableau et la carte suivants présentent les mesures réalisées au niveau des piézomètres.

Tableau 5-9 : Mesure de la hauteur du toit de la nappe (mNGF) - Campagnes de mars et septembre 2022

Site	28 mars 2022		22 septembre 2022	
	Profondeur (m)	Hauteur de la nappe (mNGF)	Profondeur (m)	Hauteur de la nappe (mNGF)
AEP bas Beaufort	3,96	279	5,43	277,5
Matthieu POINT	15,64	276,3	A sec	A sec
Puits M et Mme GOY	22,73	276,7	23,74	275,7
STEP Pajay	49,05	281,1	50,76	279,4
Combe MARTIN	23,7	286,8	26	284,5
Piézomètre parcelle Vaudaine (PZ1)	1,94	273,3	2,69	272,6
Piézomètre cressonnières (PZ2)	0,4	275,6	0,71	275,3
Piézomètre chemin d'exploitation (PZ3)	1,24	275,7	1,95	275,0
Puit Vaudaine (Puits 3)	3,3	269,6	4,05	268,8
Puits Levet	1,58	276,7	2,25	276,1
Raille médian - Damien MARION	3,3	274,8	4,35	273,8
Val Suzon	Non mesurée*	289,5	Non mesurée*	287,9
Penol	Non mesurée*	300,5	Non mesurée*	297,8
Pépinière Damien Vivier - Coteaux	6,15	281,6	8	279,7
Pépinière Damien Vivier - Centre	4,9	281,6	6,65	279,8

* Les profondeurs au niveau des piézomètres Val Suzon et Penol n'ont pas été mesurées car les valeurs sont issues de la base de données ADES.

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort

Mesures piézométriques - Sources de Beaufort

Legend:

- Commune
- Ville
- Piezomètres
- Cours d'eau
- Cours d'eau primaire
- Cours d'eau secondaire

Piezometric Measurement Data:

Point Name	March Elevation (m)	September Elevation (m)
Val Suzon	289.5	287.9
STEP Pajoy	281.06	279.4
Mathieu POINT	276.52	275.6
Puits M et Mme GOY	276.71	275.7
Puits Level	276.74	276.1
Piezomètre cressonières (P22)	275.3	275.3
Piezomètre parcelle Vaudaine (P21)	273.35	272.6
Piezomètre chemin d'exploitation (P23)	275.7	275.0
Raille médian - Damien MARION	274.8	273.8
Pépinière Damien Vivier - Centre	281.58	279.8
Pépinière Damien Vivier - Coleaux	279.7	279.7
Combe MARTIN	286.77	284.5
Penol	300.52	297.8
AEF bar Beaufort	279.02	277.5

Les mesures de profondeur de nappe permettent de mieux comprendre le fonctionnement différencié entre nappe du Riss et nappe du Würm :

- Dans le Riss, la nappe présente des altitudes qui décroissent de 290 au Nord à 276 m NGF dans la zone de résurgence. Les écoulements sont globalement orientés du Nord vers le Sud.
- Dans le Würm, la nappe présente des écoulements de l'Est vers l'Ouest. Les profondeurs confirment les relations nappe-rivière, en particulier avec la Raille. Au niveau de la section comprise entre le captage de Beauregard et les pépinières Damien, la nappe est environ à 4 m de profondeur en mars 2022, à environ 3 m au niveau du Bief de la Tanche et 2 m à la confluence entre le St Barthelemy et la Raille ; la Raille présentant une incision topographique comprise entre 2 et 3 m, le cours draine alors cette nappe entre le bief et la confluence. Elle subit un enfoncement d'environ 1 m entre mars et septembre ; la Raille n'arrive plus à drainer la nappe du Würm et les cours d'eau en plaine sont perdants au moins jusqu'à la confluence.

◆ Mesure de conductivité le long de la Raille

Le tableau et la carte suivants présentent les mesures de conductivité réalisées le long de la Raille.

L'objectif des mesures de conductivité et de température le long de la Raille était notamment de vérifier s'il y avait des écoulements diffus en provenance du parcours de pêche.

En mars comme en septembre :

- La conductivité et la température de la Raille le long du parcours de pêche (mesures B3, R2, R1 et B4 en mars ; mesures R5 et R6 en septembre) ne varient pas de façon significative le long du parcours de pêche pour témoigner d'apports diffus ;
- On observe une diminution du débit le long du parcours de pêche. En mars, le débit passe de 341 l/s à 315 l/s entre l'amont et l'aval du parcours de pêche. En septembre, le débit en amont du parcours de pêche est inférieur à 5 l/s. En aval du parcours, la Raille est alimentée par le Saint-Barthélémy à hauteur de 50 l/s. Ceci participe à conforter l'absence d'apports diffus depuis le parcours de pêche vers la Raille.

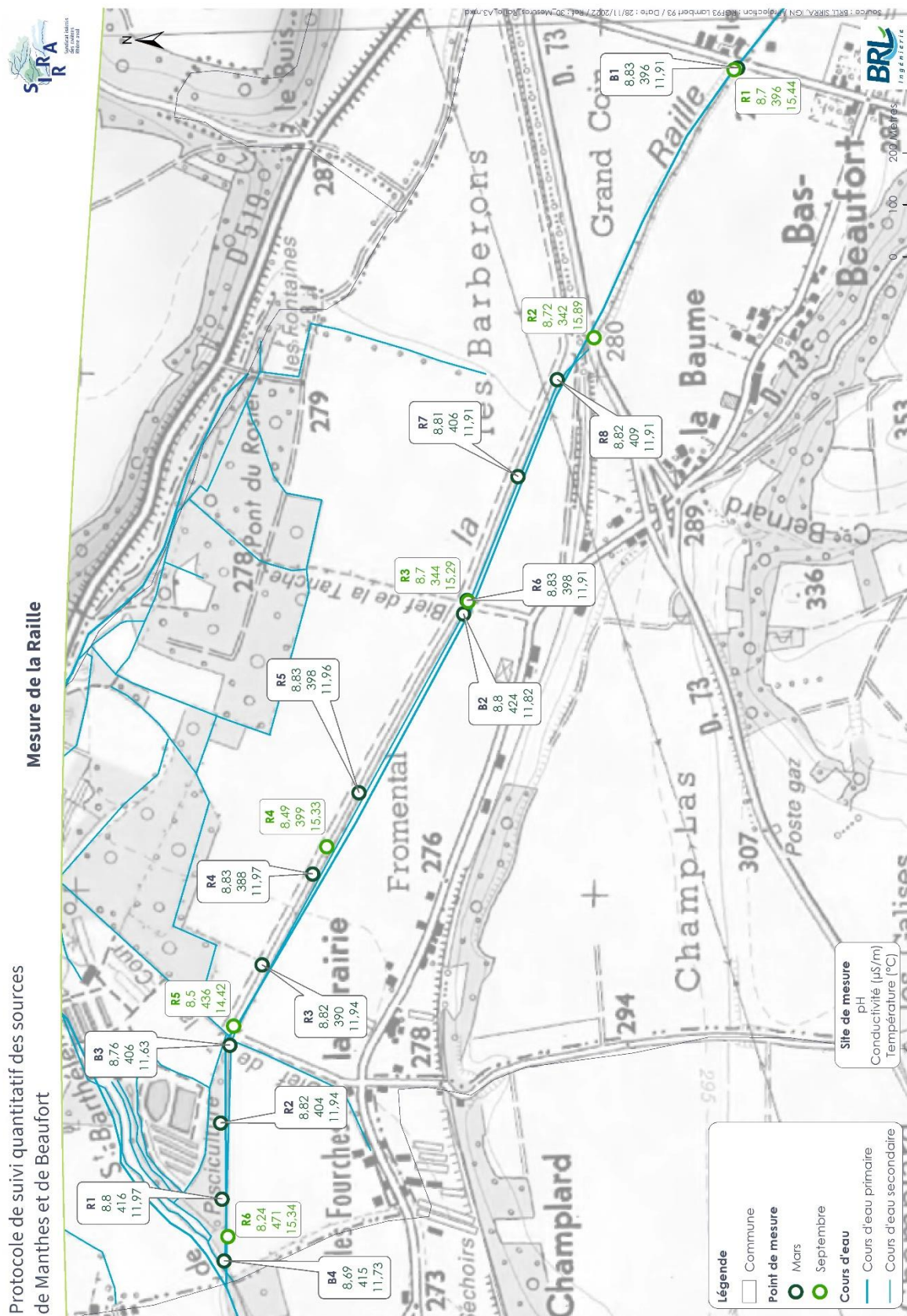
Tableau 5-10 : Mesures de la conductivité, de la température et du pH le long de la Raille - 29 mars 2022

Site de mesure	X_L93	Y_L93	pH	Conductivité	Température
R1	864282	6473655	8,8	416	11,97
R2	864429	6473658	8,82	404	11,94
R3	864734	6473578	8,82	390	11,94
R4	864909	6473480	8,83	388	11,97
R5	865066	6473391	8,83	398	11,96
R6	865437	6473182	8,83	398	11,91
R7	865676	6473084	8,81	406	11,91
R8	865863	6473008	8,82	409	11,91
Raille amont ENS - B1	866464	6472660	8,83	396	11,91
Raille median ENS et forage - B2	865411	6473189	8,8	424	11,82
Raille amont exutoire pisciculture - B3	864579	6473640	8,76	406	11,63
Raille aval exutoire pisciculture - B4	864163	6473651	8,69	415	11,73

Tableau 5-11 : Mesures de la conductivité, de la température et du pH le long de la Raille – 21 septembre 2022

Site de mesure	X_L93	Y_L93	pH	Conduct	Temp
R1	866461	6472667	8,7	396	15,44
R2	865944	6472937	8,72	342	15,89
R3	865435	6473180	8,7	344	15,29
R4	864962	6473453	8,49	399	15,33
R5	864616	6473633	8,5	436	14,42
R6	864210	6473644	8,24	471	15,34

Figure 5-15 : Mesures de la conductivité, de la température et du pH de la Raille - Campagnes de mars et septembre 2022



◆ Prélèvements de la pisciculture Charles Murgat

Le tableau suivant présente le débit prélevé par la pisciculture Charles MURGAT le jour des mesures.

Figure 5-16 : Prélèvements de la pisciculture Charles Murgat durant les campagnes de terrain (d'après les données du site <http://o-mnisient.org/>)

Prélèvement (l/s)	
29/03/2022	20/09/2022
45,7	270

5.2.3 Estimation des incertitudes associées aux jaugeages

5.2.3.1 Mesures ADCP

◆ Méthode de calcul

Les mesures ADCP (Acoustic Doppler Current Profile, Profileur Acoustique à effet Doppler) présentent l'avantage d'être répétées : 4 à 8 transects sont réalisés pour chaque mesure de débit à l'ADCP pour une section et une date donnée.

Le nombre de transects est adapté en fonction des conditions de jaugeage. Le nombre est augmenté lorsque les mesures sont *a priori* plus incertaines et divergentes (conditions défavorables : contre-courants, vitesses faibles, algues...).

Avant de calculer l'incertitude, les mesures font l'objet d'une vérification préalable. Entre autres vérification, les valeurs aberrantes sont écartées. Pour cela, nous considérons qu'une valeur est aberrante si son écart à la moyenne est supérieur ou égal à 2 fois l'écart-type de l'ensemble des mesures.

Pour les mesures retenues, nous pouvons mettre en place une **méthode d'évaluation de l'incertitude par l'analyse statistique de séries d'observations** à partir de ces mesures multiples, tel que décrit dans le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM - JCGM 2008).

Nous présentons l'incertitude au niveau de confiance 95% dans ce document.

Le calcul opéré est le suivant :

$$1/ \text{Inc} \text{ertitude}_{calc} = \frac{\text{Ecart type (l'ensemble des mesures)}}{\sqrt{(\text{Nombre de mesures})}}$$

$$2/ \text{Inc} \text{ertitude}_{95\%} = \text{Inc} \text{ertitude}_{calc} \times \text{Coefficient_Student}$$

Avec le coefficient de Student variable suivant le nombre de mesures réalisées, suivant le tableau ci-après :

Nombre de mesures	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coefficient de Student pour un niveau de confiance de 95%	12.70	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.37	2.31	2.26

5.2.3.2 Mesures au courantomètre

◆ Méthode de calcul

L'estimation des incertitudes de mesures de débits au courantomètre est plus délicate, car elle ne peut se baser sur un calcul statistique de mesures multiples.

Nous suivons ci-après la méthode présentée par le Guide « **Contrôle des débits réglementaires, Onema, Cemagref, MEDD, 2011** », qui se réfère à la norme ISO748.

Cette méthode de calcul est une **approche analytique**, appelée « **Type B** » par le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM - JCGM 2008).

L'estimation de l'incertitude suivant cette méthode procède comme suit :

$$u'_Q{}^2 = u'_S{}^2 + u'_m{}^2 + \frac{1}{m} \left[u'_b{}^2 + u'_h{}^2 + u'_p{}^2 + \frac{1}{n} (u'_c{}^2 + u'_e{}^2) \right]$$

Où :

u'_Q : incertitude calculée

u'_S : incertitude due aux erreurs systématiques (étalonnage) du courantomètre, et des instruments de mesure des largeurs et des profondeurs ;

u'_m : incertitude due au nombre limité m de verticales (erreur d'intégration des profondeurs et vitesses sur la largeur) ;

u'_b : incertitude due à la mesure des largeurs entre verticales ;

u'_h : incertitude due à la mesure des tirants d'eau sur les verticales ;

u'_p : incertitude due au nombre de points limité sur la verticale (erreur d'intégration des vitesses sur la hauteur d'eau) ;

u'_c : incertitude due aux erreurs aléatoires du courantomètre ;

u'_e : incertitude due au temps limité d'exposition du courantomètre (moyenne des fluctuations de vitesse).

L'incertitude élargie au niveau de confiance 95% est estimée selon : $U_{95\%} = 2 * u'_Q$

Les différentes composantes de l'incertitude citées ci-dessous sont estimées à partir de tables rappelées par le Guide de l'Onema, et prennent en compte, notamment, le nombre de verticales par section et la vitesse de l'écoulement.

Limites de l'approche déployée :

L'approche déployée ici présente plusieurs limites :

- Elle prend en compte le nombre de verticale, mais ne prend pas en compte la géométrie du lit de la section de jaugeage, ni l'hétérogénéité de la distribution de l'écoulement. Ainsi, il est possible qu'elle conduise à surestimer l'incertitude dans le cas d'un lit à géométrie régulière, ou à sous-estimer l'incertitude dans le cas d'un lit très irrégulier ;
- Le calcul des sous-composantes de l'incertitude se base sur des valeurs tabulées, estimées pour certaines conditions de jaugeage et certains matériels, dans le cadre de la norme NF EN ISO 748 (2007). Elles sont initialement prévues pour le cas de courantomètre mécanique, et non électromagnétique comme utilisé ici.

On peut ainsi retenir que :

- Les estimations d'incertitude issues de ce calcul sont à considérer avec prudence en absolu.
- Le calcul proposé ici est d'une autre nature que celui proposé pour l'ADCP, puisqu'il ne s'agit pas d'une approche statistique.
- Au-delà de ces limites, les valeurs d'incertitude estimées sont cohérentes avec la littérature disponible.
- Le Guide de l'Onema (2011) indique que les valeurs usuellement rencontrées pour l'incertitude de la mesure au courantomètre (à un niveau de confiance de 95%) sont de :
 - 7% dans de bonnes conditions de jaugeages ;
 - 15% dans des conditions défavorables

6 Synthèse du fonctionnement des sources de Manthes et de Beaufort

Dans ce chapitre, nous proposons une synthèse du fonctionnement hydrogéologique des zones d'émergence des nappes fluvio-glaciaires. C'est un travail d'interprétation, nécessairement critiquable car, comme tout modèle explicatif hydrogéologique, il repose sur une mise en cohérence de données partielles, plus ou moins précises.

Ce modèle de fonctionnement permet de proposer des éléments jugés certains, comme le fonctionnement des sources par débordement, et d'autres plus hypothétiques comme l'explication de la localisation des zones d'émergence.

À ce stade de l'étude, il nous semble que les données de débit des cours d'eau à l'aval des émergences sont suffisantes pour « capter » l'essentiel de l'information sur les relations nappes-rivière dans ces zones ; les mesures de piézométrie sont plus lacunaires, ce qui peut fragiliser certaines hypothèses proposées. Certaines hypothèses de fonctionnement résultent d'extrapolation de seuils piézométriques définis sur des piézomètres relativement éloignés des zones de résurgence.

Rappelons que des compléments de métrologie doivent être proposés en phase 2 de l'étude pour répondre à ces interrogations résiduelles.

Les recommandations proposées ensuite ici vont au-delà de ces attendus de phase 2 ; elles répondent à des besoins de connaissance plus fondamentaux, qui débordent du cadre de la mission telle qu'elle a été définie.

6.1 Modèle de fonctionnement

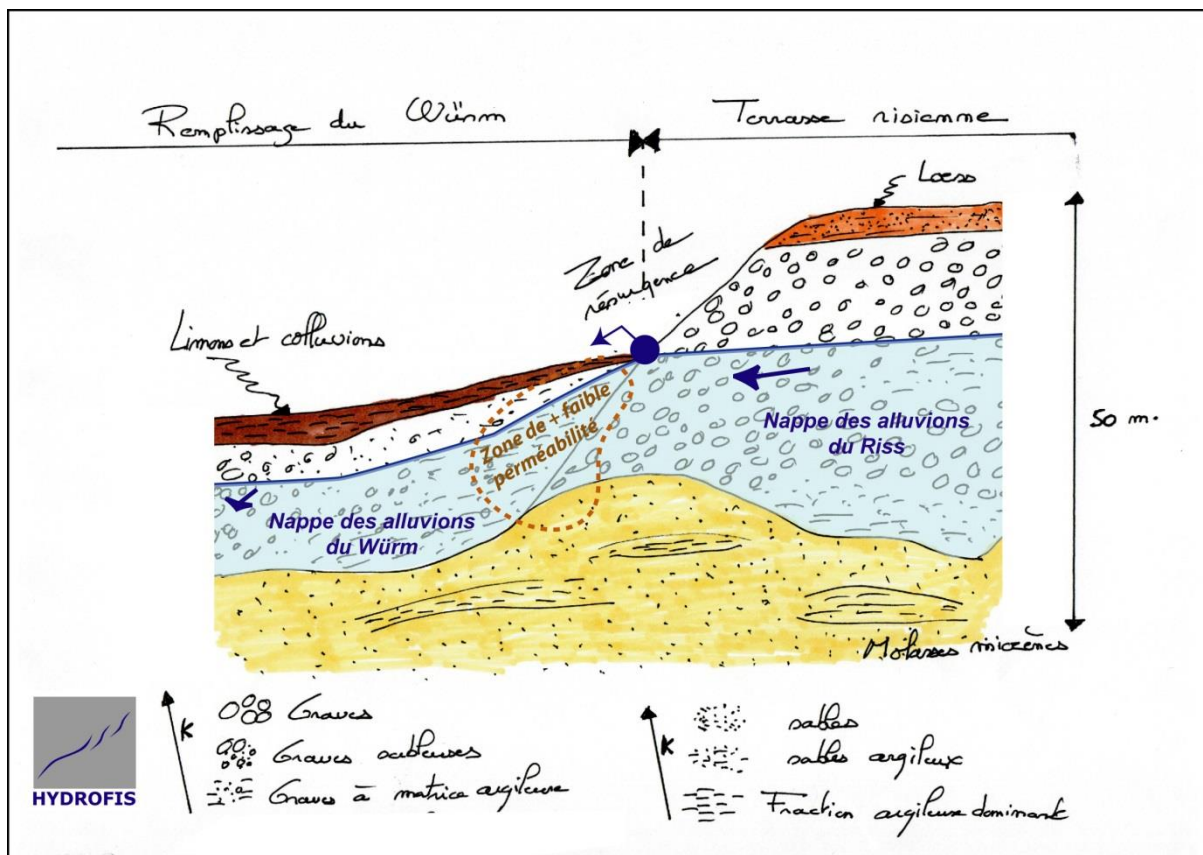
Les deux campagnes hydrométriques de mesure réalisées en mars et septembre 2022 confirment et complètent sur des points de détail le modèle conceptuel proposé par analyse et synthèse de la littérature technique et scientifique, ainsi que des données historiques de suivi piézométrique.

Les sources de Manthes comme celles des Fontaines de Beaufort fonctionnent comme des sources de débordement de la nappe des alluvions du Riss. Elles sont localisées à l'interface entre alluvions risiennes qui forment un coteau surélevé, et alluvions würmiennes en plaine, recouvertes par un manteau de sédiments limono-argileux, plus ou moins perméables.

La résurgence des eaux souterraines se fait soit de façon visibles (présence de sources), soit de façon masquée (drainance ascendante au travers de la couche limono-argileuse, là où elle est la plus fine et/ou la plus perméable).

Les éléments explicatifs principaux de ce modèle conceptuel sont rappelés dans la figure explicative ci-dessous.

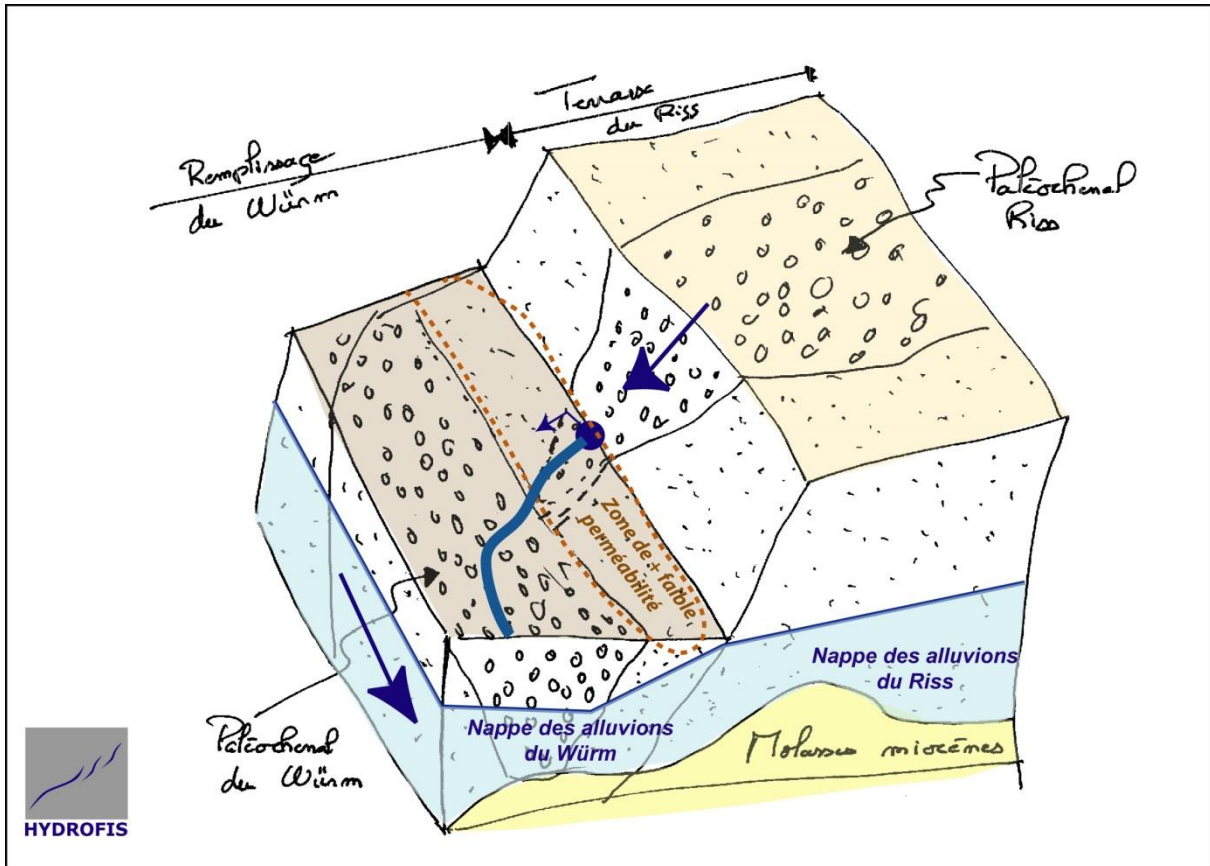
Figure 6-1 : Modèle conceptuel amélioré du fonctionnement des zones de résurgence.



Si les autres hypothèses de remontée du substratum ou de confluence d'écoulement préférentiel à la faveur de chenaux plus perméables, ne peuvent pas être écartées sur la base des données disponibles, au vu des données de piézométrie récoltées, le plus probable pour expliquer la position des sources est une combinaison entre l'existence de paléochenaux dans le Riss, perpendiculaires au corps sédimentaire wurmien, avec un contraste de perméabilité fort entre les alluvions dans les paléochenaux du Riss et les alluvions du Würm en position latérale.

Le schéma ci-dessous essaie d'expliquer cette disposition hydrogéologique supposée :

Figure 6-2 : Schéma explicatif de la localisation des zones de résurgence.



Ainsi, pour plus de clarté, nous renouvelons notre recommandation de ne plus parler d'une nappe de Bièvre Valloire mais des nappes de Bièvre Valloire ; la complexité des dépôts fluvio-glaciaires compartimente plus ou moins les écoulements au sein de ce vaste ensemble et on gagnerait à parler de plusieurs nappes pour mieux comprendre leur fonctionnement.

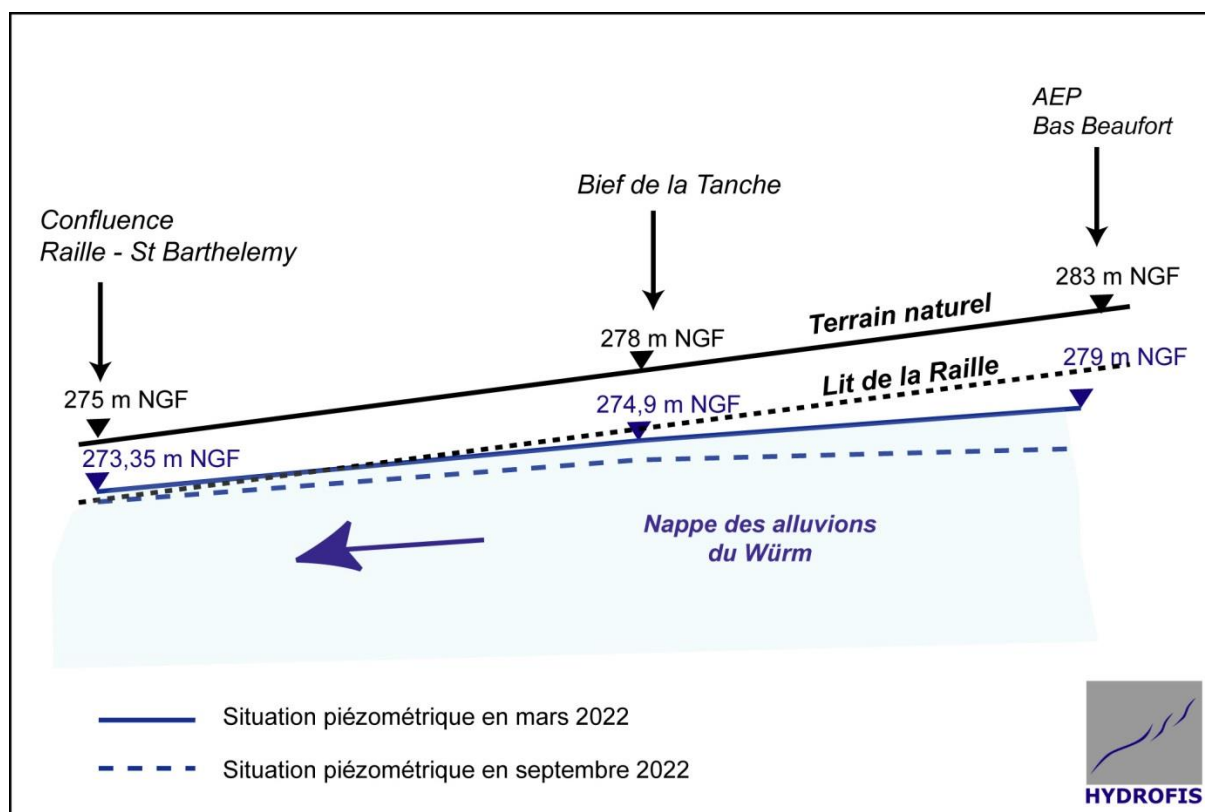
Précisons que si on suppose des contrastes de perméabilité avec de fortes hétérogénéités, on ne peut pas dire qu'il y a une discontinuité hydraulique au sein du corps fluvio-glaciaire. Les nappes sont connectées, en relation, comme illustré sur la figure ci-dessus.

En première approximation, c'est donc la présence d'une couverture peu perméable sur les alluvions du Würm qui autorise la permanence des écoulements à l'aval des zones de résurgence.

Dans le détail, les données consultées tendent à montrer que la ré-infiltration est faible pour la grande Veuze et la Petite Veuze à l'aval des sources de Manthes et au moins jusqu'à la traversée de la voie TGV ; les observations sont plus contrastées à l'aval des fontaines de Beaufort avec certains biefs qui se caractérisent clairement par des phénomènes de pertes.

En plaine à l'aval des sources, sur la période du suivi en 2022, la nappe contenue dans les alluvions du Würm est systématiquement profonde de 2 à 8 m. Logiquement, à l'aval des zones de résurgence, les échanges se font uniquement des cours d'eau vers la nappe (logique de perte). Ce constat doit être modulé pour les sources de Beaufort : en période de hautes eaux, la Raïlle, enfoncée de 2 à 3 m dans la plaine, draine la nappe au moins entre le bief de la Tanche et la zone de confluence avec le St Barthelemy.

Figure 6-3 : Modèle conceptuel des relations entre nappe du Würm et Raille.



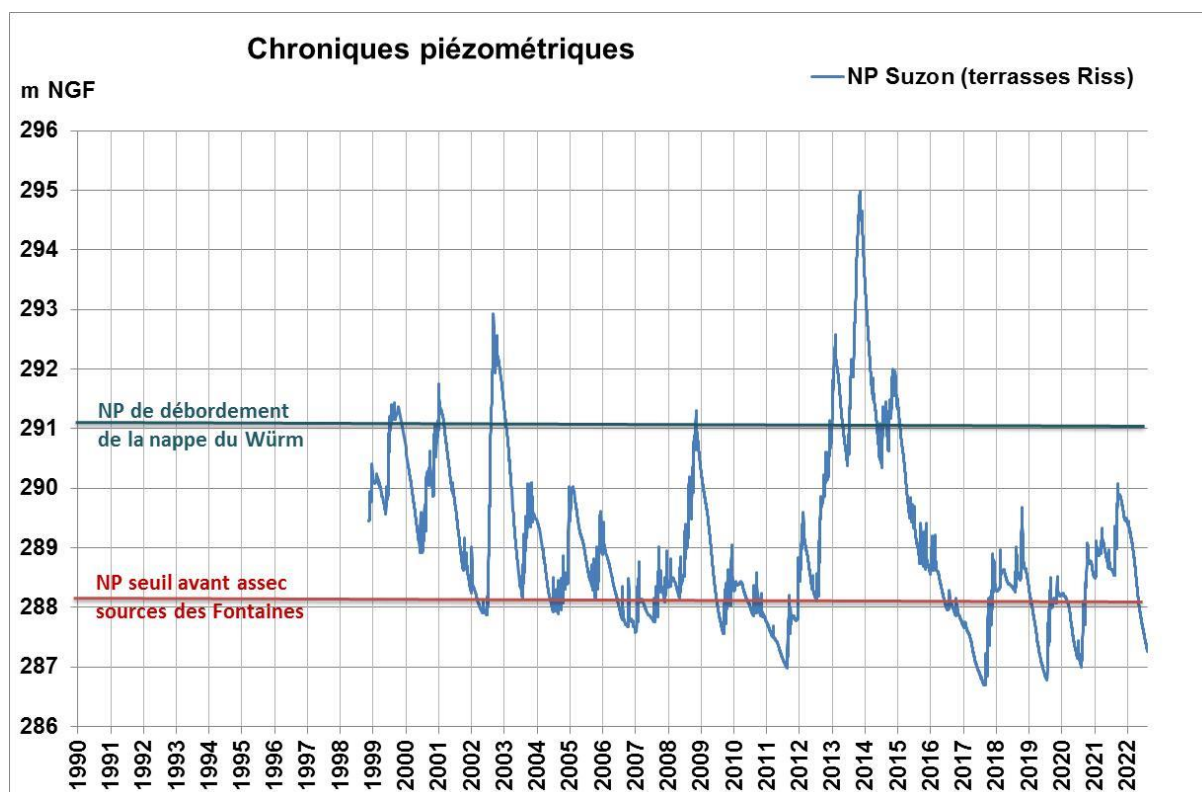
Les données de suivi historique (chroniques depuis 1976 pour le piézomètre du lavoir à Manthes, et depuis 1988 pour le piézomètre du Val Suzon) permettent de donner un avis sur la permanence de ce schéma :

- Pour la nappe du Würm à l'aval des sources de Manthes, les variations piézométriques historiques montrent des périodes courtes de hautes eaux à + 3 m par rapport à la côte seuil. Cela ne suffit pas à rendre la nappe « débordante ». Il est possible et probable que les cours d'eau soient toujours « perdants » à l'aval de cette zone de résurgence (flux d'échange contrôlé par le degré de colmatage des cours d'eau).
- Pour la nappe du Würm à l'aval des sources de Beaufort, les variations piézométriques historiques montrent des périodes courtes de hautes eaux à + 7 m par rapport à la côte seuil. Cela explique que, par le passé, des sources de débordement de la nappe des alluvions wurmiennes aient été observées. La nappe devient alors sub-affleurante sur une grande superficie de la plaine en amont des sources de Beaufort.

Le graphe ci-dessous montre les périodes supposées de débordement de la nappe wurmienne en prenant comme hypothèse un débordement si le niveau piézométrique est supérieur de 3 m à la côte de référence (profondeur approximative observée à l'Est du bief de la Tanche. C'est un schéma illustratif à considérer avec prudence : il est basé sur l'hypothèse que les variations de piézométrie se transmettent intégralement entre la nappe du Riss et celle du Würm.

À noter que durant ces périodes de hautes eaux, le caractère drainant de la Raille sera logiquement renforcé.

Figure 6-4 : Périodes supposées de débordement de la nappe wurmienne dans le secteur du Pont du Rosier.



Pour finir, cette étude apporte des éléments complémentaires, utiles au schéma hydrogéologique global :

- Les cours d'eau latéraux « nourris » par les sources du Miocène se perdent quand ils rejoignent la terrasse rissienne. Cela pourrait représenter une alimentation non négligeable pour cette nappe. Cette hypothèse sera étudiée par des mesures de débits appropriées dans les campagnes présentées ci-dessous.
- Plusieurs documents font apparaître une zone avec une alimentation importante de l'Oron à l'aval immédiat de Beaurepaire. L'étude Idées Eaux de 2014 apporte à ce sujet des données très intéressantes ; les mesures de débit sur l'Oron en octobre 2013 montre un gain sur cette zone de plus de 2 m³/s.

6.2 Définition de côte piézométrique d'assecs des zones de résurgence

L'analyse des données piézométriques sur deux ouvrages choisis comme point de référence (piézomètre du Val Suzon pour les sources de Beaurepaire et piézomètre du Lavoir pour les sources de Manthes) permettent de proposer des côtes seuils de début d'étiage dans les zones de résurgence. Sur les deux sites, on peut observer que les baisses de nappe sont importantes (> 50 cm) et longues (plusieurs mois). Le suivi hydrométrique réalisé en 2022 confirme ces côtes seuils :

- Environ 232,75 m NGF pour le piézomètre du lavoir à Manthes (côte indicatrice du début de l'assec aux sources de Manthes).
- Environ 288,20 m NGF pour le piézomètre du Val Suzon (côte indicatrice du début de l'assec aux sources de Beaufort).

L'analyse des données piézométriques permet de proposer que les prélèvements en nappe pour les piscicultures ont certes un impact sur les dynamiques d'assec en augmentant leur durée mais que les baisses piézométriques sont telles que leur arrêt ne suffirait pas à faire disparaître ces assecs. Comme énoncé dans l'étude de définition des volumes prélevables, ces variations sont représentatives de phénomènes qui affectent la totalité de l'aquifère fluvio-glaciaire.

Notons que de telles dynamiques de baisse (plusieurs mètres en plusieurs mois, avec une accélération de la diminution des niveaux avec le temps) sont rares en nappe alluviale et difficiles à expliquer. À notre connaissance, ce phénomène reste inexpliqué. Il nous semble que la compréhension de ces dynamiques de baisse piézométrique est indispensable à toute tentative de modélisation de ces phénomènes.

7 Recommandations

7.1 Réalisation d'une étude géologique détaillée

Nous recommandons la réalisation d'une étude géologique avec les objectifs suivants :

- Pour étudier, la distribution spatiale des matériaux de couverture au-dessus des alluvions fluvioglaciaires et ainsi pouvoir déterminer leur rôle hydrogéologique (pertes des cours d'eau mais aussi localisation des zones de recharge).
- Mieux comprendre la géométrie du substratum géologique qui est probablement un facteur explicatif dans le fonctionnement des résurgences. Les données sur le toit du substratum des alluvions fluvi-glaciaires datent de 1979 et elles mériteraient d'être retravaillées. La géométrie de ce toit reste en effet un paramètre potentiel explicatif de la localisation des sources de débordement.
- Proposer un modèle de variabilité spatiale de la perméabilité des alluvions. La description des corps sédimentaires et donc la logique de distribution spatiale de la perméabilité des alluvions peuvent être qualifiées de sommaire ; SRAE (1981) avance logiquement une description dans laquelle la présence de paléochenaux guide la variabilité spatiale des perméabilités mais cette description peut être qualifiée de lacunaire. Une réflexion sur les différences de perméabilité des alluvions en fonction de l'âge des terrasses serait utile. De nouveau, c'est un point clé à travailler car potentiellement explicatif de la position des sources de débordement.

Une telle étude nécessitera l'approche de la géométrie des corps alluviaux par une reprise de toutes les données de forages renseignées de la BSS et possiblement la réalisation d'investigations géophysiques.

Il serait intéressant de mobiliser des géologues spécialistes des dépôts glaciaires.

La répétition des mêmes informations d'ordre géologique avec les mêmes figures illustratives (structure géologique, valeurs de perméabilités,...) depuis 40 ans (études de référence du SRAE de 1981 et du BRGM de 1994), sans effort de renouvellement et de synthèse des données récentes récoltées, souligne l'intérêt d'une telle étude.

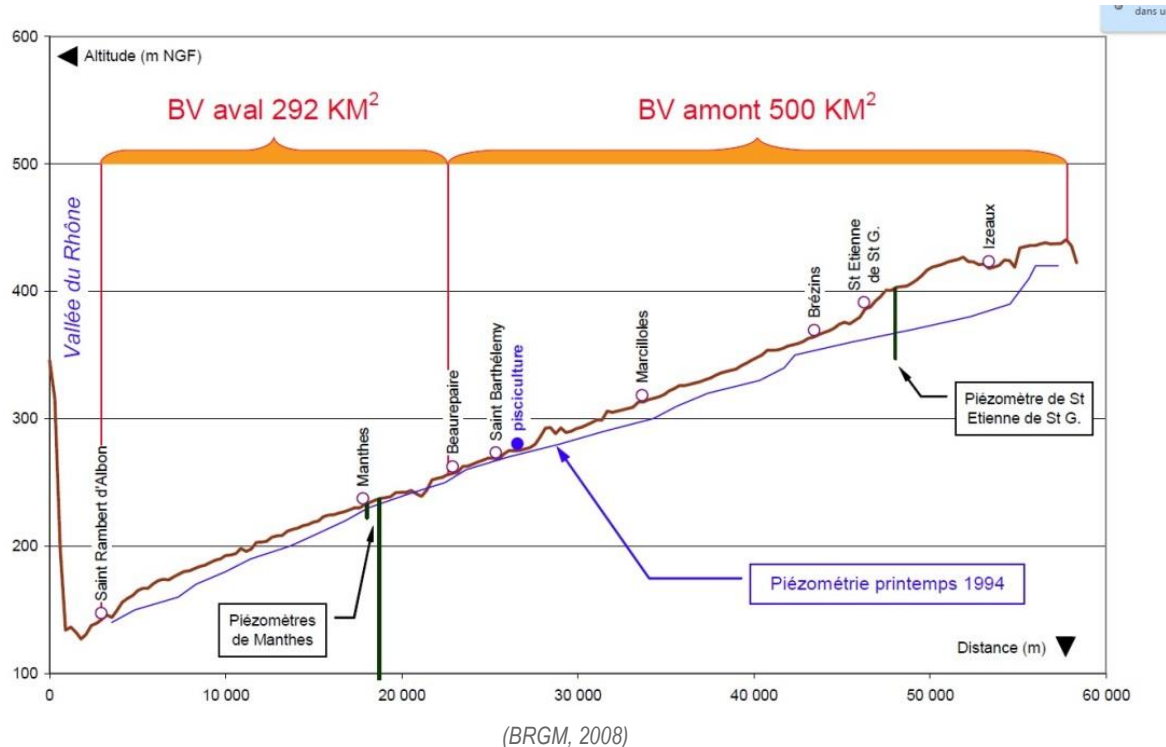
7.2 Approche globale des échanges nappes-rivières

En ce qui concerne les cours d'eau et leurs relations avec les eaux souterraines, besoin d'acquisition des données suivantes :

- Topographie précise des zones de résurgence avec bathymétrie sommaire pour obtenir la cote de fond des points bas du terrain naturel (biefs et drains).
- Mesures hydrauliques des débits en amont des zones de perte sur les terrasses rissiennes.
- Mesures hydrauliques représentatives du cumul des résurgences liées à la nappe (nappe et drainance ascendante).

À ce sujet, il serait utile d'arrêter de dire que les cours d'eau sont alimentant dans les plaines du Bièvre et du Liers et drainant à l'aval. Les relations sont variables dans le temps et plus complexes spatialement. On observe notamment une seule zone de nappe sub-affleurante hors période basses eaux, comprise entre les sources des Fontaines et celles de Manthes.

Figure 7-1 : Profil en long simplifié de la plaine et de la piézométrie d'été



De manière plus générale, il nous semble important de souligner que toute approche de modélisation globale des nappes de Bièvre Valloire devra se baser sur des données détaillées pour TOUTES les zones de résurgence de ces nappes.

Notre compréhension des nappes nous permet d'identifier au moins 6 zones de résurgence :

- Sources de Beaufort (exutoire d'une nappe du Riss).
- Venues sous-alluviale dans l'Oron à l'aval de Beaurepaire (exutoire de la nappe du Würm).
- Sources de Manthes (exutoire d'une autre nappe du Riss).
- Sources des Fontaines (commune de Moras en Valloire ; exutoire de la même terrasse du Riss qu'à Manthes).
- Sources de l'Argentelle (schéma hydrogéologique inconnu).
- Sources de la Bège et du Lambre (schéma hydrogéologique inconnu).

De la même manière, toute approche globale de modélisation devra nécessairement intégrer une description précise des relations nappe-rivière sur l'ensemble des surfaces affleurantes des nappes. Les données consultées montrent que les cours d'eau peuvent être perdants ou alimentés par les nappes, et que les sens d'échange peuvent varier spatialement pour un même cours d'eau.

Au vu de ces considérations, il nous semble nécessaire de conseiller d'étendre l'approche de compréhension des relations entre eaux souterraines et eaux superficielles à TOUTE la plaine de Bièvre Valloire.

BIBLIOGRAPHIE

- BRGM. (1994). *Synthèse hydrogéologique du bassin de Bièvre Valloire*.
- BRGM. (2008). *Elaboration des règles de gestion volumique en eau de la nappe de Bièvre-Valloire. Phase 1 - Acquisition, mise en forme et analyse des données disponibles*.
- BRGM. (2008). *Elaboration des règles de gestion volumique en eau de la nappe de Bièvre-Valloire. Phase 2 - Modélisation globale des écoulements souterrains et phase 3 - Elaboration de règles de gestion volumique*.
- BRGM. (2013). *Evaluation de l'état des connaissances et des données disponibles sur les eaux souterraines à proximité des zones humides de Beaufort (38) et de Manthes (26) sur le bassin de Bièvre-Liers-Valloire*.
- Burgéap. (2008). *Etude hydraulique du site des Fontaines de Beaufort (38)*.
- Ecosphère, Jean-Louis MICHELOT consultant en environnement. (2005). *Site naturel des Cressonnières (Les Fontaines). Notice d'aménagement et de gestion*.
- Idées eaux. (2007). *Etude d'incidence d'un prélèvement à hauteur de 600 l/s sur la nappe fluvio-glaciaire de Bièvre-Valloire*.
- Idées eaux. (2014). *Etude hydrogéologique du bassin d'alimentation des captages de l'île et de Montanay. Phases 1 et 2 : Etude hydrogéologique, réalisation des études complémentaires et délimitation des bassins d'alimentation*.
- S.R.A.E. Rhône Alpes, D.D.A. Drôme, D.D.A. Isère. (1981). *L'eau dans le bassin de Bièvre Valloire*.
- Soberco environnement. (2004). *Etude d'inventaire et de caractérisation des zones humides et plans d'eau. Partie 1 : Inventaire et hiérarchisation*.
- Soberco environnement. (2006). *Etude d'inventaire et de caractérisation des zones humides et plans d'eau. Partie 2 : Proposition de mesures de gestion*.
- SOGREAH Consultants. (2008). *Etat des lieux quantitatif et qualitatif de la nappe Bièvre Liers Valloire*.
- SOGREAH groupe Artelia, Asconit consultants. (2011). *Etude de détermination des volumes maximums prélevables du bassin Bièvre-Liers-Valloire. Rapport de phase 1 : Etat des lieux et diagnostic des volumes prélevés et restitués - Scénarios d'évolution des usages*.
- SOGREAH groupe Artelia, Asconit consultants. (2011). *Etude de détermination des volumes maximums prélevables du bassin Bièvre-Liers-Valloire. Rapport de phase 2 : Quantification des ressources et impact des prélèvements*.
- SOGREAH groupe Artelia, Asconit consultants. (2012). *Etude de détermination des volumes maximums prélevables du bassin Bièvre-Liers-Valloire. Phase 3 : Détermination des débits biologiques*.
- Syndicat Isérois des rivières Rhône aval. Commission Locale de l'Eau Bièvre Liers Valloire. (2020). *Définition du protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort. Cahier des Clauses Techniques Particulières*.
- Tereo gestion des espaces naturels et Idées eaux. (2013). *Zones humides de Manthes. Diagnostic écologique et hydrologique du système aquatique. Vol. 3 - Atlas cartographique*.

ANNEXES

Annexe 1. Présentation des piscicultures

PISCICULTURE FAURE

La figure suivante présente la pisciculture Faure, les sources d'alimentation en eau et le sens d'écoulement de l'eau dans la pisciculture.

L'eau de la pisciculture provient de :

- **La résurgence de la nappe Bièvre Liers Valloire** dans le périmètre de la pisciculture. La nappe affleure au droit de deux bassins qui s'alimente l'un dans l'autre.
- **Trois forages :**
 - Le forage F01 : il est constitué de 2 pompes ayant une capacité de débit de 30 l/s chacune. L'une des deux pompes sert de pompe de secours ;
 - Le forage F02 : il est constitué de 4 pompes, dont une de secours. Chaque pompe présente une capacité de 30 l/s ;
 - Le forage F03 : il est constitué d'une pompe d'une capacité de 30 l/s.

◆ Alimentation de la pisciculture

Selon M. FAURE, la résurgence de la nappe peut fournir un débit de 100 à 150 l/s. Auparavant, les sources fournissaient 400 l/s, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui.

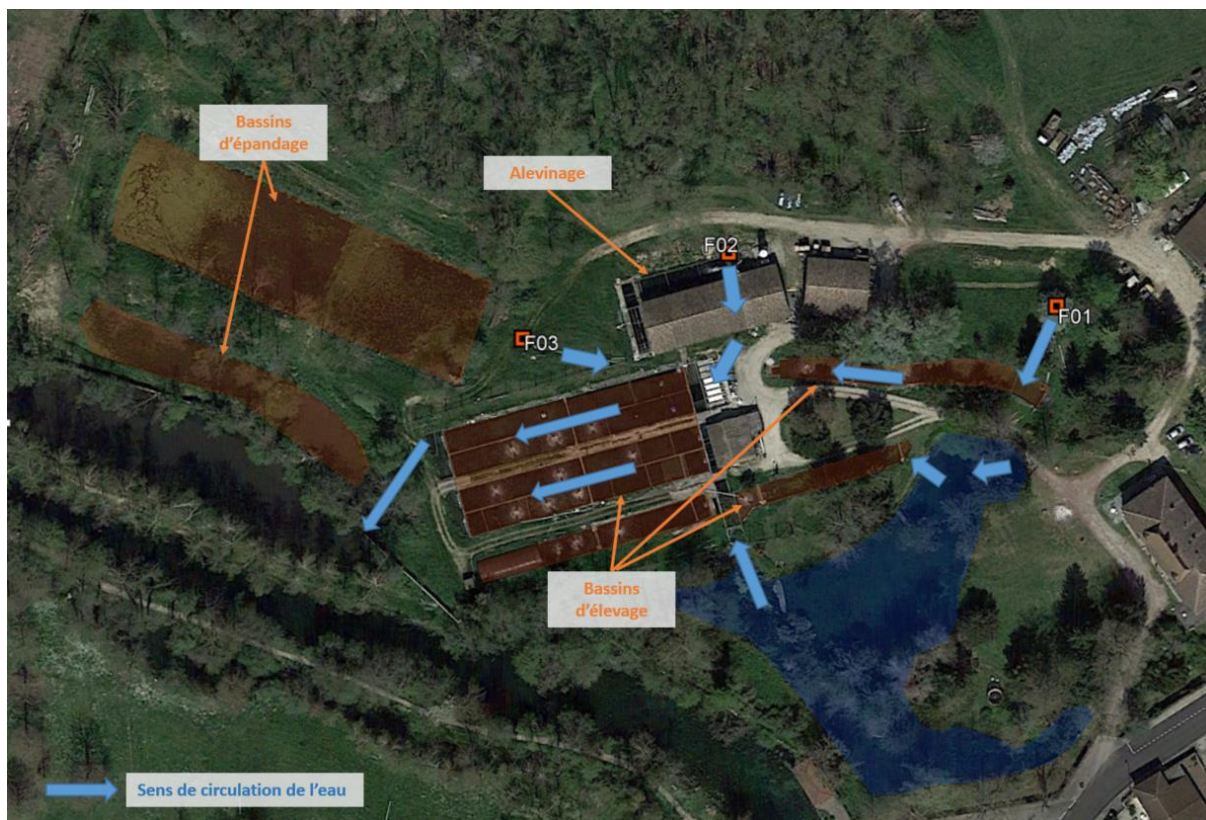
La figure suivante présente, de façon simplifiée, le sens d'écoulement de l'eau depuis les sources ou les forages vers les différents bassins.

Lorsqu'elles sont en eau, l'eau des sources est utilisée pour alimenter les bassins d'élevage. L'alimentation s'effectue au niveau de 2 entrées situées au sud des bassins d'élevage.

En complément, M. Faure fait appel à 3 forages dont la mise en route successive peut s'étaler dans le temps. Le forage F01 permet d'alimenter le bassin d'élevage situé au nord-est de la pisciculture. Il se compose de 2 pompes ayant chacune une capacité de 30 l/s. L'eau de ce bassin rejoint ensuite les bassins d'élevage situés à l'ouest. Le forage F02 permet d'alimenter l'alevinage. Il se compose de 3 pompes ayant une capacité de 30 l/s chacune. Ce forage est activé en permanence. L'eau est ensuite envoyée vers les bassins d'élevage à l'ouest de la pisciculture. Enfin, le forage F03 permet d'alimenter les bassins d'élevage à l'ouest de la pisciculture. Il se compose d'une pompe d'une capacité de 30 l/s.

A la sortie des bassins d'élevage, l'eau est filtrée avant de rejoindre le petit bassin des sources de Manthes. Les boues extraites avec le filtre sont déposés dans le bassin d'épandage situé au sud. Celui situé au nord n'est plus utilisé.

Figure A- 1 : Sources d'alimentation et écoulement de l'eau dans la pisciculture Faure



◆ Suivi des prélèvements

M. FAURE dispose de compteurs sur l'ensemble de ses pompes. Ils sont généralement relevés au 1^{er} janvier de chaque année.

M. FAURE transmettra les caractéristiques des forages et les chroniques de prélèvement des différentes pompes.

Il est possible d'équiper les ouvrages de prélèvements de capteurs de pression.

PISCICULTURE FONT ROME

La figure ci-après présente la pisciculture Font Rome et le sens d'écoulement de l'eau au sein et autour de la pisciculture.

La pisciculture Font Rome est alimentée uniquement à partir de prélèvements dans la nappe. Pour cela, elle dispose de 4 forages équipés d'une pompe ayant chacune une capacité de 200 l/s.

En accord avec le gestionnaire de la pisciculture, celui-ci transmettra les caractéristiques des forages et les chroniques de pompage associées.

Les forages 01 et 02 servent à l'alimentation en eau de l'alevinage. Le forage 02 est régulièrement utilisé tandis que le 01 sert comme pompage de secours. Après avoir circulé dans les bassins d'alevinage, l'eau est ensuite transférée vers les bassins d'élevage. Les forages 03 et 04 servent à alimenter les bassins d'élevage. La pisciculture Font Rome ayant une autorisation de prélèvement de 480 l/s, la pompe associée au forage F03 a été modifiée afin de prélever un débit inférieur à 200 l/s.

Après avoir traversé les bassins d'élevage, l'eau est filtrée. Elle rejoint ensuite un bassin qui alimente le réseau de canaux de la grande Veuze.

Figure A- 2 : Origine et écoulement de l'eau dans la pisciculture Font Rome



Notons que la pisciculture Font Rome est contournée au nord et au sud par un réseau de canaux de la Grande Veuze. Ces canaux n'alimentent pas la pisciculture.

Notons également que le bief Combet croise la Grande Veuze en surplomb. Au niveau du croisement, aucun échange n'a lieu entre les deux ruisseaux. D'après M. GUIBERT, le bief Combet est en eau lors d'évènement pluvieux importants. Autrement, il est à sec.

Il n'est pas possible d'équiper les ouvrages de prélèvements de capteurs de pression mais on dispose d'un point de suivi en champ proche. Il s'agit d'un piézomètre localisé dans l'enceinte de la pisciculture à la pointe Ouest du site. Les données sont récupérées par les Services du Département et bancarisées sous ADES.

PISCICULTURE CHARLES MURGAT

La Figure A-3 présente la pisciculture Charles MURGAT, le sens d'écoulement de l'eau et les sites de prélèvement sur les eaux de surface.

La pisciculture comprend un bâtiment dédié à l'alevinage (alevinage sur la figure ci-après) et deux bâtiments dédiés à l'élevage (bassins d'élevage 1 et 2 sur la figure ci-après).

La pisciculture est alimentée en eau à partir de :

- 3 sites de prélèvements des eaux de surfaces. Ce sont les sites 1, 2 et 3 sur la figure ci-après. Le site 4 permet d'alimenter le parcours de pêche par un prélèvement sur le bief de la Cour. Le jour de la visite, aucun prélèvement n'avait lieu au niveau de ce site ;
- 13 forages répartis sur le périmètre de la pisciculture. Tous les forages ne sont pas utilisés. Certains servent de forage de secours.

La localisation des forages n'apparaît pas sur la figure ci-après.

Lorsque le débit des sources est suffisant, M. MURGAT alimente la pisciculture avec les eaux de surface, excepté la partie alevinage qui est alimentée en permanence par un forage (ce débit sera précisé une fois que les caractéristiques des forages et pompages associés nous auront été transmises). Lorsque le débit des eaux de surface devient relativement faible, sans pour autant être nul, l'alimentation de la pisciculture est progressivement transférée depuis les eaux de surfaces vers les eaux souterraines. Pour cela, différents pompages sont activés. Cette mise en route pourrait donc accélérer la baisse des débits des eaux de surface. M. MURGAT indique que l'activation des pompages est effectuée lorsque le débit des eaux de surface n'est plus suffisant pour alimenter la pisciculture. De plus, M. MURGAT indique qu'en l'absence de pompage, le débit des eaux de surface s'amenuiserait naturellement pour devenir nul en quelques semaines.

◆ Écoulement de l'eau dans le périmètre de la pisciculture

Alevinage

Lorsque les sources sont en eau, les bassins d'alevinage peuvent être alimentés par prélèvement des eaux de surface au droit du site de prélèvement 1 sur la carte ci-après. L'eau provient des résurgences à proximité du bâtiment. Une partie de l'eau des sources du lavoir peut également pénétrer le périmètre de la pisciculture et participer à l'alimentation de l'alevinage.

Si le débit des eaux de surface est insuffisant, les bassins d'alevinage sont alimentés par différents forage situés à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment.

Dans le bâtiment d'alevinage, l'eau transite à travers les différents bassins. A la sortie du bâtiment, une partie de l'eau est filtrée pour être rejetée dans l'Oron. Une autre partie est conduite vers un second filtre (rectangle gris sur la carte) pour être réutilisée.

Bassins d'élevage

Lorsqu'ils sont alimentés en eau de surface, l'eau qui sert à l'alimentation des bassins d'élevage a plusieurs origines. Ce sont :

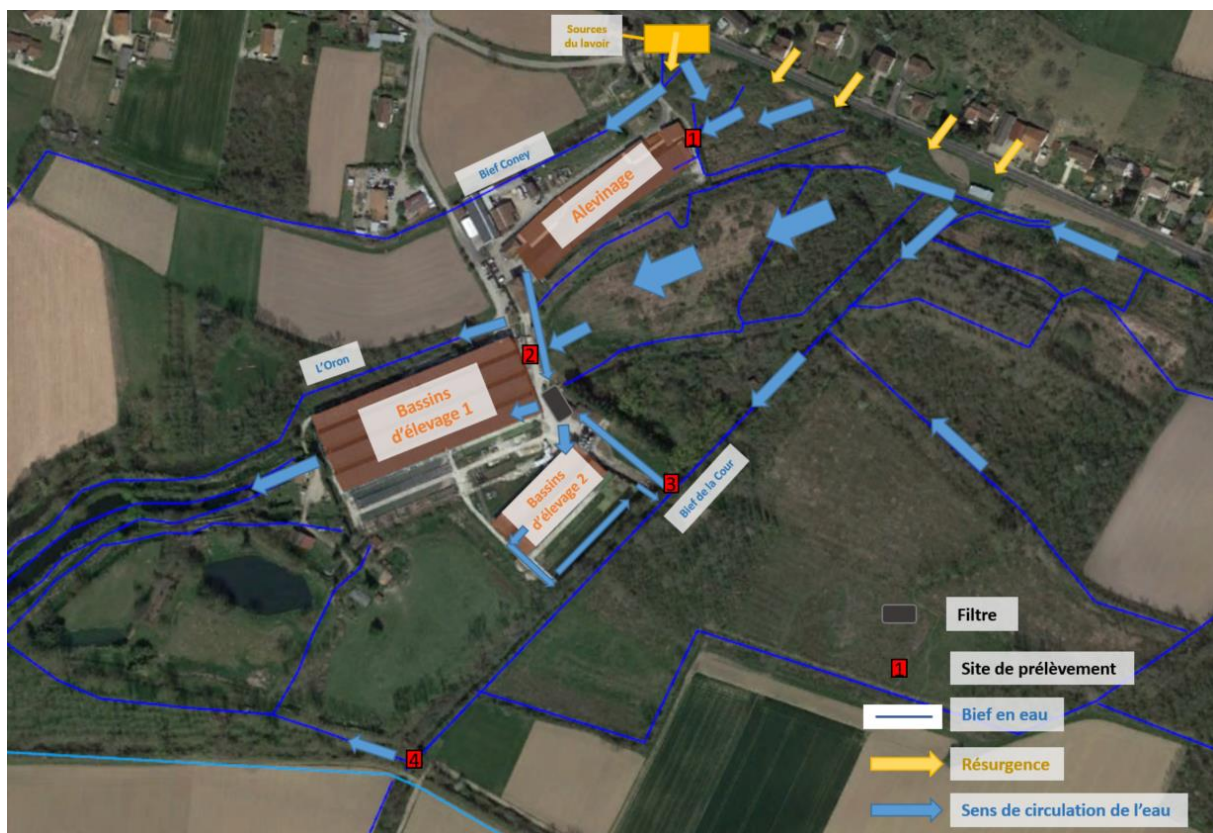
- Les prélèvements au niveau du site 2.
L'eau provient des résurgences situées à proximité de la pisciculture ainsi que des apports du canal principal (voir section précédente).
Comme pour les eaux d'alevinage, l'eau prélevée est conduite vers le filtre représenté par un rectangle gris sur la carte avant de desservir les bassins d'élevage ;

- Les prélèvements sur le bief de la Cour (site 3).
Ici encore, l'eau est filtrée avant d'alimenter les bassins d'élevage.
- Une part des eaux issues des bassins d'alevinage.

Selon les bassins d'élevage, les exutoires diffèrent :

- Pour le bassin d'élevage 1 : après avoir parcouru l'ensemble des bassins d'élevage, l'eau est filtrée avant d'être rejetée dans le parcours de pêche situé à l'ouest du bâtiment d'élevage. L'eau du parcours de pêche rejoint ensuite la Raille ;
- Pour le bassin d'élevage 2 : après avoir parcouru l'ensemble des bassins d'élevage, l'eau s'écoule dans une rigole qui longe le bâtiment d'élevage, est filtrée puis est rejetée dans le bief de la Cour.

Figure A- 3 : Pisciculture Charles MURGAT, sites de prélèvement et sens d'écoulement de l'eau

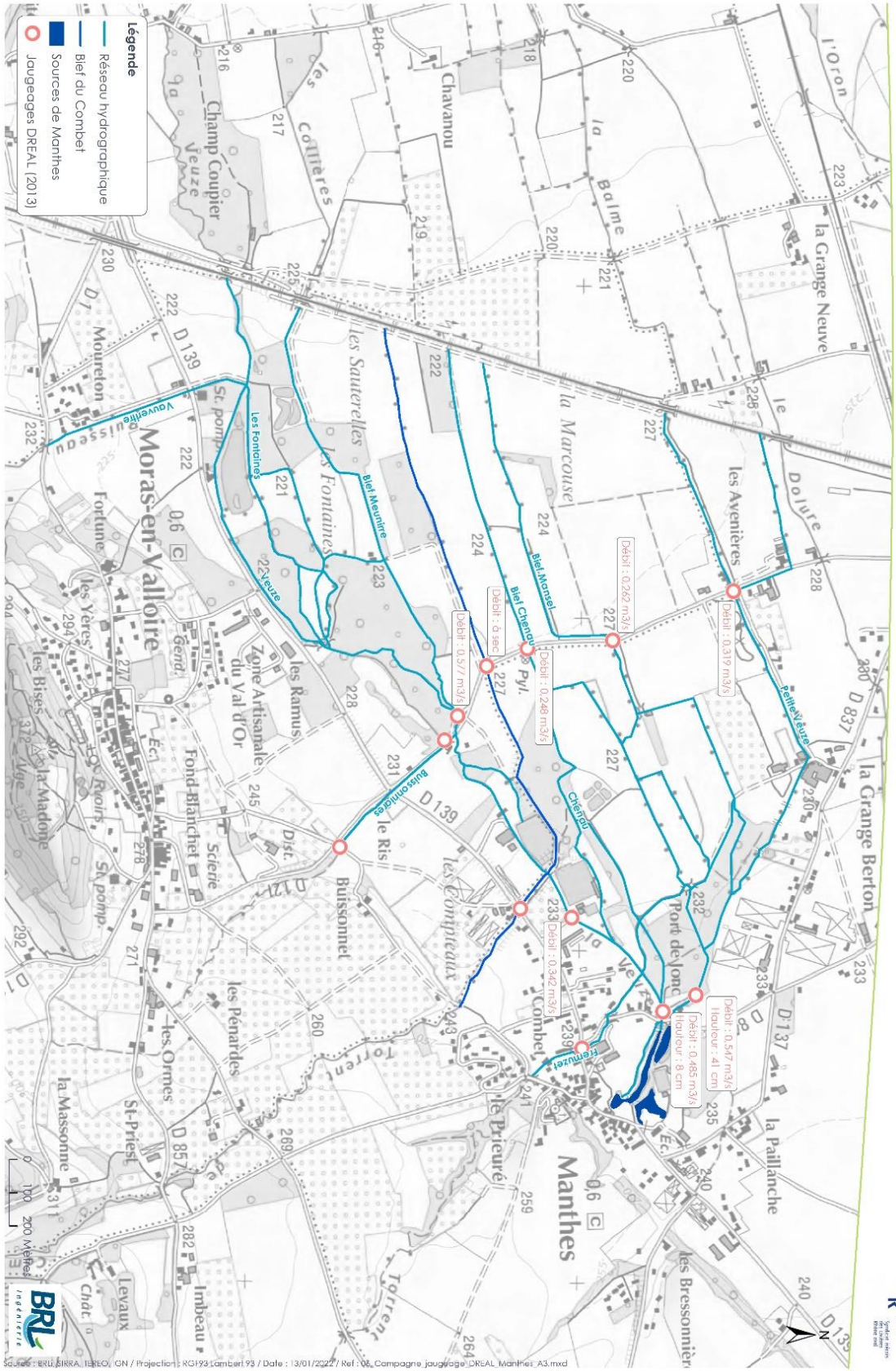


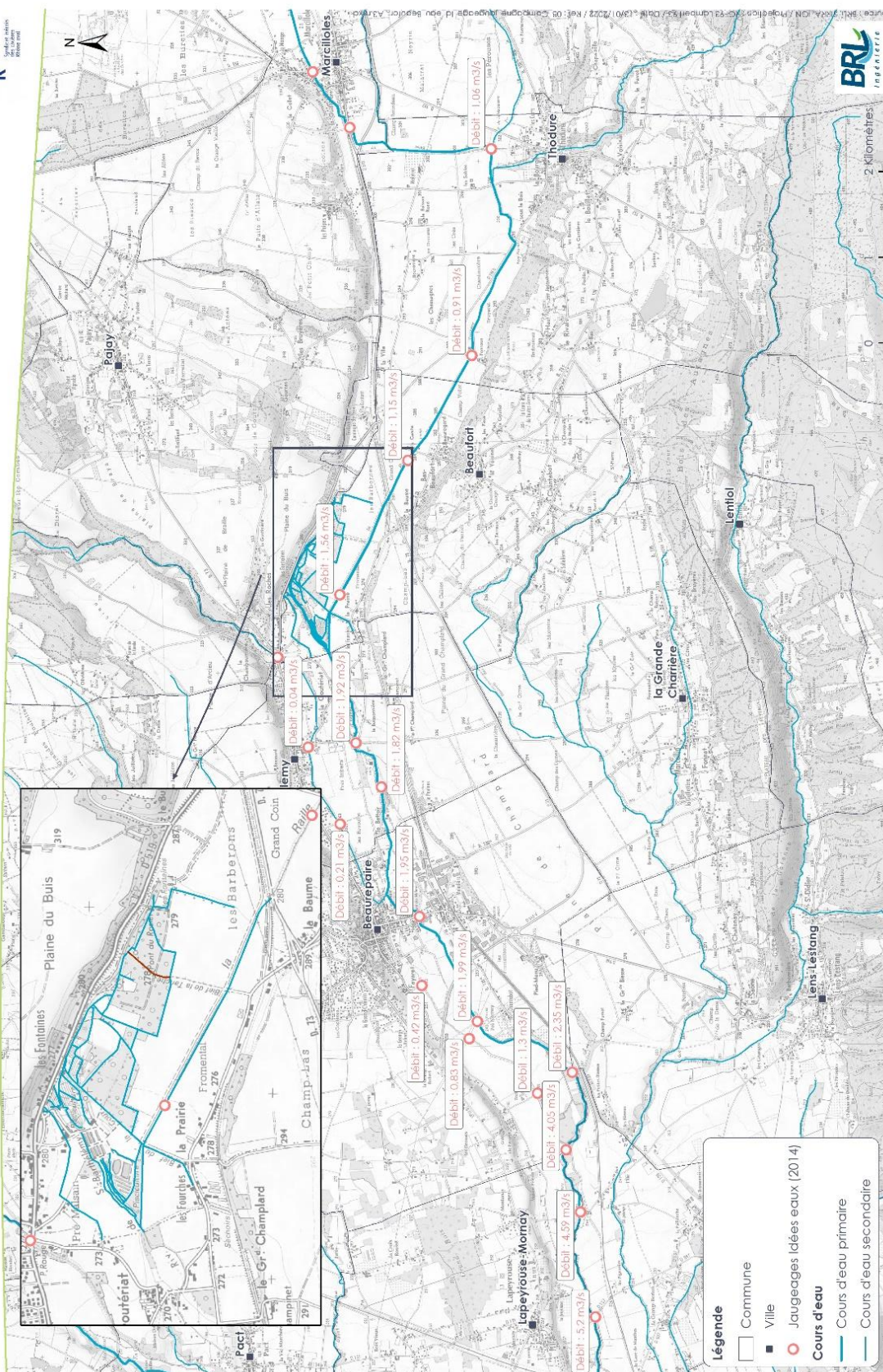
Les systèmes de pompage en place sont équipés de capteurs permettant une mesure en continu et télétransmise des débits prélevés et des niveaux d'eau dans les ouvrages de production. M. MURGAT s'est dit favorable au partage de ces données.

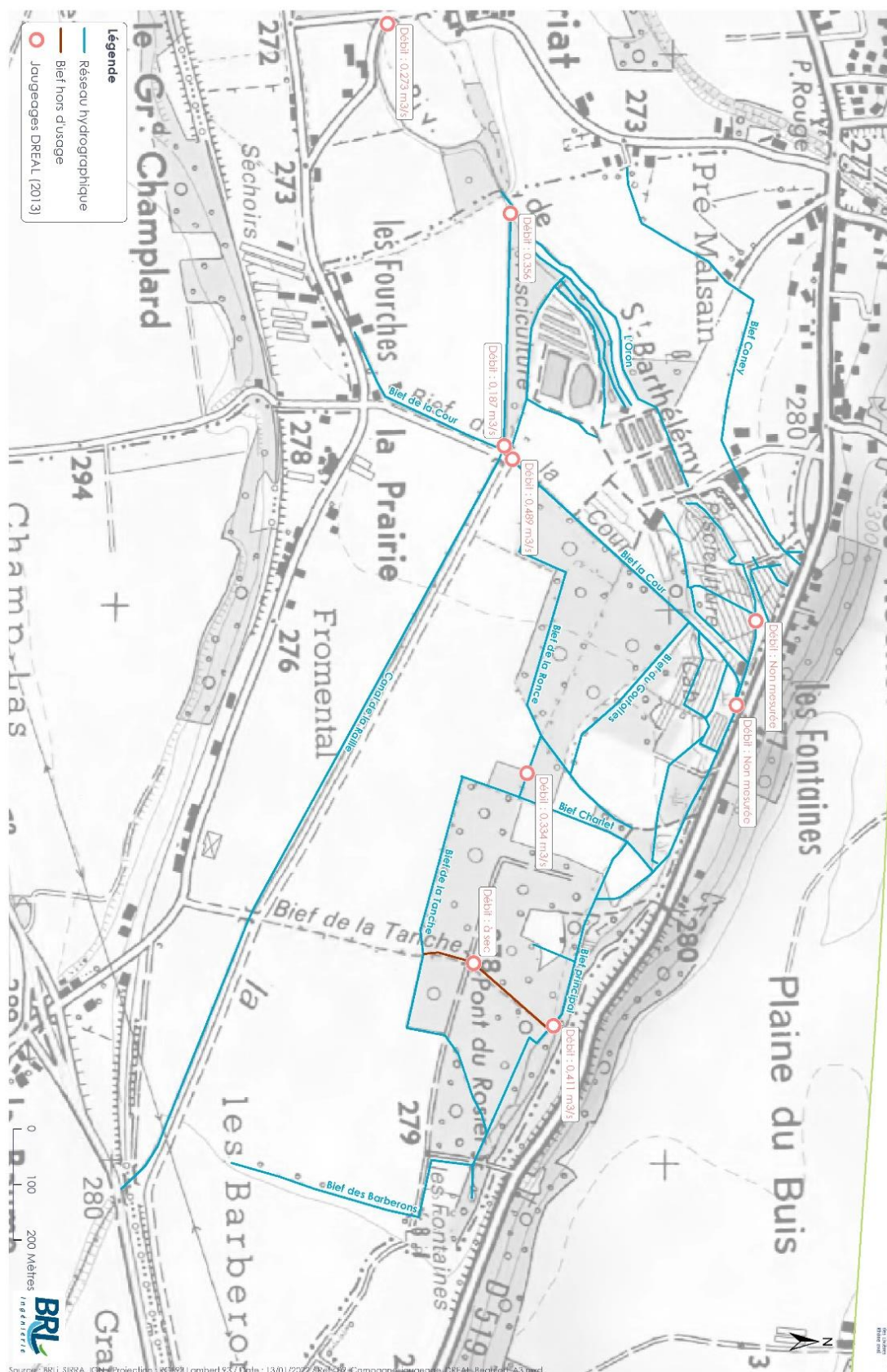


Protocole de suivi quantitatif des sources
de Manthes et de Beaufort

Mesures de débit réalisées par la DREAL en septembre 2013







Annexe 3. Comptes rendus des campagnes de terrain

93

DÉFINITION DU PROTOCOLE DE SUIVI QUANTITATIF DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT

Compte-rendu de la 1ère campagne de terrain



V1 – Avril 2022

	BRL ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5
	Hydrofis

Date du document	Avril 2022
Contact	Sébastien CHAZOT – Sebastien.Chazot@brl.fr

Titre du document	Définition du protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort. Compte-rendu de la 1ere campagne de terrain
Référence du document :	
Indice :	V1

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
			Thomas LEGAY (BRLi), Pascal FENART (HYDROFIS), Romain DIGAUD (BRLi)	Sébastien CHAZOT (BRLi)

DÉFINITION DU PROTOCOLE DE SUIVI QUANTITATIF DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT

Compte-rendu de la 1ère campagne de terrain

1	CONDITIONS DE RÉALISATION	1
2	RÉSULTATS PAR SITE	2
2.1	ENS BEAUFORT.....	2
2.1.1	Mesures piézométriques.....	2
2.1.2	Mesures de débit	5
2.1.3	Mesures de conductivité le long de la Raille	9
2.2	SOURCES DE MANTHES.....	11
2.2.1	Mesures piézométriques.....	11
2.2.2	Mesures de débit	13
3	ESTIMATION DES INCERTITUDES ASSOCIÉES AUX JAUGEAGES	17
3.1	MESURES ADCP.....	17
3.2	MESURES AU COURANTOMÈTRE.....	18

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Mesures de la profondeur du toit de la nappe au niveau des puits, forages et piézomètres autour de l'ENS Beaufort (en mNGF).....	4
Figure 2-2 : Mesures de débit au niveau de l'ENS Beaufort.....	7
Figure 2-3 : Synthèse des écoulements au niveau de la source du Lavoir.....	8
Figure 2-4 : Mesure de pH, conductivité et température le long de la Raille - mars 2022	10
Figure 2-5 : Mesures de la profondeur du toit de la nappe au niveau des puits, forages et piézomètres autour des sources de Manthes (en mNGF)	12
Figure 2-6 : Mesures de débit au niveau des sources de Manthes	15
Figure 2-7 : Ruisseau amont (à gauche) et apport d'une buse au ruisseau (droite)	16
Figure 2-8 : Rejet du lagunage de Manthes (à gauche) et de Moras (à droite)	16

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Dates auxquelles ont été réalisées les mesures sur chacun des sites	1
Tableau 1-2 : Cumul de pluie journalier du 28 au 31 mars 2022 à Beaufort.....	1
Tableau 2-1 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits de l'ENS Beaufort.....	3
Tableau 2-2 : Mesure de débit au niveau de l'ENS Beaufort.....	6
Tableau 2-3 : pH, conductivité et température mesurés le long de la Raille	9
Tableau 2-4 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits des sources de Manthes	11
Tableau 2-5 : Mesures de débit, pH, conductivité et température au niveau des sources de Manthes	14



1 CONDITIONS DE RÉALISATION

PLANNING DE LA CAMPAGNE

La campagne de terrain s'est tenue du 28 au 31 mars 2022. Le tableau suivant présente les dates auxquelles ont été réalisées les mesures pour chaque site.

Tableau 1-1 : Dates auxquelles ont été réalisées les mesures sur chacun des sites

Date	Activité
Lundi 28 mars	Mesure des piézomètres au niveau de l'ENS Beaufort
Mardi 29 mars	Mesures de débit au niveau de l'ENS Beaufort
Mercredi 30 mars	Mesures de débit au droit et en aval des sources de Manthes
Jeudi 31 mars	Mesure des piézomètres au niveau des sources de Manthes

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

La météo a été légèrement pluvieuse durant la campagne. Le tableau suivant présente les cumuls de pluie journaliers au niveau de Beaufort. Ces cumuls sont relativement faibles et devraient peu influencer les résultats.

Tableau 1-2 : Cumul de pluie journalier du 28 au 31 mars 2022 à Beaufort

Date	Pluie (mm)
Lundi 28 mars	0
Mardi 29 mars	0,6
Mercredi 30 mars	1,2
Jeudi 31 mars	2,6

Source : <https://www.meteociel.fr/> consulté le 01/04/2022



2 RÉSULTATS PAR SITE

Nous présentons ci-après les résultats site par site.

Nous présentons dans un premier temps les résultats des mesures, à savoir : débit mesuré, hauteur de nappe mesurée, pH, conductivité et température.

En ce qui concerne les mesures de débit, nous indiquons ci-après l'incertitude associée. Pour les mesures au courantomètre, deux valeurs sont indiquées. Ces valeurs d'incertitudes sont calculées avec les méthodes ISO 748 et Q+. Pour les mesures effectuées avec l'ADCP, une seule valeur d'incertitude est calculée par application de la méthode d'évaluation de l'incertitude par l'analyse statistique de séries d'observations. La section 3 du présent compte-rendu fournit des détails sur ces méthodes.

Les résultats des mesures sont suivis d'observations faites sur le terrain.

2.1 ENS BEAUFORT

2.1.1 Mesures piézométriques

Le tableau suivant présente les mesures réalisées au niveau des piézomètres. Les résultats sont également présentés sur la Figure 2-1.



Tableau 2-1 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits de l'ENS Beaufort

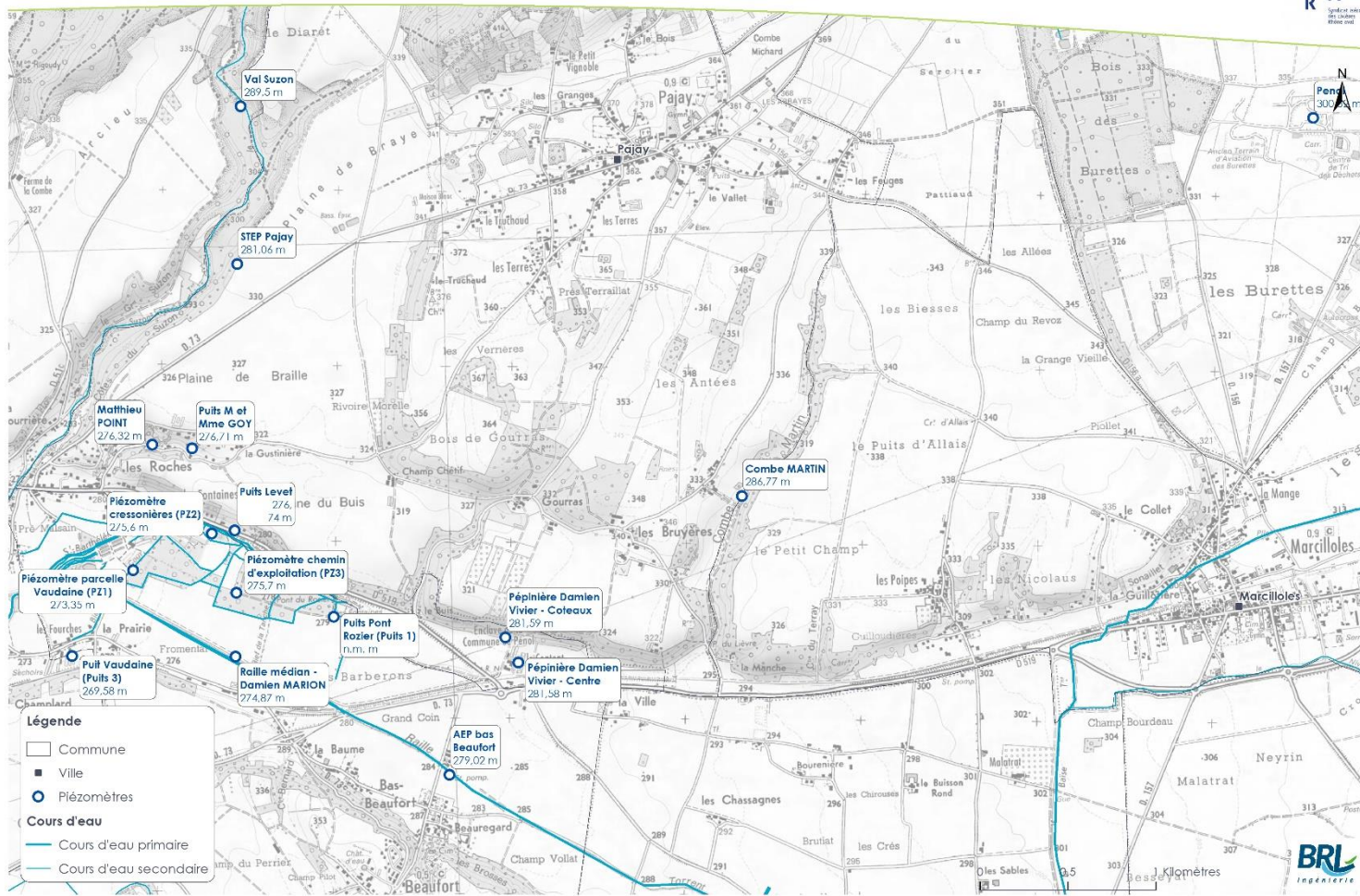
Site	Date	Profondeur (m)	Altitude de référence (mNGF)	Hauteur nappe (mNGF)	pH	Conductivité	Température
AEP bas Beaufort	28/03/2022	3,96	282,98	279,02	7,02	769	12,23
Matthieu POINT	28/03/2022	15,64	291,96	276,32	n.m.	n.m.	n.m.
Puits M et Mme GOY	28/03/2022	22,73	299,44	276,71	n.m.	n.m.	n.m.
STEP Pajay	28/03/2022	49,05	330,11	281,06	n.m.	n.m.	n.m.
Combe MARTIN	28/03/2022	23,7	310,47	286,77	n.m.	n.m.	n.m.
Piézomètre parcelle Vaudaine (PZ1)	28/03/2022	1,94	275,29	273,35	7,21	641	7,21
Piézomètre cressonières (PZ2)	28/03/2022	0,4	276	275,60	7,32	645	17,13
Piézomètre chemin d'exploitation (PZ3)	28/03/2022	1,24	276,94	275,70	7,2	639	11,53
Puit Vaudaine (Puits 3)	28/03/2022	3,3	272,88	269,58	7,16	635	11,75
Puits Levet	28/03/2022	1,58	278,32	276,74	6,26	651	112,06
Raille médian - Damien MARION	28/03/2022	3,3	278,171	274,87	n.m.	n.m.	n.m.
Val Suzon	28/03/2022	n.d.	n.d.	289,50	n.d.	n.d.	n.d.
Penol	28/03/2022	n.d.	n.d.	300,52	n.d.	n.d.	n.d.
Pépinière Damien Vivier - Coteaux	29/03/2022	6,15	287,74	281,59	n.m.	n.m.	n.m.
Pépinière Damien Vivier - Centre	29/03/2022	4,9	286,48	281,58	n.m.	n.m.	n.m.



Figure 2-1 : Mesures de la profondeur du toit de la nappe au niveau des puits, forages et piézomètres autour de l'ENS Beaufort (en mNGF)

Protocole de suivi quantitatif des sources
de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Beauforts - Piézomètres (Mars 2022)





COMMENTAIRES

Notons que le pH, la conductivité et la température n'ont pu être mesurés pour de nombreux piézomètres et puits. Ceci s'explique par la profondeur importante du toit de la nappe.

Le niveau de la nappe au niveau du puits au Pont Rozier (Puits 1) n'a pu être mesuré car le puits n'a pu être ouvert.

2.1.2 Mesures de débit

Le tableau suivant présente les débits mesurés au niveau des différents sites.



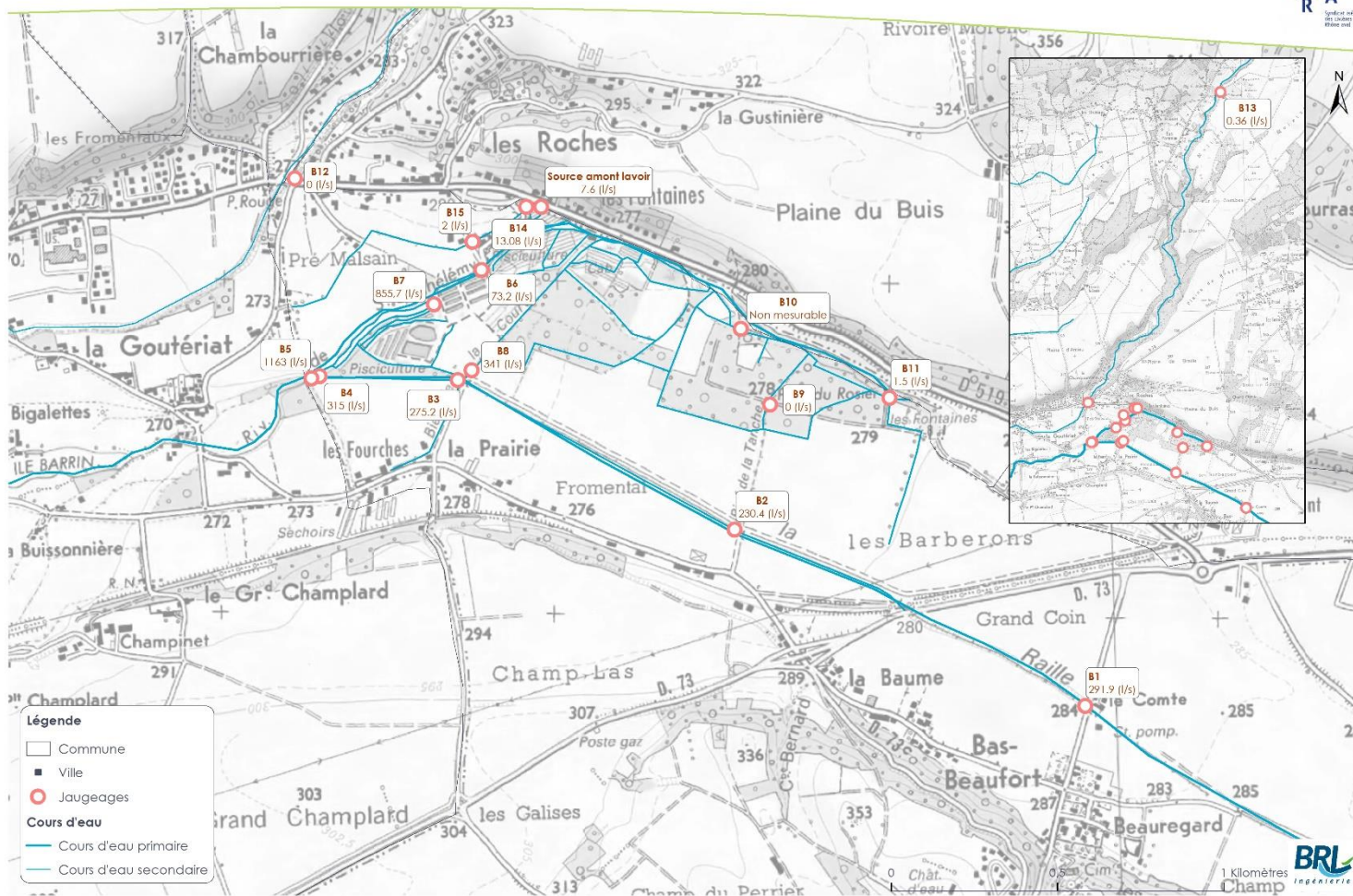
Tableau 2-2 : Mesure de débit au niveau de l'ENS Beaufort

Site	Q total (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité	Température
Raille amont ENS - B1	292	9%	7%	8,8	396	11,9
Raille médian ENS et forage - B2	230	9%	6%	8,8	424	11,8
Raille amont exutoire pisciculture - B3	275	8%	6%	8,8	406	11,6
Raille aval exutoire pisciculture - B4	315			8,7	415	11,7
Saint Barthelemy amont raille - B5	1 163			7,5	599	12,8
Exutoire pisciculture Saint Barthelemy - B6	73	12%	10%	7,5	579	12,2
Exutoire pisciculture - B7	856	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Aval canal de la Cour - B8	341			7,7	637	13,2
Bief de la Tanche - B9	0	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Bief principal aval zone de résurgence amont - B10	Non mesurable	n.m.	n.m.	7,4	640	12,6
Bief principal amont résurgence amont - B11	<2	29%	28%	7,2	630	12,2
Suzon aval - B12	0	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
Suzon amont - B13	<1	42%	41%	8	468	7,8
Lavoir amont pisciculture - B14	13	25%	23%	7,3	767	12,3
Sources amont lavoir	8	27%	27%	7,3	569	12,2
Lavoir aval pisciculture - B15	2	40%	40%	7,4	573	12,6

Figure 2-2 : Mesures de débit au niveau de l'ENS Beaufort

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Beaufort - Jaugeages (Mars 2022)





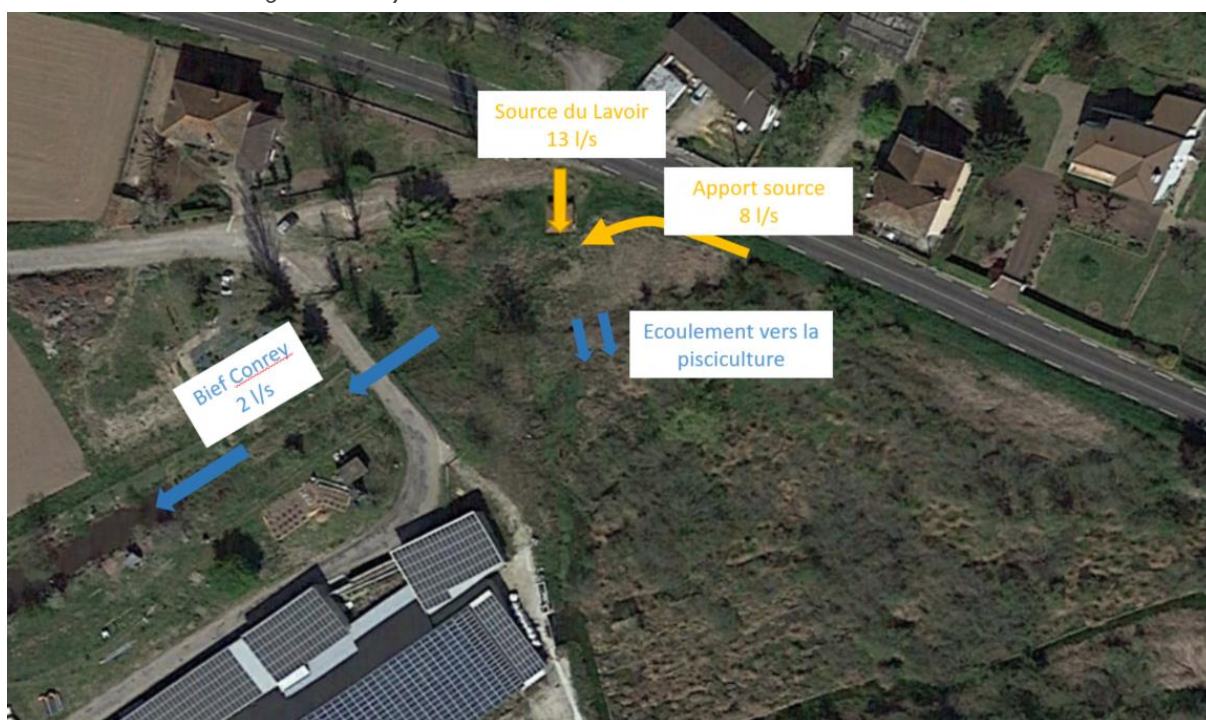
COMMENTAIRES

Une mesure de débit a été effectuée dans l'enceinte de la pisciculture Charles MURGAT. Pour des raisons sanitaires, nous avons limité l'usage de nos appareils de mesure à celui du courantomètre. Pour cette raison, le pH, la conductivité et la température n'ont pas été mesurés.

Au niveau du site « Bief principal aval zone de résurgence amont - B10 », l'eau s'étend sur une trop grande superficie et n'est pas canalisée. Pour cette raison, le débit n'a pu être mesuré. Soulignons que le débit au niveau de ce site semblait bien plus important que celui du site « Bief principal amont résurgence amont - B11 » situé en amont.

Le débit provenant de la source du lavoir a été mesuré (environ 13 l/s). En complément, une seconde source apporte de l'eau au nord-est du lavoir. Le débit de cette seconde source a également été mesuré (environ 7,6 l/s). Les sources apportent donc un débit total de 21 l/s. En aval, un débit de 2 l/s a été mesuré dans le bief Conrey. On en déduit donc qu'environ 19 l/s pénétreraient dans la pisciculture. De plus, d'après M. MURGAT, le bief Conrey est encombré sur sa partie aval, laissant s'écouler un très faible débit.

Figure 2-3 : Synthèse des écoulements au niveau de la source du Lavoir



2.1.3 Mesures de conductivité le long de la Raille

Plusieurs mesures de la conductivité ont été réalisées le long de la Raille. Le tableau et la carte suivants présentent les résultats obtenus.

Tableau 2-3 : pH, conductivité et température mesurés le long de la Raille

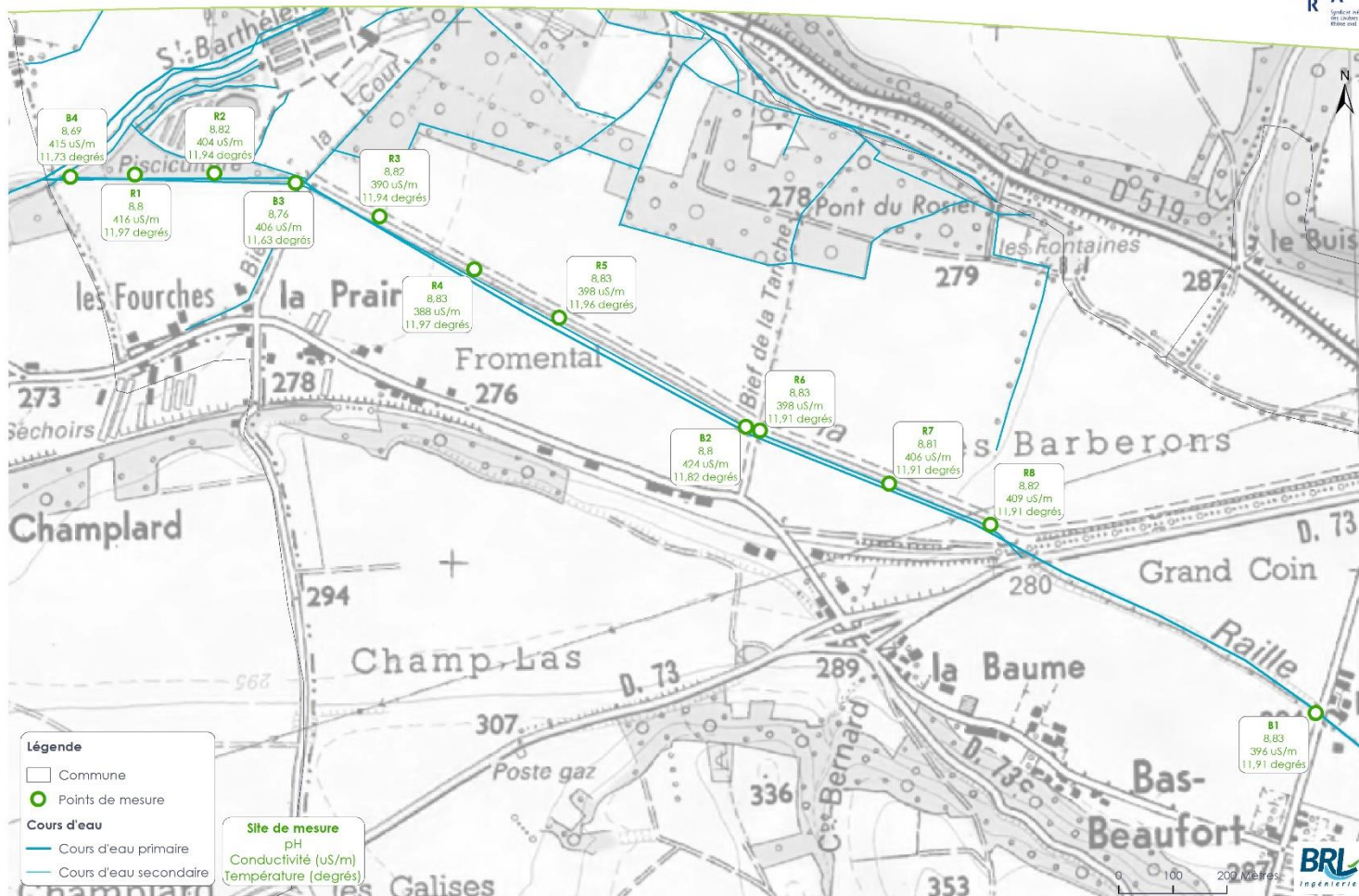
Site de mesure	pH	Conductivité	Température
R1	8,8	416	11,97
R2	8,82	404	11,94
R3	8,82	390	11,94
R4	8,83	388	11,97
R5	8,83	398	11,96
R6	8,83	398	11,91
R7	8,81	406	11,91
R8	8,82	409	11,91
Raille amont ENS - B1	8,83	396	11,91
Raille médian ENS et forage - B2	8,8	424	11,82
Raille amont exutoire pisciculture - B3	8,76	406	11,63
Raille aval exutoire pisciculture - B4	8,69	415	11,73



Figure 2-4 : Mesure de pH, conductivité et température le long de la Raille - mars 2022

Protocole de suivi quantitatif des sources
de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Beaufort - Mesure de la Raille (Mars 2022)



2.2 SOURCES DE MANTHES

2.2.1 Mesures piézométriques

Le tableau suivant présente les mesures réalisées au niveau des piézomètres. Les résultats sont également présentés sur la Figure 2-5.

Tableau 2-4 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits des sources de Manthes

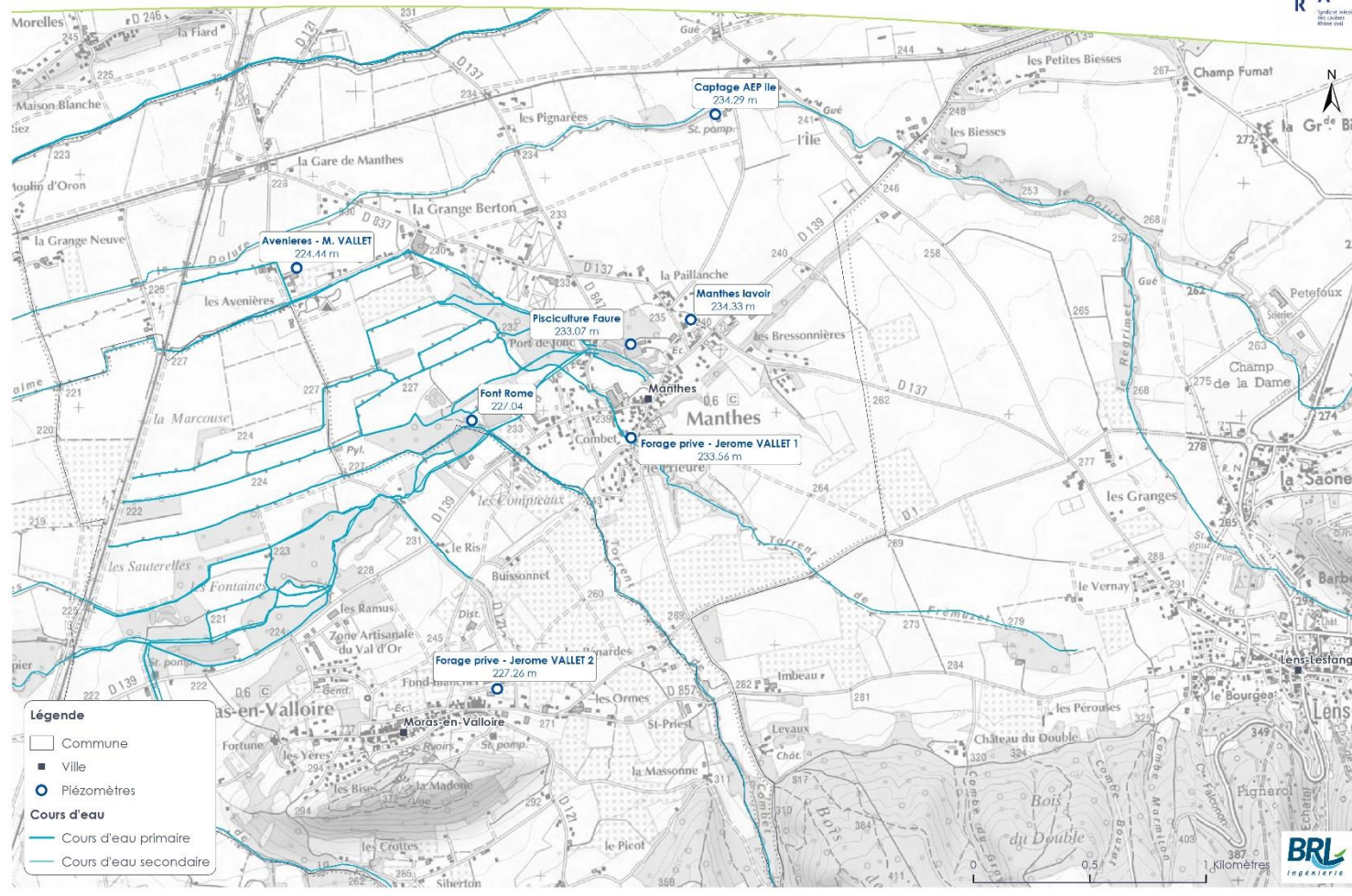
Site	Date	Profondeur (m)	Altitude (mNGF)	Hauteur nappe (mNGF)
Captage AEP ile	31/03/2022	6,96	241,247	234,29
Manthes LAVOIR	31/03/2022	n.m.	n.d.	234,33
Pisciculture FAURE	31/03/2022	1,44 m par rapport à la barre métallique bleue 0,50 m par rapport au rebord en béton	233,57	233,07
Forage Jérôme Vallet 1	31/03/2022	6,74	240,30	233,56
Forage Jérôme Vallet 2	31/03/2022	4,4	231,66	227,26
Font ROME	31/03/2022	n.m.	n.d.	227,04
Avenièrès	31/03/2022	4,62	229,06	224,44

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort



S
I
R
A

Seit fast 100
Jahren ist der SAC
das Zentrum der
Alpenvereine in der
Schweiz.





2.2.2 Mesures de débit

Le tableau suivant présente les débits mesurés au niveau des différents sites.



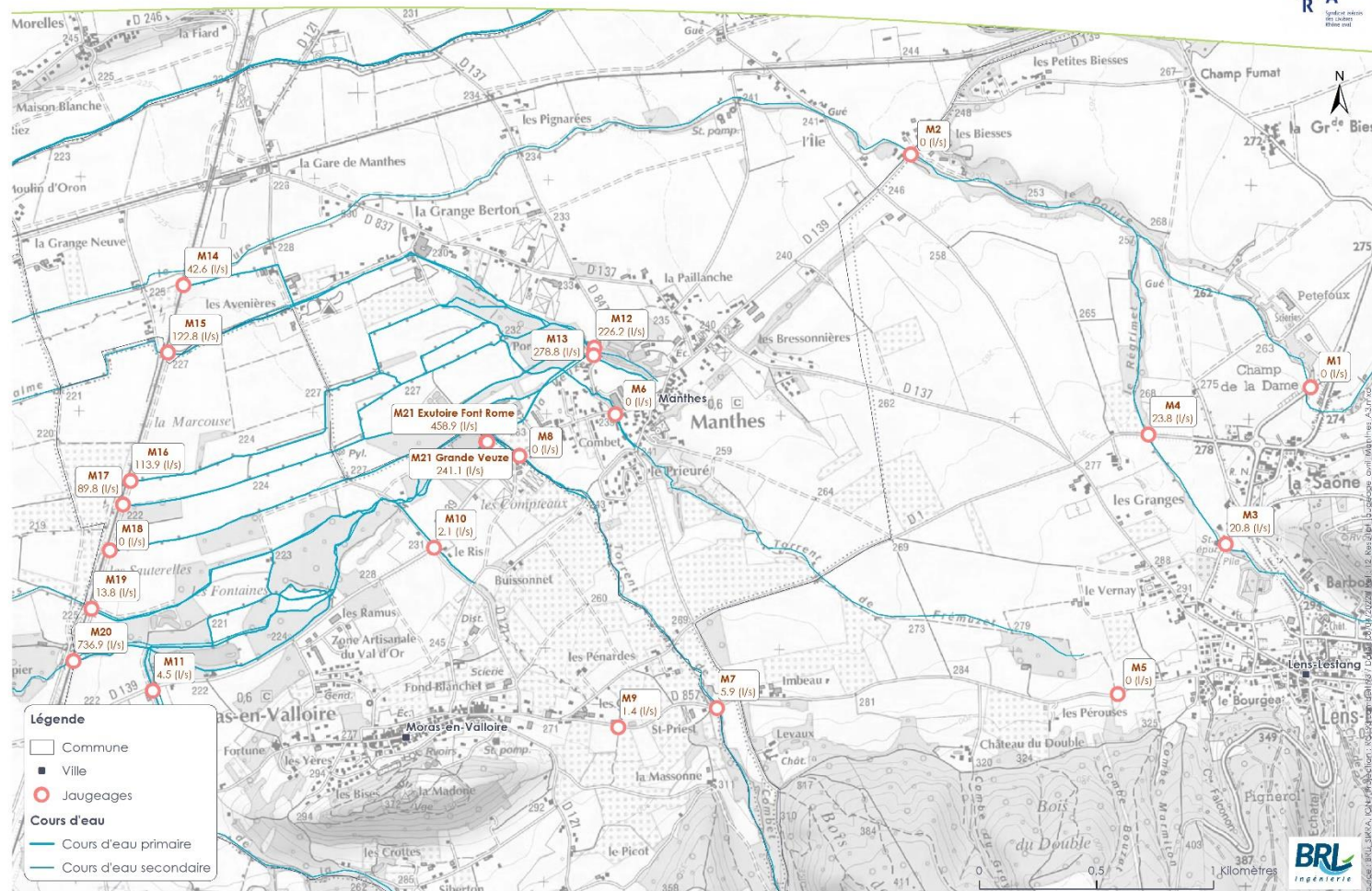
Tableau 2-5 : Mesures de débit, pH, conductivité et température au niveau des sources de Manthes

Site	Q total (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité	Température
Dolure amont - M1	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dolure aval - M2	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Regrimet amont - M3	21	13%	10%	8,3	438	9,4
Regrimet median - M4	24	17%	15%	8,5	478	10,1
Fremuzet amont - M5	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fremuzet aval - M6	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Combet amont - M7	6	27%	25%	8,3	480	9,94
Combet médian - M8	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ruisseau amont - M9	<2			8,1	601	12,1
Ruisseau aval - M10	2	23%	20%	8,3	692	11,6
Vauveriere - M11	4,5	20%	17%	8,3	475	12,6
Petite Veuze - M12	226	n.d.	n.d.	7,5	654	12,2
Grande Veuze - M13	279	n.d.	n.d.	7,3	634	12,1
Exutoire 1 - M14	43	14%	11%	8	650	13,9
Exutoire 2 - M15	123	9%	7%	8,1	648	13,7
Exutoire 3 - M16	114	10%	7%	8,2	647	13,2
Exutoire 4 - M17	90	12%	9%	8,1	648	13,2
Combet exutoire - M18	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Exutoire 5 - M19	14	17%	14%	8,3	616	13,4
Exutoire 6 - M20	737	8%	5%	8	606	13,1
Jaugeage exutoire Font Rome - M21	459	9%	6%	7,7	612	12,5
Grande Veuze - M21	241	11%	8%	7,3	638	12,8

Figure 2-6 : Mesures de débit au niveau des sources de Manthes

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Manthes - Jaugeages (Mars 2022)





COMMENTAIRES

Au niveau du site « Ruisseau amont - M9 », le débit était trop faible (estimé inférieur à 1 l/s) pour être mesuré avec le courantomètre. De plus, une buse (voir photo ci-après) apportait un débit de 1 l/s.

Figure 2-7 : Ruisseau amont (à gauche) et apport d'une buse au ruisseau (droite)



Le réseau hydrographique en aval des sources de Manthes présente 2 rejets de lagunage :

- Le rejet du lagunage de Manthes :
- Le rejet du lagunage de Moras.

Le rejet de lagunage de Manthes a été mesuré. Le débit est de 0,5 l/s. Le rejet de lagunage de Moras était noyé et n'a pu être mesuré.

Figure 2-8 : Rejet du lagunage de Manthes (à gauche) et de Moras (à droite)



Dans la partie amont du réseau hydrographique, une éclosérie, gérée par l'AAPPMA prélève de l'eau sur la grande Veuze. Le jour des mesures, cette eau était intégralement transférée vers la petite Veuze. Le débit prélevé par l'éclosérie n'a pas été mesuré puisque le transfert n'impacte pas le bilan global.



3 ESTIMATION DES INCERTITUDES ASSOCIÉES AUX JAUGEAGES

3.1 MESURES ADCP

MÉTHODE DE CALCUL

Les mesures ADCP (Acoustic Doppler Current Profile, Profileur Acoustique à effet Doppler) présentent l'avantage d'être répétées : 4 à 8 transects sont réalisés pour chaque mesure de débit à l'ADCP pour une section et une date donnée.

Le nombre de transects est adapté en fonction des conditions de jaugeage. Le nombre est augmenté lorsque les mesures sont *a priori* plus incertaines et divergentes (conditions défavorables : contre-courants, vitesses faibles, algues...).

Avant de calculer l'incertitude, les mesures font l'objet d'une vérification préalable. Entre autres vérification, les valeurs aberrantes sont écartées. Pour cela, nous considérons qu'une valeur est aberrante si son écart à la moyenne est supérieur ou égal à 2 fois l'écart-type de l'ensemble des mesures.

Pour les mesures retenues, nous pouvons mettre en place une **méthode d'évaluation de l'incertitude par l'analyse statistique de séries d'observations** à partir de ces mesures multiples, tel que décrit dans le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM - JCGM 2008).

Nous présentons l'incertitude au niveau de confiance 95% dans ce document.

Le calcul opéré est le suivant :

$$1) \text{ Incertitude}_{calc} = \frac{\text{Ecart type (l'ensemble des mesures)}}{\sqrt{(\text{Nombre de mesures})}}$$

$$2) \text{ Incertitude}_{95\%} = \text{Incertitude}_{calc} \times \text{Coefficient_Student}$$

Avec le coefficient de Student variable suivant le nombre de mesures réalisées, suivant le tableau ci-après :

Nombre de mesures	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coefficient de Student pour un niveau de confiance de 95%	12.70	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.37	2.31	2.26



3.2 MESURES AU COURANTOMÈTRE

MÉTHODE DE CALCUL

L'estimation des incertitudes de mesures de débits au courantomètre est plus délicate, car elle ne peut se baser sur un calcul statistique de mesures multiples.

Nous suivons ci-après la méthode présentée par le Guide « **Contrôle des débits réglementaires, Onema, Cemagref, MEDD, 2011** », qui se réfère à la norme ISO748.

Cette méthode de calcul est une **approche analytique**, appelée « **Type B** » par le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM - JCGM 2008).

L'estimation de l'incertitude suivant cette méthode procède comme suit :

$$u'_Q{}^2 = u'_s{}^2 + u'_m{}^2 + \frac{1}{m} \left[u'_b{}^2 + u'_h{}^2 + u'_p{}^2 + \frac{1}{n} (u'_c{}^2 + u'_e{}^2) \right]$$

Où :

- u'_Q : incertitude calculée
- u'_s : incertitude due aux erreurs systématiques (étalonnage) du courantomètre, et des instruments de mesure des largeurs et des profondeurs ;
- u'_m : incertitude due au nombre limité m de verticales (erreur d'intégration des profondeurs et vitesses sur la largeur) ;
- u'_b : incertitude due à la mesure des largeurs entre verticales ;
- u'_h : incertitude due à la mesure des tirants d'eau sur les verticales ;
- u'_p : incertitude due au nombre de points limité sur la verticale (erreur d'intégration des vitesses sur la hauteur d'eau) ;
- u'_c : incertitude due aux erreurs aléatoires du courantomètre ;
- u'_e : incertitude due au temps limité d'exposition du courantomètre (moyenne des fluctuations de vitesse).

L'incertitude élargie au niveau de confiance 95% est estimée selon : $U_{95\%} = 2 * u'_Q$

Les différentes composantes de l'incertitude citées ci-dessous sont estimées à partir de tables rappelées par le Guide de l'Onema, et prennent en compte, notamment, le nombre de verticales par section et la vitesse de l'écoulement.

Limites de l'approche déployée :

L'approche déployée ici présente plusieurs limites :

- Elle prend en compte le nombre de verticale, mais ne prend pas en compte la géométrie du lit de la section de jaugeage, ni l'hétérogénéité de la distribution de l'écoulement. Ainsi, il est possible qu'elle conduise à surestimer l'incertitude dans le cas d'un lit à géométrie régulière, ou à sous-estimer l'incertitude dans le cas d'un lit très irrégulier ;
- Le calcul des sous-composantes de l'incertitude se base sur des valeurs tabulées, estimées pour certaines conditions de jaugeage et certains matériels, dans le cadre de la norme NF EN ISO 748 (2007). Elles sont initialement prévues pour le cas de courantomètre mécanique, et non électromagnétique comme utilisé ici.



On peut ainsi retenir que :

- Les estimations d'incertitude issues de ce calcul sont à considérer avec prudence en absolu.
- Le calcul proposé ici est d'une autre nature que celui proposé pour l'ADCP, puisqu'il ne s'agit pas d'une approche statistique.
- Au-delà de ces limites, les valeurs d'incertitude estimées sont cohérentes avec la littérature disponible.
- Le Guide de l'Onema (2011) indique que les valeurs usuellement rencontrées pour l'incertitude de la mesure au courantomètre (à un niveau de confiance de 95%) sont de :
 - 7% dans de bonnes conditions de jaugeages ;
 - 15% dans des conditions défavorables.



www.brl.fr/brli

Société anonyme au capital de 3 183 349 euros
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19

BRL
Ingénierie

1105, avenue Pierre Mendès-France
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5
FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 66 84 81 11
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr

DÉFINITION DU PROTOCOLE DE SUIVI QUANTITATIF DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT

Compte-rendu de la 2nd campagne de terrain



V1 – Septembre 2022

	BRL ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5
	Hydrofis

Date du document	Septembre 2022
Contact	Sébastien CHAZOT – Sebastien.Chazot@brl.fr

Titre du document	Définition du protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort. Compte-rendu de la 2nd campagne de terrain
Référence du document :	
Indice :	V1

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
			Thomas LEGAY (BRLi), Pascal FENART (HYDROFIS), Romain DIGAUD (BRLi)	Sébastien CHAZOT (BRLi)

DÉFINITION DU PROTOCOLE DE SUIVI QUANTITATIF DES SOURCES DE MANTHES ET DE BEAUFORT

Compte-rendu de la 2nd campagne de terrain

1	CONDITIONS DE RÉALISATION	1
2	RÉSULTATS PAR SITE	2
2.1	ENS BEAUFORT.....	2
2.1.1	Mesures piézométriques.....	2
2.1.2	Mesures de débit	5
2.1.3	Mesures de conductivité le long de la Raille	10
2.2	SOURCES DE MANTHES.....	12
2.2.1	Mesures piézométriques.....	12
2.2.2	Mesures de débit	15
3	ESTIMATION DES INCERTITUDES ASSOCIÉES AUX JAUGEAGES	20

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Mesures de la profondeur du toit de la nappe au niveau des puits, forages et piézomètres autour de l'ENS Beaufort. Hauteurs indiquées en mNGF.	4
Figure 2-2 : Mesures de débit au niveau de l'ENS Beaufort.....	7
Figure 2-3 : Le Suzon au site B13.....	8
Figure 2-4 : Source du Lavoir à sec (en haut à gauche), exutoire des sources du lavoir à sec (en haut à droite et en bas à gauche)	9
Figure 2-5 : Sources amont au Pont Rozier à sec.....	9
Figure 2-6 : Mesures de pH, conductivité et température le long de la Raille - septembre.....	11
Figure 2-7 : Mesures de la profondeur du toit de la nappe au niveau des puits, forages et piézomètres autour des sources de Manthes. Hauteurs indiquées en mNGF.....	13
Figure 2-8 : Bassins alimentés par les eaux de la nappe dans l'enceinte de la pisciculture Faure. Photos prises le 23 septembre 2022	14
Figure 2-9 : Source du grand bassin (en haut à gauche), amont du grand bassin (en haut à droite), canal au sud du grand bassin (en bas à gauche et à droite).....	14
Figure 2-10 : Mesures de débit au niveau des sources de Manthes	17
Figure 2-11 : Ruisseau amont (à gauche) et apport d'une buse au ruisseau (droite)	18
Figure 2-12 : Grande Veuze au niveau des sources de Manthes.....	19

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Dates auxquelles ont été réalisées les mesures sur chacun des sites	1
Tableau 2-1 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits de l'ENS Beaufort.....	3
Tableau 2-2 : Mesure de débit au niveau de l'ENS Beaufort.....	6
Tableau 2-3 : pH, conductivité et température mesurés le long de la Raille	10
Tableau 2-4 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits autour des sources de Manthes.....	12
Tableau 2-5 : Mesures de débit, pH, conductivité et température au niveau des sources de Manthes	16



1 CONDITIONS DE RÉALISATION

PLANNING DE LA CAMPAGNE

La campagne de terrain s'est tenue du 20 au 23 septembre 2022. Le tableau suivant présente les dates auxquelles ont été réalisées les mesures pour chaque site.

Tableau 1-1 : Dates auxquelles ont été réalisées les mesures sur chacun des sites

Date	Activité
Mardi 20 septembre	Mesures de débit au droit et en aval des sources de Manthes
Mercredi 21 septembre	Mesures de débit au niveau de l'ENS Beaufort
Jeudi 22 septembre	Mesure des piézomètres au niveau de l'ENS Beaufort
Vendredi 23 septembre	Mesure des piézomètres au niveau des sources de Manthes

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Durant la campagne, le temps était ensoleillé. Aucun évènement pluvieux n'est survenu.



2 RÉSULTATS PAR SITE

Nous présentons ci-après les résultats site par site.

Nous présentons dans un premier temps les résultats des mesures, à savoir : débit mesuré, hauteur de nappe mesurée, pH, conductivité et température.

En ce qui concerne les mesures de débit, nous indiquons ci-après l'incertitude associée. Pour les mesures au courantomètre, deux valeurs sont indiquées. Ces valeurs d'incertitudes sont calculées avec les méthodes ISO 748 et Q+. La section 3 du présent compte-rendu fournit des détails sur ces méthodes.

Les résultats des mesures sont suivis d'observations faites sur le terrain.

2.1 ENS BEAUFORT

2.1.1 Mesures piézométriques

Le tableau suivant présente les mesures réalisées au niveau des piézomètres. Les résultats sont également présentés sur la Figure 2-1.



Tableau 2-1 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits de l'ENS Beaufort

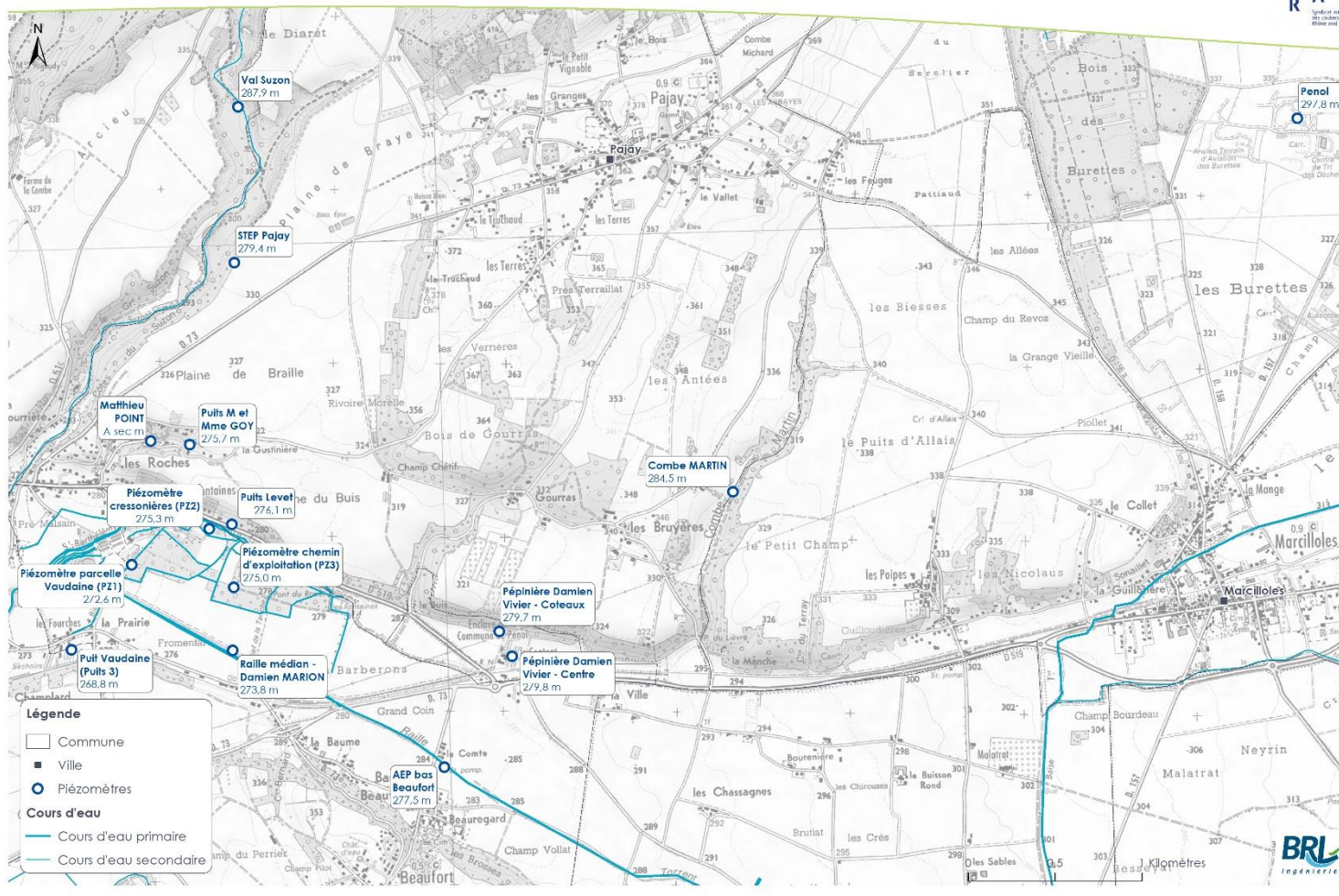
Site	Date	Profondeur (m)	Altitude de référence (mNGF)	Hauteur nappe (mNGF)	pH	Conductivité	Température
AEP bas Beaufort	22/09/2022	5,43	282,98	277,5	n.d.	n.d.	n.d.
Matthieu POINT	21/09/2022	A sec	291,96	A sec	n.d.	n.d.	n.d.
Puits M. et Mme. GOY	22/09/2022	23,74	299,44	275,7	n.d.	n.d.	n.d.
STEP Pajay	21/09/2022	50,76	330,11	279,4	n.d.	n.d.	n.d.
Combe MARTIN	22/09/2022	26,00	310,47	284,5	n.d.	n.d.	n.d.
Piézomètre parcelle Vaudaine (PZ1)	22/09/2022	2,69	275,29	272,6	7,38	665	12,92
Piézomètre cressonnières (PZ2)	21/09/2022	0,71	276	275,3	7,66	595	12,99
Piézomètre chemin d'exploitation (PZ3)	21/09/2022	1,95	276,94	275,0	7,37	662	13,88
Puit Vaudaine (Puits 3)	22/09/2022	4,05	272,88	268,8	n.d.	n.d.	n.d.
Puits Levet	21/09/2022	2,25	278,32	276,1	7,35	635	14,75
Raille médian - Damien MARION	22/09/2022	4,35	278,17	273,8	n.d.	n.d.	n.d.
Val Suzon	22/09/2022	n.d.	n.d.	287,9	n.d.	n.d.	n.d.
Penol	22/09/2022	n.d.	n.d.	297,8	n.d.	n.d.	n.d.
Pépinière Damien Vivier - Coteaux	22/09/2022	8	287,74	279,7	n.d.	n.d.	n.d.
Pépinière Damien Vivier - Centre	22/09/2022	6,65	286,48	279,8	n.d.	n.d.	n.d.



Figure 2-1 : Mesures de la profondeur du toit de la nappe au niveau des puits, forages et piézomètres autour de l'ENS Beaufort. Hauteurs indiquées en mNGF.

Protocole de suivi quantitatif des sources
de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Beauforts - Piézomètres (Septembre 2022)





COMMENTAIRES

Notons que le pH, la conductivité et la température n'ont pu être mesurés pour de nombreux piézomètres et puits. Ceci s'explique par la profondeur importante du toit de la nappe.

2.1.2 Mesures de débit

Le tableau suivant présente les débits mesurés au niveau des différents sites.



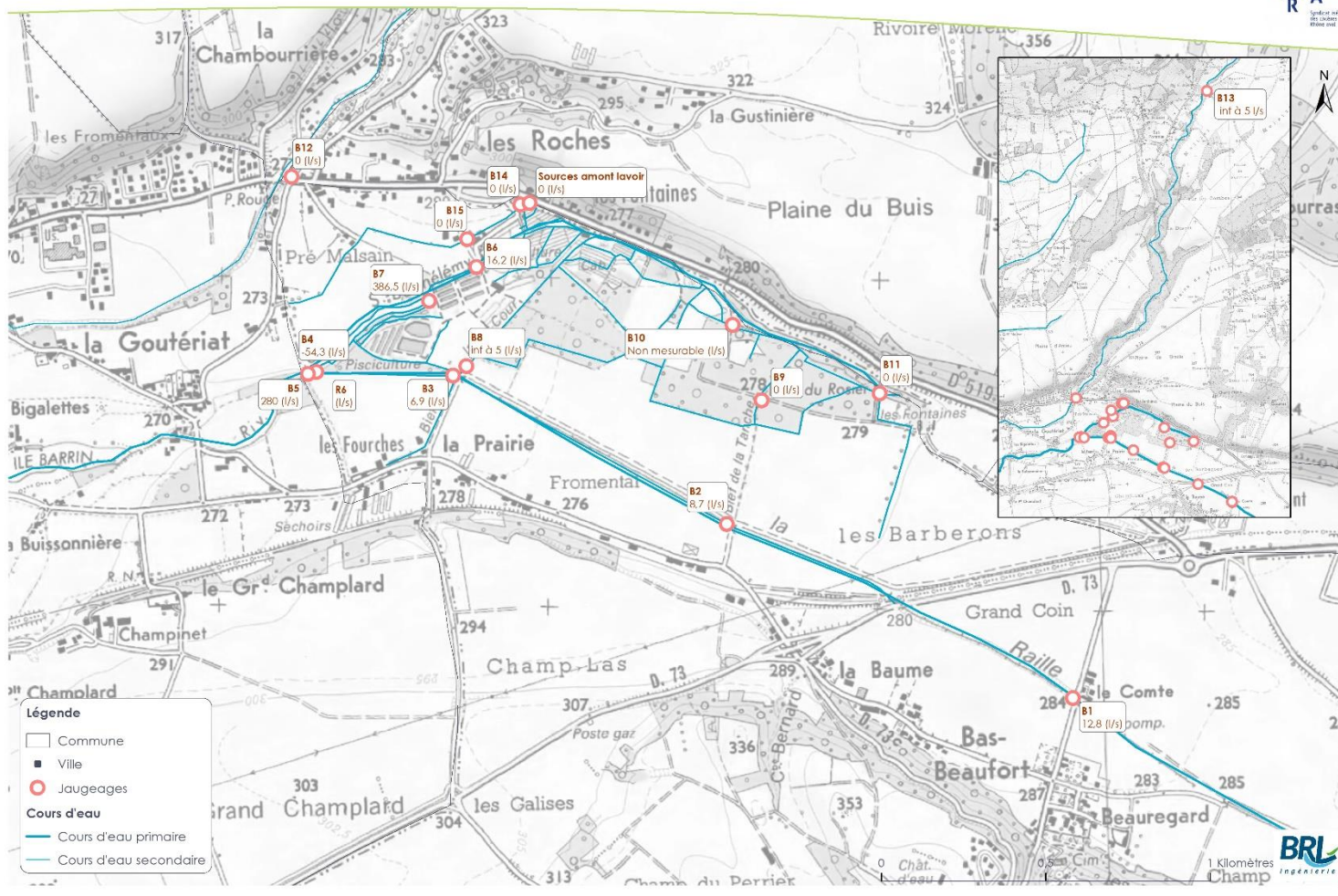
Tableau 2-2 : Mesure de débit au niveau de l'ENS Beaufort

Site	Q total (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité	Température
Raille amont ENS - B1	12,8	23%	23%	8,63	353	15,12
Raille médian ENS et forage - B2	8,7	23%	21%	8,57	373	14,06
Raille amont exutoire pisciculture - B3	6,9	26%	23%	8,39	437	12,54
Raille aval exutoire pisciculture - B4	-54,3	17%	16%	8	436	12,31
Saint Barthelemy amont raille - B5	280,0	12%	11%	7,55	609	12,65
Exutoire pisciculture Saint Barthelemy - B6	16,2	34%	33%	7,76	593	12,5
Exutoire pisciculture - B7	386,5	11%	n.d.	7,4	726	12,65
Aval canal de la Cour - B8	< 5	n.d.	n.d.	7,27	611	13,44
Bief de la Tanche - B9	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bief principal aval zone de résurgence amont - B10	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Bief principal amont résurgence amont - B11	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Suzon aval - B12	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Suzon amont - B13	< 5	n.d.	n.d.	8,21	619	11,19
Lavoir amont pisciculture - B14	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sources amont lavoir	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lavoir aval pisciculture - B15	0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Figure 2-2 : Mesures de débit au niveau de l'ENS Beaufort

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Beaufort - Jaugeages (Septembre 2022)





COMMENTAIRES

Débit de la Raille en aval de l'exutoire de la pisciculture - B4

Au niveau du site B4, le débit de la Raille est mesuré en amont de la confluence avec le Saint-Barthélemy. Le débit de la Raille mesuré est de -54 l/s (voir Tableau 2-2).

Les explications suivantes peuvent justifier la mesure négative :

- Le débit de la Raille diminue entre le site B1 (12,8 l/s) et le site B3 (6,9 l/s), ce qui peut se traduire par des infiltrations le long de la Raille ;
- A l'approche de la confluence avec le Saint-Barthélemy, le débit de la Raille est relativement faible (6,9 l/s au niveau de B3) en comparaison de celui du Saint-Barthélemy (280 l/s). Au niveau de la confluence, il est fort probable que l'eau du Saint-Barthélemy alimente la Raille, ce qui se traduit par un débit inversé dans la Raille.

Débit en aval canal de la Cour - B8

Le jour des mesures, un très faible débit s'écoulait dans le siphon. Une mesure de débit a été réalisée au courantmètre. Les très faibles vitesses de l'eau directement en amont du siphon n'ont pas permis d'effectuer une mesure fiable (débit mesuré : -22 l/s). Le débit a donc été estimé inférieur à 5l/s.

Suzon amont - B13

Le jour des mesures, un très faible débit s'écoulait dans le Suzon au droit du site B13. Une mesure de débit a été réalisée au courantmètre. Les très faibles vitesses de l'eau n'ont pas permis d'effectuer une mesure fiable (-5 l/s). Le débit a donc été estimé inférieur à 5l/s.

Figure 2-3 : Le Suzon au site B13



Lavoir amont pisciculture, sources amont lavoir et lavoir aval pisciculture

A la différence de la première campagne, les sites « Lavoir amont pisciculture – B14 », « sources amont Lavoir » et « Lavoir aval pisciculture – B15 » étaient à sec. Ceci témoigne du tarissement des sources provenant des Coteaux de Pajay. Les photos suivantes illustrent les observations de terrain.

Figure 2-4 : Source du Lavoir à sec (en haut à gauche), exutoire des sources du lavoir à sec (en haut à droite et en bas à gauche)



Bief principal amont résurgence amont - B11

Contrairement à la campagne de mars 2022, le site « Bief principal amont résurgence amont – B11 » était également à sec. La photo ci-dessous illustre cette observation.

Figure 2-5 : Sources amont au Pont Rozier à sec





2.1.3 Mesures de conductivité le long de la Raille

Plusieurs mesures de la conductivité ont été réalisées le long de la Raille. Le tableau et la carte suivants présentent les résultats obtenus.

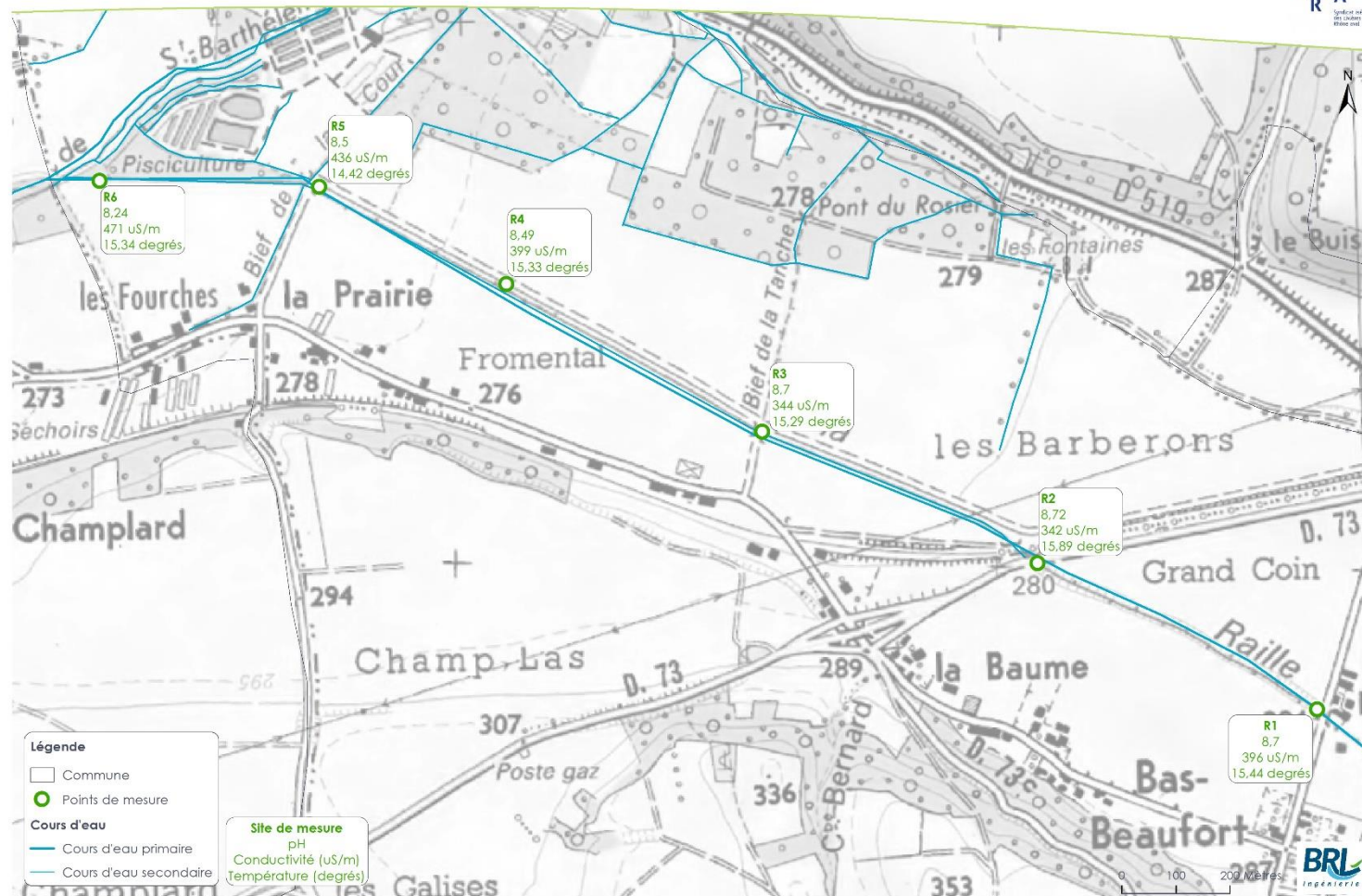
Tableau 2-3 : pH, conductivité et température mesurés le long de la Raille

Site de mesure	pH	Conductivité (μS/cm)	Température (°C)
R1	8,7	396	15,44
R2	8,72	342	15,89
R3	8,7	344	15,29
R4	8,49	399	15,33
R5	8,5	436	14,42
R6	8,24	471	15,34

Figure 2-6 : Mesures de pH, conductivité et température le long de la Raille - septembre

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Beaufort - Mesure de la Raille (Septembre 2022)





2.2 SOURCES DE MANTHES

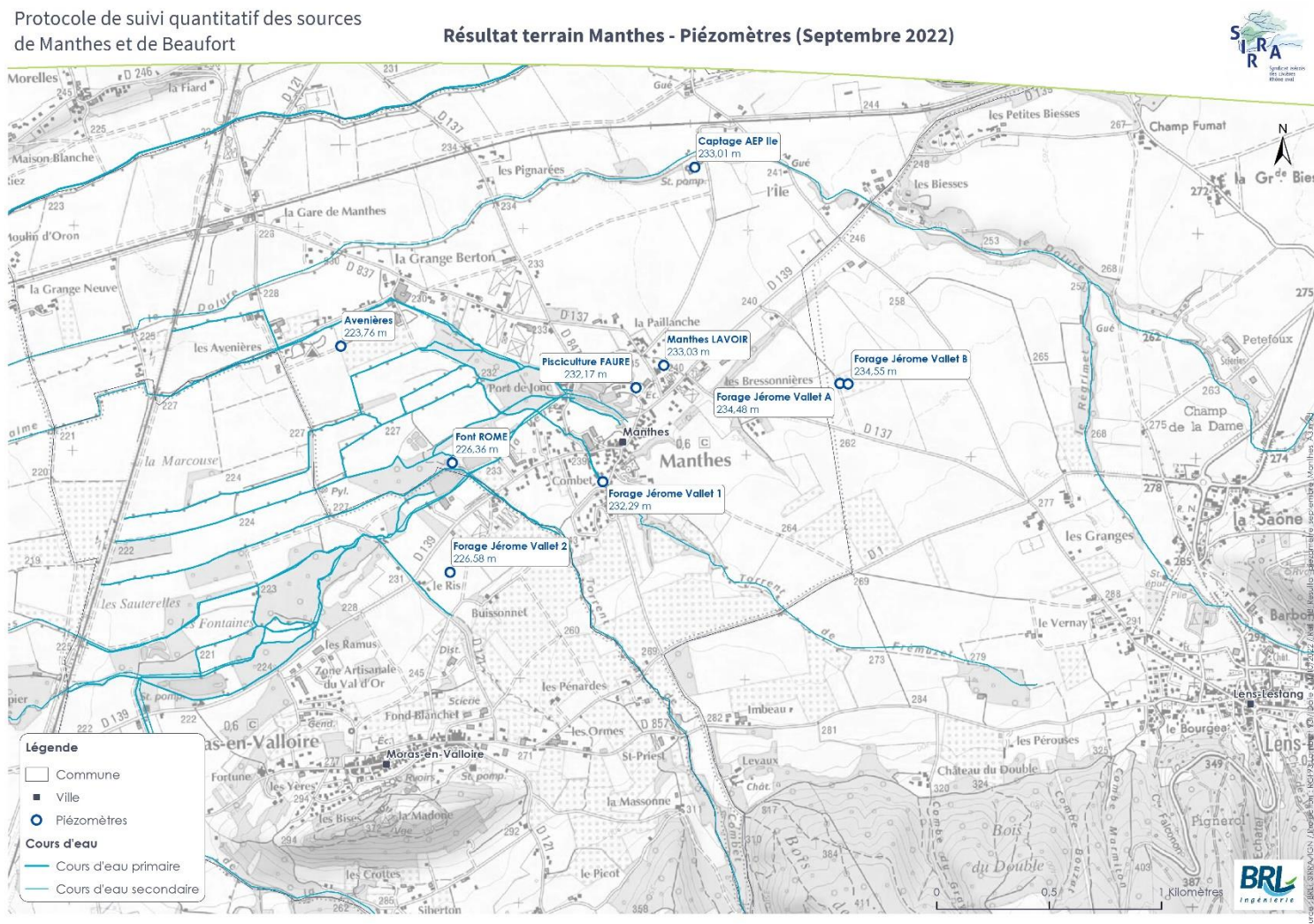
2.2.1 Mesures piézométriques

Le tableau suivant présente les mesures réalisées au niveau des piézomètres. Les résultats sont également présentés sur la Figure 2-7.

Tableau 2-4 : Hauteur de nappe, pH, conductivité et température mesurés au niveau des piézomètres et puits autour des sources de Manthes

Site	Date	Profondeur (m)	Altitude (mNGF)	Hauteur nappe (mNGF)
Captage AEP Ile	23/09/2022	8,24	241,247	233,01
Manthes LAVOIR	23/09/2022	n.d.	233,03	n.d.
Pisciculture FAURE	23/09/2022	1,4	233,57	232,17
Forage Jérôme Vallet 1	23/09/2022	8,01	240,30	232,29
Forage Jérôme Vallet 2	23/09/2022	5,08	231,66	226,58
Forage Jérôme Vallet A	23/09/2022	26,76	261,24	234,48
Forage Jérôme Vallet B	23/09/2022	27,31	261,86	234,55
Font ROME	23/09/2022	n.d.	226,36	n.d.
Avenières	23/09/2022	5,3	229,06	223,76

Figure 2-7 : Mesures de la profondeur du toit de la nappe au niveau des puits, forages et piézomètres autour des sources de Manthes. Hauteurs indiquées en mNGF





COMMENTAIRES

Les photos suivantes montrent les bassins alimentés par les eaux de la nappe dans l'enceinte de la pisciculture Faure. On observe que le niveau d'eau dans les bassins a fortement diminué par rapport au mois de mars 2022.

Figure 2-8 : Bassins alimentés par les eaux de la nappe dans l'enceinte de la pisciculture Faure. Photos prises le 23 septembre 2022



En complément, les photos suivantes montrent les sources de Manthes. Le canal parallèle au grand bassin et situé au sud présentait de l'eau stagnante ou était à sec le jour des mesures.

Figure 2-9 : Source du grand bassin (en haut à gauche), amont du grand bassin (en haut à droite), canal au sud du grand bassin (en bas à gauche et à droite)





2.2.2 Mesures de débit

Le tableau suivant présente les débits mesurés au niveau des différents sites.



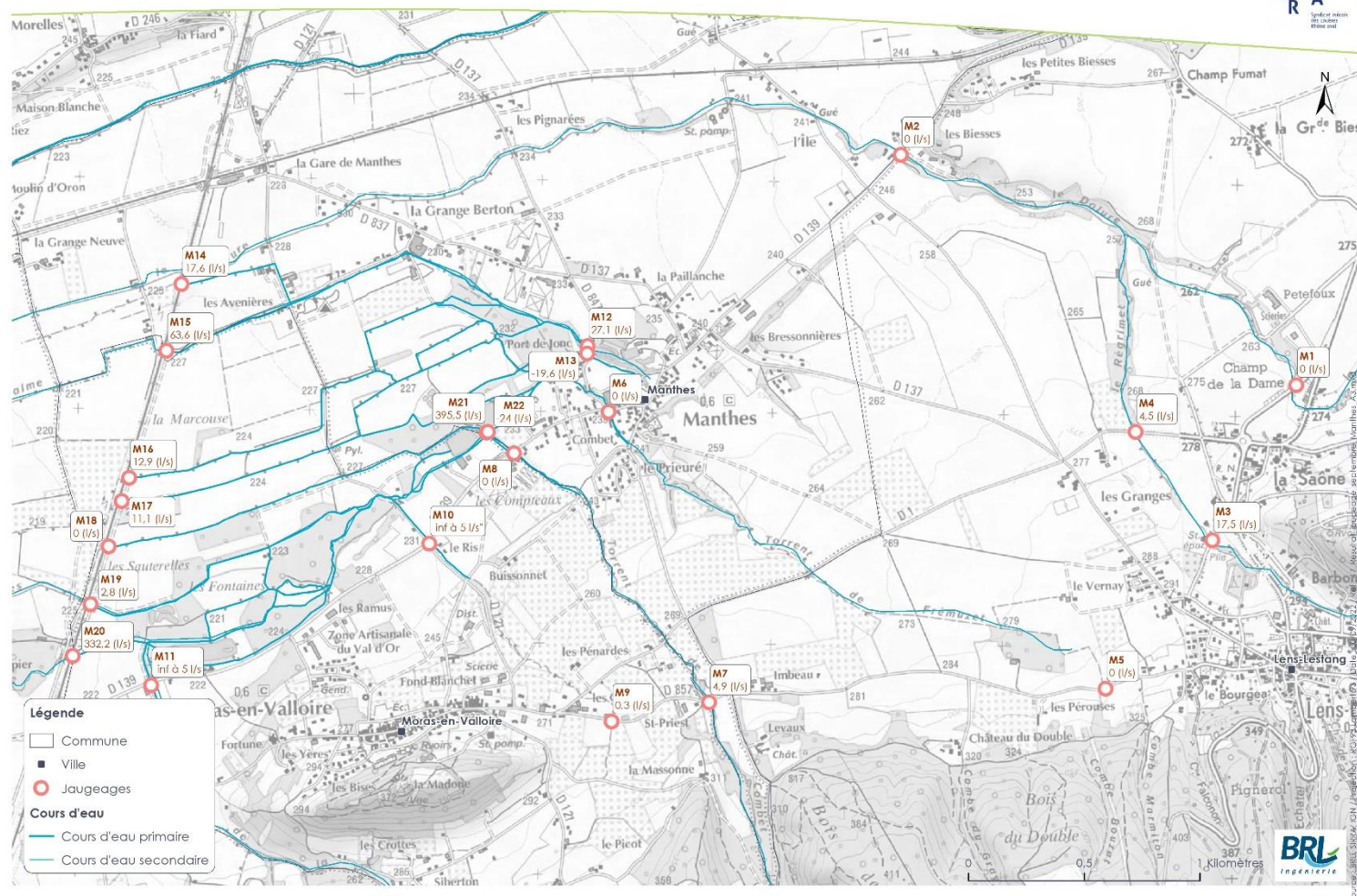
Tableau 2-5 : Mesures de débit, pH, conductivité et température au niveau des sources de Manthes

Site	Q total (l/s)	Incertitude ISO748	Incertitude Q+	pH	Conductivité	Température
Dolure amont - M1	0,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dolure aval - M2	0,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Regrimet amont - M3	17,5	16%	12%	8,3	441	12,69
Regrimet median - M4	4,5	25%	24%	8,23	442	13,13
Fremuzet amont - M5	0,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Fremuzet aval - M6	0,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Combet amont - M7	4,9	24%	20%	8,23	453	11,92
Combet median - M8	0,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ruisseau amont - M9	0,3	n.d.	n.d.	8,13	476	14,25
Ruisseau aval - M10	< 5l/s	n.d.	n.d.	8,17	670	18,23
Vauveriere - M11	< 5l/s	n.d.	n.d.	8,31	440	14
Petite Veuze - M12	27,1	44%	45%	7,56	657	14,85
Grande Veuze - M13	-19,6	16%	15%	7,4	637	13,24
Exutoire 1 - M14	17,6	16%	15%	8,06	652	14,47
Exutoire 2 - M15	63,6	11%	9%	8,1	646	14,349
Exutoire 3 - M16	12,9	17%	15%	8,24	644	13,37
Exutoire 4 - M17	11,1	20%	18%	8,21	645	13,49
Combet exutoire - M18	0,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Exutoire 5 - M19	2,8	25%	21%	7,82	648	13
Exutoire 6 - M20	332,2	9%	6%	7,77	602	14,4
Jaugeage exutoire Font Rome - M21	395,5	10%	6%	7,53	625	13,96
Grande Veuze - M22	-24,0	18%	16%	7,54	626	13,77

Figure 2-10 : Mesures de débit au niveau des sources de Manthes

Protocole de suivi quantitatif des sources de Manthes et de Beaufort

Résultat terrain Manthes - Jaugeages (Septembre 2022)





COMMENTAIRES

Ruisseau amont - M9

Au niveau du site « Ruisseau amont - M9 », le débit du ruisseau était nul. Seule une buse (voir photo ci-après) apportait un débit de 0,3 l/s.

Figure 2-11 : Ruisseau amont (à gauche) et apport d'une buse au ruisseau (droite)



Ruisseau aval - M10 et Vauverrière - M11

Le débit des sites « Ruisseau aval – M10 » et « Vauverrière – M11 » était trop faible pour être mesuré au courantomètre. Le débit a donc été estimé inférieur à 5 l/s.

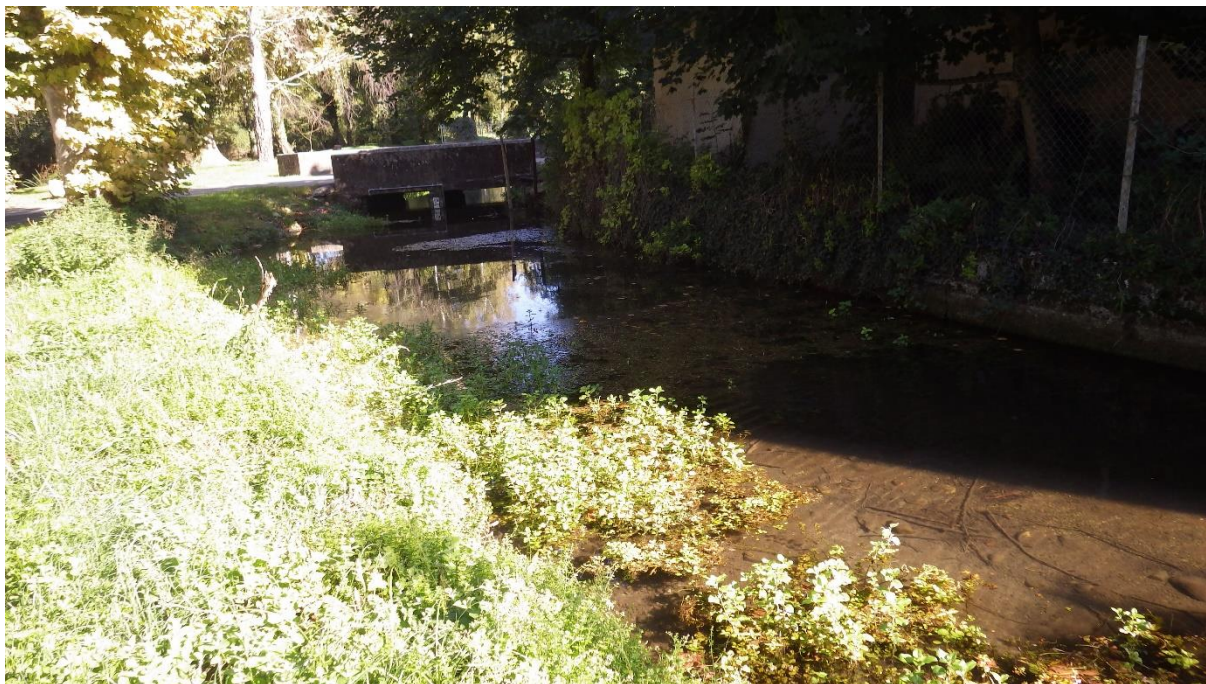
Grande Veuze - M13 et M22

La Grande Veuze au niveau du site M13 semblait se comporter comme un plan d'eau stagnant le jour des mesures. Un débit négatif de -19,6 l/s a été mesuré et indiqué dans le tableau de résultat. Cette valeur doit être considérée avec précaution. En effet, les faibles vitesses de l'eau ont sûrement conduit à une mesure erronée du débit. Celui-ci peut être considéré comme nul.

La photo suivante montre la Grande Veuze le 21 septembre 2022. On y observe le développement de végétation à la surface de l'eau, ce qui pourrait corroborer l'aspect stagnant du cours d'eau.

Au niveau du site M22, le débit de la Grande Veuze était également négatif (- 22 l/s). Le site étant à proximité de l'exutoire de la pisciculture Font Rome, le débit mesuré est sûrement induit par des remontés d'eau provenant de l'exutoire de la pisciculture vers la Grande Veuze.

Figure 2-12 : Grande Veuze au niveau des sources de Manthes





3 ESTIMATION DES INCERTITUDES ASSOCIÉES AUX JAUGEAGES

MÉTHODE DE CALCUL

L'estimation des incertitudes de mesures de débits au courantomètre est plus délicate, car elle ne peut se baser sur un calcul statistique de mesures multiples.

Nous suivons ci-après la méthode présentée par le Guide « **Contrôle des débits réglementaires, Onema, Cemagref, MEDD, 2011** », qui se réfère à la norme ISO748.

Cette méthode de calcul est une approche analytique, appelée « **Type B** » par le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM - JCGM 2008).

L'estimation de l'incertitude suivant cette méthode procède comme suit :

$$u'_Q{}^2 = u'_s{}^2 + u'_m{}^2 + \frac{1}{m} \left[u'_b{}^2 + u'_h{}^2 + u'_p{}^2 + \frac{1}{n} (u'_c{}^2 + u'_e{}^2) \right]$$

Où :

- u'_Q : incertitude calculée
- u'_s : incertitude due aux erreurs systématiques (étalonnage) du courantomètre, et des instruments de mesure des largeurs et des profondeurs ;
- u'_m : incertitude due au nombre limité m de verticales (erreur d'intégration des profondeurs et vitesses sur la largeur) ;
- u'_b : incertitude due à la mesure des largeurs entre verticales ;
- u'_h : incertitude due à la mesure des tirants d'eau sur les verticales ;
- u'_p : incertitude due au nombre de points limité sur la verticale (erreur d'intégration des vitesses sur la hauteur d'eau) ;
- u'_c : incertitude due aux erreurs aléatoires du courantomètre ;
- u'_e : incertitude due au temps limité d'exposition du courantomètre (moyenne des fluctuations de vitesse).

L'incertitude élargie au niveau de confiance 95% est estimée selon : $U_{95\%} = 2 * u'_Q$

Les différentes composantes de l'incertitude citées ci-dessous sont estimées à partir de tables rappelées par le Guide de l'Onema, et prennent en compte, notamment, le nombre de verticales par section et la vitesse de l'écoulement.

Limites de l'approche déployée :

L'approche déployée ici présente plusieurs limites :

- Elle prend en compte le nombre de verticale, mais ne prend pas en compte la géométrie du lit de la section de jaugeage, ni l'hétérogénéité de la distribution de l'écoulement. Ainsi, il est possible qu'elle conduise à surestimer l'incertitude dans le cas d'un lit à géométrie régulière, ou à sous-estimer l'incertitude dans le cas d'un lit très irrégulier ;
- Le calcul des sous-composantes de l'incertitude se base sur des valeurs tabulées, estimées pour certaines conditions de jaugeage et certains matériels, dans le cadre de la norme NF EN ISO 748 (2007). Elles sont initialement prévues pour le cas de courantomètre mécanique, et non électromagnétique comme utilisé ici.



On peut ainsi retenir que :

- Les estimations d'incertitude issues de ce calcul sont à considérer avec prudence en absolu.
- Le calcul proposé ici est d'une autre nature que celui proposé pour l'ADCP, puisqu'il ne s'agit pas d'une approche statistique.
- Au-delà de ces limites, les valeurs d'incertitude estimées sont cohérentes avec la littérature disponible.
- Le Guide de l'Onema (2011) indique que les valeurs usuellement rencontrées pour l'incertitude de la mesure au courantomètre (à un niveau de confiance de 95%) sont de :
 - 7% dans de bonnes conditions de jaugeages ;
 - 15% dans des conditions défavorables.



www.brl.fr/brli

Société anonyme au capital de 3 183 349 euros
SIRET : 391 484 862 000 19 - RCS : NÎMES B 391 484 862
N° de TVA intracom : FR 35 391 484 862 000 19

BRL
Ingénierie

1105, avenue Pierre Mendès-France
BP 94001 - 30 001 Nîmes Cedex 5
FRANCE
Tél. : +33 (0) 4 66 84 81 11
Fax : +33 (0) 4 66 87 51 09
e-mail : brli@brl.fr



BRL Ingénierie
1105, av. Pierre Mendès-France
BP 94001 | 30001 Nîmes Cedex 5

Tél : +33(0)4.66.87.81.11
Email : brli@brl.fr
<https://brli.brl.fr/>

